

Los alumnos deben elegir una de las dos opciones. Cada ejercicio vale (2,5 puntos). Las preguntas del primer ejercicio son de respuesta corta.

Opción A

Ejercicio 1

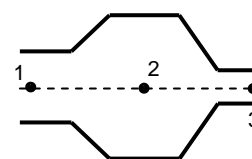
- i) Enuncie las características principales del motor de corriente continua con excitación en derivación (velocidad, par, corriente de arranque) y diga en qué aplicaciones es conveniente usarlo. **(0.5 puntos)**

Son motores cuya velocidad se mantiene constante independientemente de la carga y su par es proporcional a la corriente. Son motores autorregulables en velocidad. Se emplean en máquinas en las que la velocidad debe mantenerse constante, como es el caso de las máquinas herramientas (tornos, fresas, taladros, etc...) y en máquinas de elevación, en las que la carga puede ser suprimida bruscamente.

- ii) Explique brevemente qué se entiende por estabilidad de las máquinas eléctricas. **(0.5 puntos)**

Se dice que un motor en carga es estable, si al variar su velocidad por el desequilibrio entre el par motor y par resistente, tiende a restablecerse la velocidad de régimen, es decir, ni se para ni se embala. Para cuantificarla se define el coeficiente de estabilidad como la relación entre el par motor máximo y el par nominal M_{max} / M_n .

- iii) Ordene de menor a mayor las velocidades y las presiones en las secciones 1, 2 y 3 de una tubería horizontal por la que circula un líquido ideal, siendo $A_3 < A_1 < A_2$, donde A es el área de una sección de la tubería. Razone su respuesta. **(0.5 puntos)**



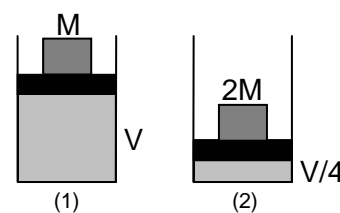
La ec. de continuidad $\Rightarrow v_A \cdot A_A = v_B \cdot A_B \Rightarrow v_A = \frac{A_B}{A_A} v_B \Leftrightarrow$ si $A_A > A_B : v_A < v_B$

La ec. de Bernoulli $\Rightarrow p_A - p_B = \frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2) \Rightarrow$ si $v_B > v_A : p_A > p_B \Leftrightarrow$ si $A_A > A_B : p_A > p_B$

En definitiva para un líquido ideal que circula por una conducción horizontal: "las velocidades son inversamente proporcionales al área de las secciones y las presiones directamente proporcionales al área de las secciones"

$$v_2 < v_1 < v_3 \quad p_3 < p_1 < p_2$$

- iv) Un recipiente cilíndrico de acero provisto de un émbolo móvil contiene una cierta cantidad de gas. Cuando sobre el émbolo se coloca una masa M el volumen que ocupa el gas es V; cuando se coloca una masa 2M, el volumen que ocupa el gas pasa a ser V/4. ¿Qué relación existe entre las densidades del gas en estas dos situaciones?. Razone su respuesta. **(0.5 puntos)**



$$\rho_1 = \frac{m}{V} \quad \rho_2 = \frac{m}{V/4} = 4 \frac{m}{V} \Rightarrow \rho_2 = 4 \rho_1$$

- v) Escriba la tabla de verdad de un biestable T asíncrono y explique su funcionamiento. **(0.5 puntos)**

Es un biestable JK que tiene las entradas J y K unidas en una sola, T.



Su tabla de verdad reducida es la siguiente

T	Q_t	Q_{t+1}
0	0 ó 1	Q_t
1	0 ó 1	\overline{Q}_t

Cuando la entrada $T=0$, la salida Q_{t+1} no cambia de valor, pero cuando $T=1$, la salida Q_{t+1} se invierte.

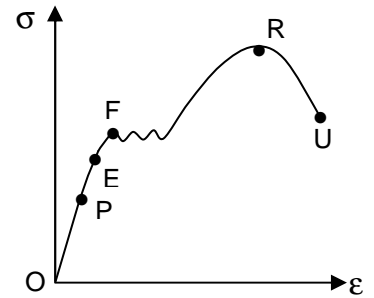
Ejercicio 2

- a) Explique qué son el límite elástico, el límite de fluencia y el límite de rotura. Dibuje estos puntos en un diagrama de esfuerzo-deformación. **(0.5 puntos)**

El límite elástico E, es el punto a partir del cual las deformaciones que sufre un material son permanentes. Antes de alcanzar este punto el material tiene comportamiento elástico, esto es, las deformaciones no son permanentes y concretamente, en el tramo O-P, se verifica la ley de Hooke, $\sigma = E\varepsilon$.

El límite de fluencia F, es un punto situado por encima del límite elástico, a partir del cual se produce un alargamiento rápido del material sin que se incremente la tensión que se le está aplicando. Este comportamiento es característico de algunos materiales, entre los que se encuentra el acero.

El límite de rotura R, es el punto que define la máxima tensión que puede soportar un material antes de romperse. A partir de este punto el material se considera roto, aunque no se haya producido la fractura visual hasta alcanzar el punto U.

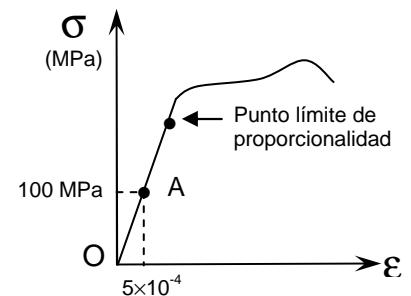


- b) La longitud de una probeta de 0.8 m, aumenta 2 mm al aplicarle una fuerza de 100 kN. ¿Qué diámetro, en milímetros, tiene la probeta? Tenga en cuenta el punto A (5×10^{-4} , 100) del diagrama de tracción adjunto para calcular el módulo de elasticidad. **(1 punto)**

$$E = \frac{100 \times 10^6}{5 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L_0} = \frac{F \times L_0}{S \times \Delta L} \Rightarrow S = \frac{F \times L_0}{E \times \Delta L} \Leftrightarrow \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{F \times L_0}{E \times \Delta L} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times F \times L_0}{\pi \times E \times \Delta L}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 10^5 \times 0.8}{\pi \times (2 \times 10^{11}) \times (2 \times 10^{-3})}} = 0.01596 \text{ m} \approx 15.96 \text{ mm}$$



- c) Calcule la dureza Brinell de un material, en kp/mm^2 , si una bola de acero de 1.4 cm de diámetro, sometida a una fuerza de 35 kN durante 20 segundos deja una huella de 55.22 mm^2 . Expresé la dureza según la norma ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$). **(1 punto)**

$$HB = \frac{F}{A} \rightarrow HB = \frac{3567.78}{55.22} \approx 64.6 \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

$$HB = 64.6 \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$$

Dureza Brinell normalizada: 64.6HB/14/3567.78/20

Ejercicio 3

Un motor de cuatro cilindros desarrolla una potencia efectiva de 60 CV a 3500 rpm. El diámetro de cada pistón es de 70 mm, la carrera de 90 mm y la relación de compresión $R_c = 9$. Calcule:

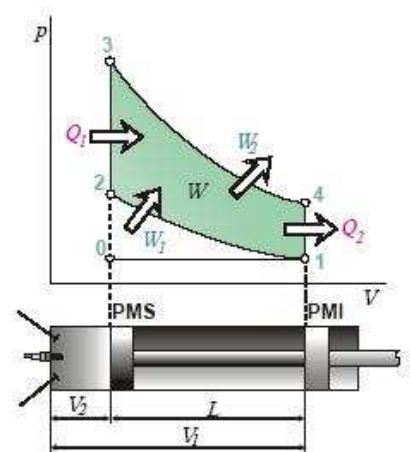
- a) El volumen de la cámara de combustión. **(1 punto)**
 b) El par motor. **(1 punto)**
 c) El rendimiento efectivo, si el motor consume 8 kg/h de un combustible con poder calorífico de 11483 kcal/kg. **(0.5 puntos)**

a) El volumen de la cámara de combustión (V_2) es el volumen residual, cuando el pistón está en el punto más alto de su trayectoria; se calcula a partir de la expresión de la **relación de compresión** (cociente entre el volumen máximo y el volumen mínimo).

$$R_c = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_u + V_2}{V_2}$$

En la expresión anterior, V_u es la **cilindrada unitaria** de un pistón, que es el volumen comprendido entre los puntos extremos del desplazamiento del pistón (PMS y PMI). Está dada por:

$$V_u = S_{\text{pistón}} \times \text{carrera} = \frac{\pi D^2}{4} \times L = \frac{\pi (7 \text{ cm})^2}{4} \times 9 (\text{cm}) = 346.36 \text{ cm}^3$$



A partir de la cilindrada podemos determinar el **volumen de la cámara de combustión**:

$$R_c = \frac{V_u + V_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_u}{R_c - 1} \rightarrow V_2 = \frac{346.36 \text{ (cm}^3\text{)}}{9 - 1} = 43.3 \text{ cm}^3$$

b) El par motor (M) se determina por la expresión que lo relaciona con la potencia: $P_u = M \cdot \omega$

- P_u es la potencia efectiva o potencia útil que el volante de inercia entrega al embrague para propulsar el vehículo.
- ω es la velocidad angular, esto es, el número de revoluciones por minuto.

$$\left. \begin{aligned} P_u &= 60 \text{ CV} \times 736 \frac{\text{W}}{\text{CV}} = 44160 \text{ W} \\ \omega &= 3500 \text{ rpm} \times \frac{2\pi}{60} = 366.52 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow M = \frac{P_u}{\omega} = \frac{44160 \text{ W}}{366.52 \text{ rad/s}} = 120.48 \text{ Nm}$$

c) El rendimiento efectivo del motor (η), viene dado por el cociente entre la **potencia generada (P_u)** y la **potencia consumida por el motor (P_c)**.

$$\left. \begin{aligned} P_u &= 44160 \text{ W} \\ P_c &= 8 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 11483 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 91864 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 106664.3 \text{ W} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \eta = \frac{P_u}{P_c} = 0.414 \rightarrow \boxed{\eta=41.4\%}$$

Ejercicio 4

Se desea diseñar el circuito de control de la señal de alarma de evacuación de una planta industrial de montaje. Para ello se dispone de tres sensores: un sensor de incendio (A), un sensor de humedad (B) y un sensor de presión (C). Los materiales con los que se trabaja en la planta de montaje son inflamables y sólo toleran unos niveles máximos de presión y humedad de forma conjunta. La señal de alarma se debe activar cuando exista riesgo de incendio o cuando se superen conjuntamente los niveles máximos de presión y humedad.

- Obtenga la tabla de verdad y la función lógica. **(1 punto)**
- Simplifique la función obtenida utilizando el mapa de Karnaugh. **(1 punto)**
- Implemente la función simplificada con puertas lógicas NAND. **(0.5 puntos)**

a)

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$$F = \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}C + ABC$$

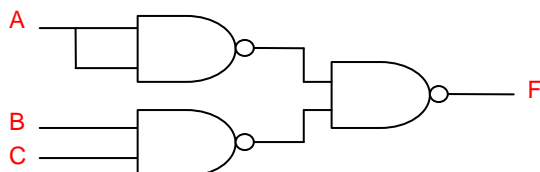
b)

A \ BC	00	01	11	10
0			1	
1	1	1	1	1

$$F = A + BC$$

c)

$$F = A + BC = \overline{\overline{A+BC}} = \overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C}}$$

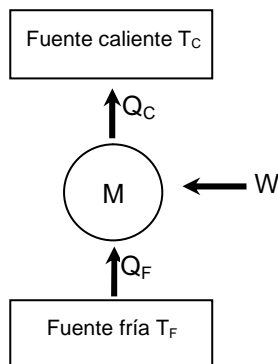


Opción B

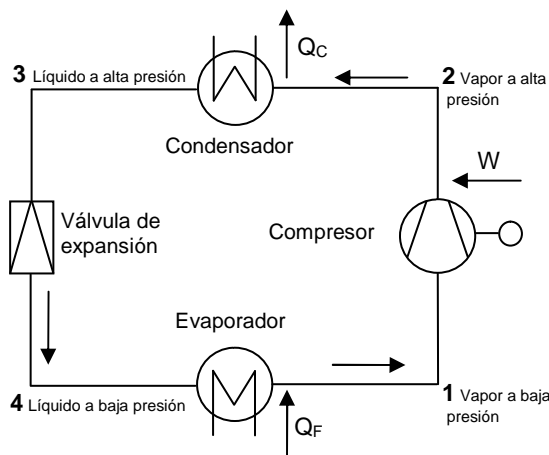
Ejercicio 1

- i) Describa los componentes de una máquina frigorífica real e indique cuáles son sus funciones, así como los procesos termodinámicos que ocurren en los mismos. (0.5 puntos)

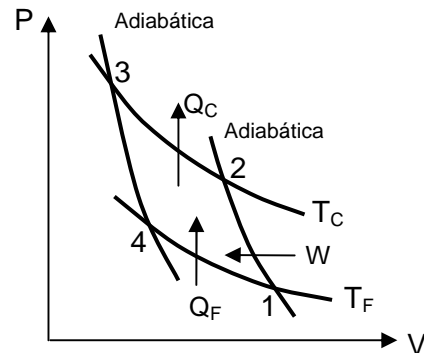
Esquema teórico de una máquina frigorífica



Esquema real de una máquina frigorífica



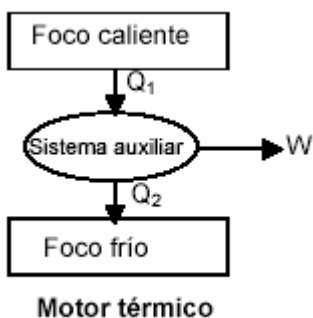
Ciclo teórico de una máquina frigorífica real (por compresión de vapor)



Nos referimos a un ciclo de refrigeración por compresión de vapor. El ciclo consta de las siguientes fases:

- 1→2: el fluido refrigerante en fase de vapor se comprime adiabáticamente aumentando su temperatura. Se trata de un proceso no espontáneo. Para que se produzca el fluido necesita de un aporte de energía en forma de trabajo (W)
- 2→3: el refrigerante entra en el condensador y a temperatura constante, cede calor hasta que pasa a fase líquida. En este proceso el refrigerante no varía su temperatura; toda la energía que cede le sirve únicamente para variar su estado.
- 3→4: el refrigerante reduce su presión al pasar por un tubo capilar.
- 4→1: el líquido refrigerante a baja presión pasa por el evaporador, absorbiendo calor de los alrededores. En este proceso el refrigerante no varía su temperatura; utiliza toda la energía que absorbe únicamente para variar su estado. Después de pasar por el evaporador, el fluido recupera las condiciones adecuadas para entrar nuevamente en el compresor y comenzar un nuevo ciclo.

- ii) Una máquina de vapor extrae 1000 kJ de la caldera y cede al condensador 500 kJ. Determine el trabajo que realiza dicha máquina. (0.5 puntos)



La máquina en cuestión se ajusta al esquema adjunto. El trabajo realizado es la diferencia entre el calor absorbido del foco caliente y el entregado al foco frío (pérdidas). Luego:

$$W = 1000 \text{ (kJ)} - 500 \text{ (kJ)} = 500 \text{ (kJ)}$$

- iii) ¿Qué mide el caudal volumétrico, Q ? A partir de su expresión general, deduzca su expresión para el caso de un líquido que circula por una tubería de sección S con velocidad v , esto es, exprese Q como función de v y S . ¿En qué unidades se mide el caudal volumétrico en el sistema internacional?. (0.5 puntos)

El caudal volumétrico Q , mide el volumen de fluido que circula por una tubería por unidad de tiempo; su expresión matemática será por lo tanto $Q = \Delta V / \Delta t$. Para el caso de un líquido que circula por una tubería de sección A con velocidad v

$$\Delta V = \Delta L \times S = (v \times \Delta t) \times S \Rightarrow Q = v \times S$$

En el sistema internacional el caudal se mide en m^3/s .

- iv) ¿Cuál es la humedad relativa del aire de un recinto cuya temperatura es de 30°C, si en un metro cúbico de aire hay 30 g de agua?. Tenga en cuenta que la cantidad máxima de vapor de agua en aire a 30°C (cantidad de saturación) es de 31.64 g/m³. **(0.5 puntos)**

$$H_{\text{Rel.}} = \frac{H_{\text{Abs.}}}{H_{\text{Sat.}}} \times 100 \rightarrow H_{\text{Rel.}} = \frac{30}{31.64} \times 100 = 94.82\%$$

- v) Explique la diferencia entre un circuito digital combinacional y un circuito digital secuencial. **(0.5 puntos)**

Para los circuitos combinacionales el estado de salida en un cierto instante, depende exclusivamente del estado de entrada en ese mismo instante: para unos determinados valores de entrada, la salida es siempre la misma.

Para los circuitos secuenciales, el valor de la señal de salida, en un determinado instante, depende del valor de la señal de entrada en ese mismo instante y del valor de la salida en el instante anterior. En los circuitos secuenciales, para una determinada combinación de variables de entrada, las salidas pueden ser diferentes, dependiendo de cual haya sido la salida en el instante anterior. Se dice que los circuitos secuenciales tienen memoria, puesto que dan la salida "recordando" cuál ha sido el estado anterior.

Ejercicio 2

- a) Defina el esfuerzo y la deformación unitaria, indicando las unidades en que se miden en el sistema internacional. ¿Qué dice la ley de Hooke?. **(0.5 puntos)**

El esfuerzo unitario se define como el cociente entre la fuerza de tracción F a la que está sometida la probeta de ensayo y el área A de su sección: $\sigma = F/A$. En el sistema internacional se mide en newton partido por metro cuadrado, N/m², esto es, en pascuales.

La deformación unitaria se define como el cociente entre el incremento de longitud de la probeta de ensayo (L-L₀) y su longitud inicial L₀: $\epsilon = (L-L_0)/L_0$. De acuerdo con esta definición es una magnitud adimensional.

Cuando se trabaja por debajo del límite de proporcionalidad las deformaciones y los esfuerzos unitarios son proporcionales,

$$\sigma = E \epsilon$$

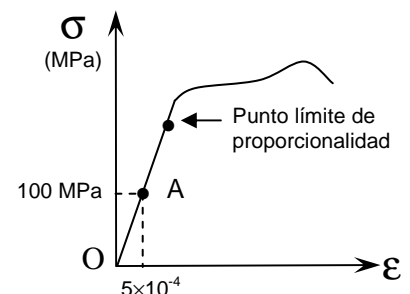
siendo la constante de proporcionalidad E, el módulo elástico o módulo de Young del material. La relación anterior se conoce como ley de Hooke.

- b) La distancia entre los puntos de referencia de una probeta es de 100 mm y su diámetro vale 20 mm. ¿En cuántos milímetros aumenta su longitud al cargarla con 800 kN?. Tenga en cuenta el punto A (5×10⁻⁴, 100) del diagrama de tracción adjunto para calcular el módulo de elasticidad. **(1 punto)**

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \rightarrow A = \frac{\pi \times (20 \times 10^{-3})^2}{4} \cong 3.1416 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = \frac{100 \times 10^6}{5 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{F \times L_0}{A \times \Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{F \times L_0}{A \times E} \rightarrow \Delta L = \frac{(800 \times 10^3) \times 0.1}{(3.1416 \times 10^{-4}) \times (2 \times 10^{11})} = 1.27 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.27 \text{ mm}$$



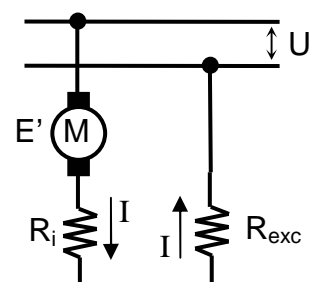
- c) Calcule la resiliencia (ρ) de un material en J/mm², teniendo en cuenta que la maza de 15 kg de un péndulo de Charpy que cae desde 1 m de altura sobre una probeta de 300 mm² de sección, asciende 35 cm después de la colisión (g=9.81 m/s²). **(1 punto)**

$$\rho = \frac{m g (H-h)}{A} \rightarrow \rho = \frac{15 \times 9.81 \times (1-0.35)}{300} \cong 0.32 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$$

Ejercicio 3

Un motor serie suministra 18 CV con un rendimiento del 90% y tensión en bornes de 220 V. Se sabe que las pérdidas del cobre son un 60% de las pérdidas totales. Determine:

- a) La potencia absorbida y la intensidad nominal. **(1 punto)**
 b) Las pérdidas totales y las del cobre **(0.5 puntos)**
 c) La potencia eléctrica interna y la fuerza contraelectromotriz. **(1 punto)**



Nota: Despreciar en este problema la caída de tensión en las escobillas y la resistencia del réostato de arranque y de los polos auxiliares.

a)
$$P_{abs} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{18CV \times 736 W/CV}{0.9} = 14720 W$$

$$I = \frac{P_{abs}}{U} = \frac{14720 W}{220 V} = 66.9 A$$

b)
$$P_p = P_{abs} - P_u = 14720 W - 13248 W = 1472 W$$

$$P_{Cu} = 0.6 \cdot P_p = 883.2 W$$

c)
$$P_u = P_{ei} - (P_{fe} + P_m) \Rightarrow P_{ei} = P_u + (P_{fe} + P_m) = 13248 W + \underbrace{0.4 \times 1472 W}_{588.8 W} = 13836.8 W$$

$$P_{ei} = E' \cdot I \Rightarrow E' = \frac{P_{ei}}{I} = \frac{13836.8 W}{66.9 A} = 206.8 V$$

Ejercicio 4

Se desea diseñar el circuito de control de activación de un motor de una máquina trituradora. En la máquina existen tres sensores de llenado A, B, C. El motor entrará en funcionamiento cuando se activen conjunta o individualmente los sensores B y C.

- Obtenga la tabla de verdad y la función lógica. **(1 punto)**
- Simplifique la función obtenida utilizando el mapa de Karnaugh. **(1 punto)**
- Implemente la función simplificada con puertas lógicas NAND. **(0.5 puntos)**

a)

C	B	A	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$$F = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + \bar{C}BA + C\bar{B}\bar{A} + C\bar{B}A + CB\bar{A} + CBA$$

b)

C \ BA	00	01	11	10
0			1	1
1	1	1	1	1

$$F = B + C$$

c)

$$F = B + C = \overline{\overline{B+C}} = \overline{\bar{B}\bar{C}}$$

