

3^{er} CyR_t: suelo de cartón

Material(es): cartón de la basura + materiales de unión

Rotura: En el aula YG2, el 28-11-2016

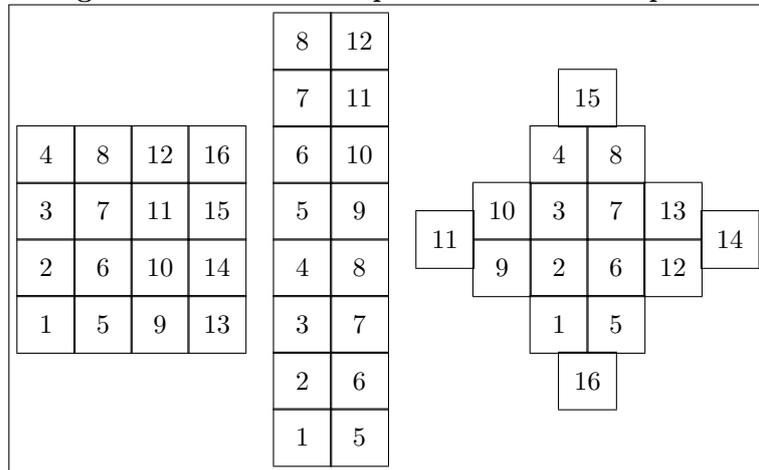
Este ejercicio ha sido decidido por el profesorado. No es probable que se produzcan cambios durante su realización. Pero si tiene alguna sugerencia interesante, no dude en plantearla.

Objetivo: Construir un **suelo horizontal de cartón** para sostener un carga útil de $2,22 \text{ kN/m}^2$, apoyado en cuatro soportes de madera por simple contacto.

La estructura será 3D, construida con piezas de cartón, ondulado o prensado, de pasta de papel, recogido de la basura, unidas por cualquier tipo de adhesivo (se recomienda “cola blanca” —acetato de polivinilo) o uniones de otro tipo (cosido con hilo, grapas metálicas, etc). El coste monetario de los materiales de unión corre a cargo de cada equipo. **Queda expresamente prohibido el uso de cartón que no sea de pasta de papel: específicamente, queda terminantemente prohibido el uso de “cartón-pluma” o de cualquier otro tipo que incluya polímeros derivados del petróleo.**

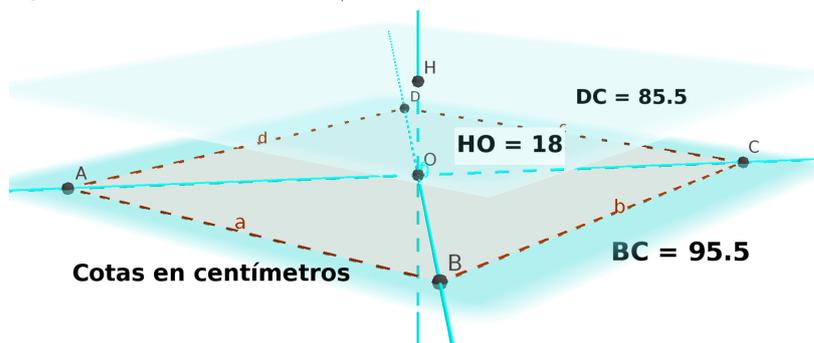
El suelo tendrá, ni más ni menos, $1,2 \times 1,2 \text{ m}^2$ de superficie horizontal en su cara superior. Por “horizontal” debe entenderse una superficie con pendientes menores en valor absoluto que 4 mm/m . Su forma en planta será cualquiera que pueda imaginarse compuesta de 16 teselas cuadradas de $300 \times 300 \text{ mm}^2$ de superficie con topología de *disco*: un cuadrado de 4×4 teselas es la solución más obvia, pero vale cualquier otra configuración de 16 teselas. Las 16 teselas deben ser identificadas en la cara superior de la estructura, ya sea por su simple existencia, ya por su dibujo sobre esa cara. **La masa total de la estructura terminada no podrá superar los 3,2 kg.**

Algunas teselaciones aceptables de la cara superior



La masa total de la estructura —incluyendo uniones— no podrá superar 3,2 kg. Sobre la cara horizontal superior deben verse 16 cuadrados de $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ que la cubren totalmente. La altura total de esa cara respecto a la cara de apoyo no podrá superar los 180 mm.

La estructura se apoyará por simple contacto *sobre* las bases de las cuatro patas de una mesa, puesta boca abajo. La altura *máxima* de la estructura medida entre la cara del apoyo y la cara superior será de 180 mm. Para llegar a los soportes, partes de la estructura pueden sobresalir horizontalmente de la cara superior, ocupando, en planta, más superficie que aquella. En todo caso, la totalidad de la estructura debe caber entre dos planos horizontales separados 180 mm. La geometría de los cuatro soportes (A, B, C y D) es la indicada en la figura. Cada soporte resiste con seguridad una carga vertical centrada de $5 \text{ N/mm}^2 \times 45 \text{ mm} \times 45 \text{ mm} = 10,1 \text{ kN}$.



La carga útil será el peso de dos pesas de 10 kg centradas sobre cada tesela. Las dimensiones de las pesas son de unos $250 \times 250 \text{ mm}^2$. Para la puesta en carga, las teselas se numerarán del 1 al 16 y las pesas se irán colocando en teselas elegidas al azar hasta completar una capa, procediéndose igual para las siguientes.

Si la estructura es capaz de resistir la totalidad de la carga útil (el peso de 320 kg, es decir 3,2 kN), se medirá su deformación, valorándose que la pendiente de la cara superior no supere 8 mm/m. Tras eso, se seguirá con el proceso de carga hasta la rotura, valorándose que el coeficiente de seguridad sea superior a 2 (aprox. 4 pesas por tesela).

Data: El cartón de pasta de papel corriente tiene un alcance estructural de 2 km aproximadamente.

Fases de realización

Este ejercicio se realizará en fases, con entregas parciales en alguna de ellas:

1. Lectura colectiva del enunciado y, en su caso, discusión y aprobación de enmiendas (1h)
2. Redacción de un proyecto¹ de la solución ideada. Se entregará un PDF con la información suficiente *como para que otro equipo (distinto del redactor) pudiera o pudiese acometer la construcción del diseño ideado*. Aunque se trata de un PDF, la confección del original puede realizarse tanto digitalmente (programa de dibujo) como manualmente (croquis a mano alzada convenientemente acotados y textos manuscritos, escaneados). (5h+homework)

Para la redacción del proyecto pueden hacerse pruebas con modelos a escala en cartón, papel o cartulina. Para ello pueden emplearse cilindros de acero como cargas (que representan $1,23 \text{ kN/m}^2$ tumbados en una capa; o $6,78 \text{ kN/m}^2$, verticales en cuadrícula de 20 mm).

3. Presentación pública (10m por equipo) del proyecto y crítica en asamblea (2h)
4. Construcción del diseño según las especificaciones del proyecto (4h)
5. Rotura de la estructura construida (el tiempo que haga falta)
6. Entrega final en PDF

Pistas

- **La forma de la cara superior.** Aunque un cuadrado es lo más obvio, los cuatro soportes ocupan las esquinas de un rectángulo casi-cuadrado. Otra forma distinta podría (o no) sacar partido de este hecho.
- **Losa, vigas, bóvedas...** Una vez decidida la forma de la cara superior y su relación con los puntos de apoyo ¿qué poner entre aquella y estos? Puede tratarse de una losa de canto constante, hueca o maciza; o de un entramado de viguetas que se apoyan en vigas que se apoyan en ... que se apoyan en los cuatro soportes; o de bóvedas de crucería apoyadas en los cuatro soportes, con tabiques entrecruzados sobre los que apoya la cara superior; o...
- **Las pesas son de acero.** Las pesas son losas de acero, de unos 20 mm de altura. Indeformables en comparación con el cartón. Puede usarse este hecho, y el de que la posición de las pesas es conocida *a priori*, para disminuir el número de apoyos necesarios bajo la cara superior.

Versión del 22/11. M. Vázquez, 2016

Notas:

¹“3. m. Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería.” (DRAE)