FUERZAS, TENSIONES Y DEFORMACIONES

Fuerzas externas.

Las fuerzas existentes sobre los cuerpos pueden ser de superficie -que como su nombre indica ejercen su acción sobre la superficie de los cuerpos, tales como: la presión hidrostática, la presión del viento, etc.-, y de volumen -como la acción de la gravedad, las fuerzas magnéticas, las fuerzas de inercia de cuerpos animados de movimiento acelerado, etc.

Algunas fuerzas se distribuyen sobre superficies tan reducidas que reciben el nombre de fuerzas o cargas puntuales -como las ejercidas por las ruedas de los vehículos ferroviarios y de carretera- considerándose por simplificación aplicadas sobre un punto-.

En general en las estructuras suelen diferenciarse las acciones constantes, que actúan o pueden actuar en todo momento o durante largos períodos de tiempo tales como,

- el propio peso
- la carga permanente (pavimentos, muros de fachadas, barandillas, cte.)
- el peso y el empuje del terreno,

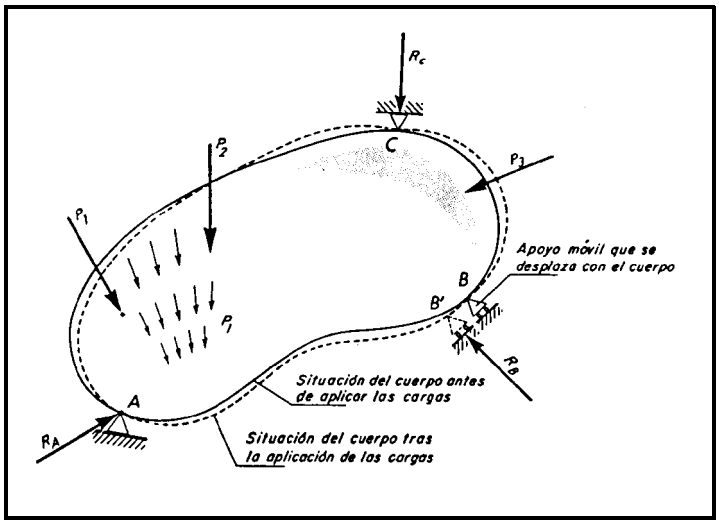
de las acciones variables que pueden actuar o no y que son:

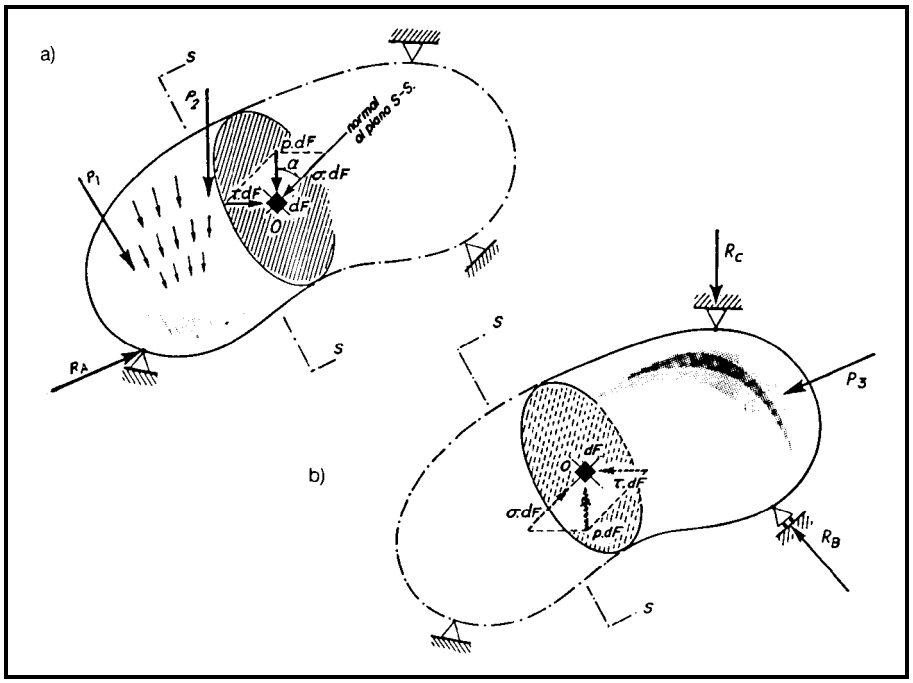
- la sobrecarga de uso (personas, vehículos, presión de un líquido sobre las paredes de un depósito, cte.)
- las acciones de viento
- la sobrecarga provocada por la nieve
- las acciones sísmicas

Determinadas acciones tales como las térmicas y los asientos de las cimentaciones no son fuerzas externas, pero no obstante provocan, al igual que éstas, tensiones, o fuerzas internas al obligar a las estructuras a que realicen determinados desplazamientos.

Tensiones

En el plano s-s de la figura y para el elemento diferencial de superficie «dF» correspondiente al punto 0 actúa una tensión «p», que se representa por un vector y cuya dirección puede formar con la normal al elemento «dF» sobre el que actúa un ángulo cualquiera; si α es este ángulo se podrá descomponer el vector «p» en dos direcciones, figura I.A.2a, una normal a «dF» y otra en su plano, cuyas componentes son:

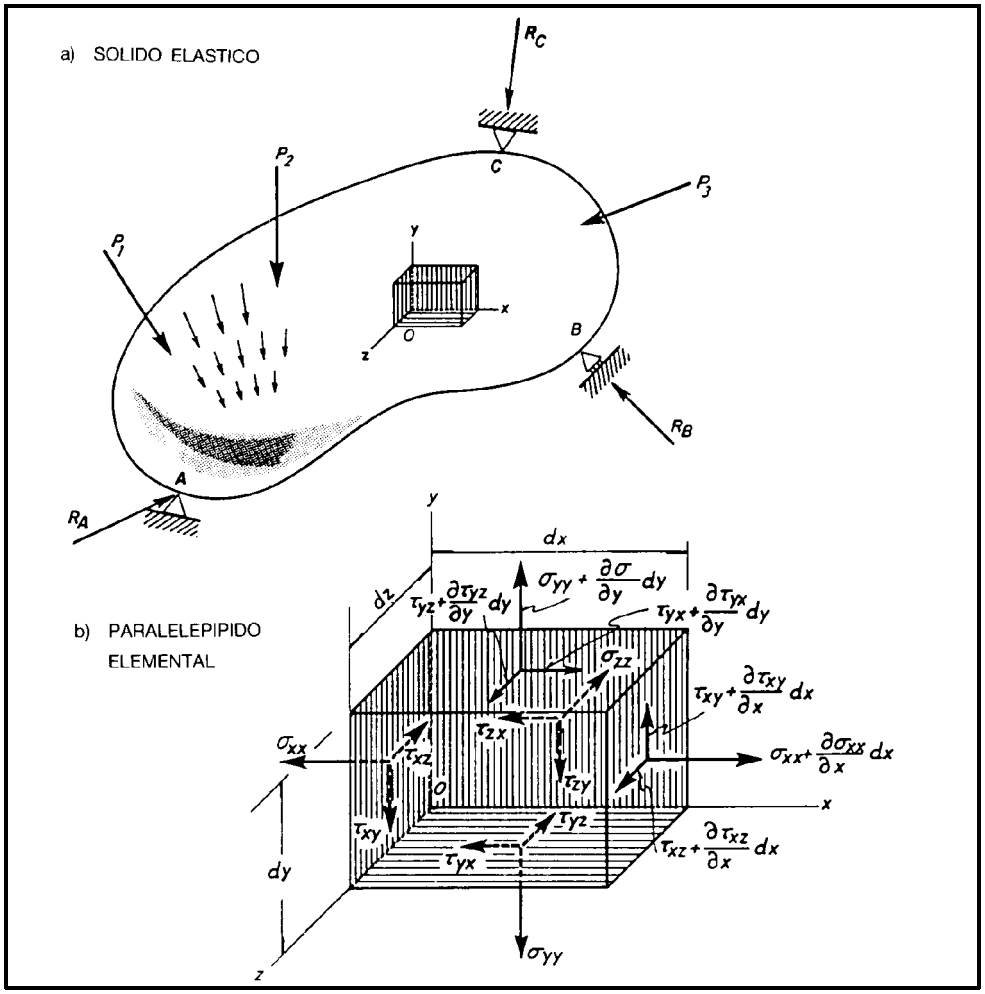




$$\sigma = p \cos \alpha \qquad \tau = p \operatorname{sen} \alpha$$

Si a un cuerpo elástico tal como el de la (figura-a), al que se aplica un sistema de cargas externas, se le hacen pasar por un punto ***O*** tres planos ortogonales dos a dos, sobre cada uno de estos planos y para este punto ***O*** se presentará una tensión normal «σ» y otra tangencial «τ»; esta última se descompondrá en las dos direcciones paralelas a los ejes principales del plano sobre el que actúa. Con el fin de definir las tensiones que inciden sobre cada plano se aplica el criterio siguiente:

Cada tensión «σ» o «τ» se acompaña de dos subíndices, el primero corresponde a la letra del eje normal al plano considerado y el segundo a la letra del eje paralelo a la componente de que se trate (figura-b) Así «τ_{zx}» es la tensión tangencial que actuando sobre un plano normal al eje z resulta paralela al eje x.



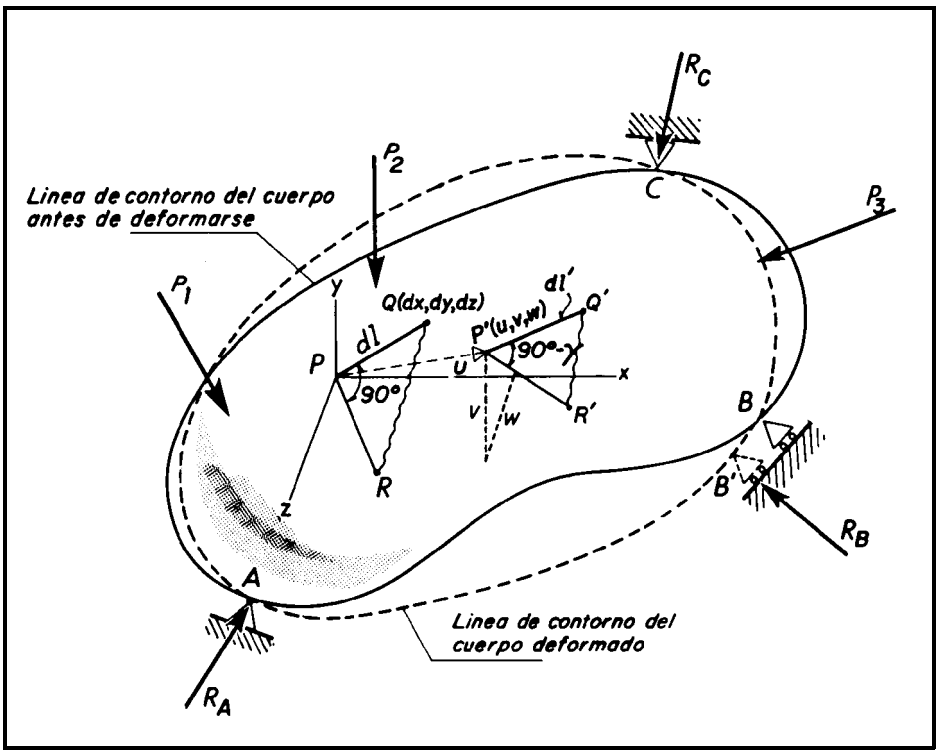
Como tensiones positivas se eligen aquellas que se orientan en el sentido creciente de los ejes, si las caras sobre las que actúan miran también el sentido creciente, o si se orientan en el sentido decreciente de los ejes mirando las caras correspondientes el sentido decreciente de los mismos. Son negativas las tensiones dirigidas en sentido contrario. Por consiguiente todas las tensiones representadas en la (figura-b) resultan positivas.

Deformaciones

La deformación es, en sentido generalizado, el cambio geométrico que experimenta un cuerpo no rígido bajo la acción de las fuerzas externas y de volumen o de inercia que a él se aplican.

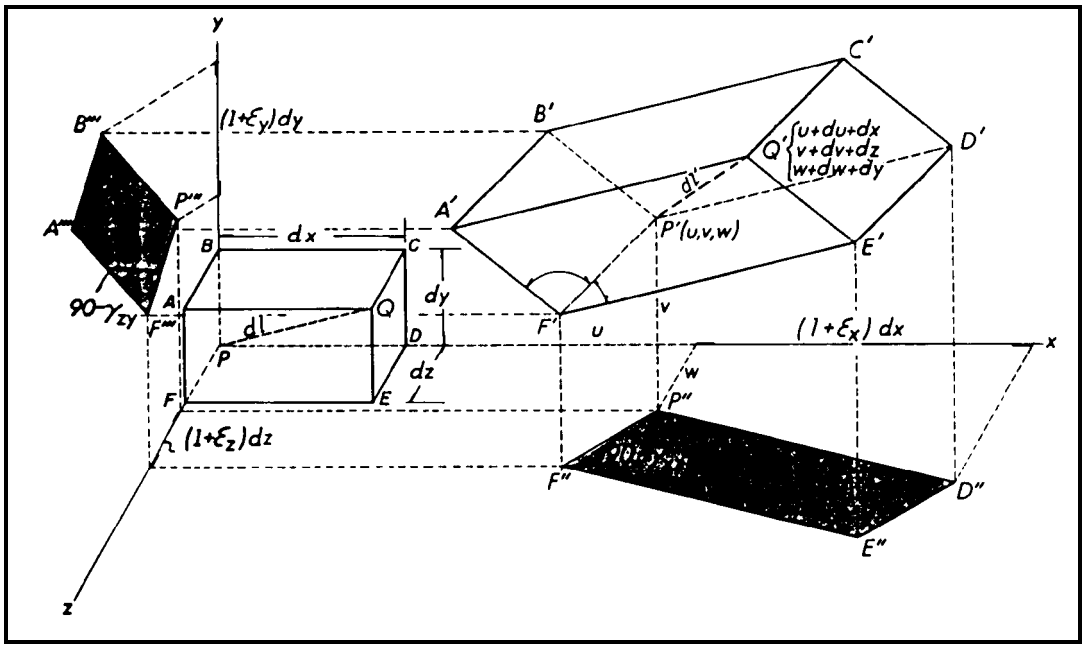
Al deformarse un cuerpo, las partículas cambian de posición. Así, al aplicar las cargas PI, P2 ... Pi al cuerpo de la (figura 2) un segmento PQ se deforma pasando a la posición P'Q'. El recorrido que experimenta el punto P viene dado por las funciones

$$\upsilon(x,y,z), \qquad \nu(x,y,Z) \qquad y \qquad \omega(x,y,z).$$



Por otro lado el segmento PQ varía tras la deformación su longitud de *«dl»* a *«dl ´»* y además, si asociasemos a la deformación otro segmento tal como el «PR> normal a PQ, se observaría la variación angular de 90º a 90º -γ. Esta variación angular es muy pequeña -se pueden sustituir las tangentes por los ángulos- y recibe el nombre de ***distorsión.***

Si nos referimos un paralelepípedo elemental en las deformaciones. Sucede entonces que el paralelepípedo *PABCDEFQ* tras la deformación del cuerpo pasa a la posición *P´A´B´C´D´E´F´Q´*, según se aprecia en la figura, indicándose las deformaciones por los recorridos -u, v y w- que experimentan los diferentes vértices.



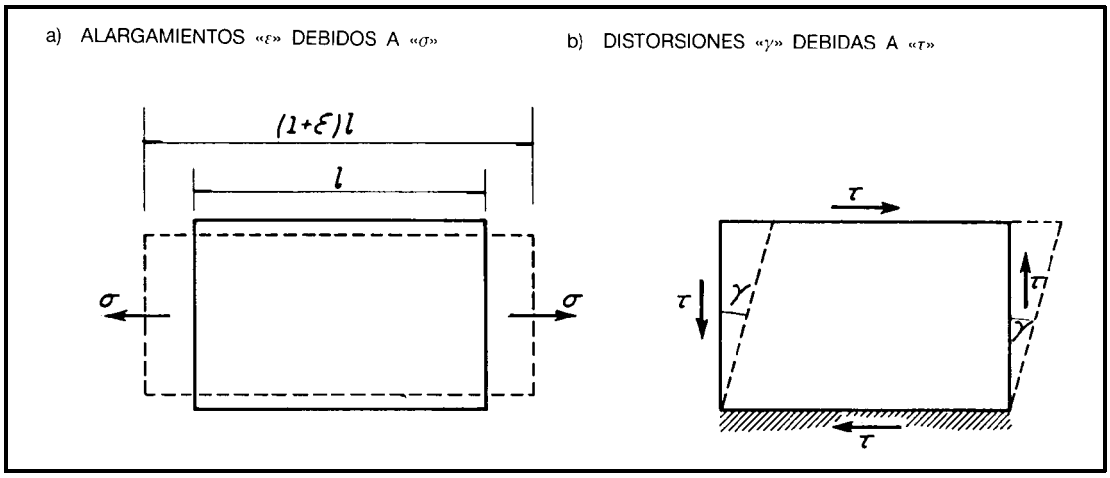
Los lados del paralelepípedo modifican sus longitudes iniciales - *dx, dy,* y *dz* - de manera que proyectadas sobre los tres ejes primitivos alcanzan los valores siguientes: $(1+\epsilon_x)\,dx$, $(1+\epsilon_y)\,dy$, y $(1+\epsilon_z)\,dz$. De la misma manera los ángulos rectos que forman las caras del paralelepípedo antes de la deformación varían tras ella alcanzando los valores: 90º - γ_{xy} , 90º - γ_{yz} y 90º - γ_{zx} .

En la terminología habitual se denominan ***alargamientos unitarios*** a: ϵ_x , ϵ_y y ϵ_z y ***distorsiones*** a: γ_{xy} ,γ_{yz} y γ_{zx}.

Las componentes del vector PP' según las direcciones de los ejes coordenados se denominan: u, v, y w. En la mecánica de los medios continuos se supone que estas componentes son funciones del punto y continuas -admiten al menos primera y segunda derivada- Es decir:

$$u = u\,(x, y, z) \qquad v = v\,(x, y, z) \qquad w = w\,(x, y, z)$$

Las tensiones normales « σ » dan lugar a alargamientos mientras que las tensiones tangenciales « τ » provocan distorsiones « γ ». El conjunto de las variaciones lineales y angulares de los diversos paralelepípedos elementales en que pueden suponerse descompuestos los cuerpos, es la causa de los recorridos finales, lineales y angulares de los mismos.



HIPÓTESIS BÁSICAS Y OTRAS CONSIDERACIONES

Hipótesis básicas y complementarias de la elasticidad.

Aparte de la hipótesis ya comentada sobre la elasticidad de los cuerpos se admiten las propiedades siguientes:

Homogeneidad: Propiedad que consiste en suponer que partículas tomadas al azar de diferentes partes del cuerpo gozan de las mismas propiedades que el cuerpo entero.

Esta hipótesis es acertada en tanto que las dimensiones del cuerpo sean grandes en comparación con las de los cristales que lo constituyen. Así, en el acero las dimensiones de los cristales son muy pequeñas, de ahí que la hipótesis de homogeneidad pueda admitirse con suficiente exactitud. No sucede lo mismo para la madera y hormigón cuya heterogeneidad se manifiesta a simple vista.

Isotropía: Propiedad que consiste en que las características elásticas sean iguales para cualquier dirección.

Esta hipótesis se cumple con bastante exactitud siempre que los cristales que constituyen el cuerpo se encuentren orientados al azar.

La madera con las fibras orientadas en el sentido del crecimiento longitudinal de los árboles es un material marcadamente anisótropo. Igualmente sucede con los materiales metálicos laminados en frío o a baja temperatura; en ellos, los cristales resultan orientados predominantemente en la dirección del laminado, y por lo tanto, sus propiedades elásticas se diferencian notablemente de las obtenidas en dirección transversal del mismo.

Estas hipótesis no son suficientes para determinar las fuerzas internas y deformaciones, para ello se precisa de otras hipótesis complementarias que son:

Principio de superposición: El efecto de un grupo de causas es igual a la suma por separado de las diferentes causas.

Deformaciones pequeñas: Las deformaciones de los cuerpos elásticos son de tal magnitud que no modifican los valores de las cargas. Así, al deformarse un cuerpo elástico las cargas a él aplicadas se desplazan al hacerlo sus puntos de aplicación. provocando un efecto secundario que en virtud de esta hipótesis se desprecia.

También tanto en los alargamientos « ϵ » como en las deformaciones « γ » se desprecian las potencias superiores a la unidad o los productos de dos o más de ellas.