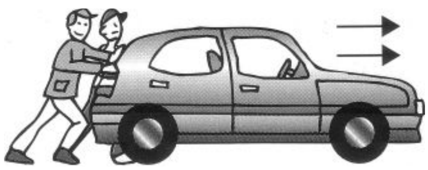
ESTRUCTURES METÀL-LIQUES

Forces

Representació de forces

Força és l'acció que aplicada sobre un cos que hi origina un canvi en l'estat de moviment, de repós, o bé el deforma.

Els efectes d'una força sobre un cos són diferents segons la direcció i el sentit amb què s'hi aplica.

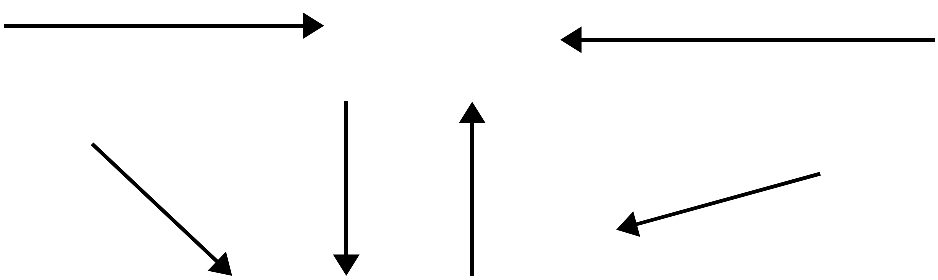


Les mateixes forces aplicades de maneres diferents produeixen també efectes diferents.

La unitat de mesura de la força en el sistema internacional és el newton (N) ,en ocasions també s'utilitza el quilopond (kp) o quilogram-força, que equival a 9,8 N.

Les forces es representen gràficament per mitja d'unes fletxes anomenades vectors.

La longitud de la fletxa representa el mòdul de la força, la posició correspon a la direcció i la punta al sentit.



Suma de forces

Els vectors (és a dir, les forces) que tenen el mateix sentit se sumen:

A $\longrightarrow$ + B $\rightarrow$ = $\xrightarrow{\qquad\qquad}$

En canvi, els que tenen diferent sentit es resten i es manté el sentit del més gran.

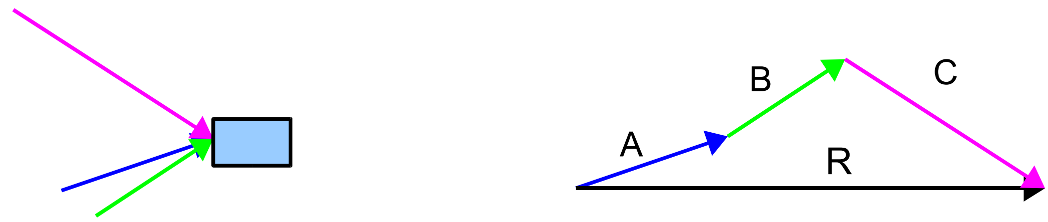
A $\longleftarrow$ + D $\rightarrow$ = $\leftarrow$

Conclusió vectors els vectors del mateix sentit es sumen i vectors de sentit contrari es resten.

Mètode gràfic per sumar forces que concorren sobre un cos.

EXEMPLE

Troba la resultant de les tres forces que actuen sobre el cos de la figura.



Vector R = vector A + vector B + vector C

Mètode

Hem de posar el final d'un vector amb el començament del següent, l'un darrere de l'altre. Després unirem l'inici del primer amb el final de l'últim i n'obtindrem el vector resultant.

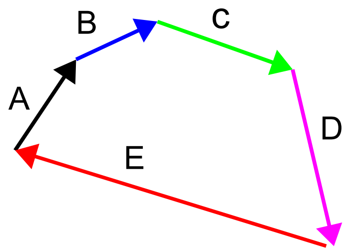
Interpretació del resultat

Si a l'hora de sumar forces coincideix el començament del primer vector i el final de l'últim, la resultant valdrà zero.

- La figura obtinguda és un polígon tancat.
- Indica que el cos està en equilibri.
- És a dir: com si no se li apliqués cap força.

EXEMPLE

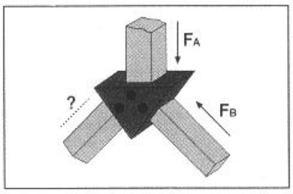
Posem els vectors amb el sentit, el mòdul i la direcció que tenien. Unim el principi d'un amb el final de l'altre i com que el resultat és zero, ens queda un polígon tancat.



La majoria d’estructures estan formades per bigues unides entre si que fan força allà on s’uneixen. El polígon tancat és molt útil per determinar valor i sentit de la força que fa una biga quan s’uneix amb altres.

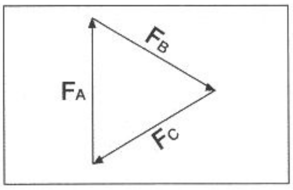
EXEMPLE

Tenim una unió de tres bigues, sobre la qual actuen tres forces FA, FB i Fc respectivament. Si sabem el mòdul, la direcció i el sentit de les dues primeres, podem determinar la tercera.



Utilitzem el mètode del polígon tancat.

Situem els vectors amb la direcció que duien i unim el final d'un amb el principi del següent. Així trobarem el sentit i mòdul de la força de la biga C.



Acció i reacció

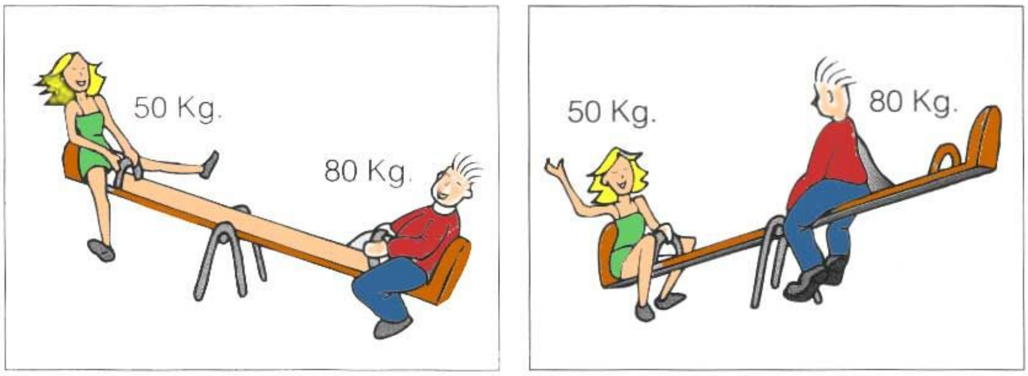
Quan exercim una força sobre un cos (<u>acció</u>), aquest ens la torna igual, però en sentit contrari (<u>reacció</u>).

El principi d'acció reacció també s'aplica a les estructures.

Així per exemple, quan una biga fa força en una paret, aquesta fa una altra força igual, però de sentit contrari (reacció) a la de la biga.

Les potes d'una taula fan força contra el terra i el terra fa una força (reacció) igual però en sentit contrari.

Moments



Què et passa quan puges al gronxador de palanca amb algú més pesant que tu? Doncs, que et passes tota l'estona penjat i sense tocar de peus a terra.

Per solucionar això, situem el teu amic més a prop del punt de suport del gronxador de palanca i comprovaràs que podràs fer-lo pujar i baixar.

El moment ens dóna la informació necessària de l'efecte que causa una força sobre una estructura, ja que relaciona la força i la distància.

Podem calcular el moment en funció de la força i de la distància: Moment = Força * Distància

$$M = F * D$$

EXEMPLE

Quina força hem d'aplicar a la palanca en el punt B per posar el gronxador en equilibri?

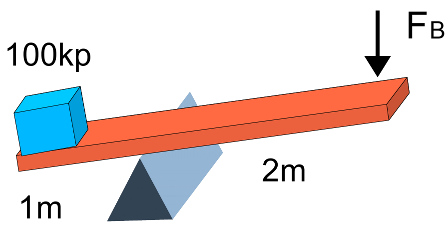
Per que estigui en equilibri, el moment ha de ser el mateix a cada banda de la palanca.

$M_A = M_B$ i $M = F * D$

$M_A = 100kp * 1m = 100kpm$

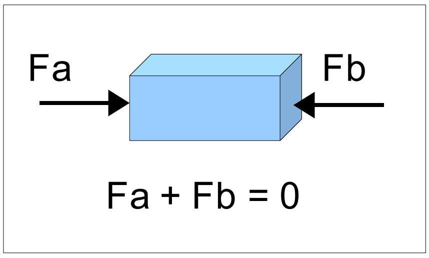
$100\ kp\ m = F_B * 2\ m$

$FB = 100kpm/2m = 50\ kp$

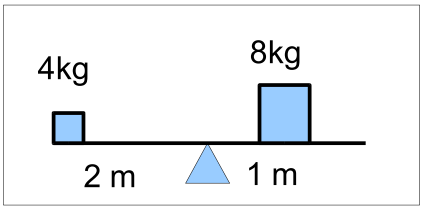


Equilibri

Si exercim dues forces iguals, però en sentit contrari sobre un cos, aquest no es mourà perquè les dues forces s'equilibren. És a dir la suma de forces val zero i el cos està en equilibri.



La palanca està en equilibri perquè els moments són iguals però en sentit contrari. És a dir que la suma de moments val zero.



Conclusió

Perquè un cos estigui en equilibri, la suma de les seves forces i la dels seus moments han de ser igual a zero.

$\sum F = 0$ (suma de forces = 0)

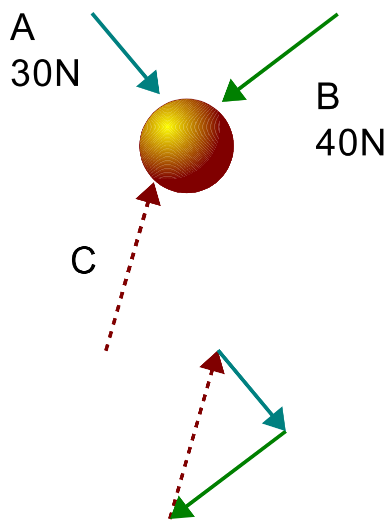
$\sum M = 0$ (suma de moments = 0)

EXEMPLE

Suposem que sobre una pilota estem empanyen la pilota des de tres direccions A, B i C, tal com es veu a la figura.

Troba el valor de la força F_C, perquè la pilota no es mogui.

$F_A = 30$ N i $F_B = 40$ N.

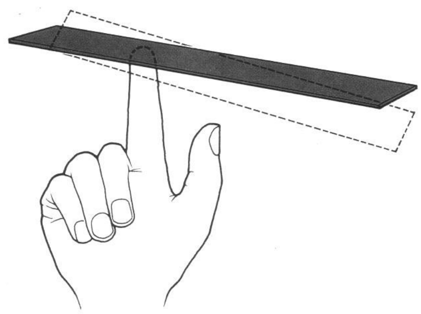


Sumem les forces gràficament de manera que quedi un polígon tancat.

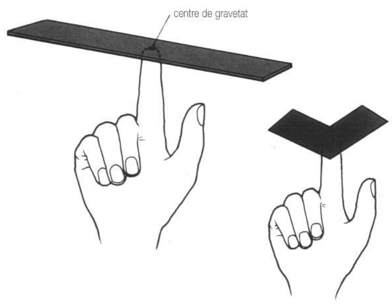
El polígon tancat ens dona la direcció i el sentit de la força Fc, i mesurant el dibuix en podrem saber el mòdul.

Centres de gravetat

Col-loca’t un llistó sobre un dit per un punt que no sigui la maitat del llistó i veuràs com cau. Això és perquè la força del pes del llistó no té la mateixa direcció que la força del dit i, aleshores, ens apareix un moment que tendeix a fer caure el el llistó.



Hi ha un punt en el llisó que és el centre, de manera que si poses el dit en aquest punt, tindrem el la peça en equilibri. Hem trobat el centre de gravetat de la peça.



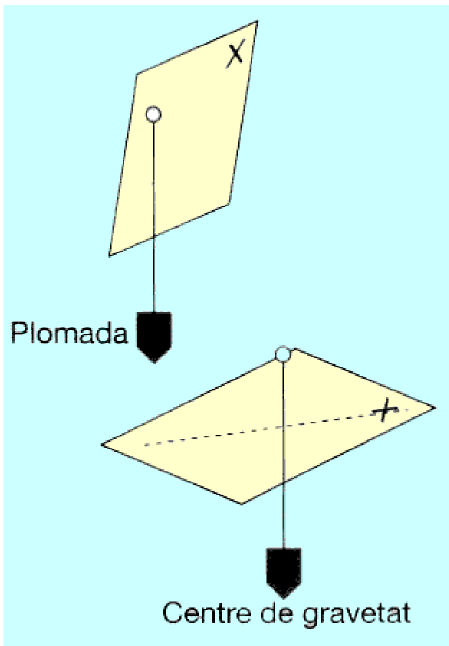
El centre de gravetat d’un cos és aquell punt que agafem per contrarestar-ne el pes sense que caigui.

Determinació del centre de gravetat

Hem de trobar de manera experimental el centre de gravetat d'un full. D'entrada construirem una plomada amb un fil i un pes.

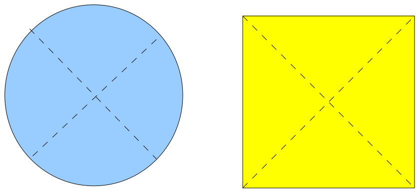
Posem la plomada en un punt del full, com es veu en el dibuix, i després tracem una línia per on passa el fil. A continuació posem la plomada en un altre punt del full, tal com es veu en el dibuix, i tornem a dibuixar una altra línia per on passa el fil.

El punt en què es creuen les dues línies és on es troba el centre de gravetat.



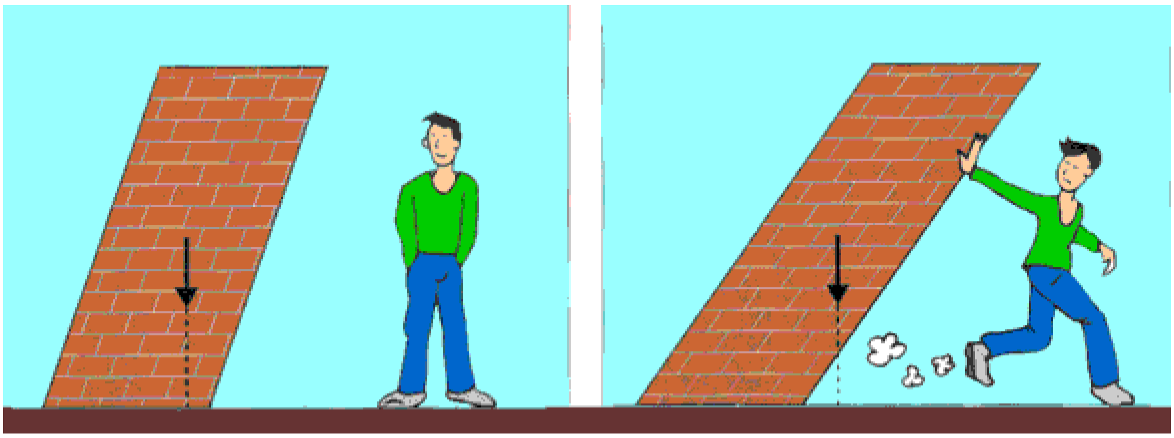
Per determinar el centre de gravetat d'una figura geomètrica regular només ens hem de fixar en els eixos de simetria de la figura.

El centre de gravetat és just a la intersecció dels dos eixos.



Centre de gravetat i estabilitat

Conèixer on està situat el centre de gravetat en les estructures és força important perquè això farà que siguin estables o inestables.



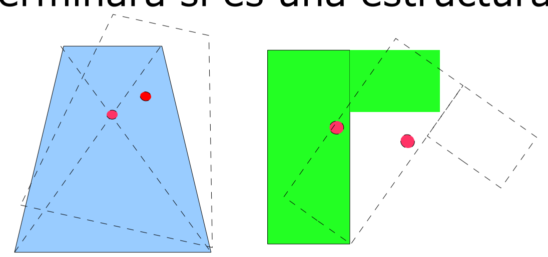
La torre de la figura esquerra. Encara que estigui inclinada es tracta d'una estructura estable perquè la línia d'acció del centre de gravetat cau dins de la base de la torre.

Si la torre es continua inclinant, arribarà el moment en què la línia d'acció del centre de gravetat sortirà de la base i serà una estructura inestable que, per tant, caurà.

No et recorda una torre molt famosa?

A l'hora de dissenyar una estructura, cal tenir-ne localitzat el centre de gravetat, ja que ens determinarà si és una estructura estable.

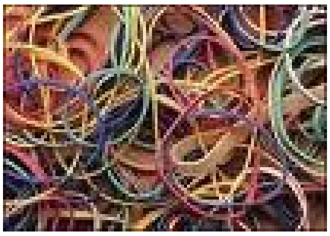
Si al inclinar la figura el centre de gravetat puja la figura és estable, al contrari si el centre de baixa és inestable.



Esforços a les estructures

Elasticitat

Elasticitat és la propietat que tenen els cossos de retornar a la seva forma inicial un cop s'han suprimit les forces que n'han originat la deformació.



L'elasticitat és una característica pròpia de cada material.

Tots els materials són més o menys elàstics, exemple: el ferro, la fusta, el formigó o els plàstics.

És gràcies a això que quan hi ha terratrèmols alguns edificis o ponts resisteixen malgrat haver variat per uns segons la forma.

Els edificis i els ponts es mouen durant els terratrèmols.

Exemple, una barra d'acer d'1 cm^2 de secció, 10 m de longitud i que suporta un pes de 1.000 kg, es pot allargar fins a uns 5 mm aproximadament. En treure el pes la barra tornarà a la seva midainicial.

Límit elàstic

Si anem estirant un cos, comprovarem que com més força fem, més s'allarga, fins que arriba un punt en què es trenca o es deforma; haurà superat el seu límit elàstic.

És important que a l'hora de construir qualsevol estructura metàl-lica no se sobrepassi aquest límit, ja que llavors quedaria deformada o s'enfonsaria.

Esforç i resistència

Quan apliquem una força a un cos diem que està sotmés o suporta un esforç.

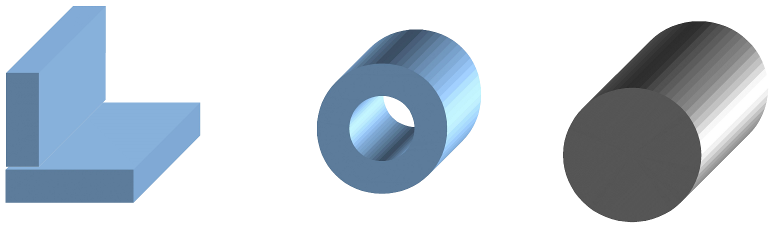
Quan un cos suporta bé un esforç sense trencar-se o deformar-se excessivament, diem que és resistent o que té resistència a un tipus d'esforç.

La resistència d'un cos a un esforç depèn bàsica ment de tres factors:

- del tipus de material
- de la seva forma i dimensions
- del tipus d'esforç

Tensió mecànica o esforç unitari

La secció d'una barra és la superfície que es veu en un dels extrems o en un tall transversal fet en una part de la barra.



La relació que hi ha entre la força que ha de suportar i la secció d'un cos l'anomenarem esforç unitari o tensió mecànica i la representarem amb la lletra grega sigma σ.

$$\sigma = F/S$$

on

σ = esforç unitari o tensió mecànica N/m^2 (en kp/cm^2),

F = força interna o esforç resistent N (o en kp)

S = secció m^2 (o en cm^2)

En el sistema internacional la unitat és el N/m^2 Newton/metre quadrat. No obstant els arquitectes i enginyers empren kp/cm^2 .

El kilopond (kp) equival a la força d'1 kg.

El concepte de tensió mecànica és essencial a l'hora de calcular estructures ja que ens donarà una idea de les seccions que hauran de tenir els seus elements.

Exemples.

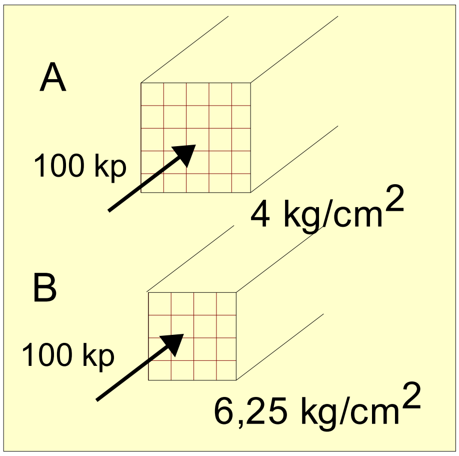
Tenim dues barres d'acer de secció quadrada, la barra A, de 25 cm^2, i la barra B, de 16 cm^2, que han de suportar 100 kg de pes cadascuna.

Quin pes per cm^2 suporta cada barra?

Calculem l'esforç unitàri, dividin el pes per la secció de cada barra.

$\sigma A = FA/SA = 100/25 = 4\ kg/cm^2$

$\sigma B = FB/SB = 100/16 = 6{,}25\ kg/cm^2$

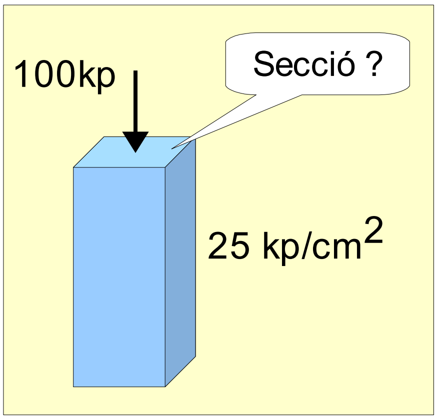


La barra **B** ha de suportar més esforç per cm^2 , per tant ha de ser d'un material més resistent.

Exemple

Quina ha de ser la secció d'una barra quadrada que ha de suportar un pes de 100kp, si el material pot suportar tensions màximes de 25 kp/cm^2.

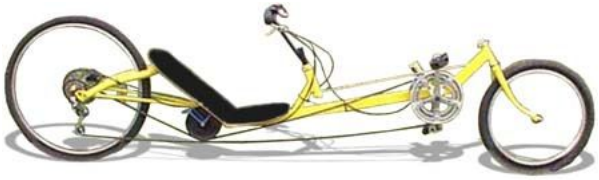
$S = F/\sigma = 100/25 = 4\ cm^2$



La tensió màxima a què pot treballar un material rep el nom de tensió màxima de treball. En el cas de l'acer, aquesta tensió pot oscil-lar des de 1.000 fins a 2.500 kp/cm^2 depenent del tipus d'acer.

Tipus d'esforços

Observa les bicicletes i la seva estructura (quadre) Les dues són una mica especials, però La pregunta és: quina és més resistent.



Oi que és la de la dreta? Això és perquè a l'hora de fer-ne el disseny, els fabricants han estudiat com aniran repartides les. diferents forces.

Quan es construeix una estructura cal preveure quins tipus d'esforços haurà de resistir cadascuna de les parts.

Els tipus d'esforç dependrà de com s'apliqui la força.

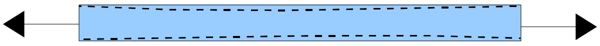
Hi ha cinc classes d'esforços:

- Esforçs de tracció
- Esforç de compressió
- Esforç de flexió
- Esforç de cisallament
- Esforç de torsió

Els esforços fonamentals són: el de tracció i el de compressió, els altres no deixen de ser una combinació més o menys complexa d'aquests dos, però tots depenen de la manera d'aplicar les forces.

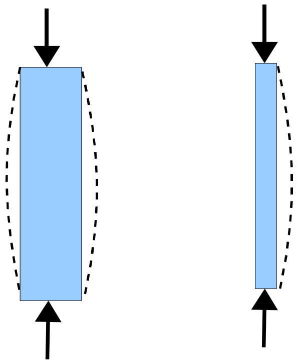
Esforçs de tracció

Si un cos està sotmés a forces oposades que tendeixen a allargar-lo, es diu que suporta un esforçs de tracció.

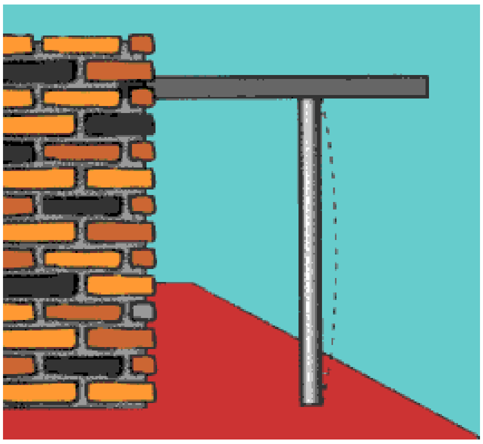


Esforç de compressió

Si un cos està sotmés a unes forces que endeixen a aixafar-lo es diu que està sotmés a un esforç de compressió.



El vinclament

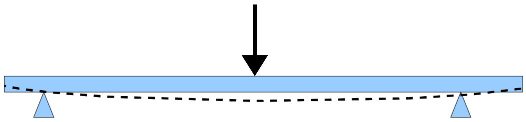


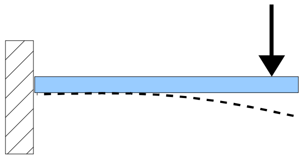
El vinclament és una deformació d'un element llarg i estret que està sotmès a compressió i que, en lloc d'eixamplar-se, es deforma lateralment.

En les estructures metàl-liques hi ha moltes columnes verticals i per això té importància l'estudi del vinclament a l'hora de dissenyar estructures.

Esforç de flexió

Quan una o més forces s'apliquen sobre l'eix longitudinal d'un cos i tendeixen a corbar-lo o doblegar-lo, diem que està sotmès a un esforç de flexió.





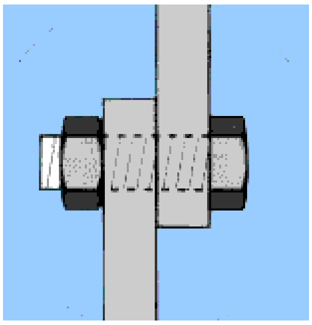
Com més curta és una barra i més gran és el seu cantell, la seva resistència a la flexió serà major.

Per qüestions de seguretat la curvatura d'una biga sotmesa a flexió no ha de sobrepassar un valor determinat.

Aquest valor té el nom de fletxa màxima i és la distància màxima que hi ha entre la biga sense flectir-se i en produir-se la flexió.

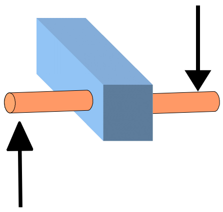
Resistència al cisallament

Observa un cargol per subjectar dues peces metàl-liques d'una estructura. Aquestes tendeixen a tallar el cargol com si fessin de tisores, és a dir, estan fent un esforç tallant o de cisallament. El cargol ha de tenir resistència al cisallament.



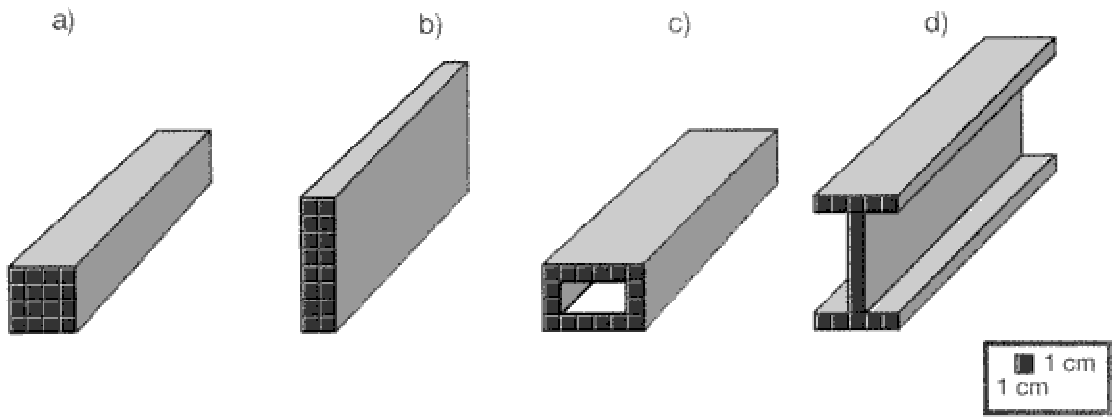
Esforç de torsió

És l'esforç que provoquen les forces que tendeixen a que un cos giri o es torci.



Relació forma-resistència d'una biga

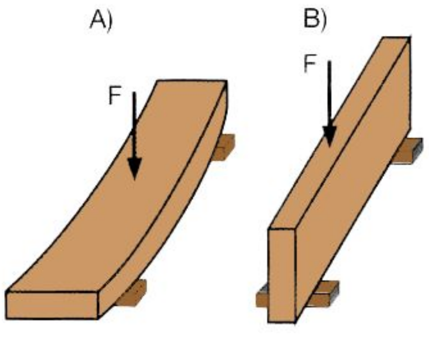
Tots els perfils tenen la mateixa secció (16 cm2). Per tant totes les barres tenen la mateixa quantitat de material.



Ara sotmetrem les barres A, B, C i D a diversos esforços per analitzar-ne la resistència.

Barres sotmeses a esforços de flexió.

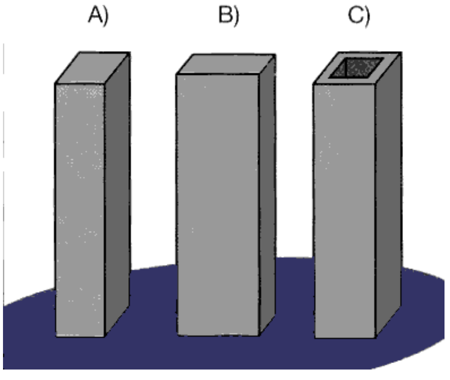
Si posem les barres A i B tal com s'indica en el dibuix, la barra B resistirà més que la A, malgrat que totes tenen la mateixa secció.



Es a dir que una barra resistirà més o menys segons la seva forma i de com apliquem la força.

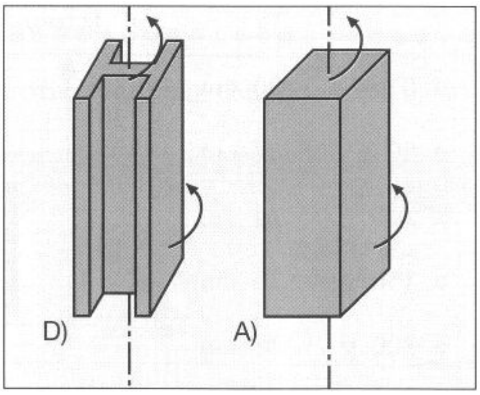
Barres sotmeses a esforços de compressió.

Si sotmetem les tres barres a esforços de compressió. La barra que aguantarà més serà la C, després la A i finalment la B. En aquest cas també podem afirmar que la resistència de les barres depèn de la forma que tenen.



És a dir, està relacionada amb la manera de repartir la massa.

La magnitud física que ens dona idea de com es reparteix la massa d'un cos es diu moment d'inèrcia.

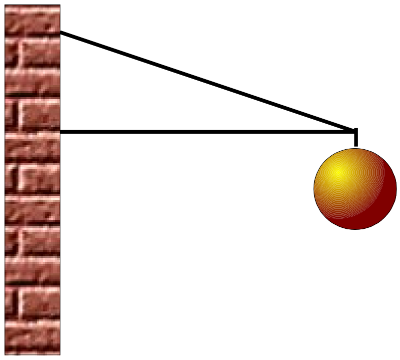


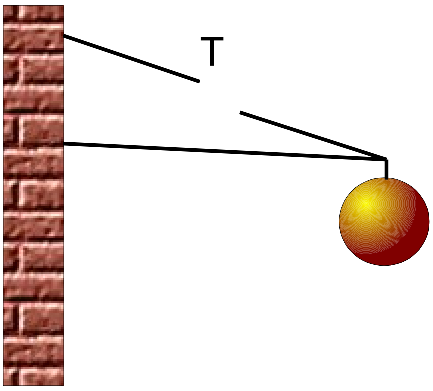
La barra A té tota la massa molt centrada a l'eix longitudinal i la barra D té la massa molt llunyana de l'eix.

La barra D té més moment d'inèrcia que la A i per això resisteix més.

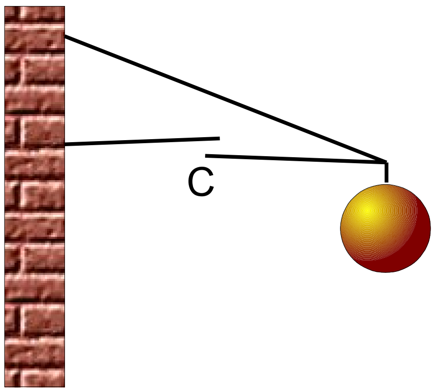
Estudi senzill d'una estructura

Per fer un estudi senzil del tipus d'esforç fan les barres d'una estructura, podem simular que tallem de forma independent cadasquna de les barres i n'analitzem les conseqüències.





El tirant està treballant a **tracció** ja que les dues parts se separen.

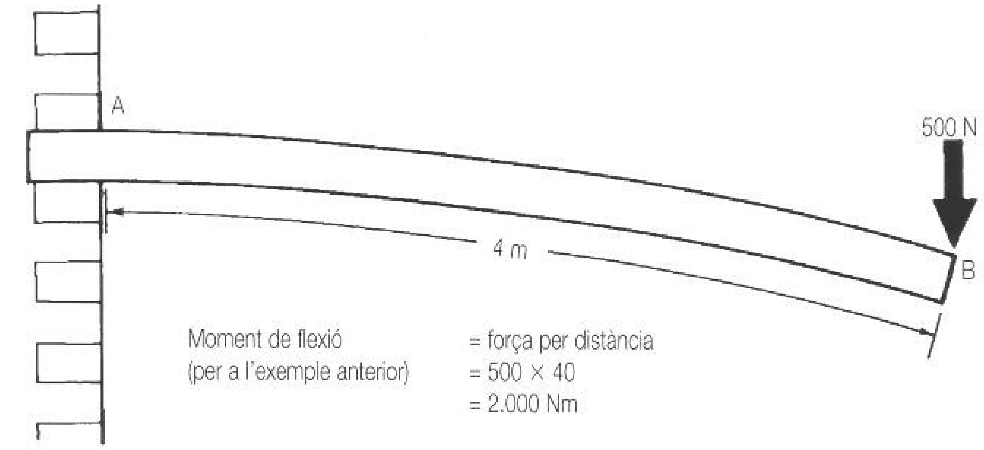


La barra inferior està treballant a **compressió** ja que les dues parts se sobreposen.

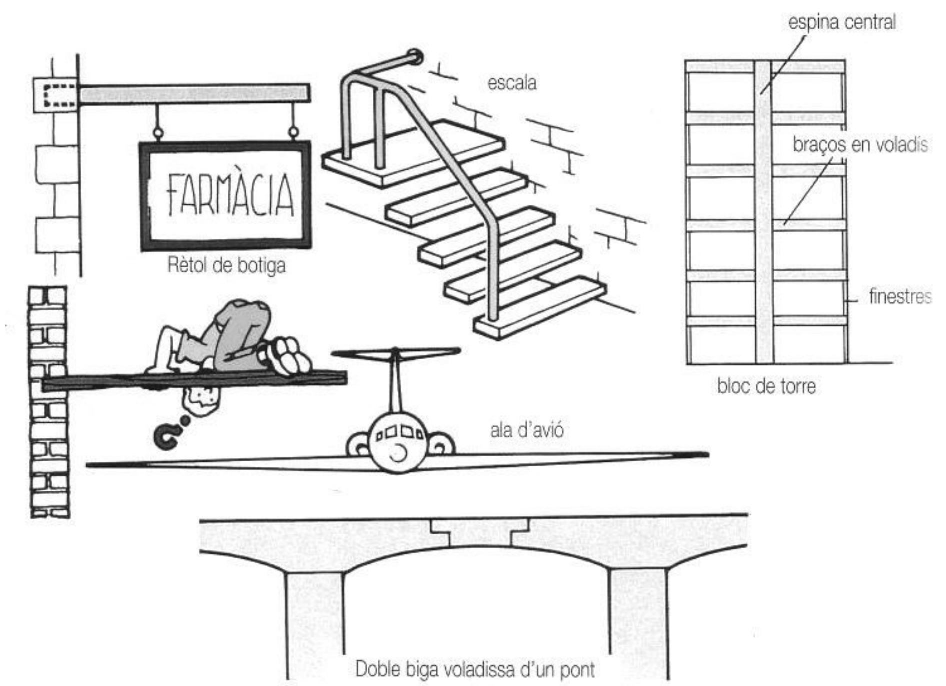
Biga voladissa

Una biga voladissa és aquella que només es susbtenta per un extrem o te un extrem lliure bastant llarg.

En aquest tipus d'estructures és molt important l'estudi de moments.



Exemples de bigues voladisses



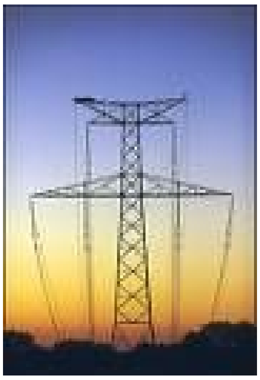
Formes de les estructures

Estructures rígides

Una característica comuna de totes les estructures metàl·liques és que estan construïdes a partir de barres de secció variable que s'uneixen per diferents mètodes com ara soldadura, reblons o cargols.

El motiu és perquè així s'estalvia material i s'aconsegueixen estructures resistents i més lleugeres.

Exemples típics d'estructures metàLliques.



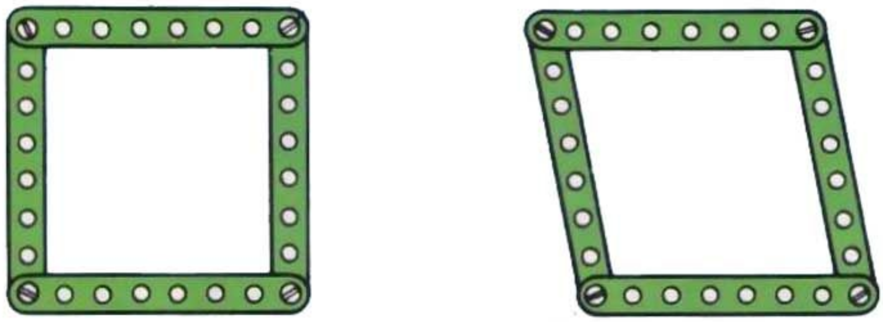

Una estructura articulada es a dir construïda a partir de l'enquadrament de barres,

- ha de resistir els esforços a què està sotmesa.
- ha d'assegurar la rigidesa de tot el conjunt.

Una estructura és rigida quan al sotmetre-la a esforços, no canvia de forma.

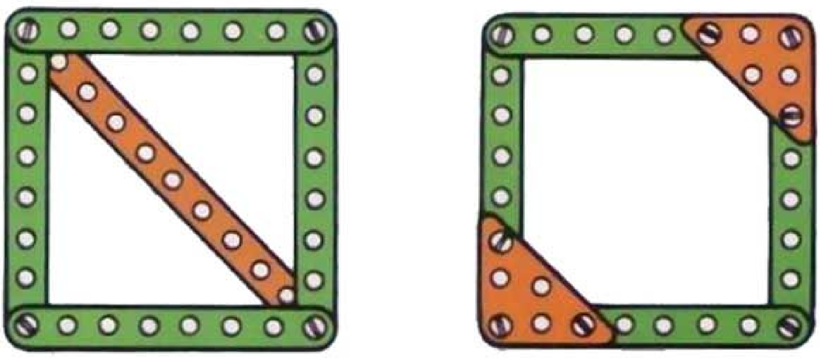
Quan dissenyem una estructura haurem d'assegurar que sigui rígida.

Una una estructura formada per la unió de barres formant quadrats no constitueix una estructura rígida.



Ara bé, si aquest quadrat el dividim en dos triangles, afegint una o dues barres en diagonal, obtenim la rigidesa desitjada.

Les estructures rígides estan construïdes a partir de barres formant **triangles**.



Un altra manera de donar rigidesa a una estructura és utilitzant cartel-les.

Una cartel-la és una planxa metàl-lica de forma triangular que es posa en els vèrtexs de les estructures.

A una estructura formada per quadres li podem donar rigidesa posant dues cartel-les en dues de les seves arestes, tal com mostra la figura.

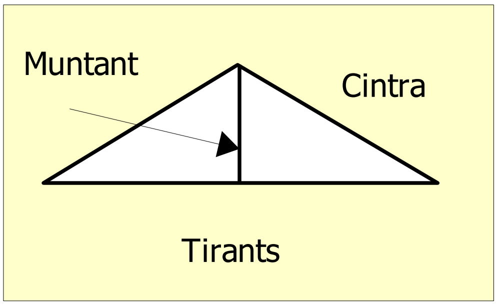
Conclusió

Una estructura metàl-lica articulada ens queda assegurada si enquadrem les barres formant triangles. És a dir, si l'**estructura està triangulada.**

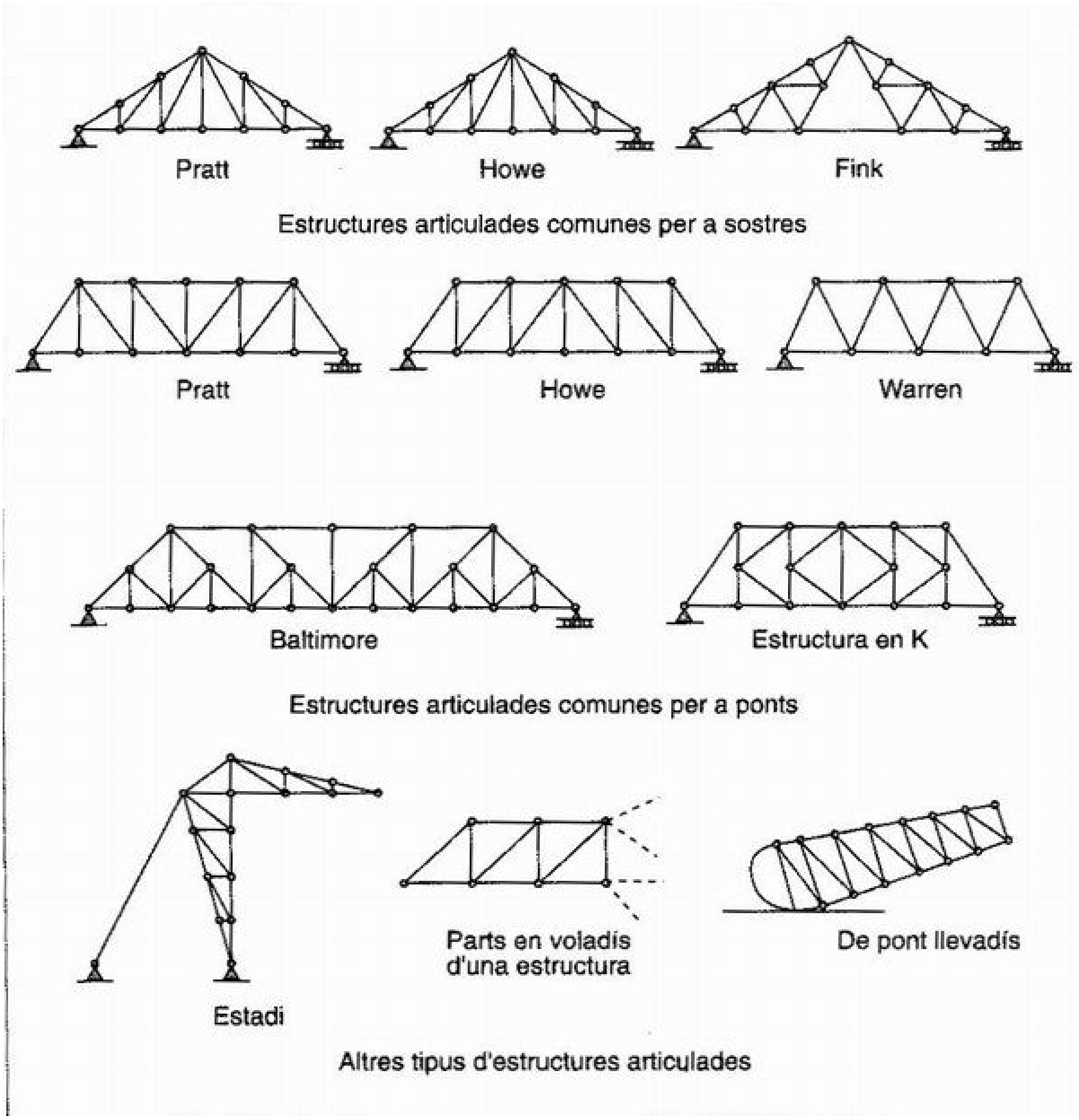
Estructures metal·liques de cobertes i ponts

Les cobertes de naus industrials i altres edificis de gran superfície solen ser estructures metàl·liques.

La figura indica els noms dels elements que formen l'estructura d'una coberta.



Les diverses formes que poden presentar les estructures de cobertes i ponts tenen en comú que asseguren la rigidesa de l'estructura mitjançant la triangulació.



Simulador d'estructures
http://acg.media.mit.edu/people/simong/statics/data/index.html