



Requisitos estructurales básicos

Apellidos, nombre	Basset Salom, Luisa (lbasset@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

La estructura es un componente esencial de los edificios ya que, no solo es la encargada de transmitir las cargas, sino también puede ayudar a diseñar y configurar los espacios.

En este artículo se propone una definición para la estructura de los edificios y se explican cuáles son los requisitos básicos que ésta debe cumplir.

2 Introducción

Según la RAE, la estructura es la disposición o modo de estar relacionadas las distintas partes de un conjunto, es decir, en un sentido amplio, la palabra estructura, no se ciñe únicamente a los edificios.

Si nos fijamos en lo que nos rodea, vemos que casi todo tiene una estructura u organización determinada, pudiendo afirmar que las estructuras más sofisticadas y eficientes forman parte de los esqueletos de las plantas y de los animales, así como de las "viviendas" que estos construyen. A través de un proceso de adaptación al ambiente exterior, las formas naturales han ido evolucionando y perfeccionándose a lo largo del tiempo, hasta conseguir que su forma responda adecuadamente al conjunto de fuerzas exteriores. Este éxito estructural de las formas de la naturaleza ha propiciado el estudio de los principios de su funcionamiento y su aplicación al diseño de edificios.

Las estructuras de los edificios deben cumplir unos requisitos básicos para que sean viables y se ajusten adecuadamente la función para la que han sido proyectados, sin colapsar o deformarse excesivamente.

3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Definir lo que se entiende por estructura
- Reconocer formas estructurales en la naturaleza.
- Identificar cuáles son los requisitos estructurales básicos, así como los factores que influyen en que la estructura los cumpla.

4 La estructura: Requisitos estructurales básicos

La estructura es un sistema formado por elementos enlazados entre sí y apoyados de tal modo que son capaces de resistir y transmitir las cargas que actúan sobre ellos sin que se sobrepasen los límites que producirían la rotura o lo harían inadecuado para su función.

La figura 1 muestra dos ejemplos de estructuras formadas, respectivamente, por elementos lineales y bidimensionales. Se trata de la estructura del edificio de la Escuela de ADE y Topografía, en la Universitat Politècnica de València, estructura formada por elementos lineales (figura 1a) y la estación de bomberos de Vitra formada por muros de hormigón (figura 1b).



Figura 1. a) ADE-Topografía, UPV; b) Estación de bomberos de Vitra

Tal y como se indica en la definición, la función principal de la estructura es resistir y transmitir las cargas que actúan sobre ella (peso, uso, viento, nieve, empujes, ...) con el fin de satisfacer las necesidades para la que ha sido concebida, como, por ejemplo, cerrar, delimitar o cubrir espacios; proteger frente a las agresiones ambientales; facilitar la comunicación y el acceso entre dos puntos, etc.

Pero además de esto, la estructura es un elemento que ayuda a diseñar y configurar el espacio arquitectónico, definiendo ambientes diferentes y/o dando un carácter personal a un edificio (figura 2).



Figura 2. a) Hauptbahnhof, Berlin; b) Millennium Dome, Greenwich.

Los tres requisitos estructurales básicos son:

- Resistencia
- Rigidez
- Estabilidad

4.1 Resistencia

La resistencia es la capacidad de una estructura en su conjunto o de cada uno de sus elementos de contrarrestar las cargas actuantes, manteniendo su integridad, sin romperse o quedar inservible. La figura 3 muestra un edificio colapsado durante el terremoto de Lorca de 2011, por superarse la capacidad resistente de los pilares de la planta baja.

En la capacidad resistente de la estructura se combinan varios factores: la intensidad de las cargas, la geometría, el tipo de conexión entre sus elementos y la propia capacidad resistente del material.

La actuación de las cargas exteriores sobre la estructura genera en sus elementos unas fuerzas internas o tensiones que no deben superar los valores

de la tensión máxima de rotura. Se utilizan coeficientes de seguridad (definidos en los documentos del Código Técnico de la Edificación, CTE DB SE) que afectan a las acciones y a las resistencias, ya que sus valores se basan en una modelización a partir de hipótesis iniciales, por lo que siempre hay un cierto grado de incertidumbre.



Figura 3. Edificio colapsado en Lorca, por el terremoto de mayo de 2011

4.2 Rigidez

La rigidez es la capacidad de una estructura o de uno de sus elementos de oponerse a las deformaciones bajo la acción de cargas exteriores.

Todas las estructuras se deforman como respuesta a la aplicación de las cargas, pero estas deformaciones deben mantenerse dentro de unos límites que no la dejen fuera de servicio o inadecuada para su función. Los límites vienen fijados por la normativa en vigor (CTE- DB SE).

Los movimientos de los sistemas estructurales deben ser compatibles con los elementos no estructurales (cerramientos, particiones, etc.)

La rigidez depende del material (cuanto mayor es el módulo de elasticidad más rígido es), de la geometría y tipo de conexión entre sus elementos y del valor de las fuerzas.

Por ejemplo, una viga de sección rectangular de dimensiones $a \times b$, siendo $a > b$, flectará menos si se coloca de canto que plana, es decir, de forma que la dimensión mayor sea la altura y la menor la base [2]. De esta forma, el material de la sección transversal se dispone más alejado del eje neutro, por lo que el momento de inercia es mayor, favoreciendo la rigidez a flexión (Figura 4a).

Lo mismo ocurre con los perfiles metálicos tipo doble T (perfiles tipo IPE, HEB, etc.) cuya masa se concentra en las alas, alejadas del eje neutro, por lo que suelen utilizarse en elementos que trabajan fundamentalmente a flexión como las vigas (Figura 4b).

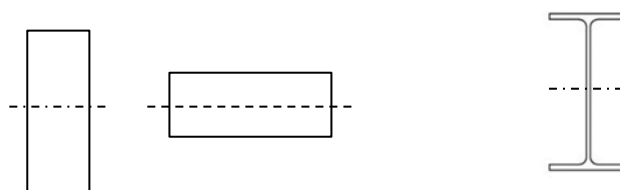


Figura 4. a) sección rectangular de canto o plana; b) perfil IPE

La página web de la universidad de Mánchester “Seeing and Touching Structural Concepts” [5] incluye modelos y ejemplos que ilustran claramente estos conceptos.

Para aumentar la rigidez de una estructura, especialmente en el caso de una estructura de nudos articulados, se puede recurrir a la triangulación [3], ya que el triángulo es un polígono que no se deforma cuando se le aplica una fuerza [1].

En la figura 5 vemos dos ejemplos de estructura triangulada: a) aeropuerto JFK de Nueva York y la malla espacial que cubre las ruinas en la plaza del Zócalo de Méjico DF.



Figura 5. a) cubierta aeropuerto JFK, NY, b) cubierta plaza Zócalo, Méjico DF.

4.3 Estabilidad

La estabilidad puede definirse como la capacidad de la estructura (en su conjunto o de cada una de sus partes) de mantenerse en un estado de equilibrio, bajo la actuación de un sistema de fuerzas determinado.

En un sistema en equilibrio, la suma de todas las fuerzas y la suma de todos los momentos respecto a cualquier punto debe ser cero. Cuando el equilibrio es estable, ante cualquier movimiento pequeño impuesto a la estructura, ésta tiende a volver a su posición inicial, mientras que, si es inestable, ésta tenderá a seguir moviéndose, alejándose de la posición inicial, hasta producir el colapso o ruina

Puede producirse inestabilidad de tipo traslacional o rotacional.

La inestabilidad traslacional o deslizamiento suele deberse a causas externas al edificio en sí, como la ubicación de este en una ladera. En este caso, el deslizamiento puede evitarse mediante algún sistema de contención de la ladera y una cimentación adecuada. Otro ejemplo de deslizamiento o desplazamiento horizontal global se produce cuando el edificio está sometido a la acción sísmica y cuenta con una planta débil (mayor altura que el resto de las plantas o discontinuidad de cerramientos respecto de las demás, etc.).

La inestabilidad rotacional o vuelco se presenta, especialmente, en el caso de los edificios altos y esbeltos, sometidos a fuerzas horizontales. La presencia de asientos diferenciales o fallos en el terreno puede favorecer el vuelco del edificio.

Para evitar el vuelco, la vertical trazada desde el centro de gravedad de la estructura debe estar situado dentro de la base del edificio. Además, cuanto más bajo esté el centro de gravedad (concentración de la masa cerca de la

base o aumento de ésta), más estable será la estructura (figura 6, Torre Eiffel, Paris).

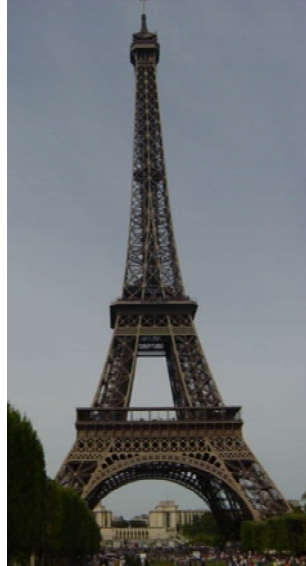


Figura 6. Torre Eiffel, Paris.

Además de aumentar la rigidez, como se ha mencionado en el apartado 4.2, la triangulación proporciona también estabilidad frente a la actuación de acciones horizontales, reduciendo el desplazamiento lateral y evitando también el vuelco. Por eso se utiliza la triangulación en algunas tipologías de edificios en altura [4], formando pantallas, núcleos rígidos, celosías de atado o estructuras tubulares (por ejemplo, el Banco de China en Hong Kong, figura 7, en el que la triangulación exterior es visible)



Figura 7. Banco de China, Hong Kong

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos dado una definición de estructura y hemos explicado los requisitos estructurales básicos.

Las torres Kio de Madrid, figura 8, debido a su inclinación (unos 15°), sitúan su centro de gravedad fuera de la base, por lo que, aparentemente, no cumplen con uno de los requisitos mencionadas en el apartado 4.3 para evitar el vuelco. Sin embargo, no presenta problemas de este tipo. Investiga por tu cuenta el sistema utilizado para evitar el vuelco ¹



Figura 8. Torres Kio, Madrid

¿Conoces algún otro edificio en altura en el que la triangulación sea visible en la fachada??

6 Bibliografía

6.1 Libros:

- [1] Moore F.: "Comprensión de las estructuras en arquitectura". Ed. McGraw-Hill Companies, 2001
- [2] Shierle G.G.: "Structure and Design". Ed Cognella 2018
- [3] Vassigh Sh. "Interactive Structures. Visualizing Structural Behaviour", J. Wiley & sons.

6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

- [4] Basset-Salom, L. "Edificios en altura". Colección artículos docentes ETSA <http://hdl.handle.net/10251/30395>

¹El vuelco se evita mediante contrapesos de hormigón en la base de cada edificio. De este modo, baja el centro de gravedad desplazándose dentro de la base del edificio, haciendo que se cumpla el requisito mencionado.

² Un ejemplo es el John Hancock Center, Chicago, 1966-69, SOM: Bruce Graham, Fazlur Kahn



[5] Ji T., Bell A.: "Seeing and touching structural models". University of Manchester
<http://www.mace.manchester.ac.uk/project/teaching/civil/structuralconcepts/contents/>

6.3 Figuras:

Figura 1. a) ADE-Topografía, UPV; b) Estación de bomberos de Vitra (autora: L. Basset).

Figura 2. a) Hauptbahnhof, Berlin; b) Millennium Dome, Greenwich (autora: L. Basset).

Figura 3. Edificio colapsado en Lorca, por el terremoto de mayo de 2011 (autora: L. Basset)

Figura 4. a) Orientación de la sección rectangular de canto o plana b) perfil IPE (autora: L. Basset).

Figura 5. a) cubierta aeropuerto JFK, NY, b) cubierta plaza Zócalo, Méjico DF (autora: L. Basset).

Figura 6. Torre Eiffel, Paris (autora: L. Basset).

Figura 7. Banco de China, Hong Kong (autora: L. Basset).

Figura 8. Torres Kio, Madrid (autora: L. Basset).