

Bloque 5. Estructuras.

UNIDAD DIDÁCTICA 5: ESTRUCTURAS.



ÍNDICE:

0. INTRODUCCIÓN.

→ Evolución de las estructuras a lo largo de la historia.

1. ¿QUÉ ES UNA ESTRUCTURA?

1.1. Definición de estructura.

1.2. Materiales y estructuras.

2. TIPOS DE ESFUERZOS.

- Tracción.
- Compresión.
- Flexión.
- Torsión.
- Cizalladura o cortante.
- Pandeo.

3. ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA.

- Cimientos.
- Columnas o pilares.
- Vigas.
- Arcos.
- Tirantes.

4. ESTRUCTURAS RESISTENTES.

- Triángulos.
- Arcos.

5. ESTRUCTURAS ESTABLES.

6. PERFILES.

7. TIPOS DE ESTRUCTURAS ARTIFICIALES.

- 7.1. Masivas.
- 7.2. Abovedadas.
- 7.3. Entramadas.
- 7.4. Trianguladas.
- 7.5. Colgantes.
- 7.6. Otras estructuras.

8. Vocabulario.

9. Recursos web sobre Estructuras.

10. ACTIVIDADES.

11. BIBLIOGRAFÍA.

0. INTRODUCCIÓN.

Se puede definir la estructura como el armazón, distribución u orden que presentan las partes de un todo. Con esta palabra que puede tener varios significados, nos referiremos en esta unidad a las partes resistentes que sujetan un cuerpo y mantienen su forma.

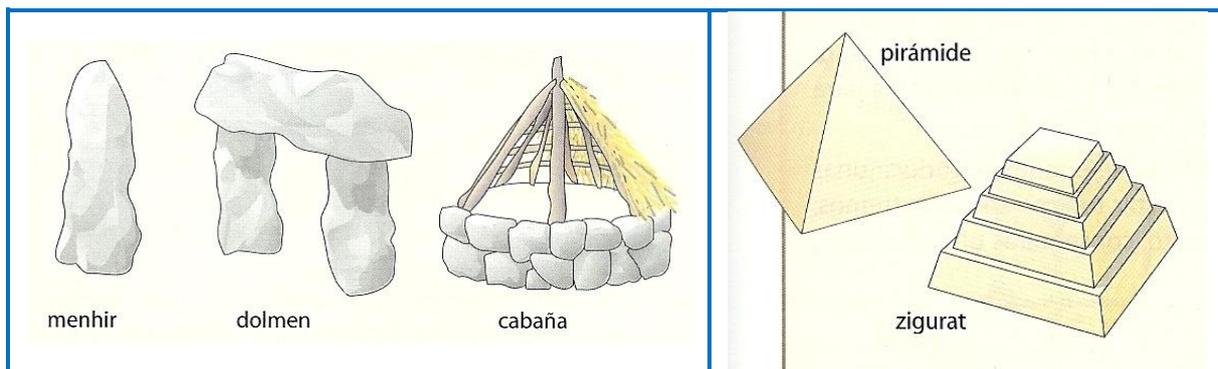
Todos los cuerpos poseen algún tipo de estructura. La razón por la que se necesitan las estructuras reside en las fuerzas. Las fuerzas que están presentes en la naturaleza tienden a deformar los cuerpos y, contra ellas, cada objeto o ser animado opone elementos resistentes que le permiten conservar su forma y realizar sus funciones. Las estructuras comprenden desde las conchas de los moluscos hasta la Torre Eiffel de París, desde el esqueleto de los animales vertebrados hasta las estrías de un vaso de plástico... Estudiar cómo funcionan, qué forma deben tener, sus materiales y tipos es uno de los objetivos de esta unidad.

A lo largo de la historia, las estructuras han ido respondiendo a las necesidades y medios de que disponía el ser humano en cada momento.

En la **Prehistoria**, las primeras estructuras artificiales consistieron en una piedra alargada puesta en pie: los **menhires**. Más tarde se añadió otra piedra vertical paralela y una horizontal sobre ella formando las primeras estructuras adinteladas: los **dólmenes**.

Otro de los materiales que se empezó a utilizar fue la madera; se construían cabañas de ramas y troncos entrelazados.

El barro se empleó para hacer ladrillos y paredes de adobe. Con ellos se construyeron desde casas hasta pirámides escalonadas o **zigurat**.



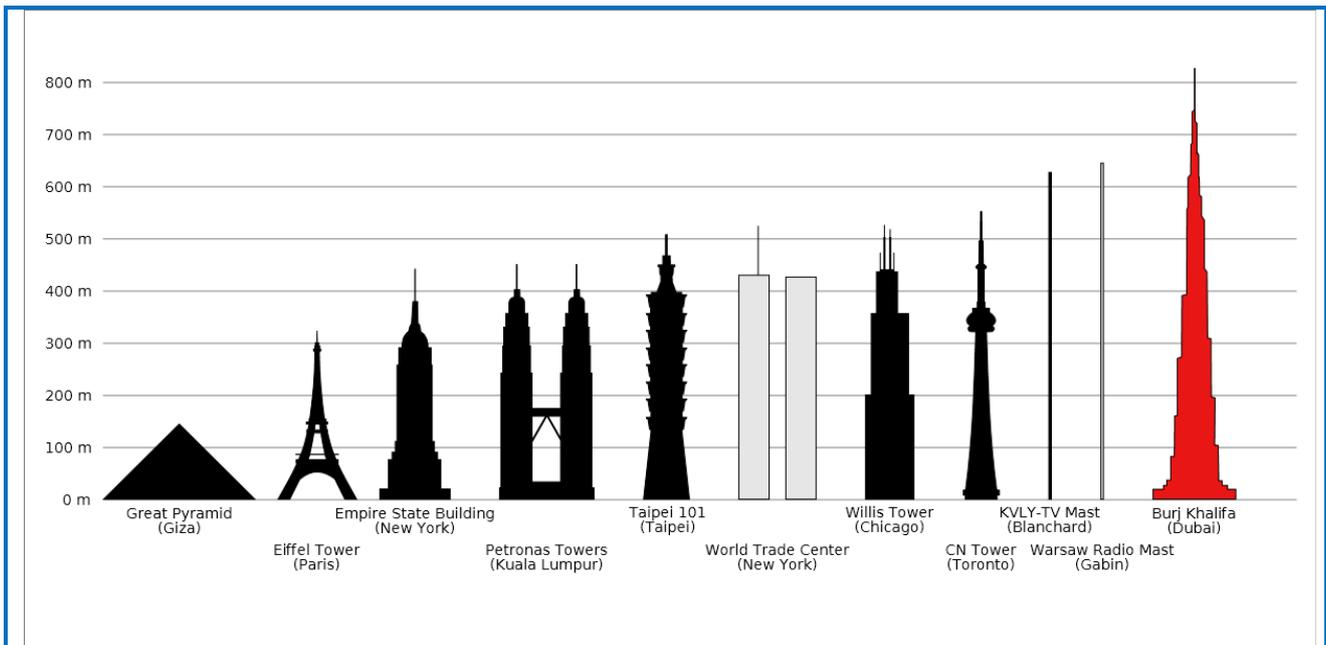
Durante la **Edad Antigua**, la piedra era el material que empleaban los griegos para construir vigas sobre pilares o columnas. Los romanos desarrollaron las posibilidades del arco que habían inventado los etruscos y crearon la bóveda combinando arcos. También construyeron grandes edificios, como las termas, los coliseos o las basílicas. Descubrieron el cemento (fabricado con puzolanas).

En la **Edad Media**, las estructuras de bóvedas y arcos alcanzaron su esplendor en la construcción de catedrales góticas. Igualmente, cobraron gran importancia en esta misma época las cerchas de madera para los tejados inclinados.

En la **Edad Moderna**, en el siglo XVIII, se empezó a fabricar hierro carbonatado (acero) de forma industrial. Esto permitió construir puentes y estaciones de ferrocarril con grandes vanos. Hasta finales del siglo XIX, momento en que apareció el hormigón armado, las estructuras metálicas tuvieron mucha importancia.

En la **Edad Contemporánea** se hace un uso intensivo del hormigón armado para construir las estructuras. El hormigón armado está formado por barras de acero embutidas en hormigón. El acero tiene muy buena resistencia al estiramiento (tracción), y el hormigón, al aplastamiento (compresión), por lo que su mezcla constituye un producto muy resistente y de fácil adaptación a las necesidades de la obra.

Hoy en día, existen muchos tipos estructurales, bóvedas, cerchas, estructuras colgantes, voladizos, etc. En diversos edificios públicos, como aeropuertos, estaciones de metro o museos, las estructuras están cobrando gran importancia como elementos arquitectónicos decorativos.



Comparativa de los edificios más altos.

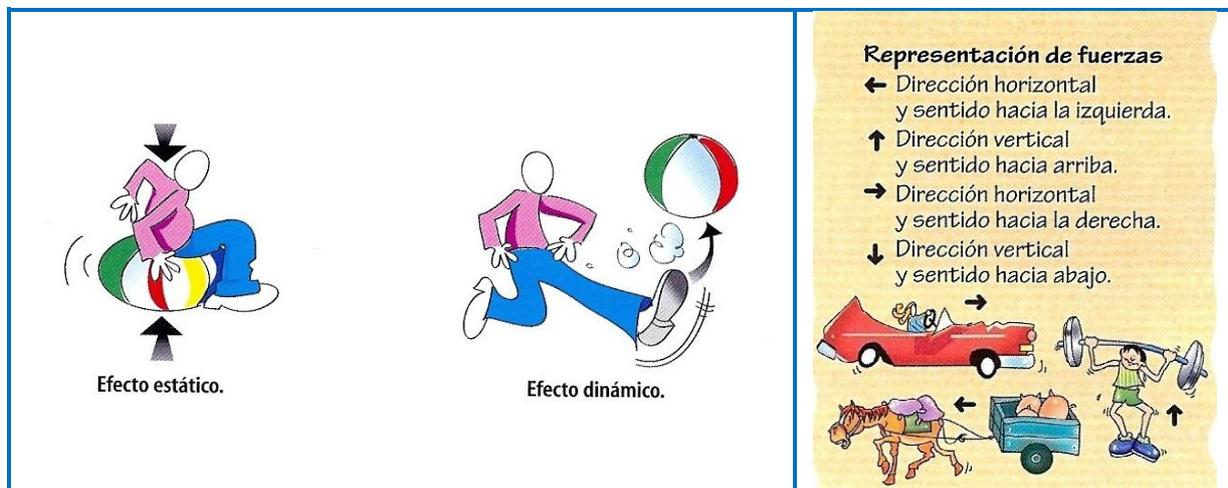
1. ¿QUÉ ES UNA ESTRUCTURA?

Antes de definir una estructura, vamos a definir qué es una **fuerza**.

En la naturaleza hay muchas fuerzas: la de la gravedad que nos atrae hacia la tierra y origina el peso; la del viento; las mecánicas, que mueven las máquinas; las presiones de los gases encerrados; la que desarrollan nuestros músculos; las originadas por efecto del calor...

Si empujas un cuaderno con el dedo, tu fuerza provoca el desplazamiento del cuaderno. Si un compañero sujeta el cuaderno mientras tú lo empujas con el dedo, la intervención de otra fuerza contrarresta la tuya e impide o entorpece el movimiento del cuaderno. Al aplastar una goma de borrar con el dedo, el efecto de la fuerza es un cambio de la forma de la goma. Si haces chocar un lápiz y la goma, cambian la dirección de su desplazamiento. Con estos ejemplos podemos descubrir una relación entre las fuerzas y el movimiento o deformación (cambio de forma de un cuerpo) de los cuerpos. Siempre que se ejerce una fuerza, se produce uno de estos dos fenómenos (o ambos a la vez); por lo tanto, podemos definir la fuerza de la siguiente forma:

Una **fuerza** es todo aquello capaz de deformar un cuerpo (efecto estático) o alterar su estado de movimiento o reposo (efecto dinámico). Son magnitudes vectoriales (intensidad o módulo, punto de aplicación, dirección y sentido). Su unidad, en el Sistema Internacional, es el newton (N).



Dinámico: que produce o experimenta movimiento.

1.1. Definición de estructura.

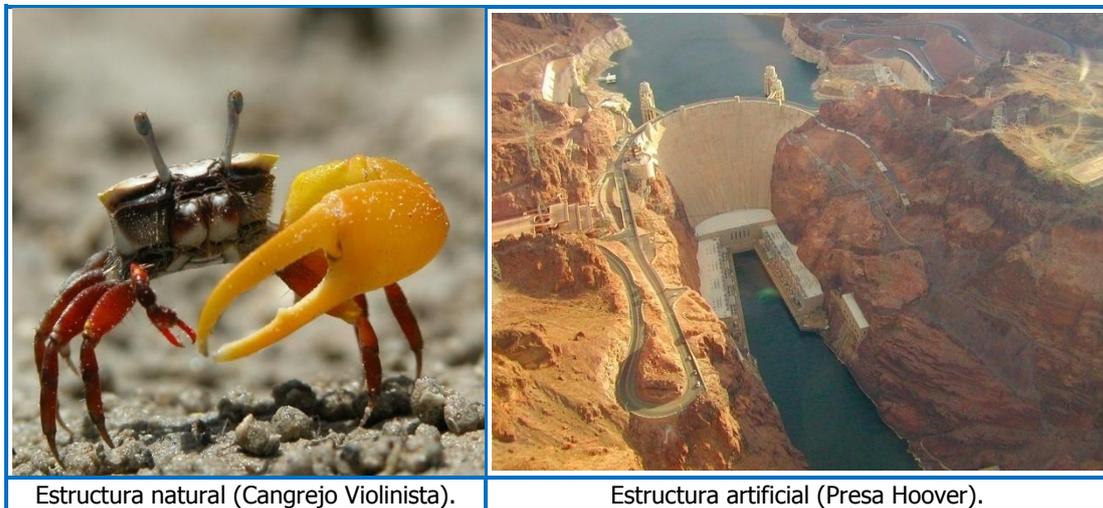
Los cuerpos están sometidos a la acción de fuerzas muy variadas: la fuerza de la gravedad, la fuerza peso, la fuerza del viento...

Todos los cuerpos tienen partes que les sirven de sujeción y que evitan que se desmoronen o se deformen en exceso: los huesos de los animales vertebrados, el tallo de una planta, las patas de una silla, las vigas y pilares de un edificio, el tubo de un bolígrafo... Estas partes reciben el nombre de **estructura**. Los dos primeros ejemplos son estructuras **naturales**, mientras que los restantes son estructuras **artificiales**.

Para hacer frente a las fuerzas que intentan deformar o romper los cuerpos, estos deben poseer una estructura.

Una **estructura** es el conjunto de elementos de un cuerpo destinados a soportar los efectos de las cargas (fuerzas) que actúan sobre él, con objeto de mantener su forma, e impedir, de ese modo, que se rompa o se deforme en exceso.

Una **estructura** es un conjunto de elementos, diseñados y construidos, capaces de soportar fuerzas y transmitirlos a los puntos donde se apoya con el fin de ser resistente y estable.



Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se denominan **cargas** y pueden ser de dos tipos:

- **Cargas fijas o permanentes (estáticas)**. No varían con el paso del tiempo. Son, por ejemplo, el peso del propio peso, el de las cosas que este tiene siempre encima, etcétera.
- **Cargas variables (dinámicas)**. Son las que unas veces afectan al cuerpo y otras no (solo aparecen en ocasiones). Algunos ejemplos son el peso de la nieve sobre un tejado, el empuje del viento, el peso de la gente que se encuentra en un edificio, los vehículos que transitan por un puente...

Para conseguir su objetivo, las estructuras deben cumplir una serie de requisitos:

- **Estabilidad**. Para evitar que una estructura vuelque fácilmente, su centro de gravedad debe estar centrado sobre su base. Cuanto más lo esté y más próxima al suelo se halle la mayor parte de su peso, más estable será la estructura. Podemos dar estabilidad a un cuerpo, añadiendo masa a su base, atirantándolo o empotrando su parte inferior en el suelo.
- **Resistencia**. Las estructuras tienen que soportar las tensiones a las que están sometidas sin romperse. En la resistencia de una estructura intervienen su forma y el tipo y cantidad de material con el que esté construida.
- **Rigidez**. Aunque todos los objetos se deforman levemente al aplicarles una fuerza, esta deformación nunca debe ser tan grande como para impedir que el objeto cumpla con su función. La rigidez se consigue soldando las uniones, dando a los objetos una forma apropiada y triangulando las es-

estructuras de barras; recuerda que el triángulo es la única figura indeformable.

Estas tres condiciones, estabilidad, resistencia y rigidez, son independientes entre sí. Es decir, una estructura puede ser estable y romperse o ser resistente y no tener estabilidad.

El centro de gravedad.

El **centro de gravedad** de un cuerpo es el punto de aplicación en dicho cuerpo de la fuerza de la gravedad.

En las figuras de la izquierda están representados los centros de gravedad de distintos cuerpos. ¿Cuál de estos cuerpos te parece más estable? ¿Cuál menos? ¿Por qué? ¿Cuál de estas formas fue utilizada como estructura antes que las otras dos? ¿Por qué?

Una estructura es más estable cuanto más ancha sea la base y cuanto más bajo tenga su centro de gravedad.

Una estructura es estable cuando la vertical del centro de gravedad cae dentro de su base. Por el contrario, si la vertical del centro de gravedad cae fuera de la base, la estructura es inestable y vuelca.

Básicamente las estructuras se construyen para:

- **Almacenar materiales.** Silos de grano, tinajas de vino, depósitos de gas, envases de cartón, etc.
- **Cubrir espacios.** Bóvedas, cúpulas, marquesinas, techumbres, etc.
- **Salvar accidentes geográficos.** Puentes y túneles.
- **Crear espacios vacíos.** Canales, presas, piscinas, etc.
- **Generar superficies utilizables.** Carreteras, aeropuertos, campos deportivos, carrocerías de automóviles, fuselajes de aviones, etc.
- **Almacenar alturas en el espacio.** Torres, postes de luz, grúas, etc.
- **Proporcionar apoyo y proteger a los restantes elementos de un conjunto.** Armaduras, chasis de una máquina, etc.

1.2. Materiales y estructuras.

Como hemos visto en la introducción, las estructuras se pueden elaborar con muchos materiales, pero los más usados a lo largo de la historia han sido los siguientes:

Época	Materiales	Estructuras
Prehistoria	Maderas y piedras	Cabañas
Egipto	Piedra, madera y argamasa	Piedra formando columnas con dintel en templos, pirámides...
Roma	Piedra, madera, ladrillo y argamasa.	Teatros, acueductos, arcos, bóvedas y cúpulas.
Edad Media (Románico)	Piedra, madera y ladrillos.	Iglesias, fortalezas. Predominio de los muros de carga y arcos de medio punto.
Edad Media (Gótico)	Piedra, madera y ladrillos.	Iglesias, palacios, catedrales. Arcos ojivales y estructuras más ligeras que permitían amplios espacios para colocar vidrieras.
Revolución Industrial	Acero.	Puentes, estaciones de ferrocarril, naves industriales, barcos. Formación de grandes estructuras metálicas.
Actualidad	Acero y hormigón.	Rascacielos, puentes, grandes estructuras que emplean sobre todo vigas y pilares.

2. TIPOS DE ESFUERZOS.

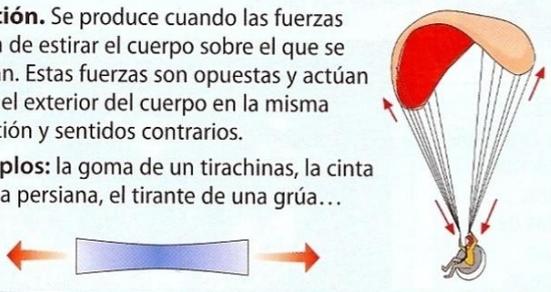
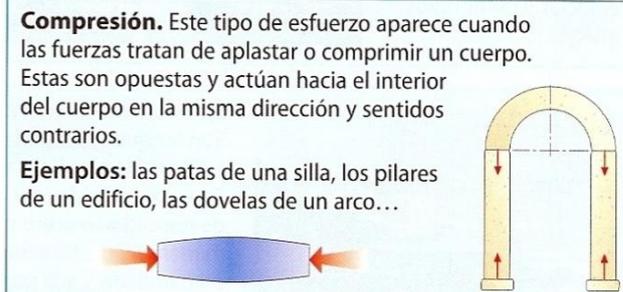
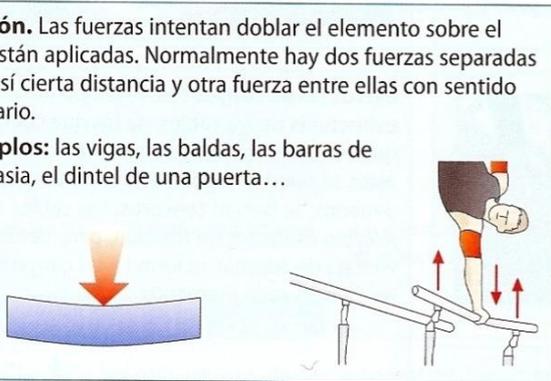
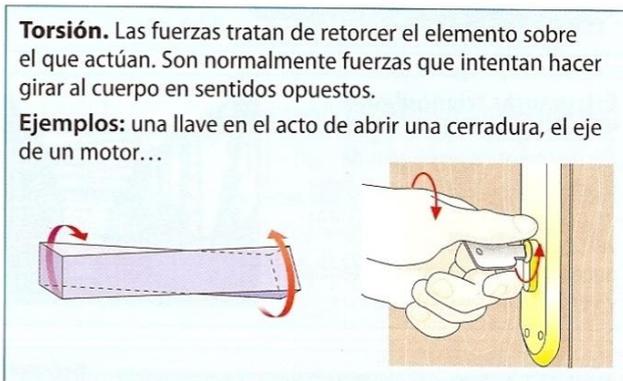
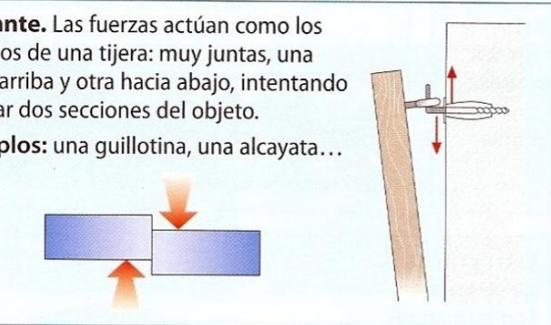
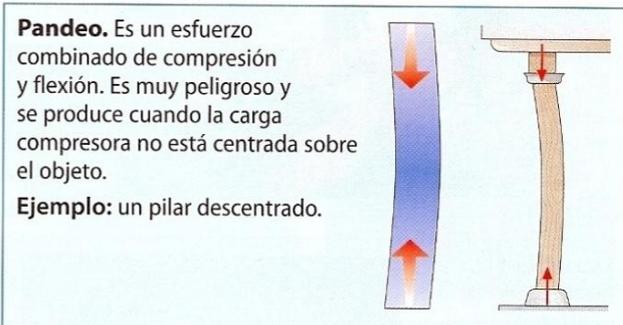
La acción de las fuerzas sobre los cuerpos y su estructura provoca efectos o tensiones internas (esfuerzos) en ellos.

Un **esfuerzo** es la tensión interna que experimentan los cuerpos sometidos a la acción de una o varias fuerzas.

Esta tensión varía con la intensidad de la fuerza y su dirección y con la forma del objeto que la soporta.

Podemos clasificar los esfuerzos según la dirección y el sentido en que actúan las fuerzas que los originan.

Dependiendo de las cargas actuantes y de la forma de la estructura, pueden aparecer distintos tipos de esfuerzo. Los principales están reflejados en el siguiente cuadro.

<p>Tracción. Se produce cuando las fuerzas tratan de estirar el cuerpo sobre el que se aplican. Estas fuerzas son opuestas y actúan hacia el exterior del cuerpo en la misma dirección y sentidos contrarios.</p> <p>Ejemplos: la goma de un tirachinas, la cinta de una persiana, el tirante de una grúa...</p> 	<p>Compresión. Este tipo de esfuerzo aparece cuando las fuerzas tratan de aplastar o comprimir un cuerpo. Estas son opuestas y actúan hacia el interior del cuerpo en la misma dirección y sentidos contrarios.</p> <p>Ejemplos: las patas de una silla, los pilares de un edificio, las dovelas de un arco...</p> 
<p>Flexión. Las fuerzas intentan doblar el elemento sobre el que están aplicadas. Normalmente hay dos fuerzas separadas entre sí cierta distancia y otra fuerza entre ellas con sentido contrario.</p> <p>Ejemplos: las vigas, las baldas, las barras de gimnasia, el dintel de una puerta...</p> 	<p>Torsión. Las fuerzas tratan de retorcer el elemento sobre el que actúan. Son normalmente fuerzas que intentan hacer girar al cuerpo en sentidos opuestos.</p> <p>Ejemplos: una llave en el acto de abrir una cerradura, el eje de un motor...</p> 
<p>Cortante. Las fuerzas actúan como los dos filos de una tijera: muy juntas, una hacia arriba y otra hacia abajo, intentando separar dos secciones del objeto.</p> <p>Ejemplos: una guillotina, una alcayata...</p> 	<p>Pandeo. Es un esfuerzo combinado de compresión y flexión. Es muy peligroso y se produce cuando la carga compresora no está centrada sobre el objeto.</p> <p>Ejemplo: un pilar descentrado.</p> 

3. ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA.

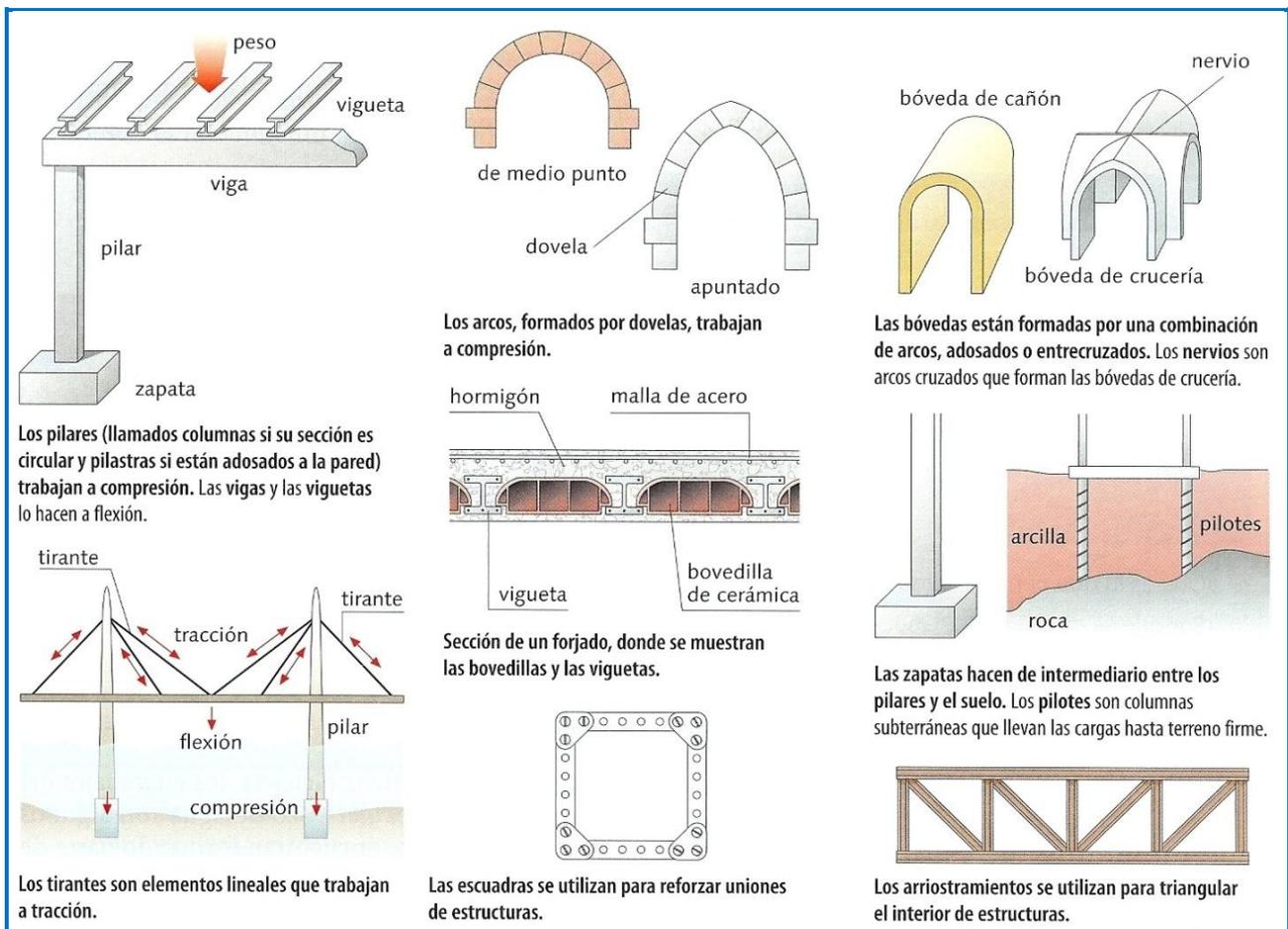
La mayoría de las estructuras están formadas por la unión de varios elementos. Cada uno de estos elementos estructurales resistentes está diseñado para soportar distintos tipos de esfuerzos, de modo que el resultado final sea una estructura resistente y estable.

Los elementos más usados en las estructuras son: cimientos, columnas o pilares, vigas, arcos y tirantes.

- **Cimientos.** Todas las estructuras necesitan apoyarse sobre una base resistente. Esta base la constituyen los cimientos, que suelen estar por debajo del nivel del suelo. Es el equivalente a las raíces de

los árboles. La mayoría de los edificios se construyen sobre cimientos de hormigón armado para evitar que se hundan debido a su peso. La misión de la cimentación es transmitir al terreno las acciones que sobre ella transmite la estructura. Las cimentaciones más utilizadas son las zapatas, las losas y los pilotes.

- **Columnas o pilares.** Son barras verticales especialmente diseñadas para soportar esfuerzos de compresión.
- **Vigas.** Son barras horizontales que soportan esfuerzos de flexión. Las diversas plantas de un edificio se soportan sobre vigas (que forman parte de los forjados).
- **Arcos.** Es un elemento con forma curva que sirve para cubrir un hueco entre dos pilares y que soporta una parte de la estructura descargando el peso en los extremos.
- **Tirantes.** Son cables o barras que soportan esfuerzos de tracción. Pueden ser de acero, y sirven para aumentar la resistencia y la estabilidad de una estructura.



4. ESTRUCTURAS RESISTENTES.

Lo fundamental es que la estructura aguante las cargas (sea **resistente**) y que no se caiga (sea **estable**).

Una estructura es **resistente** cuando conserva su forma al aplicarle cargas.

Sin embargo, todos los materiales sufren una pequeña deformación (elástica) cuando se les aplica una fuerza. El problema surge cuando la fuerza es tan grande que produce una deformación permanente (deformación plástica) o se rompe la estructura (colapso).

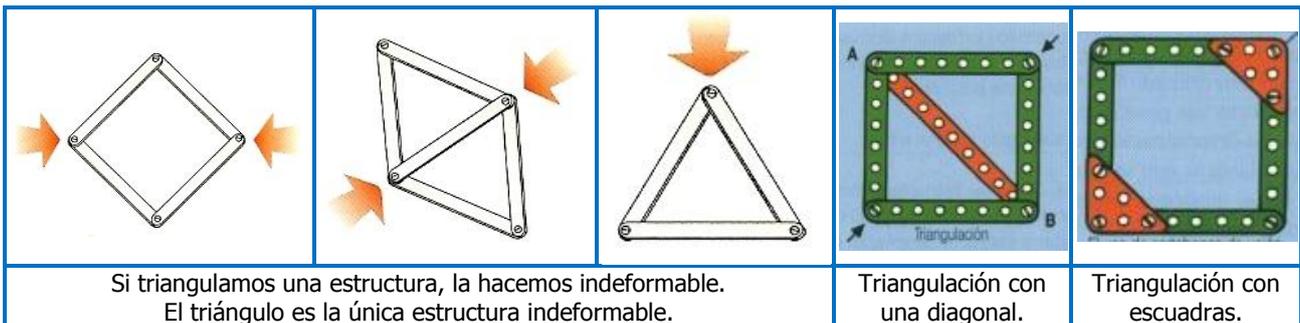
Existen algunos elementos y recursos que proporcionan resistencia y estabilidad a las estructuras. Entre ellos se encuentran:

➤ Triángulos.

El triángulo es la única figura geométrica que no se puede deformar aplicándole fuerzas en sus lados. Esto ha servido de base para fabricar las estructuras triangulares.

Imagina una estructura formada por cuadro palos de helado unidos por encuadernadores. Si presionamos sobre dos vértices opuestos, la estructura se deforma.

Para evitar esta deformación, unimos los dos vértices con otro palo de helado (esta barra se llama **diagonal**). De esta forma hemos convertido el cuadrado en dos triángulos. Si ahora repetimos la experiencia y aplicamos, sobre dos vértices opuestos, dos fuerzas que lo compriman, la estructura no se deforma. **Hemos triangulado la estructura, la hemos hecho rígida, resistente e indeformable.**

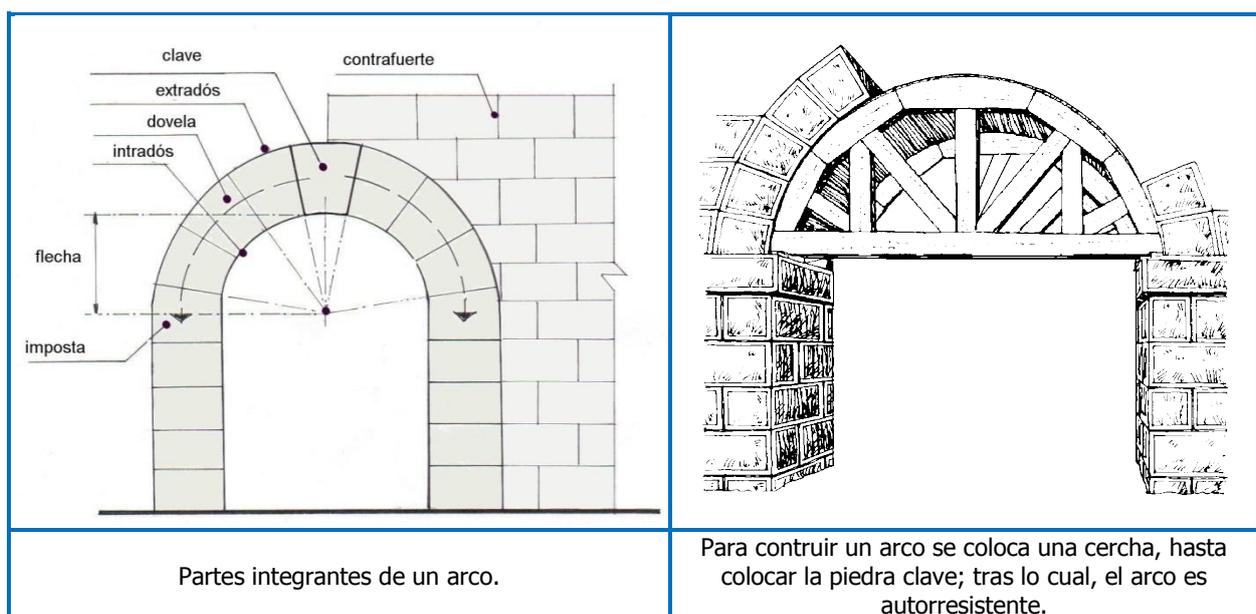


También se pueden triangular (formar triángulos) las estructuras, colocando **esquadrillas** en los vértices.

➤ Arcos.

Otro elemento que también aporta resistencia a una estructura es el arco. El arco es elemento constructivo curvo que cubre un vano entre dos apoyos, sean éstos columnas o pilastras con aparejo, cuyas piezas resisten los empujes verticales. Trabaja sometido a **compresión**. Este elemento estructural fue utilizado por los romanos para hacer puentes con piedras o ladrillos.

Los arcos romanos se mantienen gracias al apoyo de una piedra sobre otra y no se utiliza ningún adhesivo entre las piedras. Estas suelen tener forma de cuña y encajar perfectamente. La piedra central se llama piedra angular o clave; es la que sujeta el arco, y suele ser más grande que el resto.





Puente sustentado por un arco.

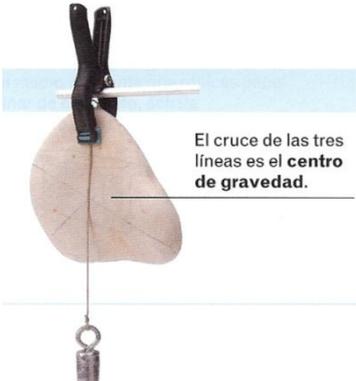
Reparto de cargas en un arco.

5. ESTRUCTURAS ESTABLES.

Son estructuras **estables** aquellas que, al aplicar una fuerza sobre ellas, conservan su posición. Son **inestables** las estructuras que, al aplicar un pequeño empuje, pierden el equilibrio.

La estabilidad está relacionada con el **centro de gravedad**. El centro de gravedad es un punto imaginario donde estaría toda la masa del objeto si se pudiera comprimir. Cuando este punto se sitúa fuera de la base del objeto, entonces este se convierte en inestable y se vuelca.

Para conocer la ubicación del centro de gravedad de un objeto puedes realizar la siguiente actividad:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuelga una plomada de un hilo. 2. Marca la línea vertical del hilo sobre el objeto. 3. Repite la operación colgando el objeto de dos o tres puntos distintos. 4. El cruce de las tres líneas es el centro de gravedad del objeto. 	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

La estabilidad de una estructura se puede aumentar o mejorar:

- Aumentando la distancia entre apoyos (por ejemplo, con las patas telescópicas de un camión grúa).
- Utilizando tirantes (por ejemplo, en una antena).
- Aumentando la superficie de la base (por ejemplo, en la base de hormigón de una sombrilla parasol).
- Bajando el centro de gravedad (por ejemplo, en un coche de fórmula 1).
- Utilizando escuadras en la base (por ejemplo, para anclar una farola).

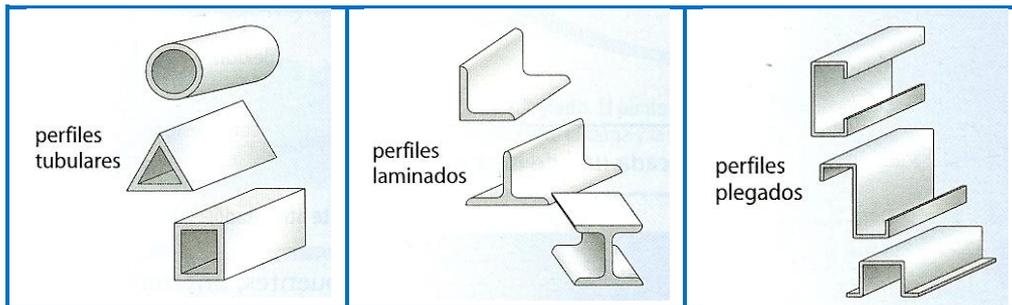
6. PERFILES.

Otro recurso muy utilizado a la hora de construir estructuras metálicas son los perfiles estructurales, que son barras de acero de diferentes secciones.

Los perfiles se utilizan en numerosas estructuras, sobre todo metálicas. Son barras que tienen distintas secciones, dependiendo de los esfuerzos que vayan a soportar.

Con los perfiles se consiguen estructuras más ligeras que soportan grandes pesos con menos cantidad de material.

Los perfiles huecos se adaptan bien al esfuerzo de compresión.



Muchos de los elementos estructurales que hemos visto anteriormente (sobre todo las vigas y los pilares) están fabricados con perfiles. Si tuviéramos que hacer vigas y columnas macizas, pesarían tanto y serían tan caras que no podríamos fabricar grandes estructuras.

Los perfiles nos permiten hacer las estructuras resistentes, ligeras y baratas al mismo tiempo.

7. TIPOS DE ESTRUCTURAS ARTIFICIALES.

Se trata de elementos que están presentes en todos los objetos tecnológicos, desde los más pequeños y sencillos (una lata, una silla o un portaminas) hasta los más grandes y complejos (un puente, una presa, un rascacielos o un satélite artificial). No importa el grado de sencillez o complejidad de los objetos creados por el hombre; siempre tendrán una estructura que normalmente será la más adecuada y, a ser posible, la mínima para que se sostenga y resulte económica.

Dependiendo de las fuerzas que actúan sobre un elemento estructural, los esfuerzos que este soporta son distintos y su forma deberá ser la más apropiada a ese tipo de esfuerzo en concreto. Esa es la razón por la que cada parte de una estructura presenta una forma determinada.

Pero esta variación de la forma de los elementos estructurales no ha existido siempre; al principio, el ser humano construía de manera experimental, sin conocer cómo afectaban los esfuerzos a cada elemento resistente y limitándose a ensayar y utilizar gran cantidad de material para conseguir que sus edificaciones y objetos se sostuviesen.

Poco a poco se fueron descubriendo estructuras más eficaces, es decir, estructuras que, con menos material, tenían la misma o mayor resistencia. Esto dio lugar a diversos tipos estructurales, diferenciados por los elementos estructurales que los forman y definen.

Con la evolución de las estructuras se han conseguido dimensiones mayores con menos material y más sencillas de construir.

A lo largo de la historia se han utilizado distintos tipos de estructuras que se han ido haciendo más ligeras a medida que se iban conociendo nuevos materiales y técnicas de construcción. Veamos las más utilizadas.

7.1. Masivas.

En un primer momento, las estructuras se confeccionaban mediante la acumulación de material, sin dejar apenas huecos entre él, colocando bloques de piedra o arcilla unos encima de otros (como en las pirámides) o excavando en la roca. Se utilizaban dinteles de piedra o madera de poca longitud para las ventanas y los pasos libres.

Un dintel es una barra horizontal que se coloca sobre dos soportes verticales, normalmente con la finalidad de dejar una puerta o ventana debajo de ella. Los dinteles también se denominan vigas o cargaderos. Los dinteles soportan esfuerzos de flexión.

Las **estructuras masivas** son aquellas en las que predomina una **gran concentración de material**. Se caracterizan por ser macizas, estables y muy pesadas.

Emplean en su construcción materiales muy resistentes a esfuerzos de compresión, como el granito, el mármol o el hormigón.

Como ejemplos de estructuras masivas tenemos las pirámides egipcias y las pirámides mayas, los templos griegos, las presas de los embalses, las murallas y los diques.



Templo griego: El Parthenon, Atenas.



Pirámide del Adivino, Yucatán (México)

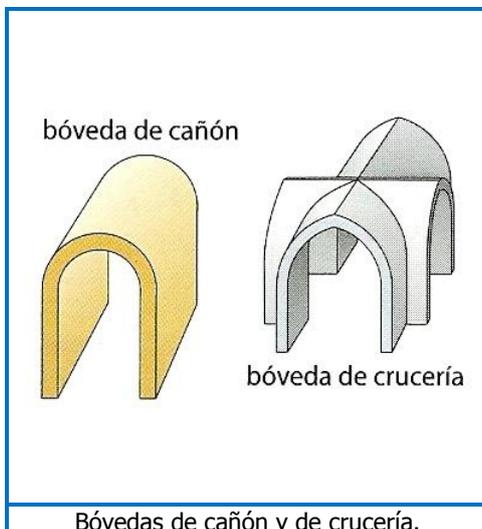
7.2. Abovedadas.

Más tarde, el descubrimiento del arco y la bóveda permitió cubrir espacios mayores y aumentar los huecos en la estructura. Los arcos y las bóvedas están comprimidos, soportan esfuerzos de compresión, y son autoportantes, es decir, se sujetan sin necesidad de utilizar argamasa o cemento (mortero) entre sus partes.

En las **estructuras abovedadas** predominan los **arcos**, las **bóvedas** o las **cúpulas** como elementos resistentes de sujeción y soporte.

Una **bóveda** es una sucesión de varios arcos, mientras que la cúpula es una bóveda con forma semiesférica. Estos elementos son capaces de soportar fuertes esfuerzos de compresión, por lo que permiten cubrir grandes espacios con materiales pétreos como la piedra o el hormigón. El peso de estos elementos recae sobre los muros laterales, por lo que es necesario reforzarlos con **contrafuertes** o **arbotantes**.

Con este tipo de estructuras se construyeron edificios realmente grandiosos: teatros, circos y acueductos romanos, iglesias, basílicas, catedrales, mezquitas, entre otros. Bóvedas y cúpulas se siguen empleando en la actualidad en construcciones emblemáticas.



Bóvedas de cañón y de crucería.



Catedral de Jaén: cúpula y bóvedas.

7.3. Entramadas.

Las estructuras entramadas son estructuras formadas por un conjunto de perfiles de madera, acero u hormigón que se entrecruzan entre sí. Los elementos estructurales, en estas, son las vigas, los pilares o columnas y la cimentación.

Estructuras entramadas son los edificios, por ejemplo, que se cubren con ladrillos o cristal después de colocar los pilares y las vigas. Esto supone una disminución de peso respecto de las estructuras masivas o abovedadas antiguas, que se traduce en la posibilidad de aumentar la altura de las construcciones actuales.

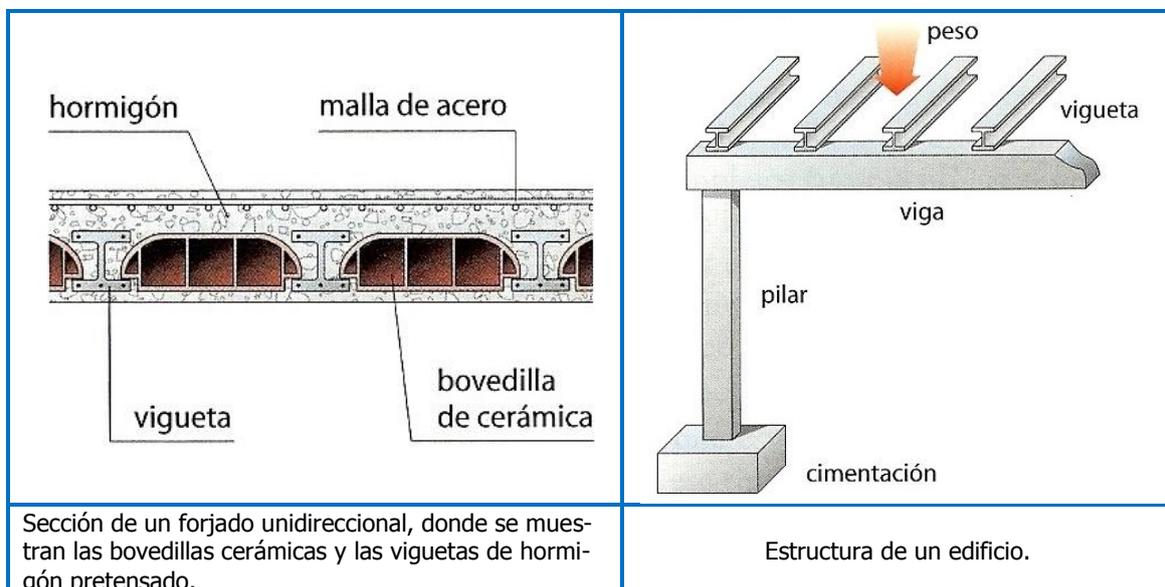


Construcción en 1931 del Empire State Building, en Nueva York.

Las estructuras entramadas son las estructuras que se utilizan en nuestros edificios de bloques de viviendas. Están constituidas por barras de hormigón armado o acero unidas de manera rígida formando un emparrillado. Cada parte de la estructura tiene un cometido diferente.

Vamos a analizar cómo se comportan las cargas desde el punto en que están aplicadas hasta llegar a la base:

- En primer lugar está el suelo que pisamos. Aunque solo veamos baldosas, bajo ellas hay una estructura llamada **forjado** que está formado por: vigas de hormigón armado (en el forjado reticular) o pretensado (en el forjado unidireccional), bovedillas cerámicas o de hormigón para aligerar el forjado y una capa de compresión formada por barras de acero o mallazo y hormigón.
- El forjado transmite nuestro peso hasta las **vigas**, que son elementos horizontales con forma de prisma rectangular y están sometidos a esfuerzos de flexión. Las vigas de los forjados unidireccionales reciben el nombre de **viguetas**, esto es, vigas pequeñas.

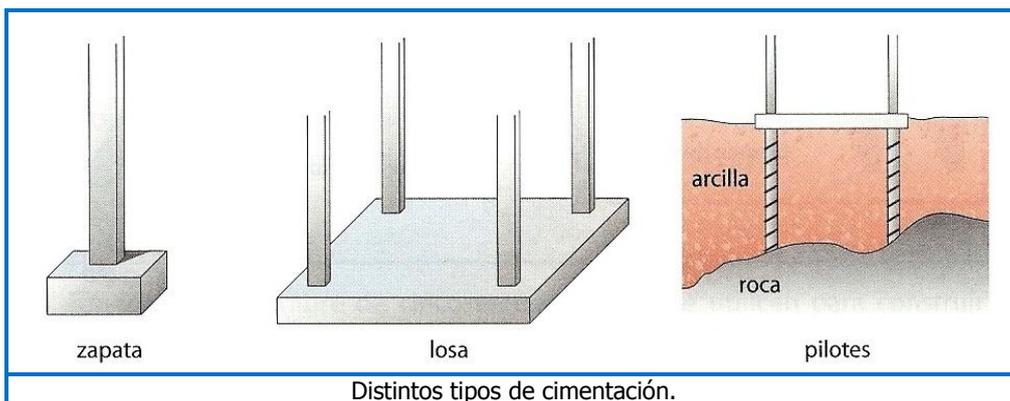


Sección de un forjado unidireccional, donde se muestran las bovedillas cerámicas y las viguetas de hormigón pretensado.

Estructura de un edificio.

- Las vigas se apoyan sobre los **pilares** y les transmiten el peso. Los pilares son verticales y se encargan de llevar ese peso hasta la cimentación. Están sometidos a esfuerzos de compresión, es decir, están aplastados entre las vigas y los cimientos. Los pilares circulares se denominan **columnas**, y si están pegados a la pared, **pilastras**.
- El peso total de la estructura no va directamente hasta el suelo (si fuese así, se hundiría como una estructura de palillos levantada sobre mantequilla). Para evitar que los pilares se claven en el terreno, se apoyan en la **cimentación**, un elemento intermedio que funciona como los "zapatos" del edificio. La cimentación puede hacerse con **zapatas, losas y pilotes**. Las losas y los pilotes se utilizan cuando el edificio se asienta sobre un terreno muy blando (con capacidad portante limitada).

Todos estos elementos estructurales se pueden fabricar de distintos materiales. Los más utilizados son los perfiles estructurales de acero y el hormigón armado, debido a su gran resistencia. La madera se utiliza en estructuras decorativas.



Los rascacielos.

A finales del siglo XIX la disponibilidad de perfiles de acero en grandes cantidades y la invención del ascensor eléctrico, permitieron la construcción de edificios de gran altura: los rascacielos.

Se construía rápidamente una estructura de acero y luego se hacían los cerramientos solucionando así el problema de la falta de tiempo y de espacio.

En este video puedes ver el Burj Dubái, el edificio más alto del mundo:

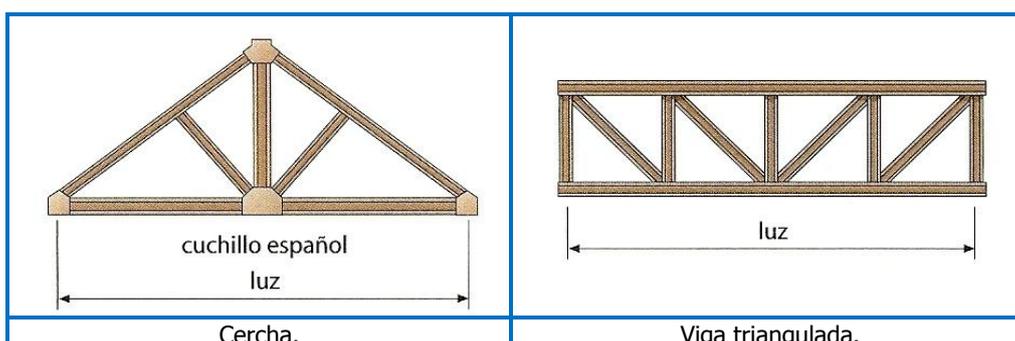
<http://www.youtube.com/watch?v=1w-BXw9wnTY&feature=related>

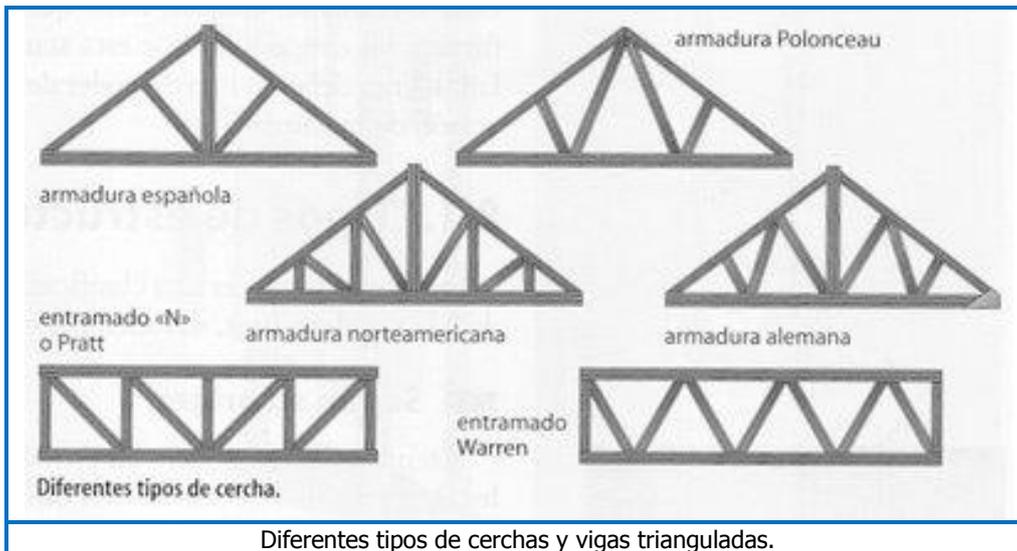
7.4. Trianguladas.

Se trata de estructuras de barras, normalmente metálicas o de madera. Las **estructuras trianguladas** se forman con la unión de muchos **triángulos**, construyendo redes planas o espaciales.

La triangulación en las estructuras aporta estabilidad y resistencia con el mínimo número de perfiles.

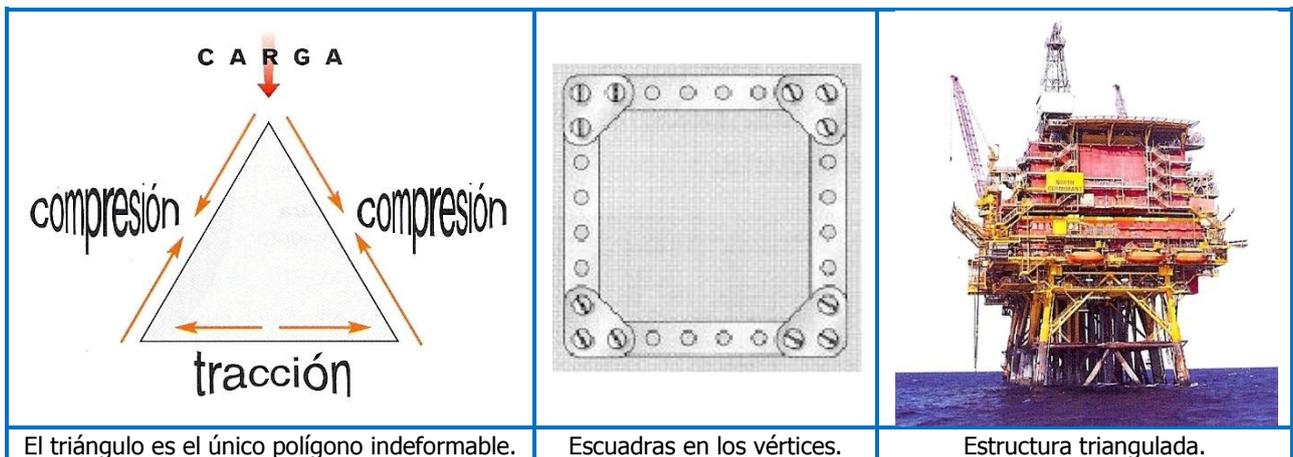
La triangulación hace que la estructura sea indeformable y es una buena solución para cubiertas de grandes luces (vigas trianguladas y cerchas), aunque también pueden utilizarse en estructuras verticales (en torres, por ejemplo). Se utilizan siempre que se necesite resistencia, ligereza y versatilidad.





Una estructura de barras de polígonos de cuatro o más lados se deforma al aplicarle una fuerza.

El triángulo es el único polígono indeformable, por lo que se emplea con mucha frecuencia en la construcción de estructuras.



Como vimos con anterioridad, para triangular una estructura se utilizan diagonales o escudras.



7.5. Colgantes.

Son **estructuras colgantes** las que están sustentadas por cables o perfiles sujetos a elementos de soporte.

En ellas predominan los **tirantes**, que están sometidos a **esfuerzos de tracción**.

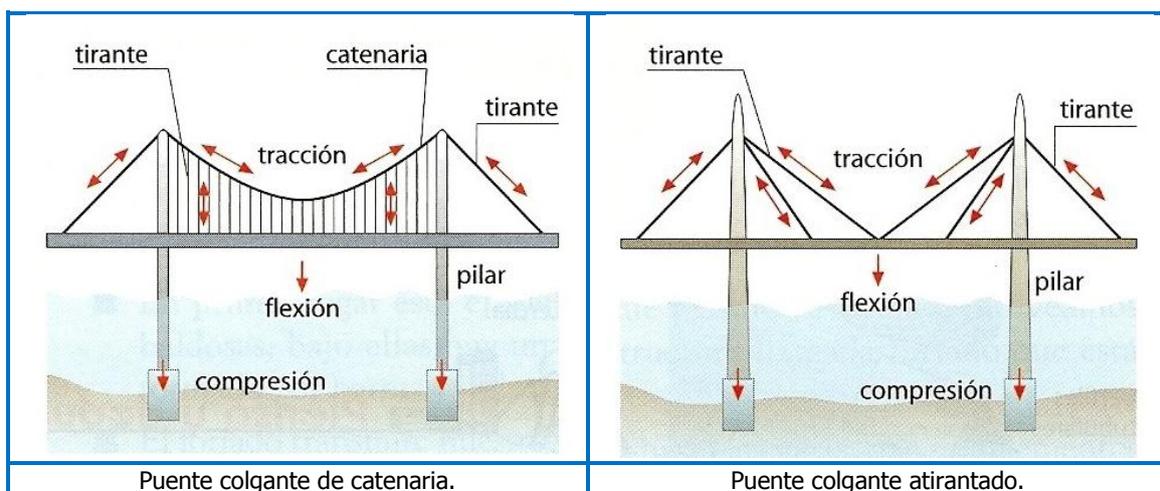


Los puentes colgantes tienen un **tablero** para el paso de vehículos que normalmente es metálico y unos pilares de hormigón (pilas) con cimientos muy profundos. Los tirantes sujetan el tablero del puente apoyándose en los **pilares** y están firmemente amarrados desde la orilla. El puente está literalmente colgado de los cables. Si los cables se rompieran, el puente se hundiría. Esta técnica permite construir puentes más largos con menos pilares intermedios de sujeción, lo que resulta especialmente interesante para atravesar ríos anchos, bahías, etc.

Este tipo de estructuras basa su funcionamiento en la utilización de cables de los cuales cuelga la estructura. Esos cables reciben el nombre de **tirantes**.

Cuando estos se pueden regular estirándolos más o menos, se llaman **tensores**. Los cables solo resisten esfuerzos de tracción, pero tienen la ventaja de poder adaptar su forma a las cargas que reciben en cada momento.

Los tirantes se utilizan para sujetar carpas, puentes, antenas, torres, etcétera.



7.6. Otras estructuras.

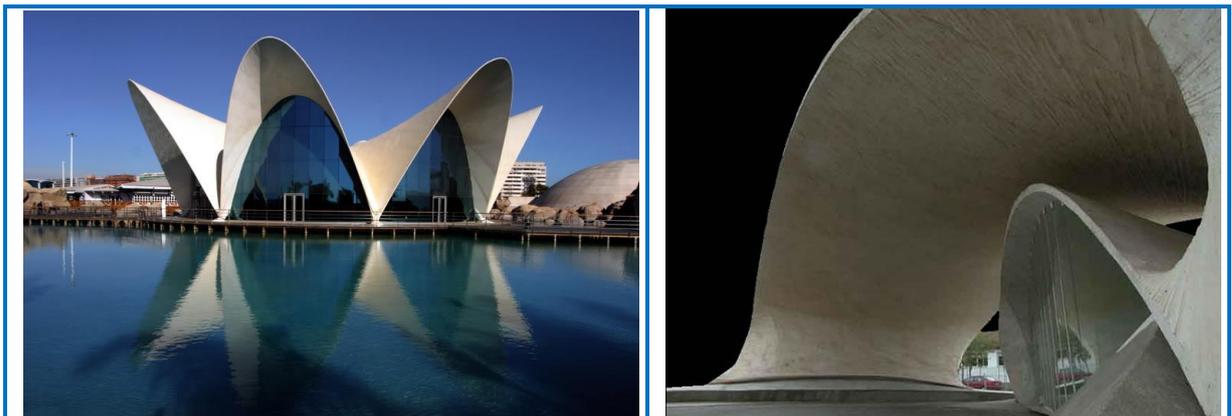
Otras estructuras no contempladas en la anterior clasificación son las neumáticas, las laminares y las geodésicas.

- Las **estructuras neumáticas** son inflables, ligeras y desmontables. Están sometidas fundamentalmente a esfuerzos de tracción.



Las estructuras neumáticas son desmontables y ligeras. Contienen en su interior aire a presión que sujeta los nervios y la propia estructura.

- Las **estructuras laminares** se caracterizan por estar formadas por láminas de material donde los elementos estructurales son nervios que recorren la estructura o partes de la superficie que tienen un grosor mayor. Por ejemplo, las carcasas de los objetos, los cubos de plástico y la carrocería de un coche.



Las estructuras laminares constan de láminas finas que tienen una gran resistencia debido a su curvatura. Se emplean como carcasas en todo tipo de objetos y en cubiertas onduladas.

- Las **estructuras geodésicas** son redes espaciales formadas por la unión de pentágonos o hexágonos. Resultan ligeras y resistentes, y se emplean en la construcción de formas esféricas o cilíndricas.



Las estructuras geodésicas son estructuras trianguladas tridimensionales que combinan las propiedades de las bóvedas y de las estructuras de barras. Cubren grandes luces.

8. VOCABULARIO SOBRE ESTRUCTURAS.

Arbotante: arco que se apoya por un lado en un contrafuerte y por el otro en una bóveda o cúpula, contrarrestando el peso.

Arco: elemento con forma de curva que, en una estructura, cubre el espacio entre dos columnas.

Argamasa: mezcla elaborada con cal, arena y agua empleada en las obras de albañilería.

Bóveda: construcción curvada que se emplea habitualmente para cubrir el espacio entre dos pilares o entre dos muros.

Cercha: estructura triangular formada por barras de acero o madera que se utiliza en tejados o cubiertas.

Columna: elemento vertical, generalmente cilíndrico, que sirve como adorno o apoyo en una construcción.

Contrafuerte: pilar o muro que sobresale de la base de una pared para sujetarla.

Cúpula: cubierta de un edificio que tiene forma de semiesfera (o similar).

Dintel: viga maciza de piedra, hormigón o madera que se apoya horizontalmente sobre columnas o jambas, y que cierra huecos como puertas o ventanas.

Entramado: estructura de madera o acero formada con múltiples elementos entrelazados.

Escuadra: elemento con forma de triángulo rectángulo que refuerza algunas estructuras.

Estructura: conjunto de piezas que sirve como soporte en un puente, un edificio o en cualquier cuerpo en general.

Hormigón: mezcla de agua, árido, arena y cemento que fragua y endurece con la consistencia de una piedra, adquiriendo la forma del molde que lo contiene (encofrado).

Hormigón armado: hormigón al que se le añade una armadura de varillas de acero para mejorar de esta manera su resistencia a la tracción.

Luz: distancia entre dos apoyos de una estructura, de un elemento estructural (cercha, pórtico, etc.) o de un arco (espacio libre que queda entre los apoyos de una viga o cercha).

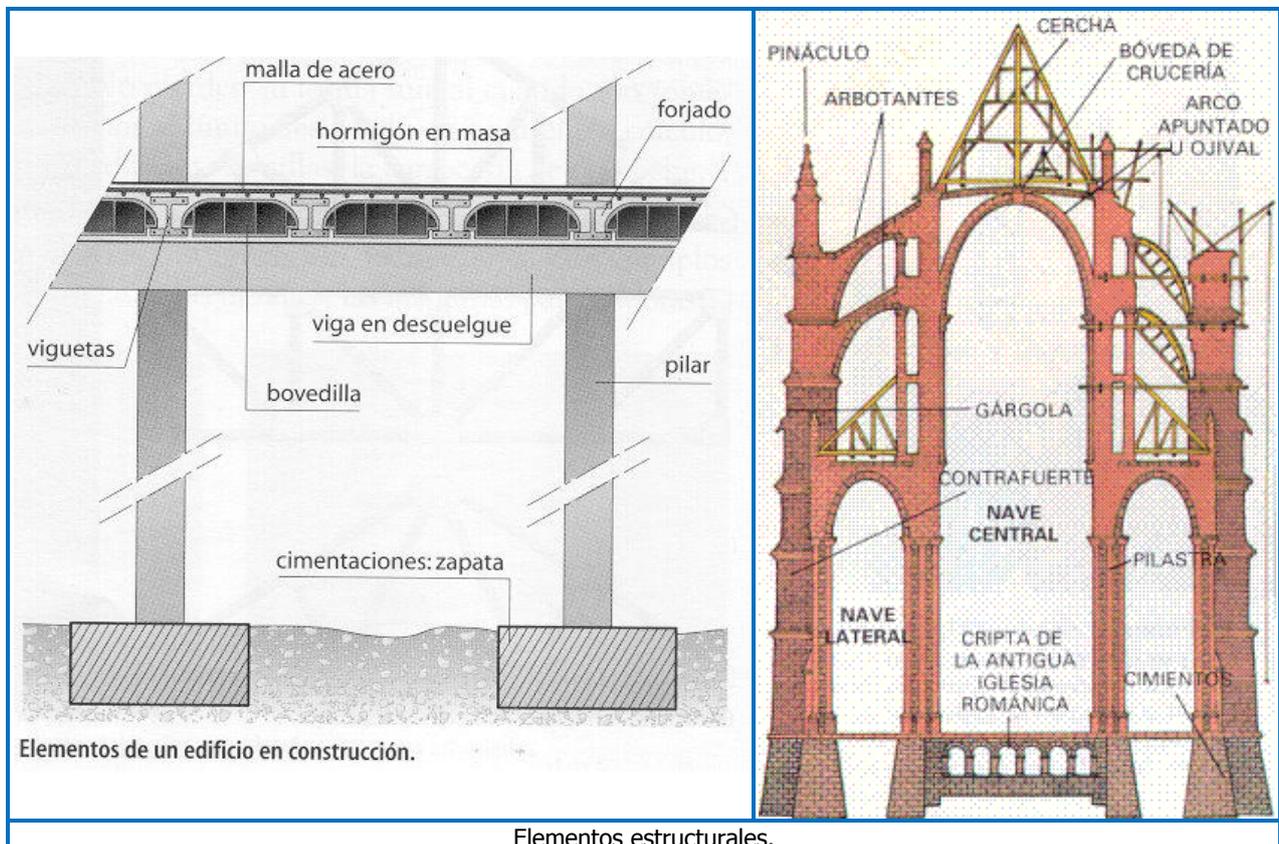
Pilar: elemento estructural vertical que sostiene a otros elementos de una estructura.

Puente: construcción que permite pasar de una orilla de un río a otra, o salvar una depresión del terreno, una bahía, etc.

Tirante: elemento estructural alargado sometido a esfuerzos de tracción. Normalmente son cables de acero.

Viaducto: construcción elaborada sobre una hondonada que incorpora una carretera o vías férreas.

Viga: elemento de una estructura con forma de barra (prisma rectangular). Se coloca horizontalmente y se apoya sobre columnas o pilares.



9. Recursos web sobre Estructuras.

<http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1038>

En este enlace, podemos estudiar la Unidad Didáctica Interactiva "Estructuras" de la editorial SM. Está adaptada a niveles de 1º y/o 2º de E.S.O. Contiene actividades, además de varios contenidos de este Bloque 5.

http://www.profes.net/variados/videos_interactivos/estructuras/index.html

En esta URL, podemos ver el Video Interactivo de la editorial SM "Estructuras. Un esqueleto para cada objeto". Está comentado por Manuel Toharia. Contiene actividades interactivas y una evaluación.

<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/estructuras.htm>

En esta Unidad Didáctica de Estructuras, del Departamento de Tecnología del I.E.S. Al Iscar, podemos encontrar los siguientes contenidos:

1. Problemas que resuelven las estructuras.
2. Tipos de estructuras resistentes.
3. Fuerzas.
4. Esfuerzos que soportan los elementos que componen las estructuras.
5. Equilibrio, estabilidad y rigidez.
6. Elementos básicos de las estructuras.
7. Perfiles.
8. Triangulación.
9. Puentes. Clasificación.

<http://bridgecontest.usma.edu/>

En esta web se puede descargar un programa de diseño y pruebas de puentes.

<http://www.technologystudent.com/struct1/struindex.htm>

Página sobre Estructuras en inglés.

<http://ntic.educacion.es/w3/recursos/bachillerato/tecnologia/manual/estruct/intro.htm>

Página del ITE (Instituto de Tecnologías Educativas) con contenidos de este bloque de Estructuras.

<http://www.jhu.edu/~virtlab/bridge/truss.htm>

Programa de simulación de esfuerzos en estructuras trianguladas.

<http://tecnologialeondeguzmn.blogspot.com/>

Blog con multitud de enlaces para estudiar Estructuras.

<http://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/LAS%20ESTRUCTURAS.htm>

Tutorial sobre Estructuras.

http://www.iesalquibla.net/TecnoWeb/estructuras/estructura_index.htm

Esta página contiene la Unidad Didáctica Estructuras.

<http://www.kalipedia.com/tecnologia/>

Enciclopedia on-line de la editorial Santillana, en el apartado de Estructuras y Arquitectura, podemos ver los contenidos de esta unidad.

<http://contenidos.educarex.es/med/2005/15/estructuras/index.htm>

En esta web de la Consejería de Educación de Extremadura, podemos ver una presentación (Cursillo de introducción a la Mecánica), para 2º de E.S.O, con los contenidos de este bloque de Estructuras.

<http://ntic.educacion.es/w3/recursos/bachillerato/tecnologia/manual/materiales/intro.htm>

Página dedicada al estudio de materiales para construir estructuras.

http://www.hierrossantander.com/hierros_prontuario/archivo/02-PERFILES%20ESTRUCTURALES.pdf

Prontuario sobre perfiles de acero.

Página sobre estructuras en inglés: <http://www.exploratorium.edu/structures/>

Información y enlaces variados sobre estructuras:

<http://www.encyclopedia.com/searchresults.aspx?q=structures>

Los arcos: http://www.youtube.com/watch?v=UYtIFM1ek_M&feature=player_embedded

Video donde se explica el funcionamiento de los arcos (en inglés).

Pdf sobre rascacielos: <http://aula2.elmundo.es/aula/laminas/rascacielos.pdf>

Lámina sobre Tipos de puentes: <http://aula2.elmundo.es/aula/laminas/lamina1078308155.pdf>

Lámina en pdf, de El Mundo, sobre Túneles: <http://aula2.elmundo.es/aula/laminas/lamina1100772513.pdf>

Torre Sears de Chicago: <http://www.youtube.com/watch?v=1w-BXw9wnTY&feature=related>

El puente atirantado Oresund: <http://www.youtube.com/watch?v=zXhQs2Z74R0&feature=fvwrrel>

El edificio Burj Dubái: <http://www.youtube.com/watch?v=KxBuQDkw12E&feature=fvst>

Burj Al Arab (Hotel de siete estrellas): <http://www.youtube.com/watch?v=79-Yi5IYiVQ&feature=related>

Dubai's Palm Island (isla artificial): <http://www.youtube.com/watch?v=6oMvMGJXrrQ&feature=related>

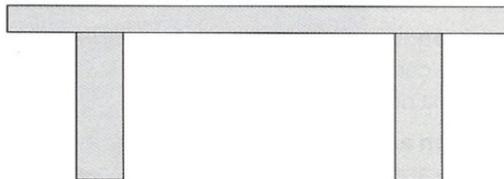
Colapso del Puente Tacoma Narrows: <http://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxnw&feature=related>

Uniendo el estrecho de Bering: <http://www.youtube.com/watch?v=J60RbB8jmV0&feature=related>

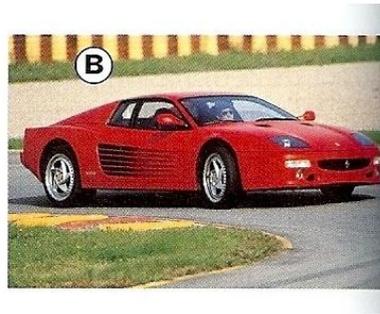
Tuneladora: <http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=mpuqkVU3bKA&feature=endscreen>

10. ACTIVIDADES.

1. ¿Qué es una estructura?
2. Explica los tipos de estructuras.
3. Identifica la estructura de cinco edificios de tu entorno.
4. Diferencia entre carga y esfuerzo.
5. ¿Qué es una fuerza? Indica algunos ejemplos.
6. Enumera cuatro cargas que puedan actuar contra tu cuerpo. Di cuáles son fijas y cuales variables.
7. Indica las condiciones que debe cumplir una estructura.
8. ¿Cómo podemos aumentar la estabilidad de una estructura?
9. Explica los tipos de esfuerzos en las estructuras. Realiza dibujos esquemáticos.
10. Explica los distintos tipos de elementos resistentes que podemos encontrar en una estructura: cimientos o cimentación, apoyos o soportes (pilares o columnas), tirantes, arcos y vigas.
11. ¿En qué se diferencia una viga de un pilar? ¿Para qué sirven?
12. Nombra los elementos estructurales que existen en una catedral.
13. Describe las distintas partes de un arco. Dibuja los tipos de arcos más utilizados.
14. Indica los tipos de cimentaciones más habituales.
15. Explica qué es y cómo funciona una bóveda y una cúpula.
16. ¿Qué es la triangulación? ¿Por qué se triangulan las estructuras metálicas?
17. ¿Qué materiales se utilizan para construir las estructuras?
18. ¿Qué es un perfil de acero laminado?
19. Dibuja la sección de los perfiles metálicos estructurales más utilizados.
20. Explica los tipos de estructuras artificiales: masivas, entramadas, colgantes, trianguladas, abovedadas,...
21. ¿Por qué no se construyen las estructuras metálicas trianguladas con perfiles macizos (de acero laminado)?
22. ¿Qué son las escuadras y las riostras? ¿Qué misión cumplen?
23. Busca información en Internet, y realiza una breve composición sobre:
 - Tipos de puentes.
 - Estructuras trianguladas.
 - Estructuras masivas.
 - Estructuras entramadas.
 - Estructuras abovedadas.
 - Grandes rascacielos.
24. Realiza una lista con las palabras del vocabulario específico del tema y busca su significado en el diccionario.
25. Indica tres estructuras en las que sea imprescindible usar tirantes.
26. ¿Por qué crees que no se construyeron rascacielos en la antigüedad?
27. ¿Se construyen estructuras trianguladas y entramadas con madera? Pon algún ejemplo.
28. ¿Una estructura triangulada puede ser de piedra u hormigón? ¿Por qué?
29. ¿En qué época se empezó a utilizar el acero como elemento estructural?
30. Busca una solución para que la viga del siguiente puente no se deforme por flexión.



31. ¿Puede construirse un rascacielos con vigas de madera?
32. Indica qué tipo de estructura es cada uno de los siguientes elementos: un neumático, la funda rígida de unas gafas, la carcasa de un ordenador, un andamio, la vía del tren, un castillo y el cuadro de una bicicleta.
33. Los huesos del cuerpo también son estructuras. ¿Qué tipo de esfuerzo soportan generalmente los huesos de las piernas?
34. Fíjate en las siguientes ilustraciones.
 - a. ¿Por qué la silla de oficina tiene tantas patas?
 - b. ¿Por qué los coches deportivos son tan bajos?



35. Indica el tipo de esfuerzo en cada uno de estos objetos o estructuras: pomo de una puerta, arco, la punta del bolígrafo al escribir, los cimientos de un edificio, el destornillador al apretar un tornillo, los tirantes de un puente colgante, dintel, los tornillos que sujetan las bisagras de una puerta, la cuerda que sujeta una persiana, el eje que une los pedales de la bicicleta, las vigas de un puente, carcasa de un teléfono, bastón, mástil de un barco, columna vertebral, cabina telefónica, rompeolas y el suelo de un escenario.
36. ¿Qué silla es más estable? ¿Por qué?



37. Las antenas de televisión que están colocadas en los tejados tienen problemas de pandeo. Observa alguna antena e indica cómo se soluciona.
38. ¿Cuáles son las estructuras más grandes que conoces?
39. Algunos animales fabrican estructuras naturales. Indica algunas de ellas.
40. Investiga qué son los acueductos, para qué servían, quién los construyó y qué elemento principal se usaba en su construcción.
41. Busca algún elemento o lugar donde se utilicen escuadras y explica la razón de su uso.
42. En los barcos de madera, ¿qué son las cuadernas y la quilla?
43. ¿De qué material está hecho un iglú? ¿Qué tipo de estructura utiliza?
44. Investiga los tipos de puentes que existen y descríbelos brevemente.

11. BIBLIOGRAFÍA.

- Armada Simancas, M; y otros. Tecnologías NIVEL BÁSICO 1º. o 2º. ESO. Proyecto La Casa del Saber. Ed. Santillana Educación, S. L. Madrid. 2007.
- Moreno Márquez, J. y otros. Tecnología 1º ESO. Proyecto Exedra. Ed. Oxford University Press España, S.A. Navarra. 2003.