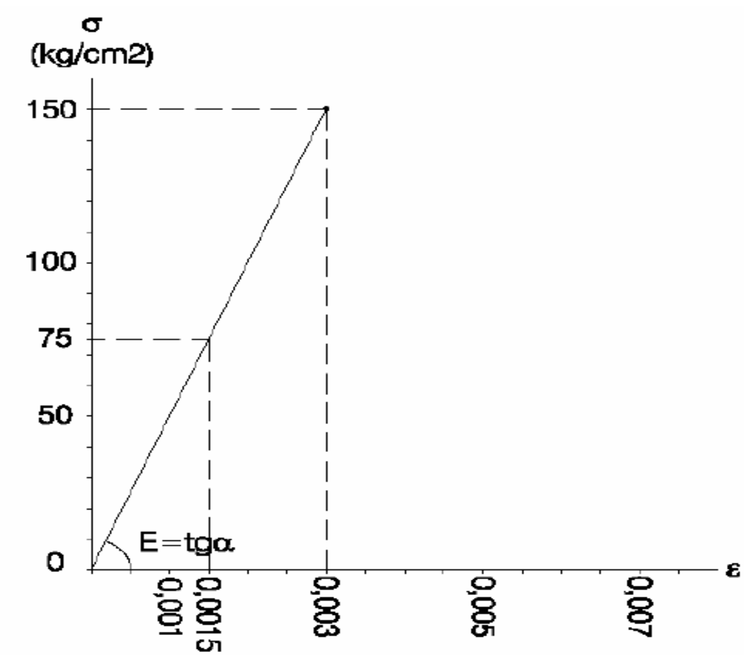
PROBLEMAS ENSAYOS MECANICOS

NOTA: Las soluciones aportadas son susceptibles de contener erratas, por lo que se aconseja a los alumnos que comprueben la exactitud de las mismas.

1. Una probeta de un material de dimensiones 10 x 10 x 10cm con un comportamiento elástico lineal rompe cuando la carga ha alcanzado un valor de 15.000kg, registrándose en ese momento un acortamiento de 0,3mm. Se pide:

   a) Representación gráfica del comportamiento mecánico del material y tipo de fractura que experimenta.
   b) Calcular la tensión de compresión en rotura
   c) Calcular la deformación unitaria en rotura
   d) Calcular el módulo de elasticidad del material

Resolución:



a) Tipo de fractura frágil el material rompe súbitamente tras registrar pequeñas deformaciones)

b) Tensión es carga por unidad de superficie:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{15000\text{kg}}{10 \times 10\text{cm}^2} = 150\,\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} =$$

$$= 15\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 15\text{MPa}$$

c) Deformación unitaria es la relación entre el incremento dimensional y la dimensión.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{-0{,}3\text{mm}}{100\text{mm}} = -3 \cdot 10^{-3} = -0{,}3\% \text{ (adimensional)}$$

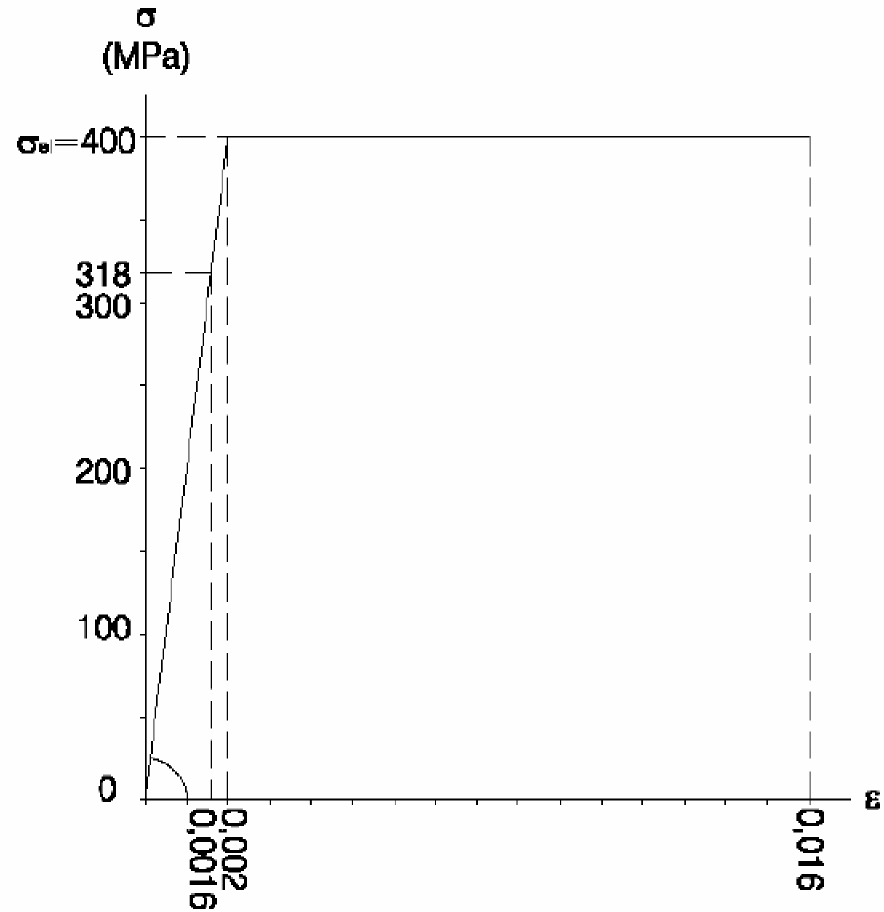
d) Al ser un material con un comportamiento elástico lineal es posible aplicar la Ley de Hooke:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{150}{3.10^{-3}} = 50000\,\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 5000\,\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 5000\text{MPa} = 5\text{GPa}$$

2. Se ensaya a tracción una barra de sección circular de 2cm de diámetro y 10cm de longitud construida con un material con un comportamiento elasto-plástico caracterizado por una primera fase elástica lineal con módulo de Young $E=2.10^6 kg/cm^2$ y máxima deformación elástica del 0,2% y, previamente a la rotura, un segundo periodo plástico en el cual, sin aumento de carga respecto al periodo anterior, el material alcanza una deformación de 8 veces el valor de la deformación elástica. Se pide:

a) Representación gráfica del comportamiento mecánico del material y tipo de fractura que presenta
b) Límite elástico del material
c) Carga máxima de tracción a la que se puede ensayar la barra para que trabaje en régimen elástico
d) Longitud de la barra bajo una carga de tracción de 100000N
e) Si tras alcanzar en el ensayo una deformación del 0,3% dejamos de aplicar la carga, calcular la longitud de la barra tras la descarga. Representar gráficamente el proceso de carga-descarga.
f) ¿Se puede volver a ensayar la barra de nuevo?. Justificar la respuesta.

Resolución:



a) Tipo de fractura dúctil: el material rompe tras registrar grandes deformaciones.

b) Límite elástico: máxima tensión en régimen elástico

$$\sigma_{el} = E \cdot \varepsilon_{el} = 2.10^{6}\,\frac{kg}{cm^{2}} \cdot 0{,}002 =$$

$$= 4000\,\frac{kg}{cm^{2}} = 400MPa$$

b) $Q_{max} = \sigma_{el} \cdot A = 4000\,\frac{kg}{cm^{2}} \cdot \pi \cdot 1^{2}\,cm^{2} = 12560kg = 125600N$

c) Q=100000N<125600=Q_{max}, con $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{100000N}{314mm^{2}} = 318{,}4\,\frac{N}{mm^{2}} = 318{,}4MPa < 400MPa = \sigma_{el}$

es decir, la barra bajo una carga de 100000N se encuentra trabajando en régimen elástico, por lo que es aplicable Hooke:

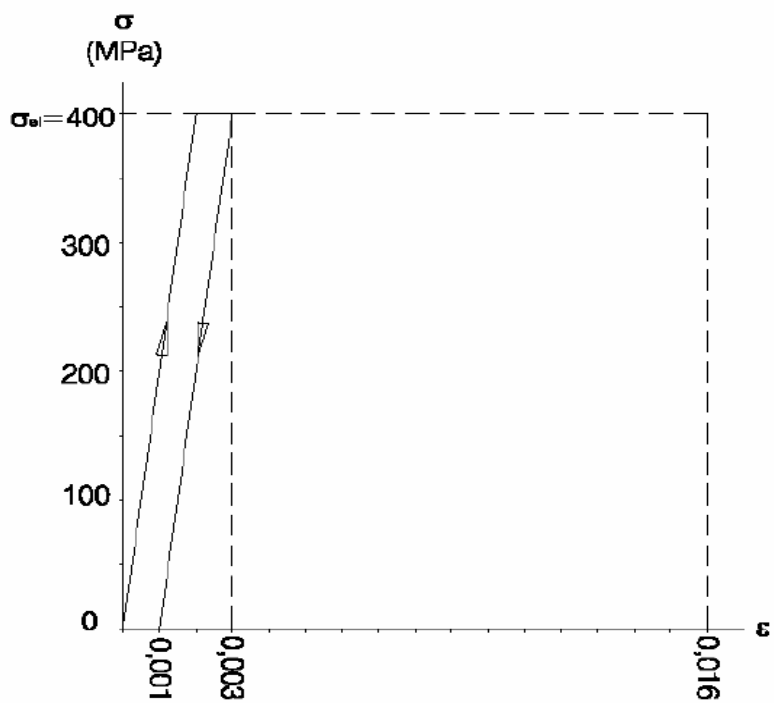
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{318{,}4\text{MPa}}{2 \cdot 10^5\,\text{MPa}} = 0{,}0016 = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l}{10\text{cm}} \Rightarrow \Delta l = 0.0016 \cdot 10\text{cm} = 0{,}016\text{cm}$$

$L_f = l + \Delta l = 10 + 0{,}016 = 10{,}016\text{cm}$ es la longitud final de la barra bajo dicha carga.

d) $\varepsilon = 0{,}003 > 0{,}002 = \varepsilon_{el}$, es decir, dado que la deformación de la barra supera la deformación máxima en régimen elástico, la barra se encuentra en régimen plástico, por lo que al cesar la carga la barra recuperará la deformación elástica, quedando una deformación remanente:

$$\varepsilon_{rem} = \varepsilon_{tot} - \varepsilon_{el} = 0{,}003 - 0{,}002 = 0{,}001 = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l}{10\text{cm}} \Rightarrow \Delta l = 0{,}001 \cdot 10\text{cm} = 0{,}01\text{cm}$$

$L_f = l + \Delta l = 10 + 0{,}015 = 10{,}01\text{cm}$ es la longitud final de la barra tras la descarga



e) Si, dado que no se ha llegado a agotar la posible deformación plástica del material previa a la rotura.

3. Comparar el comportamiento mecánico del material estudiado con el de una probeta de plástico de metacrilato de 10x50mm de sección y 15cm de longitud que se ensaya a tracción a temperatura ambiente según las siguientes cargas e incrementos de longitud:

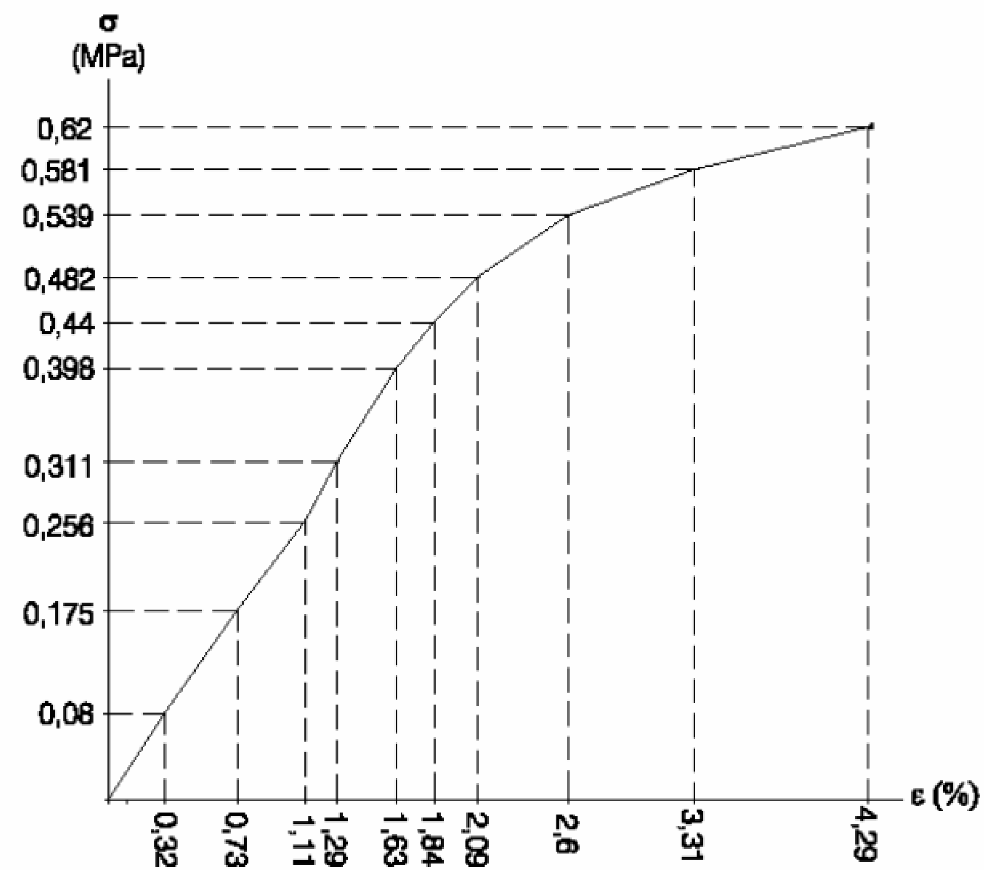
fuerza aplicada (N)	Δl (cm)
40	0,048
87,5	0,1095
128	0,1665
155,5	0,1935
199	0,2445
220	0,276
241	0,3135
269,5	0,39
290,5	0,4965
310	0,6435
310,5	fractura

Elaboramos un cuadro con las tensiones correspondientes a partir de las fuerzas aplicadas y las deformaciones a partir de los incrementos de longitud observados.

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ con } A=10x50=500mm^2$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ con } l=15cm$$

σ (MPa)	ε (%)
0,08	0,32
0,175	0,73
0,256	1,11
0,311	1,29
0,398	1,63
0,44	1,84
0,482	2,09
0,539	2,6
0,581	3,31
0,62	4,29
0,621	fractura



La fractura es de tipo dúctil dado que está precedida de deformaciones mayores con menores incremento de tensión que las que adquiere al principio del proceso de carga (deformaciones menores con mayores incrementos de tensión); si comparamos la gráfica con la gráfica del material del ejercicio anterior podemos apreciar que el metracrilato es un material menos resistente y más deformable, menos elástico (relación menor entre tensión y deformación), y menos dúctil (mayor fragilidad).

4. Un cuerpo de 50kg se suspende de un cable de acero de 4m de longitud y 2mm de diámetro. Se sabe que el límite elástico del acero es de 250N/mm², que el módulo de Young es de 2.10^5N/mm² y que el coeficiente de Poisson es 0,28. Se pide:

a) Calcular el alargamiento del cable y contracción transversal del mismo

b) Determinar el módulo de elasticidad que debería tener el cable si fuese de otro material, para reducir a la mitad la deformación bajo carga.

c) Si se duplicara la carga en el cable de acero original ¿Qué sucedería? ¿Qué sección debería tener el cable para que bajo esa carga trabajara en régimen elástico?

Resolución

a) Averiguamos la tensión a la que trabaja el cable para comprobar que es inferior al límite elástico (máxima tensión en régimen elástico)

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{500N}{3{,}14mm^2} = 159{,}23\frac{N}{mm^2} < 250\frac{N}{mm^2} = \sigma_{el}$$

$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{159{,}23MPa}{2 \cdot 10^5 MPa} = 7{,}96 \cdot 10^{-4} = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l}{400cm} \Rightarrow \Delta l = 7{,}96 \cdot 10^{-4} \cdot 400cm = 0{,}318cm$ se ha alargado el cable

$$\nu = -\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_L} \Rightarrow \varepsilon_T = -\nu \cdot \varepsilon_L = -0{,}28 \cdot 7{,}96 \cdot 10^{-4} = -0{,}000223 = \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta d}{2mm} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \Delta d = -0{,}000223 \cdot 2mm = -4{,}45 \cdot 10^{-4}mm$ ha disminuido de diámetro el cable

b) Dado que se trata de un material elástico lineal se cumple Hooke $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ por lo que si manteniendo la tensión buscamos que se reduzca a la mitad la deformación, deberemos emplear un material con un módulo de elasticidad E del doble del módulo del acero, es decir $E=4.10^5 N/mm^2$

c) $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1000N}{314mm^2} = 318{,}4\frac{N}{mm^2} > 250\frac{N}{mm^2} = \sigma_{el}$: La tensión de trabajo supera el límite elástico del material. El material se encuentra en rango plástico o en periodo de fluencia, no siendo posible controlar la deformación bajo carga permanente. Para que bajo dicha carga el material trabajara en régimen elástico, deberíamos emplear una barra de mayor sección

$$\sigma = 250\frac{N}{mm^2} = \frac{P}{A} = \frac{1000N}{A} \Rightarrow A = 4mm^2, \phi = 2{,}25mm$$

5.- Para determinar la dureza Brinell de un material se ha utilizado una bola de 5 mm de diámetro y se ha elegido una constante K = 30, obteniéndose una huella de 2,3 mm de diámetro. Calcule la Dureza Brinell del material.

$$\text{Factor de carga} = \quad Q = \frac{P}{D^2} = \text{cte}$$

$$H = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi \frac{D}{2}(D - \sqrt{D^2 - D_i^2})}$$

P= Peso aplicado en kg

S= Superficie del casquete esférico en mm^2

D= Diámetro de la bola en mm (de carburo de W)

Di= Diámetro del casquete esférico.

$P=K.D^2 = 30 \text{ X } 5^2 = 750 \text{ Kgf}$

$HB = P/S = 750 \text{ Kgf}/4{,}154 \text{ mm}^2 = 170{,}45 \text{ Kgf/mm}^2$