

Recomendaciones sobre el manejo del módulo de losas postesadas para edificación en CYPECAD, abril de 2013

Introducción

La primera versión del módulo de losas postesadas aparece en la versión 2013.j, de fecha 15 de febrero de 2013, en la que es posible utilizar:

- tendones no adherentes
- tendones adherentes

El trazado en planta y predimensionado de los tendones, nº y diámetro, así como las características del acero de pretensado, la carga de tesado y sus pérdidas será labor del proyectista.

Para el trazado en alzado se dispone de la ayuda de una opción que permite con carácter general definir parámetros y generar las partes curvas y rectas para obtener las fuerzas de desvío o equivalentes, en la hipótesis automática de "Postesado".

Podemos introducir grupos de tendones concentrados, especificando nº y ancho de la banda, calculando la separación, en cuyo caso dibujaremos el eje de la banda, que de forma opcional crea una línea de flexión automática en el eje. Una línea de flexión supone que los tendones que se crucen se elevarán a su cota máxima. Viene a ser como los ejes de pórticos virtuales.

Los tendones distribuidos los definimos por una separación entre tendones, y marcamos gráficamente en la planta dos puntos extremos en su dirección de un borde, y un tercer punto que define su ancho de banda.

Cuando un tendón es incorrecto porque su trazado no cabe en el contorno del paño de losa maciza, se sale, pasa por un hueco, etc., se iluminará en rojo para que lo eliminemos e introduzcamos correctamente.

Si hay intersecciones entre tendones que se cruzan, se dibuja en planta un círculo rojo, para editar el tendón que consideremos y modificar su cota o parámetros de trazado para que no se produzca, y también podremos hacer uso de líneas de flexión para modificar el trazado. Las distancias o recubrimientos a la cara superior son muy importantes, así como su trazado para conseguir que no existan solapes.

Las cargas de desvío generadas las podemos ver en "Vistas" de cargas, activando los iconos de cargas lineales y de tendones de postesado, seleccionando la hipótesis de Postesado. En los tramos curvos cóncavos del trazado veremos cargas lineales negativas (hacia arriba), y en los tramos convexos positivas (hacia abajo). Las cargas de tesado aplicadas en los anclajes las podemos ver al editar un tendón, y su excentricidad genera un momento que se tiene en cuenta. Los axiles horizontales no se tienen en cuenta debido a la hipótesis de diafragma rígido, para lo que se debe aceptar que queda del lado de la seguridad, así como su posible efecto sobre los soportes que retienen los acortamientos producidos por las compresiones del Postesado.

Revisados todos los datos, procederemos a lanzar el cálculo de la estructura, tal como habitualmente lo hacemos en CYPECAD, con la novedad de haber creado una hipótesis nueva de Postesado en la que se han generado unas cargas de desvío, que, con la combinaciones pertinentes que se generan automáticamente, nos permitirá obtener unos resultados y un dimensionamiento de la armadura pasiva necesaria, tal como hasta la fecha conocemos. Y es responsabilidad del proyectista, al igual que lo haría sin el Postesado, las comprobaciones de las deformaciones a partir de los resultados elásticos de desplazamientos de acuerdo a los Materiales y su proceso constructivo, las comprobaciones de estados límite de servicio en relativas a fisuración y tensiones en las fibras extremas.

A continuación incluimos la documentación de producto de nuestra web, que puede resultar aclaratoria de las prestaciones del módulo, y que nos sirve de ayuda para conocer su alcance.



Losas postesadas para edificación

El módulo de CYPECAD **Losas postesadas para edificación** ha sido diseñado para realizar el dimensionamiento de las armaduras pasivas de losas postesadas, previo cálculo de los esfuerzos de los tendones de postesado (adherentes o no adherentes) y cuyas características han sido introducidas por el usuario.

La tecnología del postesado en losas de edificación presenta diferentes grados de aceptación en muchos países. CYPE ha diseñado este módulo dada la creciente demanda de los usuarios de CYPECAD para disponer de una herramienta que permita abordar el cálculo de las losas postesadas, también denominadas "postensadas".

El módulo **Losas postesadas para edificación** permite al usuario introducir el trazado de los tendones, su definición, las cargas de tesado y el porcentaje de pérdidas. El programa generará una hipótesis de postesado en la que introducirá las cargas de desvío producidas por el trazado de los tendones. Durante la fase de armado de las losas y en el caso que se hayan definido los tendones como adherentes, se tiene en cuenta la contribución de la capacidad remanente o sobrante de la armadura activa, descontándola para determinar la armadura pasiva.

Solicite **DEMO**
personalizada

Compre **CYPECAD**
online y obtenga un
20% de descuento

Novedades
de la última versión



ÍNDICE

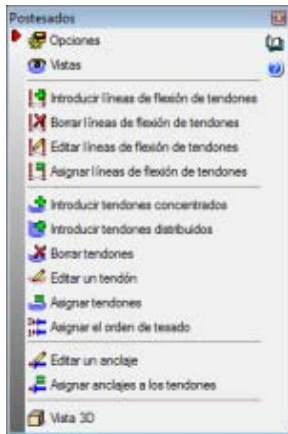
- **Introducción de datos. Menú Postesados**
 - **Opciones**
 - **Vistas**
 - **Introducir líneas de flexión de tendones**
 - **Borrar líneas de flexión de tendones**
 - **Editar líneas de flexión de tendones**
 - **Asignar líneas de flexión de tendones**
 - **Introducción de tendones**
 - **Introducir tendones concentrados**
 - **Introducir tendones distribuidos**
 - **Editar un tendón**
 - **Asignar tendones**
 - **Asignar el orden de tesado**
 - **Editar un anclaje**
 - **Asignar anclajes a los tendones**
 - **Vista 3D**
- **Representación en planta de las cargas de desvío de los tendones postesados**
- **Listados de postesados**
- **Planos de postesados**
- **Exportación a IFC de los tendones de losas postesadas**
- **Característica del cálculo de losas postesadas realizado en CYPECAD**
- **Permisos necesarios**
- **Versiones y módulos de CYPECAD**

Introducción de datos. Menú Postesados

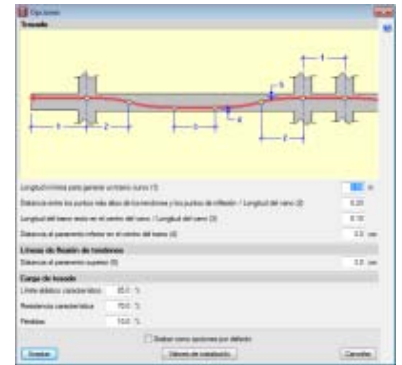
En los siguientes apartados se detallan las opciones que dispone el usuario para la definición de los tendones de postesado. Estas opciones se encuentran en el **diálogo Postesados** (solapa Entrada de vigas > Postesados).

Opciones

En el diálogo "Opciones" (solapa Entrada de vigas > menú Postesados > Opciones) se configuran las opciones para el trazado del tendón (longitud recta inicial, la distancia a los puntos de inflexión del trazado, la longitud recta del tramo central así como los recubrimientos superior e inferior que respeta el trazado del



tendón). En el apartado **Cargas de tesado** de este diálogo, se indica el porcentaje de carga de tesado en función tanto del límite elástico como de la resistencia característica, y el porcentaje de pérdidas.



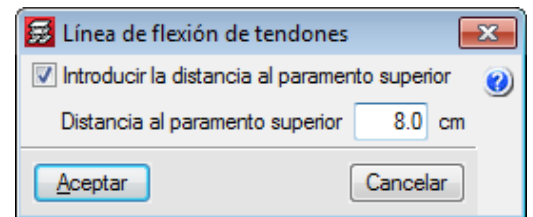
Vistas

Desde el diálogo **Vistas** (solapa Entrada de vigas > menú Postesados > Vistas) se puede elegir el tipo de trazado a visualizar, (longitudinal, transversal o ambos).

Introducir líneas de flexión de tendones

Las líneas de flexión de tendones, las introduce el usuario. Las intersecciones en la vista en planta de las líneas de flexión con los trazados de los tendones representan los puntos donde el tendón se curva para alcanzar su cota máxima. Podrían definirse como pórticos virtuales donde se apoyan los tendones.

Cuando se introduce una línea de flexión aparece un diálogo en el que el usuario puede activar la opción **Introducir la distancia al paramento superior** y definir su valor numérico para la línea de flexión que se está introduciendo. Los tendones que se crucen con esta línea de flexión tomarán este valor como recubrimiento superior mínimo en dicho punto. Si la opción "Introducir la distancia al paramento superior" no se activa, el valor de dicho recubrimiento será el definido en el diálogo **Opciones** (solapa Entrada de vigas > menú Postesados > Opciones) en el parámetro **Distancia al paramento superior** del apartado **Lineas de flexión de tendones**.



La distancia al paramento superior de los tendones como dato de las líneas de flexión permite definir recubrimientos superiores diferentes en mismo tendón de modo rápido e intuitivo, lo que es útil para voladizos o losas con diferentes cantos.

Borrar líneas de flexión de tendones

Esta opción se utiliza para borrar líneas de flexión. Tras seleccionarla, el usuario marca las líneas de flexión que desea eliminar con el botón izquierdo del ratón y, a continuación, pulsa el botón derecho del ratón para confirmar su borrado.

Editar líneas de flexión de tendones

Permiten editar una línea de flexión ya introducida.

Asignar líneas de flexión de tendones

Permite asignar la línea de flexión que se marque a otras que se seleccionen individualmente o mediante una ventana de captura.



Introducción de tendones

En el diálogo Postesados (solapa Entrada de vigas > Postesados) hay dos opciones para introducir el trazado de los tendones: **Introducir tendones concentrados** y **Introducir tendones distribuidos**. La diferencia entre las dos opciones para introducir tendones radica en el modo de definir el número de tendones que se van a disponer. En ambas se define:

- **Anclaje inicial**
 - Ángulo con el paramento superior
 - Distancia al paramento superior
 - Selección de anclaje activo o pasivo (se selecciona eligiendo el dibujo correspondiente)
- **Anclaje final**
 - Ángulo con el paramento superior

- Distancia al paramento superior
- Selección de anclaje activo o pasivo (se selecciona eligiendo el dibujo correspondiente)

• Tipo de tendón

Mediante la selección de los botones  o  se define:

- Tendón adherente o no adherente
- Número de cordones
- Radio mínimo de curvatura
- Limite elástico característico
- Resistencia característica
- Coeficiente de minoración de la resistencia
- Anchura de la vaina
- Altura de la vaina

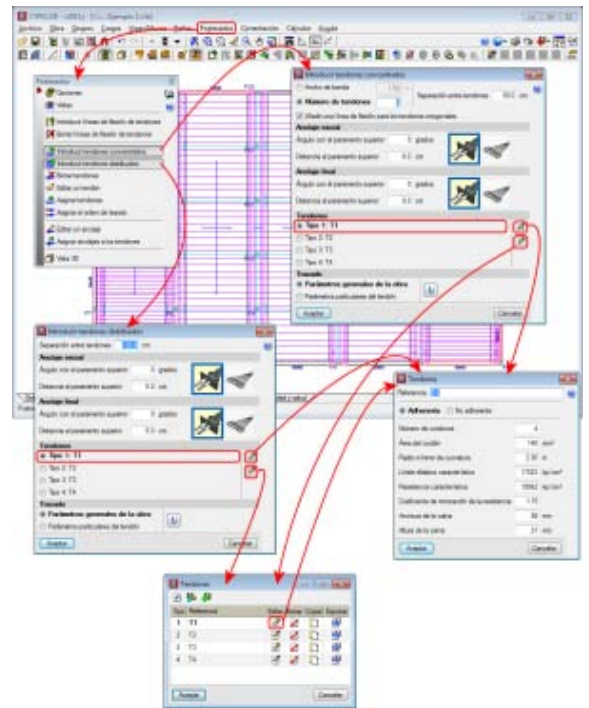
• Opciones del trazado de los tendones

• Parámetros generales de la obra

Los tendones que se introduzcan a continuación tendrán las opciones definidas en el **diálogo opciones** (solapa Entrada de vigas > menú Postesados > Opciones).

• Parámetros particulares del tendón

Los tendones que se introduzcan a continuación tendrán opciones específicas que se definen al seleccionar esta opción.



Introducir tendones concentrados

En el diálogo **Introducir tendones concentrados** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Introducir tendones concentrados), el usuario indica (además de todas las opciones indicadas en el apartado anterior "[Introducción de tendones](#)") la separación entre los tendones y también:

- El **ancho de banda** donde se van a colocar tendones con la separación indicada (con lo que queda definido el número de tendones que se van a colocar)
- El **número de tendones** que se van a disponer con esa separación (con lo que queda definido el ancho de banda donde se colocan los tendones).

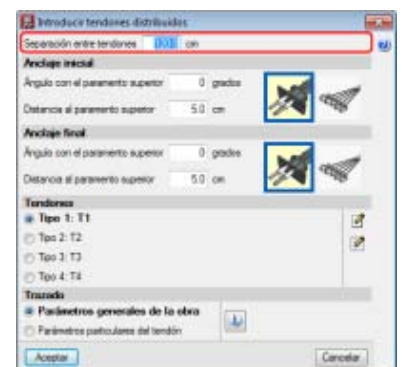


Tras aceptar dicho diálogo, se dibuja el trazado de los tendones definidos.

Con esta opción es posible incluir líneas de flexión en la dirección de los tendones que se están introduciendo. Para ello, el diálogo **Introducción de tendones concentrados** dispone de la opción **Añadir una línea de flexión para los tendones ortogonales** (a diferencia del diálogo **Introducción de tendones distribuidos** que no dispone de esta opción). En el caso de que se hayan definido previamente las líneas de flexión de tendones (por ejemplo mediante la opción [Introducir líneas de flexión de tendones](#)), debe desactivarse la opción "Añadir una línea de flexión para los tendones ortogonales", para no duplicar su introducción.

Introducir tendones distribuidos

En el diálogo **Introducir tendones distribuidos** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Introducir tendones distribuidos), el usuario indica (además de todas las opciones indicadas en el apartado [Introducción de tendones](#)) la separación entre los tendones. Tras aceptar dicho diálogo, se define gráficamente el trazado de los tendones y el ancho de banda a lo largo del cual se van a disponer.



Editar un tendón

Mediante la opción **Editar un tendón** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Editar un tendón) es posible seleccionar uno de los tendones introducidos para modificar el trazado o el tipo de tendón.

En este diálogo, se representan las cargas de desvío de un tendón en la sección longitudinal que se representa. Sobre la sección longitudinal se encuentra la sección **Trazado**, donde el usuario puede seleccionar tres opciones:

• Parámetros generales de la obra

Esta opción permite mostrar, a nivel informativo, los parámetros que se han definido en el diálogo **Opciones**. Su selección asigna a los tendones introducidos o editados los parámetros generales de la obra.

- **Parámetros particulares del tendón**

Esta opción permite abrir un diálogo donde se pueden definir los parámetros del trazado de los tendones que se están introduciendo o editando. Su selección asigna dichos parámetros particulares a esos tendones.

- **Parámetros específicos para cada vano del tendón**

Esta opción permite editar cada vano de un tendón para dar a su trazado características diferentes a los otros vanos del mismo tendón. Cada vano puede definirse como tramo curvo o recto. Si se define como tramo curvo las características del trazado que se pueden modificar son:

- Longitud del vano (No se puede editar y solo se muestra a nivel informativo)
- Longitud del tramo recto inicial
- Distancia entre el extremo inicial y el primer punto de inflexión
- Distancia entre el extremo inicial y el centro del tramo recto central
- Longitud del tramo recto central
- Distancia al paramento inferior en el centro del tramo
- Distancia entre el segundo punto de inflexión y el extremo final
- Longitud del tramo recto final



Cuando se selecciona esta opción, y si el usuario posiciona el cursor del ratón en un vano de la sección longitudinal dibujada en el diálogo de edición del tendón, aparece una viñeta donde se indican las características del vano señalado. Si se pulsa el botón izquierdo del ratón, se editan estas características.

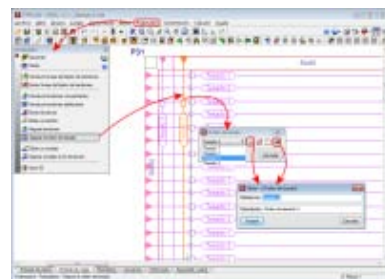
Asignar tendones

Mediante la opción **Asignar tendones** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Asignar tendones) es posible copiar las características de un tendón sobre las de otros. Tras seleccionar esta opción el usuario puede marcar un tendón (tendón base) con el botón izquierdo del ratón. Aparecerá el **diálogo de edición del tendón** (donde es posible modificar las características del tendón elegido) y tras aceptarlo el programa solicita los datos a copiar (Tipo de tendón, Trazado y Orden de tesado) sobre otro u otros tendones que se seleccionen a continuación (mediante selección múltiple o uno a uno). Tras realizar la selección se pulsa sobre el botón izquierdo del ratón para validar la asignación de características del tendón base.

Asignar el orden de tesado

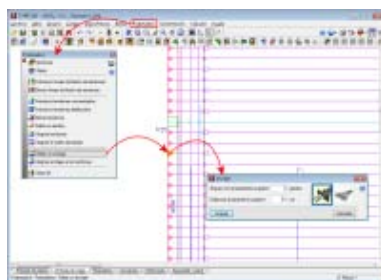
Con la opción **Orden de tesado** es posible indicar tanto en pantalla como en planos el orden que debe seguirse en el tesado de los tendones.

Para ello, el usuario debe seleccionar un tendón, y crear una referencia y una descripción que indique el orden de tesado. Posteriormente, debe seleccionar aquellos tendones que se van a tesar simultáneamente (uno a uno o mediante selección múltiple) y después validar la selección con el botón derecho del ratón.



Editar un anclaje

La opción **Editar un anclaje** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Editar un anclaje) permite al usuario seleccionar un anclaje para modificar el tipo, el ángulo o la profundidad desde el paramento superior.

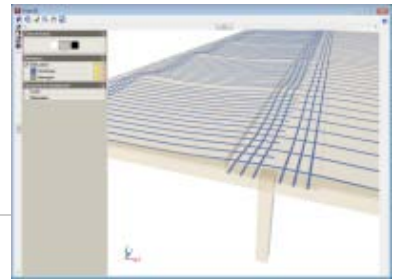


Asignar anclajes a los tendones

Mediante la opción **Asignar anclajes a los tendones** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Asignar anclajes a los tendones) el usuario puede copiar las características de un anclaje sobre las de otros. Tras seleccionar esta opción el usuario puede marcar un anclaje (anclaje base) con el botón izquierdo del ratón. Aparecerá el **diálogo de edición del anclaje** (donde es posible modificar las características del anclaje elegido) y tras aceptarlo el programa solicita los datos a copiar (Tipo de anclaje, Ángulo con el paramento superior y Distancia al paramento superior) sobre otro u otros anclajes que seleccione a continuación (mediante selección múltiple o uno a uno). Tras realizar la selección el usuario debe pulsar el botón izquierdo del ratón para validar la asignación de características del anclaje base.

Vista 3D

Mediante la opción **Vista 3D** (solapa Entrada de vigas > Postesados > Vista 3D) el programa muestra una vista 3D de la planta actual con el trazado de los tendones.



Representación en planta de las cargas de desvío de los tendones postesados

Debido al trazado parabólico del tendón se producen unas cargas de empuje hacia el interior de su curvatura. El programa generará automáticamente estas cargas en cada uno de los tendones que no presenten errores de trazado (los tendones con errores de trazado estarán marcados con un círculo rojo).

Para visualizar las cargas de desvío de los tendones en pantalla, se ha implementado el botón "Ver cargas de los tendones postesados" en el diálogo donde se configura la visibilidad de cargas de la obra (menú Cargas > Vistas). Este botón no está activado por defecto, ya que el número de cargas que se pueden llegar a representar en una losa postesada dificultaría la identificación de otros elementos y también ralentizaría el dibujo de la planta.



Listados de postesados

El programa genera listados con las características del postesado introducido por el usuario y los datos calculados para cada uno de los grupos de plantas en los que se han introducido tendones de postesado (menú Archivo > Imprimir > Listados de la obra):

- Materiales
 - Tendones adherentes
 - Tendones no adherentes
- Descripción de los tendones
- Cargas de desvío
- Medición
 - Cordones
 - Anclajes activos
 - Anclajes pasivos
 - Vainas de tendones adherentes
 - Vainas de tendones no adherentes

Grupos	Descripción	Material	Unidad	Cantidad
1.1	Tendones adherentes			
1.2	Tendones no adherentes			
2.1	Cordones			
2.2	Anclajes activos			
2.3	Anclajes pasivos			
2.4	Vainas de tendones adherentes			
2.5	Vainas de tendones no adherentes			

Grupo	Descripción	Material	Unidad	Cantidad
1.1	Tendones adherentes			
1.2	Tendones no adherentes			

Grupo	Descripción	Material	Unidad	Cantidad
1.1	Tendones adherentes			
1.2	Tendones no adherentes			

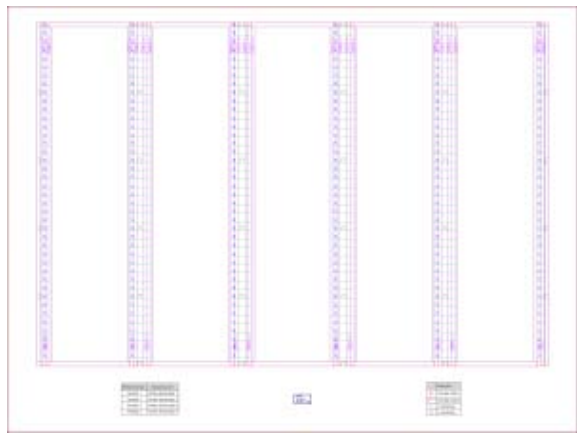
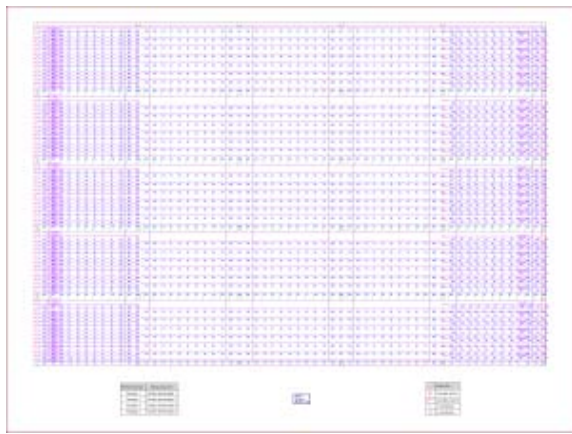
Grupo	Descripción	Material	Unidad	Cantidad
1.1	Tendones adherentes			
1.2	Tendones no adherentes			

Grupo	Descripción	Material	Unidad	Cantidad
1.1	Tendones adherentes			
1.2	Tendones no adherentes			

Grupo	Descripción	Material	Unidad	Cantidad
1.1	Tendones adherentes			
1.2	Tendones no adherentes			

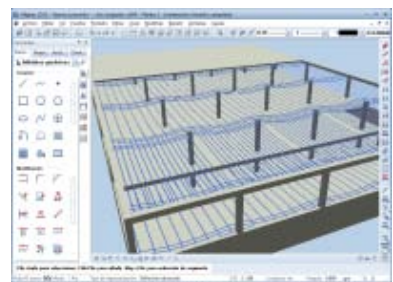
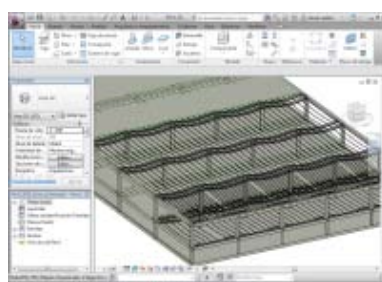
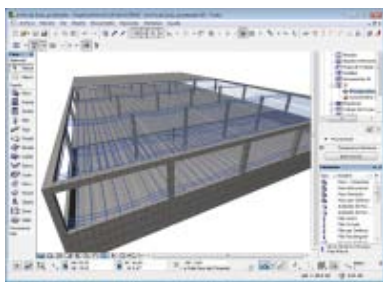
Planos de postesados

Se ha implementado en el programa el tipo de planos **Postesados**, (menú Archivo > Imprimir > Planos de la obra) con el que se generan dos planos de cada grupo de plantas con tendones postesados, uno para los tendones longitudinales y otro para los tendones transversales. En estos planos se representa en planta el trazado de los tendones y en ellos se indica, a cada metro, la distancia del tendón a la base de la losa en ese punto.



Exportación a IFC de los tendones de losas postesadas

CYPECAD incluye en la exportación al formato IFC (Industry Foundation Classes) los tendones de las losas postesadas (menú Archivo > Exportar > IFC).



Característica del cálculo de losas postesadas realizado en CYPECAD

Con este módulo de losas postesadas para edificación, también denominadas "postensadas", se aborda tanto la tecnología de tendones adherentes como la de tendones no adherentes, con las especificaciones habituales utilizadas en edificios que, en el ámbito de luces y cargas comunes para los usos normales de viviendas, oficinas y locales comerciales, es el campo natural de aplicación del presente módulo.

En el caso de tendones no adherentes, la acción del pretensado será considerada directamente a través de las acciones en los extremos del tendón y de las fuerzas de desvío, por lo que el programa la considera directamente en el dimensionamiento de la armadura pasiva. Para tendones adherentes, además, se tendrá en cuenta la contribución de la capacidad remanente o sobrante de la armadura activa, descontándola para determinar la armadura pasiva.

No se considera el efecto de las compresiones y de los posibles acortamientos, ni el efecto de retención de los soportes, pues las losas mantienen la hipótesis de diafragma rígido, tanto para obtener los esfuerzos como para el dimensionamiento y para la comprobación de tensiones de compresión y tracción y del estado de fisuración.

En principio, suele quedar del lado de la seguridad no considerar las compresiones, al ser normalmente su efecto favorable, despreciando también el efecto de los acortamientos de la losa en su plano debidos a las cargas introducidas por los tendones, cuya influencia es reducida y puede incluso ser beneficiosa para el dimensionamiento de los soportes, siempre que su rigidez y distribución favorezcan este efecto.

Queda a juicio del usuario la consideración adicional del efecto de las compresiones en el dimensionamiento, de los acortamientos y de los esfuerzos inducidos en el resto de elementos estructurales, no considerados en CYPECAD, ya sea por las luces, cargas, distribución de soportes y sus rigideces y por las singularidades de la edificación.

Los datos generales que se solicitan permiten abordar de un modo general las tecnologías presentes en el mercado, aportando el usuario los datos relativos al límite de rotura y límite elástico del acero activo, sus pérdidas por todos los conceptos para estimar la carga aplicada a los tendones, y el trazado en alzado de los cables para poder determinar las fuerzas de desvío aplicadas sobre la losa en la hipótesis de postesado.

Las losas postesadas aportan ventajas tales como la reducción de la fisuración, el aumento de la resistencia a flexión, cortante y punzonamiento, y la reducción de cantos y de flechas y, por tanto, de emisiones de CO₂. Como inconvenientes, cabría considerar el necesario control de los recubrimientos y de los posibles cruzamientos no previstos, las deformaciones diferidas, los acortamientos en su plano y la retención provocada por los soportes, dependiendo de su rigidez y distribución y del orden del proceso constructivo.

En la práctica habitual, conviene que las compresiones medias en losas postesadas de edificación estén comprendidas en el rango de 0,8 MPa a 3,5 MPa, para controlar la fisuración y limitar los acortamientos.

El código ACI establece unas compresiones medias mínimas en losas postesadas de 0,9 MPa y una separación máxima de tendones de un metro y medio u ocho veces el espesor de la losa, en al menos una dirección, lo que además de controlar la fisuración previene fallos por punzonamiento.

Se aconseja seguir las recomendaciones de diseño de cada norma y tener en cuenta las limitaciones de compresión y tracción de las fibras extremas de las secciones que establece cada norma, ya que, tal como se ha indicado anteriormente, esa comprobación no es realizada por el presente módulo.

Comentarios finales

No queremos terminar esta documentación sin incluir algunos comentarios de carácter general que consideramos de interés en losas postesadas para edificación:

- Los soportes verticales retienen los acortamientos de la losa por el efecto del postesado, y se suele recomendar centrar en la planta los núcleos de rigidez.
- Unas pérdidas del orden del 20% puede ser un valor a tener en cuenta en general.
- Los cordones habitualmente utilizados son de 0,5 y 0,6 pulgadas y su número por tendón no conviene superar el valor de 5.
- Las longitudes de tendones hasta 36m, permite tesar por un solo lado, y hasta 72m por ambos lados. Para mayores longitudes se recomiendan anclajes intermedios.
- El espesor mínimo de una losa debe ser de 16cm, y las esbelteces entre $40 < L/h < 45$. El punzonamiento puede ser limitante y en algunos casos recurrir a capiteles (drop panel) que suelen tener una dimensión de 1/6 de la luz.
- Cuando en una dirección las luces son mayores que la ortogonal, podemos disponer bandas de losa maciza de mayor canto en esa dirección de mayor luz.
- En edificios, es razonable compensar con las fuerzas de desvío entre el 60% al 80% de la carga permanente.
- Una compresión media mínima de 0,9MPa, una media máxima de 2. Hasta 3.5MPa como mucho, aunque en ese caso ya hay que valorar si debe tenerse en cuenta los acortamientos y los efectos de retención de los soportes.
- La separación máxima entre tendones distribuidos recomendable entre 6 a 8 veces el espesor de la losa ni superar 120-150 cm.
- Respecto del manejo de las opciones del programa, consideramos importantes:
 - La correcta definición de los tendones a utilizar en cuanto a sus propiedades y geometría. Importante consultar con las empresas especializadas y sus catálogos de producto.
 - La selección adecuada de tendones concentrados y distribuidos en planta. La separación la fijamos nosotros. Que las placas de anclaje se dispongan a la separación adecuada para que no se interfieran, recordando que este aspecto no se comprueba.
 - El trazado en alzado, con la definición precisa de los recubrimientos y posición de los anclajes, puntos de inflexión y longitudes de tramos rectos.
 - La correcta definición de las líneas de flexión con sus recubrimientos, pensando en aspectos prácticos que permiten uniformizar las sillas o peines de apoyo de los tendones y evitar los solapes. Es quizás el aspecto a trabajar junto con la posición de los anclajes.
 - Completar las comprobaciones ya indicadas así como los planos para su correcta ejecución. En los listados se proporciona la información necesaria que podremos añadir a los planos.