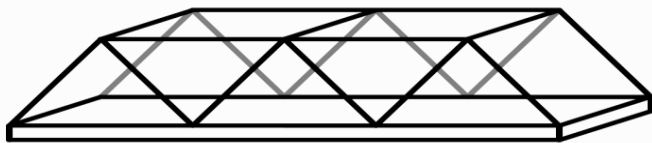


Introducción a las Estructuras



Estructura

Es un conjunto de elementos destinados a soportar esfuerzos sin romperse ni deformarse.

Existen multitud de estructuras en la naturaleza, desde el tronco que sostiene un árbol, hasta nuestro esqueleto. Todas ellas soportan esfuerzos para superar la gravedad y en el caso de los esqueletos también permiten el movimiento.

En el ámbito técnico, la construcción de estructuras para fabricar viviendas, barcos o vasijas es tan antigua como la propia civilización. Hoy en día las estructuras pueden ser muy complejas y permiten construir edificios, automóviles, aviones, puentes, torres de alta tensión, presas y un sinnúmero de aparatos sin los cuales el mundo actual, tal y como lo conocemos, no existiría.

Tipos de estructuras

Las estructuras se pueden clasificar de varias formas dependiendo de su origen o de sus elementos.

Dependiendo de su origen:

Naturales	Tronco de un árbol. Caparazón de tortuga. Esqueleto humano. Conchas de moluscos.
Artificiales	Puente colgante. Estructura de un edificio. Carcasa de ordenador. Grúa de obra.

Dependiendo de sus elementos:

Masivas	Formadas por una gran masa de material sin apenas huecos. Presa de agua. Pirámide. Murallas.
Abovedadas	Formadas por arcos y bóvedas. Techo de iglesia. Puente romano. Acueducto. Panteón de Roma.
Trianguladas	Formadas por barras unidas entre sí en triángulos. Grúa de obra. Torre Eiffel. Torre de alta tensión.
Entramadas	Formadas por elementos verticales y horizontales. Estructura de edificio. Sillas y mesas.
Colgantes	Formadas por cables que soportan las cargas. Teleférico. Puente atirantado o puente colgante. Grúa de obra.
Laminares	Formadas por una lámina o pared delgada. Cuenco. Caparazón de tortuga. Casco para moto.

Dependiendo de su movimiento:

Estructuras móviles	Se pueden desplazar o están articuladas. Soportan cargas mientras permiten el movimiento. Puerta con bisagra. Puerta deslizante. Puente levadizo. Silla con ruedas. Grúa.
Estructuras fijas	No se desplazan ni se pueden mover. Puente. Edificio. Torre de alta tensión.

Ejercicios

1. Enumera cinco estructuras naturales y cinco artificiales.
2. Enumera cinco estructuras masivas.
3. Enumera cinco estructuras abovedadas.
4. Enumera cinco estructuras trianguladas
5. Enumera cinco estructuras entramadas
6. Enumera cinco estructuras colgantes
7. Enumera cinco estructuras laminadas
8. Indica las diferencias entre las estructuras trianguladas y entramadas
9. Clasifica las siguientes estructuras:

- Acueducto
- Caparazón de tortuga
- Carcasa de ordenador
- Casco
- Conchas de moluscos
- Cuenco
- Esqueleto humano
- Estructura de edificio
- Grúa de obra
- Iglesia
- Mesa
- Muralla china.
- Pirámide.
- Presa de agua.
- Puente atirantado.
- Puente colgante.
- Puente romano
- Silla
- Teleférico
- Torre de alta tensión
- Torre Eiffel
- Tronco de un árbol

10. Indica a qué tipo de estructura se refiere cada una de las siguientes frases:

- Formada por cables que soportan las cargas.
- Formada por elementos verticales y horizontales.
- Formada por arcos y bóvedas.
- Formada por una gran masa de material sin apenas huecos.
- Formada por una lámina o pared delgada.
- Formada por barras unidas entre sí en triángulos.

Esfuerzos

Las estructuras están destinadas a soportar cargas externas sin deformarse ni romperse. Como resultado de estas cargas externas las estructuras soportan fuerzas internas llamadas esfuerzos.

Cargas y esfuerzos

Carga

Es una fuerza externa que actúa sobre una estructura. Puede ser un peso, un empuje, una dilatación térmica, etc.

Esfuerzo

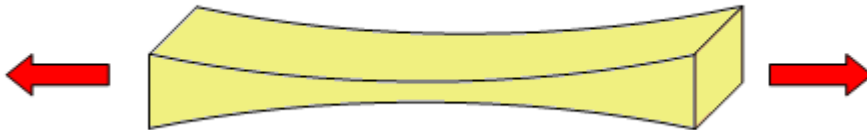
Tensión o fuerza interna que soporta una estructura como resultado de las cargas externas.

Por ejemplo, una persona sentada en una silla es una carga para la silla. Debido a esta carga las patas de la silla soportan un esfuerzo de compresión.

Hay 5 esfuerzos distintos. A continuación se explica cada uno.

Tracción

El esfuerzo de tracción tiende a estirar la estructura:

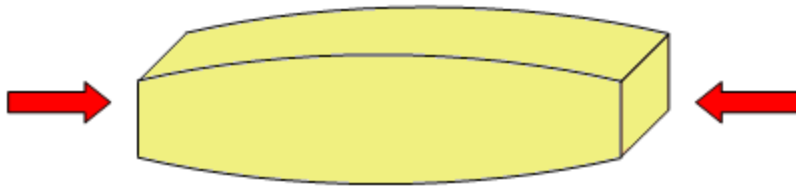


Ejemplos de elementos que soportan este esfuerzo son:

- Cadenas de un columpio
- Cable de una grúa

Compresión

El esfuerzo de compresión tiende a comprimir la estructura:

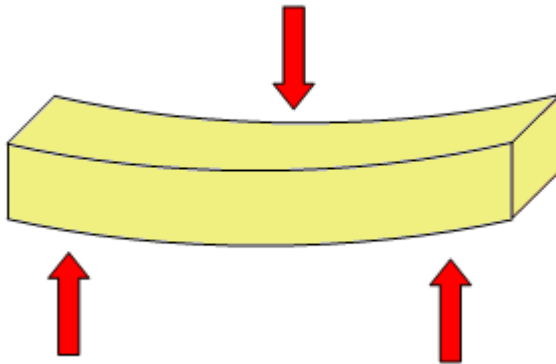


Ejemplos de elementos que soportan este esfuerzo son:

- Patas de una silla
- Columnas de un edificio

Flexión

El esfuerzo de flexión tiende a doblar la estructura:

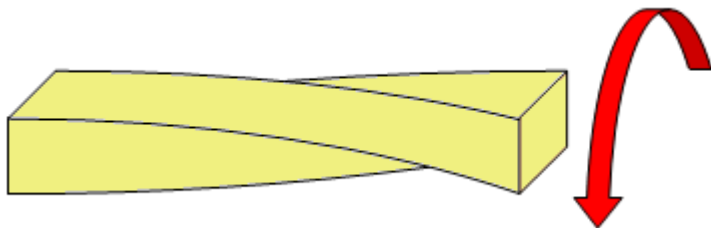


Ejemplos de elementos que soportan este esfuerzo son:

- Tablero de una silla
- Suelos de edificios
- Brazo de una grúa

Torsión

El esfuerzo de torsión tiende a retorcer la estructura:

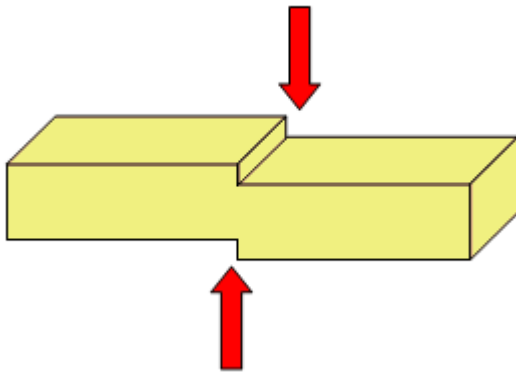


Ejemplos de elementos que soportan este esfuerzo son:

- Eje de un destornillador
- Llave al girar
- Eje de un grifo

Corte o cizalla

El esfuerzo de corte o esfuerzo de cizalla tiende a cortar en dos la estructura:

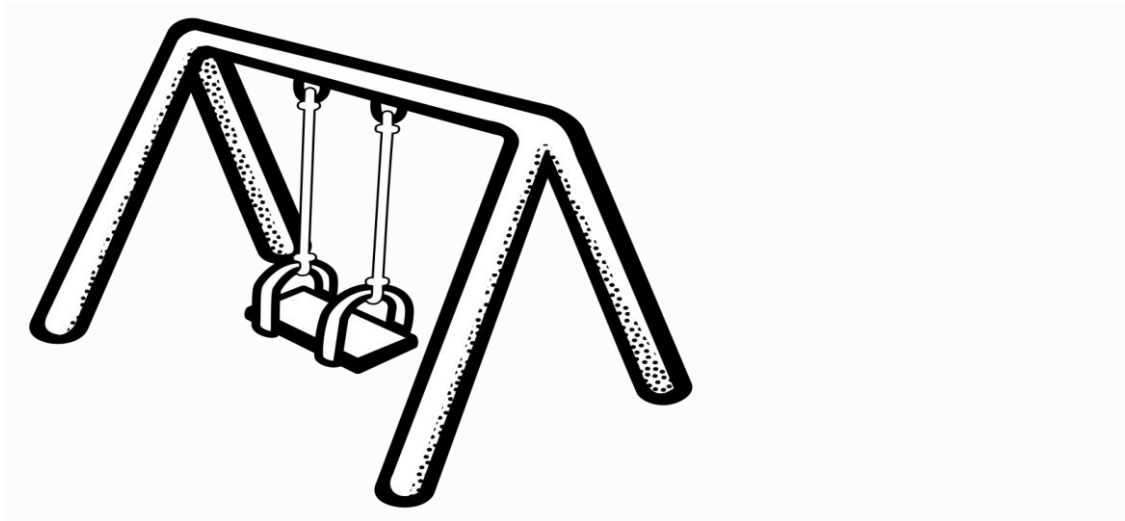


Ejemplos de elementos que soportan este esfuerzo son:

- Papel cortado con tijeras
- Tornillo que soporta un cuadro

Ejercicios

1. Busca dos ejemplos de esfuerzos de tracción que no estén en esta página.
2. Busca dos ejemplos de esfuerzos de compresión que no estén en esta página.
3. Busca dos ejemplos de esfuerzos de flexión que no estén en esta página.
4. Busca dos ejemplos de esfuerzos de torsión que no estén en esta página.
5. Busca dos ejemplos de esfuerzos de cizalla o cortadura que no estén en esta página.
6. Dibuja y nombra los esfuerzos que aparecen en un columpio cuando se sube un niño sobre el asiento.



7. Analiza los esfuerzos que aparecen en una mesa cuando se coloca un peso encima de ella.
8. Analiza los esfuerzos que aparecen en una grúa cuando levanta una carga.



Estabilidad

Las estructuras que estamos estudiando, además de ser rígidas para soportar cargas sin romperse ni deformarse, deben ser estables para no volcar, deslizarse u oscilar ante las fuerzas externas.

Existen varios problemas que pueden presentar las estructuras debido a su falta de estabilidad. A continuación se detallan las más comunes.

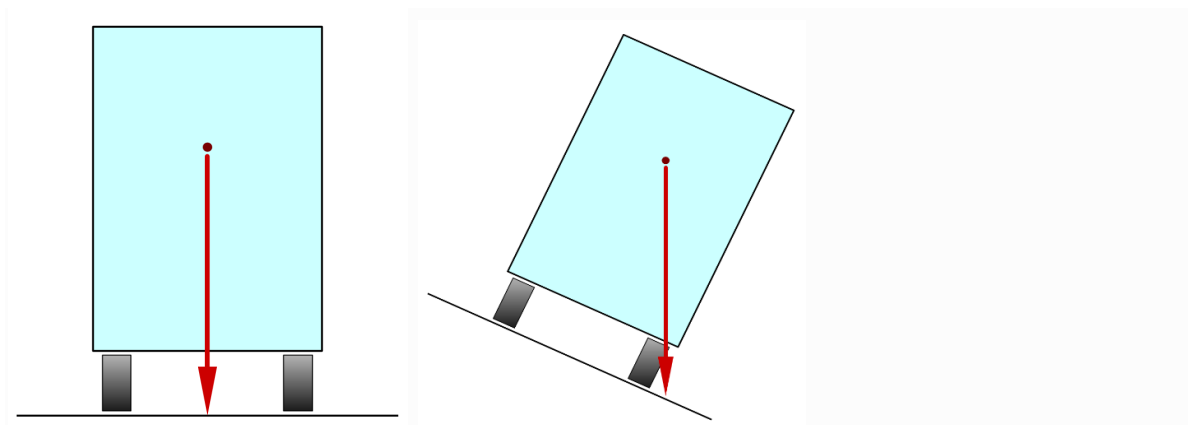
Vuelco

El vuelco de una estructura se produce cuando el centro de gravedad no se encuentra sobre la base de apoyo de la estructura.

Centro de gravedad:

Es el punto medio de toda la masa de la estructura. Es el punto donde intuitivamente tenemos que apoyar la estructura para que esta no vuelque a un lado o a otro.

En el caso de un martillo, su centro de gravedad se encuentra en el mango, muy cerca de la cabeza, que es la parte que más pesa



En el caso del camión de la figura, el centro de gravedad está en el punto rojo, relativamente alto.

En la primera imagen el centro de gravedad cae dentro de la zona de apoyo por lo que el camión es estable y no vuelca.

En la segunda imagen el camión está inclinado y el centro de gravedad está a punto de salir de la zona de apoyo. El camión está a punto de volcar.

En la tercera imagen el camión se ha inclinado más y el centro de gravedad no está sobre la zona de apoyo. En este caso el camión no es estable y volcará.

Para que se produzca el **vuelco** de una estructura, el centro de gravedad debe caer fuera de la zona de apoyo de la estructura con el suelo.

Soluciones al vuelco

Existen varias soluciones para evitar que una estructura vuelque.

Añadir un contrapeso

Cuando una estructura está demasiado escorada hacia un lado o un peso lateral puede hacerla volcar, un contrapeso en el lado contrario puede solucionar el problema.

Ejemplo: Contrapeso en las grúas de obra o en los camiones-grúa.



Grúa de obra con contrapeso a la izquierda.

Ampliar la base de apoyo

Cuanto mayor sea la base de apoyo, más difícil es que el centro de gravedad caiga fuera de la base.

Ejemplos: Camión grúa con apoyos extensibles. Coche deportivo muy ancho. Las personas separan instintivamente los pies entre sí para tener mayor base de apoyo cuando el suelo se mueve.



Camión de bomberos con grúa y apoyos extensibles.

Bajar el centro de gravedad

Si el centro de gravedad está más bajo, es más difícil que caiga fuera de la base de apoyo.

Ejemplos: Para conseguir bajar el centro de gravedad de un camión, hay que colocar los bultos más pesados en la parte baja y los ligeros en la parte alta. Los automóviles deportivos suelen ser bajos para tener el centro de gravedad bajo y conseguir así mayor estabilidad.



Fórmula 1 con centro de gravedad muy bajo.

Anclar la estructura al suelo

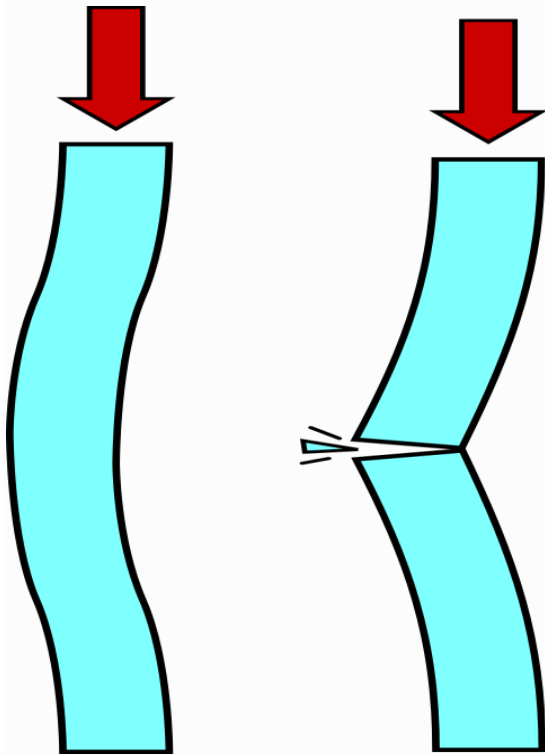
Con esta solución se refuerza la estructura ampliándola al suelo.

Ejemplos: Vientos de una tienda de campaña. Cables de anclaje de una antena. Farola o mástil de bandera anclados al suelo.



Antenas de radio con vientos para anclarlas al suelo.

Pandeo



El [pandeo](#) es una inestabilidad que se produce en barras y columnas **esbeltas** sometidas a compresión.

Cuando la forma de la barra o columna es muy estrecha y muy larga (esbelta), corre el riesgo de doblarse y perder así su resistencia. El resultado final es que la estructura se flexiona hasta partirse y fallar.

Soluciones al pandeo

Hacer el perfil más grueso

Si aumentamos el perfil de la barra o de la columna haciendo que sean más gruesos, dejarán de ser esbeltas y el pandeo no se producirá.

Por ejemplo se puede utilizar un tubo grueso con paredes finas en vez de una barra maciza. Los dos tienen el mismo peso y la misma cantidad de material, pero el tubo hueco no pandea mientras que la barra maciza, que es más esbelta, si pandea.

Esto se utiliza por ejemplo en las estructuras de las bicicletas que están formadas por **barras tubulares** o en las estructuras de las torres eléctricas formadas por **barras en forma de L** en vez de barras macizas.

Sujetar el centro de la barra

Si sujetamos el centro de la barra para evitar que se mueva, el pandeo no llegará a producirse.

Por ejemplo una torre de alta tensión está construida con cuatro barras verticales esbeltas que soportan la mayor parte del peso y barras horizontales y oblicuas entre ellas que evitan que las barras verticales puedan pandear.

Oscilaciones

Las oscilaciones o vibraciones de una estructura pueden ser beneficiosas o perjudiciales.

En ciertos casos conviene que la estructura no sea completamente rígida. Si la estructura puede flexionarse y oscilar ante una carga externa, esto permite que no llegue a fallar. Ejemplos de este comportamiento lo tenemos en los rascacielos que oscilan en su azotea en caso de terremoto o en caso de soportar vientos fuertes. Los mástiles de barco o las alas de un avión también son capaces de oscilar para adaptarse a los esfuerzos que soportan. Si estas estructuras fuesen completamente rígidas podrían destruirse con los grandes esfuerzos que soportan.

En otros casos las oscilaciones pueden llegar a sumarse poco a poco igual que ocurre en un columpio, haciendo que la estructura oscile cada vez con mayor amplitud hasta llegar a desmoronarse. Esto es lo que le pasó al famoso puente de [Tacoma Narrows](#) apodado Gallopin Gertie por las grandes oscilaciones que sufría cuando soplaba la brisa del verano en que se inauguró. Al llegar el otoño, un viento de apenas 64 kilómetros por hora derrumbó el puente, afortunadamente sin producir muertes. Puedes ver una grabación del suceso en [YouTube](#).

Sin llegar a ser tan dramáticas, las oscilaciones pueden producir en otros casos ruidos y vibraciones muy molestas. Esto se produce especialmente

en las frecuencias de resonancia que son las frecuencias en las que vibra una estructura de forma natural. Sumando poco a poco los efectos de una pequeña vibración a la misma frecuencia de resonancia, la oscilación, igual que en un columpio, puede llegar a hacerse muy grande y molesta.

<https://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxw>

Soluciones a las oscilaciones

Evitar las cargas oscilantes

Esta es la solución que toman los soldados que caminan en formación por encima de un puente que no es muy rígido. En este caso los soldados dejan de caminar a la vez y comienzan a caminar de manera desorganizada para que el puente no resuene al mismo ritmo de los pasos [\[1\]](#) .

Amortiguar la estructura

Esta es la solución que se toma en las ruedas de los vehículos o en algunos edificios resistentes a terremotos. Un amortiguador es un elemento que frena las oscilaciones y reduce la resonancia.

<https://www.youtube.com/watch?v=QUI7acilEJo>

Ejercicios

1. ¿Qué problemas de estabilidad pueden tener las estructuras?
2. Dibuja una estructura poco estable y otra que sea muy estable.
3. ¿Cuándo vuelca una estructura?
4. ¿Qué soluciones hay para evitar que una estructura vuelque?
Escribe un ejemplo de cada una.
5. ¿Qué es el pandeo?
6. ¿Cómo se puede evitar el pandeo?
7. ¿Cómo se pueden evitar las oscilaciones perjudiciales en una estructura?