



Modelización en Architrave® de losas aligeradas de hormigón armado con Elementos Finitos

Apellidos, nombre	Guardiola VÍllora, Arianna (aguardio@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica del Medio continuo y Teoría de Estructuras
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen

En este documento se explica cómo modelizar, por medio de Elementos Finitos, losas aligeradas de Hormigón Armado con el programa de análisis y cálculo de estructuras Architrave® [1].

2 Introducción

El programa de análisis y cálculo de estructuras Architrave® permite la modelización de losas aligeradas de hormigón armado (H.A.) con Elementos Finitos (E.F.) de dos dimensiones. Architrave® permite combinar los elementos modelizados con E.F. con elementos tipo barra, como vigas y soportes. En el caso de las losas aligeradas es necesario disponer de un ábaco (losa maciza de H.A) en el encuentro entre el soporte y la losa.

Para la aplicación práctica de la herramienta se va a modelizar un forjado ejecutado con el sistema BubbleDeck® con los ábacos correspondientes. Para el predimensionado de la losa tipo BubbleDeck® se utilizará la información proporcionada por el fabricante [2].

3 Objetivos

Al final de este documento, el estudiante será capaz de modelizar losas aligeradas de Hormigón Armado tipo BubbleDeck® mediante Elementos Finitos en el módulo de diseño del programa de análisis y cálculo de estructuras Architrave®.

Para lograr este objetivo, es necesario que el estudiante haya realizado una evaluación de acciones y el predimensionado de la losa a modelizar.

4 Modelización de la losa aligerada

4.1 Planteamiento del problema

Se pretende modelizar la losa aligerada de la cubierta de la estructura de la figura 1 realizada con hormigón HA-25.

Siendo imprescindible macizar la losa en la zona de encuentro de la losa con los pilares para evitar el punzonamiento, se ha dibujado en la misma figura, con líneas de color rojo, la traza que forman los ábacos macizos. Para ello se tiene en cuenta la recomendación habitual de diseñar los ábacos con unas dimensiones aproximadas a $1/6$ de la distancia entre los ejes de soportes.

En el caso que nos ocupa, teniendo en cuenta que la distancia entre ejes de soportes es de 5 metros, las dimensiones de los ábacos serán de 0.85 m en las esquinas, de 0.85 x 1.70 en los bordes y de 1.70 x 1.70 en el pilar central.

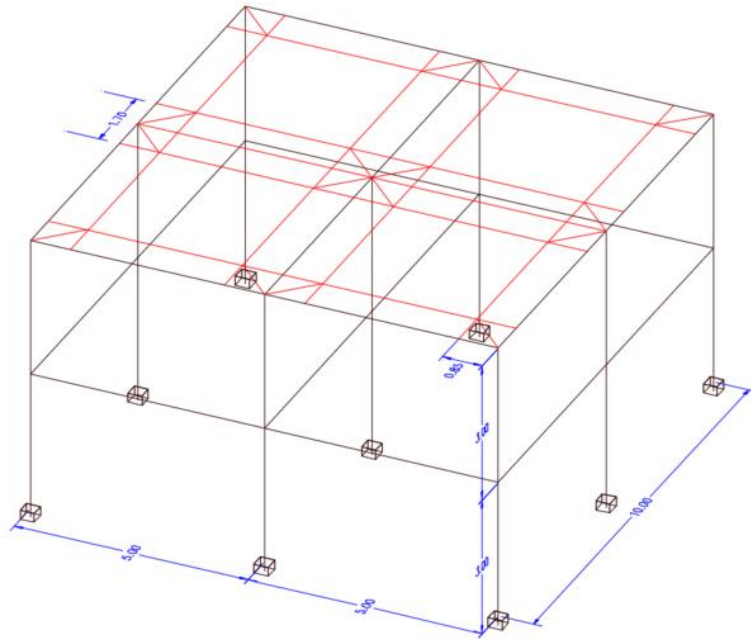


Figura 1. Modelo de la estructura

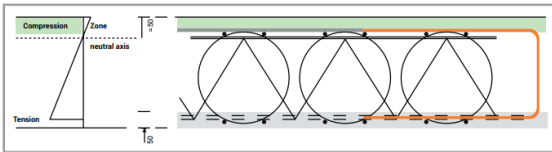
4.2 Predimensionado

Para predimensionar el canto de la losa se utilizan las tablas del fabricante (figura 2).

Teniendo en cuenta que las luces son de 5 m, sería suficiente una losa de 230 mm de espesor realizada con esferas de 180 mm.

Sin embargo, teniendo en cuenta el artículo 55.2 de la EHE, instrucción Española de Hormigón Estructural [3] es necesario que el espesor de la capa superior sea de al menos 5 cm. De modo que se modeliza la losa aligerada considerando las características geométricas indicadas en la tabla 1 y que la densidad del H.A. es 25 kN/m³.

BubbleDeck se comporta como una losa maciza con comportamiento biaxial en cualquier dirección. La zona de tracción y compresión no está influenciada por los huecos conformados por las esferas. Las fuerzas se distribuyen libremente sin singularidades en la estructura tridimensional y el hormigón funciona efectivamente.



Parámetros de losa
Las características de la losa deben ser optimizadas según los requerimientos del proyecto. La medida máxima por unidad es de 3 ms de ancho y 9-14 m de largo.

Tipo	Espesor de losa (mm)	Diámetro de las esferas (mm)	Tramos (m)	Cargas (kg/m)	Concreto (m ³ /m ²)
BD230	230	180	7 a 10	370	0,15
BD280	280	225	8 a 12	460	0,19
BD340	340	270	9 a 14	550	0,23
BD390	390	315	10 a 16	640	0,25
BD450	450	360	11 a 18	730	0,31

Figura 2. Catálogo del fabricante

Capa superior	Capa inferior	Diámetro esferas	Canto total	nervio
5 cm	3 cm	18 cm	5+18+3 = 26 cm	5 cm

Tabla 1. Características del BubbleDeck®

4.3 Características del nuevo material

Es necesario crear un nuevo material para la zona aligerada, con la densidad e inercia correspondiente a la losa aligerada predimensionada.

Para ello, se utilizan las herramientas del módulo de diseño de Architrave®.

Previamente es necesario cargar la aplicación *Architrave.fas*, escribiendo en el cuadro de diálogo la orden *appload*, y seleccionando la aplicación *Architrave.fas* en la carpeta CAD dentro del directorio ARCHITRAVE.

Una vez cargada la aplicación, debe aparecer el menú de la derecha con las herramientas de Architrave®, además del mensaje acerca de la autoría y de cómo citar el programa (véase Figura 3).

El comando que permite modelizar los distintos tipos de forjados se encuentra en el menú desplegable FORJADOS, señalado en color azul en la figura 4.

Dentro del menú "FORJADOS", se elige la opción "Insertar tipos" que despliega el cuadro de la figura 5.

En dicho cuadro se selecciona el tipo de forjado "Losa Bubble-Deck" y se introducen las características que se han determinado en el predimensionado (tabla 1) en la línea de órdenes de AutoCAD (figura 6).

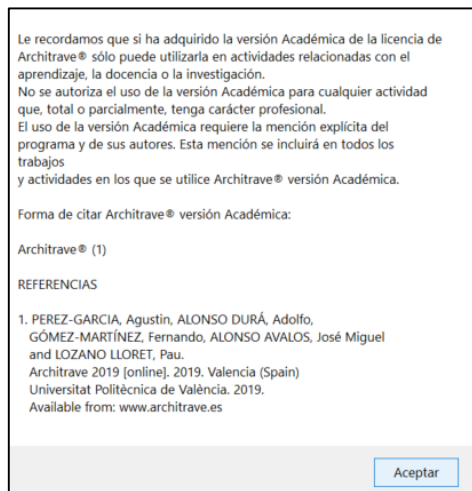


Figura 3. Créditos del programa

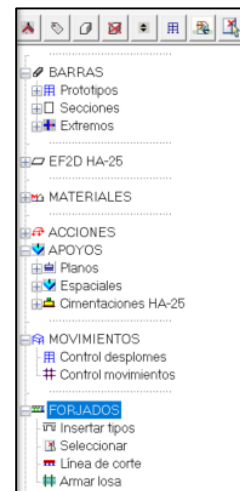


Figura 4. Herramienta "FORJADOS"

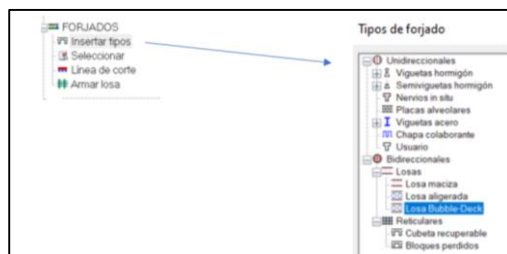


Figura 5. Tipos de forjado



Figura 6. Línea de órdenes con las dimensiones

Con las características de la losa aligerada introducidas, Architrave® propone, para una losa maciza equivalente, un canto y una densidad que garanticen que la inercia y el peso por metro cuadrado es el mismo, tal y como puede observarse en la figura 7.

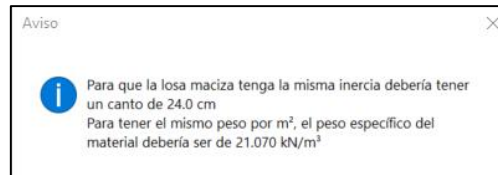


Figura 7. Características del material equivalente al BubbleDeck®

4.4 Crear el nuevo material

El siguiente paso consiste en crear el nuevo material con la densidad propuesta por el programa. Los valores del resto de propiedades (Módulo de deformación, coeficiente de Poisson, y el coeficiente de dilatación térmica) serán los mismos que los del hormigón utilizado en la losa (HA-25, según el enunciado).

Para consultar dichos valores, en el menú de Architrave® se selecciona el material de la losa (HA-25) y pulsando el botón derecho del ratón, se abre un menú flotante con los valores correspondientes (véase figura 8).

En el mismo menú, un poco más abajo está la orden de "material de usuario". Con un doble clic con el botón derecho del ratón abre un menú flotante que permite definir un nuevo material. En dicho menú, abajo a la derecha hay un botón (marcado con un círculo azul en la figura 9) que permite añadir un nuevo material.

En el caso que nos ocupa llamamos al nuevo material bubble-HA25 e introducimos los mismos valores del módulo de E, del coeficiente de Poisson y el coeficiente de dilatación térmica del HA-25, y el valor propuesto por el programa para la densidad.

El programa añadirá el nuevo material, renombrándolo con una letra u delante, para identificarlo como material de usuario.

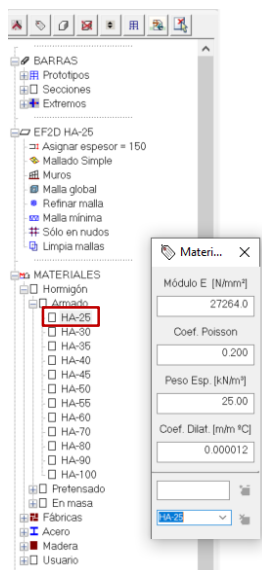


Figura 8. Material HA-25

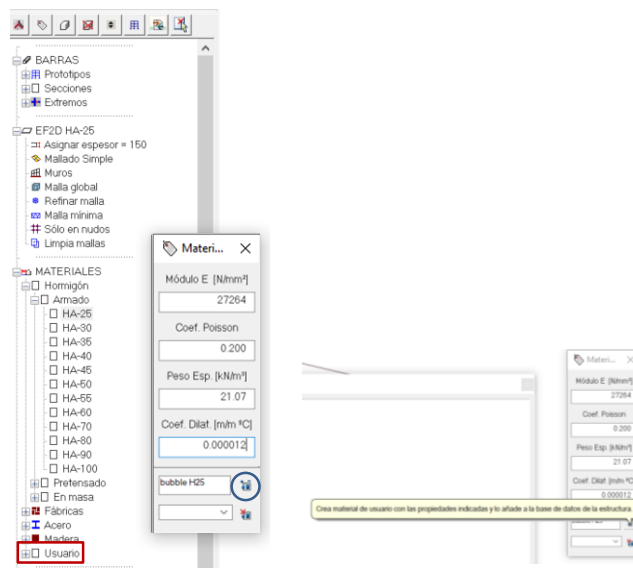



Figura 9. Crear un material de usuario

4.5 Definición de los ábacos y el contorno

Para la definición de los contornos, tanto de los ábacos, como de la losa aligerada, es necesario dibujar una polilínea cerrada con la orden propia de AutoCAD "3DPOL".

Para garantizar que dichas polilíneas están efectivamente cerradas, se recomienda escribir, tras la selección del penúltimo punto, la orden "c" que cierra la polilínea.

Una vez dibujadas las polilíneas que representan los contornos, es necesario darles las "propiedades" para ello se selecciona del menú de Architrave® la orden "Malla global" (véase la figura 10).

Dicha orden abre una ventana de diálogo que permite añadir contornos, pulsando el botón  (marcado con un círculo azul en la figura 11) junto a la orden "CONTORNOS" con el espesor de 240 mm (el equivalente de la losa aligerada). Es necesario señalar las polilíneas a las que se asignarán esas propiedades (tamaño de los E.F., material y canto).

Los ábacos se añaden de la misma manera, con la opción "REGRUESADOS", el canto real de la losa (260 mm) y el material HA-25.

Si la losa tuviera algún hueco, sería necesario definir el contorno con una 3DPOL e indicando que es un hueco en el mismo menú.



Figura 10. Menú

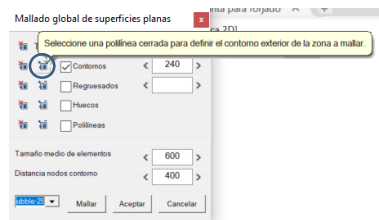


Figura 11. Definición contornos

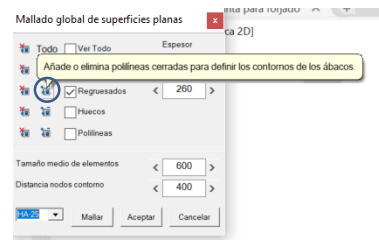


Figura 12. Definición de ábacos

4.6 Creación de los Elementos Finitos

Una vez definidos los contornos, regruesados, y huecos, si los hay, hay que generar los E.F. La orden es "Mallar" y se selecciona en el mismo menú de las figuras 11 y 12.

Antes de mallar los contornos y los ábacos, es necesario que las barras que tienen que recibir o transmitir esfuerzos a la losa estén conectadas a los nudos (vértices de los elementos finitos). Para garantizar esta última situación, las secciones de los soportes deben estar definidas¹ antes de mallar los contornos y ábacos, y se deben seleccionar, junto a los contornos para garantizar la conexión.

Seleccionado el botón "mallar", y elegidos todos los elementos, Architrave generará los E.F. Al principio todos formando un conjunto, para poder eliminarlos todos juntos, si el mallado no se ajusta al modelo previsto.

¹ En este caso se han definido secciones de HA-25 de 40x40 cm.

Si el mallado es correcto, se debe pulsar el botón "aceptar", para que los elementos finitos dejen de formar parte del conjunto, pasando a ser elementos independientes.

En la figura 13 se puede ver el resultado del mallado, con los E.F. de los ábacos en color azul y los del BubbleDeck® en color rojo.

Además, y se puede comprobar que, al haber seleccionado los soportes en la orden "mallar", los extremos de los soportes coinciden con los nudos (vértices) de los E.F.

Finalmente, es importante saber que, Architrave® dibuja los E.F. en una nueva capa llamada con el mismo nombre que la capa en la que se encuentran las polilíneas que definen los contornos o ábacos, a la que le añade "_STR" con el objeto de que sea fácil localizar la ubicación de los E.F.

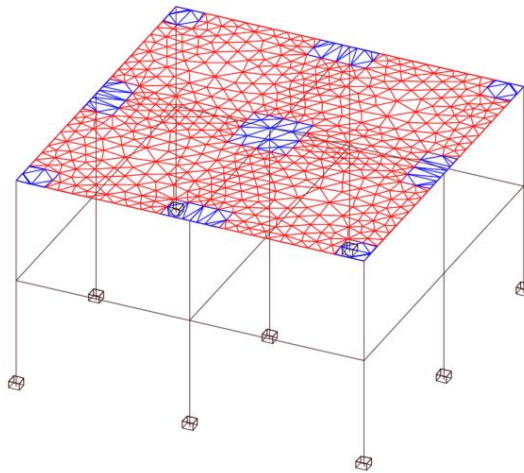


Figura 13. Modelo de barras y Elementos Finitos

5 Cierre

En este documento se explica cómo modelizar con Elementos Finitos una losa aligerada tipo BubbleDeck® con el programa de diseño y cálculo de estructuras Architrave®.

Siendo necesario un predimensionado previo, tanto del espesor de la losa como de las dimensiones de los ábacos, se incluyen unas recomendaciones acerca de cómo llevar a cabo este predimensionado previo al modelizado en el módulo de diseño de Architrave®.

REFERENCIAS

[1] Pérez-García, Agustín; Alonso Durá, Adolfo; Gómez-Martínez, Fernando; Alonso Avalos, José Miguel; Lozano Llorenz, Pau. Architrave 2019 (online) 2019. Valencia (Spain) Universitat Politècnica de València. 2019. Available form: www.architrave.es

[2] Bubbledeck® Página web del fabricante en castellano. <http://bubbledeck.com.ar/> Último acceso mayo 2021

[3] EHE Instrucción de Hormigón Estructural. Versión en castellano. <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/mas-organos-colegiados/comision->

6 Ejercicio propuesto

Con objeto de practicar la herramienta mostrada, se pide predimensionar, la losa de cubierta de la estructura de la figura 14.

Se pide determinar las dimensiones de los ábacos de esquina y calcular, con ayuda de Architrave® la densidad y el canto a considerar en la modelización con E.F.

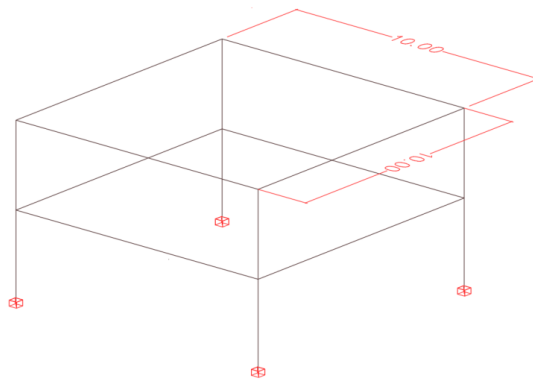


Figura 14. Estructura propuesta

RESOLUCIÓN

Teniendo en cuenta las características proporcionadas por el fabricante de BubbleDeck incluidas en la figura 2, para una luz de 10 metros el espesor recomendado es de 280 mm, ejecutado con esferas de diámetro 225 mm.

Siguiendo el mismo razonamiento que en el epígrafe 4.1 Predimensionado, las características de la losa aligerada serán las de la tabla 2.

Las características del material equivalente propuesto por Architrave® se pueden ver en la figura 15.

Por otro lado, las dimensiones de los ábacos de las esquinas, de HA-25 serán de 305 mm de canto y 1.70 x 1.70 metros en planta (corresponden a 10/6).

Capa superior	Capa inferior	Diámetro esferas	Canto total	nervio
5 cm	3 cm	22.5 cm	$5+22.5+3 = 30.5$ cm	5 cm

Tabla 2. Características del BubbleDeck®

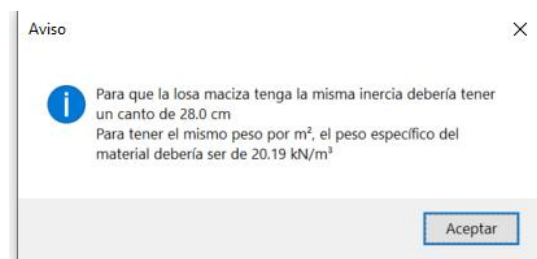


Figura 15. Características del material de usuario para modelizar el BubbleDeck®