

Los alumnos deberán elegir una de las dos opciones. El peso relativo de los ejercicios es: primero 40%, segundo 30% y tercero 30%. Los apartados valen todos lo mismo. Las preguntas del primer ejercicio son de respuesta corta.

### Opción A

#### Ejercicio 1

- i. Dibuje el diagrama genérico de esfuerzo–deformación de un material sometido a tracción. Indique sus zonas principales y sus puntos característicos.

Zona elástica OE se caracteriza porque al cesar las tensiones aplicadas, los materiales recuperan su longitud original. Esta zona se subdivide en:

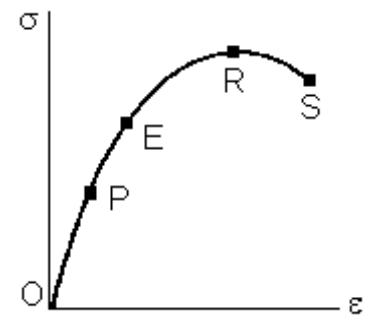
- zona proporcional OP, en la que los esfuerzos unitarios ( $\sigma$ ) son proporcionales a las deformaciones unitarias ( $\epsilon$ ); esto es, se verifica la ley de Hooke,  $\sigma=E\epsilon$ , siendo E es el módulo de elasticidad o módulo de Young.
- zona no proporcional PE, en la que los desplazamientos dejan de ser proporcionales a los esfuerzos, esto es,  $\sigma \neq E\epsilon$ .

Zona plástica ES se caracteriza porque al cesar las tensiones aplicadas, los materiales no recuperan su longitud original, esto es, adquieren deformaciones permanentes. Esta zona se subdivide en:

- zona límite de rotura ER, en la que a incrementos + de  $\sigma$  corresponden incrementos + de  $\epsilon$
- zona de rotura RS, en la que a incrementos - de  $\sigma$  corresponden incrementos + de  $\epsilon$

Los puntos característicos son:

- P, límite de proporcionalidad: hasta este punto es válida la ley de Hooke.
- E, límite de elasticidad: a partir de este punto los materiales se comportan plásticamente. Es un punto difícil de determinar por lo que se acepta que es aquel cuya tensión corresponde a una deformación permanente del 0.2%.
- R, límite de rotura; a partir de este punto el material se considera roto aunque no se haya producido la fractura visual.
- S, punto en el que se produce la fractura visual del material.



- ii. ¿Qué fuerza soporta una barra de acero de 1 cm de diámetro que sufre una deformación unitaria  $\epsilon=5 \times 10^{-4}$ , si su módulo de elasticidad es  $E=200$  GPa.

$$\Phi = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow A = \frac{\pi}{4} \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\epsilon = 5 \times 10^{-4}$$

$$E = 200 \text{ GPa} = 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$F = \sigma A = \varepsilon E A \rightarrow F = (5 \times 10^{-4}) \times (2 \times 10^{11}) \times \left(\frac{\pi}{4} \times 10^{-4}\right) = 7.85 \times 10^3 \text{ N} = 7.85 \text{ kN}$$

- iii. Cite al menos tres aspectos de los ensayos de Vickers considerados ventajosos con relación a los ensayos de Brinell.

Las ventajas que comporta el método de Vickers son:

- se pueden utilizar tanto materiales duros como blandos.
- los grosores de las probetas pueden ser de hasta 0.05 mm.
- la marca es pequeña y fácil de medir.
- las cargas de ensayo son pequeñas: oscilan entre 1 kp y 120 kp.

- iv. En un ensayo de resiliencia se utiliza un péndulo de Charpy provisto de un martillo de 20 kg, que se deja caer desde una altura de 1 m. Después de romper una probeta de 4 cm<sup>2</sup> de sección, sube hasta una altura de 45 cm. ¿Cuál es la resiliencia del material de ensayo?.

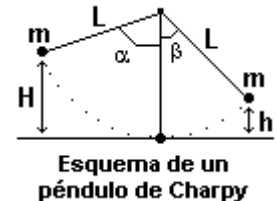
$$m = 20 \text{ kg}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$h = 45 \text{ cm} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Área de la sección de rotura (A)} = 4 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Energía de rotura } (\tau) = mg(H - h) \rightarrow \tau = 20 \times 9.81 \times (1 - 0.45) = 107.91 \text{ J}$$



$$\text{Resiliencia } (\rho) = \frac{\tau}{A} \rightarrow \rho = \frac{107.91 \text{ J}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 26.98 \times 10^4 \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \cong 0.27 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$$

- v. Explique de forma breve y concisa la función del colector de delgas en las máquinas eléctricas.

El colector de delgas es un anillo de láminas conductoras aisladas entre si solidario al eje del motor donde terminan las ramas del devanado inducido. Las delgas en contacto sucesivo con las escobillas, garantizan la alimentación del motor y rectifican la tensión inducida.

- vi. La potencia útil nominal de cierto motor eléctrico es de 3680 W y su velocidad de 157 rad/s. Calcule su par útil.

$$M = \frac{P_u}{\omega} = \frac{3680}{157} = 23.29 \text{ rd/s}$$

- vii. Escriba la expresión del rendimiento de un ciclo de Carnot y explique sus implicaciones.

La expresión del rendimiento en un ciclo de Carnot es:

$$\eta = 1 - \frac{T_{FF}}{T_{FC}}$$

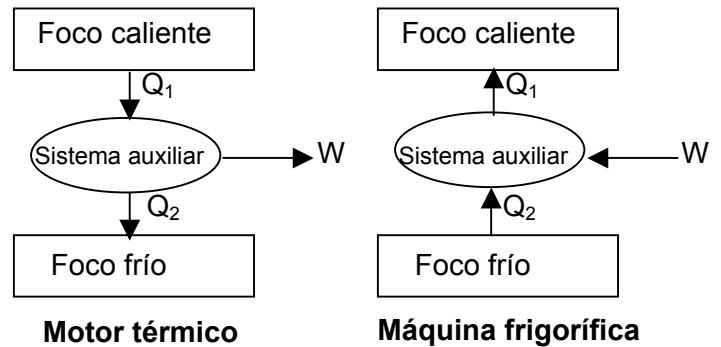
siendo  $T_{FF}$  y  $T_{FC}$  las temperaturas del foco frío y del caliente, respectivamente. A partir de esta expresión vemos que el rendimiento de una máquina de Carnot sólo depende de las temperaturas de los focos y que necesariamente debe tener un valor menor que 1. Además constituye una cota máxima al rendimiento de una máquina térmica que trabaje entre los mismos focos.

- viii. Describa brevemente los componentes de una máquina térmica, indicando los procesos termodinámicos que tienen lugar en cada uno de ellos.

Una máquina térmica consta de un foco frío, un foco caliente y un sistema auxiliar que es el que realiza (o sobre el que se realiza en el caso de las máquinas frigoríficas) el trabajo.

En un motor térmico, se extrae energía en forma de calor de un foco caliente que se utiliza para realizar trabajo cediendo la energía no aprovechada en forma de calor al foco frío.

En una máquina frigorífica, se extrae energía en forma de calor del foco frío a costa de un trabajo externo. Cediendo la energía no aprovechada en forma de calor al foco caliente.



- ix. ¿Qué se entiende por humedad absoluta y humedad relativa del aire?. Indique en qué unidades se miden estas magnitudes en el sistema internacional.

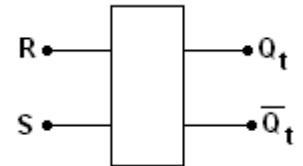
Humedad absoluta, es la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire. En el sistema internacional se mide en  $\text{kg/m}^3$ , pero frecuentemente se expresa en  $\text{g/m}^3$ .

Humedad relativa, es el cociente entre la masa de vapor de agua que hay en un volumen dado de aire y la masa de vapor de agua que habría en ese volumen si estuviese saturado. De la propia definición se sigue que es una magnitud adimensional.

- x. Explique cómo funciona un biestable R-S.

El biestable RS constituye el circuito más elemental de memoria para almacenamiento de variables de un bit.

En la figura se muestra un biestable de este tipo construido con dos puertas NOR (también se puede construir con dos puertas NAND). Su funcionamiento es el siguiente: Si se activa (se pone a 1) la entrada S



(SET), en caso de que R (RESET) esté a 0., la salida se activará ( $Q_t=1$ ). Si se pulsa RESET cuando SET está en 0, la salida se desactivará ( $Q_t=0$ ). Si ambas entradas permanecen a 0, la salida mantendrá el valor almacenado en la operación anterior, que se denominaremos  $Q_{t-1}$ . En caso de que las dos entradas se activen simultáneamente la salida es impredecible.

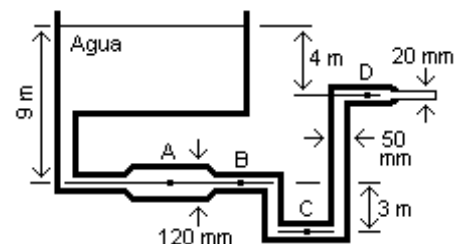
Con esta restricción de las entradas, el biestable RS funciona con seguridad como dispositivo de memoria en el cual el estado de las salidas indica cuál de las entradas fue la última en ocupar el nivel 1.

R	S	$Q_t$	$Q_{t+1}$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	Indet.
1	1	1	Indet.

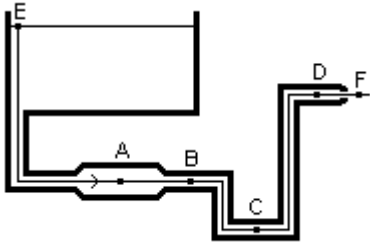
**Ejercicio 2.** En la figura adjunta se muestra un gran depósito abierto a la atmósfera y una serie de tuberías de distinto diámetro interior, por las que circula agua de peso específico  $9.81 \text{ kN/m}^3$ . Teniendo en cuenta los datos que se dan en la figura:

- ¿Qué caudal de agua sale del depósito en litros por minuto (l/min)?.
- ¿A qué velocidad en metros por segundo (m/s) circula el agua por las secciones A, B, C y D?.
- Si la presión atmosférica es de  $1.2 \text{ kp/cm}^2$ , ¿qué presión absoluta y manométrica –en bares– hay en la sección A?.

Suponga condiciones ideales. Recuerde que  $1 \text{ kPa}=0.01 \text{ bar}$ .



## Solución



- a) Se aplica la ecuación de Bernoulli entre los puntos E y F, teniendo en cuenta que:

$$p_E = 0 \text{ kPa} \quad v_E = 0 \text{ m/s} \quad p_F = 0 \text{ kPa}$$

$$E \rightarrow F: 12 + 0 + 0 = 8 + 0 + \frac{(v_F)^2}{19.62} \Rightarrow v_F = 8.86 \text{ m/s}$$

El caudal de agua que sale del depósito será:

$$Q = \frac{\pi}{4} \times (20 \times 10^{-3})^2 \times 8.86 = 27.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 166.98 \text{ l/min} \cong 167 \text{ l/min}$$

$$b) v_A = \frac{Q}{A_A} \rightarrow v_A = \frac{27.83 \times 10^{-4}}{\frac{\pi}{4} \times (120 \times 10^{-3})^2} = 0.246 \text{ m/s}$$

$$v_B = \frac{Q}{A_B} \rightarrow v_B = \frac{27.83 \times 10^{-4}}{\frac{\pi}{4} \times (50 \times 10^{-3})^2} = 1.417 \text{ m/s}$$

$$\text{Fluido incompresible y } A_B = A_C = A_D \Rightarrow v_B = v_C = v_D = 1.417 \text{ m/s}$$

- c) Se aplica la ecuación de Bernoulli entre los puntos E y A:

$$E \rightarrow A: 12 + 0 + 0 = 3 + \frac{p_A}{9.81} + \frac{(0.246)^2}{19.62} \Rightarrow p_A = 88.26 \text{ kPa} = 0.88 \text{ bar}$$

Las presiones calculadas son presiones manométricas (medidas tomando como referencia la presión atmosférica). Las correspondientes presiones absolutas se obtienen de acuerdo con la ecuación:

$$P_{\text{Absoluta}} = P_{\text{Atmosférica}} + P_{\text{Manométrica}}$$

$$p_{\text{Atm.}} = 1.2 \text{ kp/cm}^2 = 1.2 \times \frac{9.81}{10^{-4}} \times \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 117.72 \text{ kPa}$$

$$(p_A)_{\text{Abs.}} = 117.72 + 88.26 = 205.98 \text{ kPa} \rightarrow (p_A)_{\text{Abs.}} = 2.06 \text{ bar}$$

**Ejercicio 3.** Se pretende diseñar un circuito constituido por tres pulsadores a, b, c y una lámpara que funcione de forma que ésta se encienda cuando se pulsen los tres pulsadores a la vez o uno cualquiera solamente.

- a) Construya la tabla de verdad.

a	b	c	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0

1	1	0	0	
1	1	1	1	

b) Obtenga la función simplificada en forma de suma de productos (minterms o primera forma canónica).

De la tabla anterior se deduce la siguiente ecuación

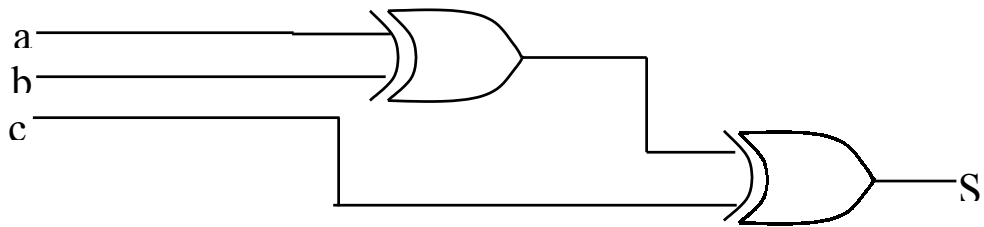
$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c$$

simplificando quedará:

$$S = \bar{a} \cdot (\bar{b} \cdot c + b \cdot \bar{c}) + a \cdot (\bar{b} \cdot \bar{c} + b \cdot c) = \bar{a} \cdot (b \oplus c) + a \cdot (\overline{b \oplus c}) = a \oplus b \oplus c$$

c) Implemente el circuito utilizando puertas lógicas de dos entradas e inversores.

La implementación de la función anterior aparece en la figura:



Los alumnos deberán elegir una de las dos opciones. El peso relativo de los ejercicios es: primero 40%, segundo 30% y tercero 30%. Los apartados valen todos lo mismo. Las preguntas del primer ejercicio son de respuesta corta.

### Opción B

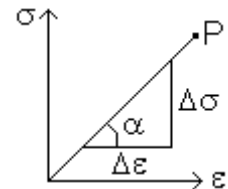
#### Ejercicio 1

- i. En un ensayo de tracción de un material de acero se obtuvo, al trabajar por debajo del límite de proporcionalidad, que al incrementar el esfuerzo unitario en 50 Mpa, la deformación unitaria se incrementa en  $2 \times 10^{-4}$ . Determine el módulo de Young de este material.

$$\Delta\sigma = 50 \text{ MPa} = 50 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\Delta\varepsilon = 2 \times 10^{-4}$$

$$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{50 \times 10^6}{2 \times 10^{-4}} \text{ Pa} = 250 \text{ GPa}$$

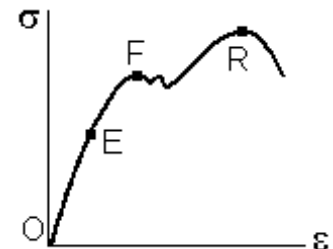


- ii. Explique qué son el límite elástico, el límite de fluencia y el límite de rotura. Dibuje estos puntos en un diagrama de esfuerzo–deformación.

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 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 varíe 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.



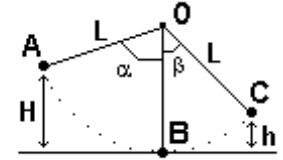
- iii. El resultado de un ensayo de dureza de Brinell es 300 HB 10 500 20. Comente brevemente el significado de los números de esta expresión, indicando las unidades en que se miden.

- 300, es el número de dureza, que indica la presión que se aplica a la bola de acero templado que se comprime contra el material de ensayo. Esta presión es el cociente entre la fuerza aplicada a la bola y el área de la huella que ésta deja en el material de ensayo. Se mide en  $\text{kp}/\text{mm}^2$ .
- HB, indica dureza Brinell, esto es, que se trata de un ensayo Brinell.
- 10, diámetro de la bola de acero. Se mide en milímetros (mm).

- 500, indica la fuerza que se aplica a la bola. Se mide en kilopondios (kp).
- 20, indica el tiempo que se mantiene la bola presionada contra el material de ensayo. Se mide en segundos (s).

iv. Describa brevemente el procedimiento a seguir para realizar un ensayo de resiliencia utilizando un péndulo de Charpy. ¿Cómo se define la resiliencia?

Un péndulo de Charpy consta básicamente de un brazo que puede girar en torno del punto O, provisto de un martillo de masa m en forma de disco en su extremo A. En B se coloca la muestra de ensayo normalizada.



El procedimiento a seguir en un ensayo de resiliencia consiste en dejar caer el brazo desde una altura H sobre la probeta situada en B. Como consecuencia del impacto, la probeta se rompe y el brazo pierde parte de su energía, por lo que asciende hasta una h menor que H.

La resiliencia ( $\rho$ ) se define como el cociente entre la energía que se invierte en provocar la rotura de la probeta ( $\tau$ ) y el área de ésta en la sección de rotura (A):

$$\text{Resiliencia } (\rho) = \frac{\text{Energía de rotura } (\tau)}{\text{Área de la sección de rotura } (A)} = \frac{mg(H-h)}{A} = \frac{mgL(\cos\beta - \cos\alpha)}{A}$$

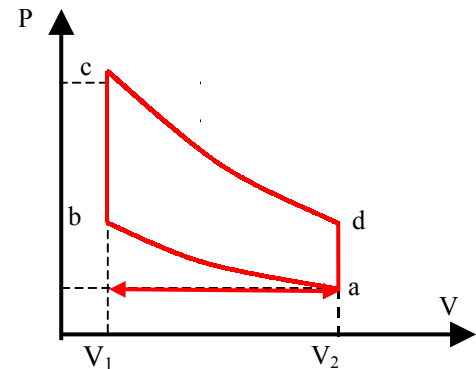
v. Dibuje el ciclo termodinámico (diagrama PV) teórico de un motor Otto e indique en qué procesos recibe o cede energía.

Tramo a→b: Compresión adiabática.

Tramo b→c: Explosión isocora. Hay absorción de energía del combustible.

Tramo c→d: Expansión adiabática.

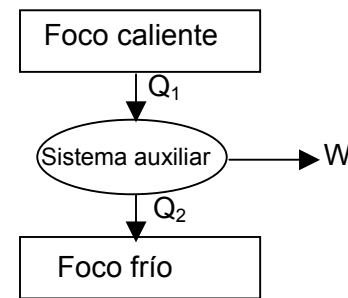
Tramo d→a: Despresurización isócora. Hay cesión de energía al ambiente.



vi. Describa brevemente los componentes de un motor térmico, indicando los procesos termodinámicos que tienen lugar en cada uno de ellos.

Una máquina térmica consta de un foco frío, un foco caliente y un sistema auxiliar que es el que realiza el trabajo.

En un motor térmico, se extrae energía en forma de calor de un foco caliente que se utiliza para realizar trabajo cediendo la energía no aprovechada en forma de calor al foco frío.

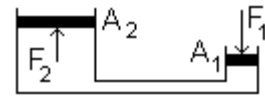


**Motor térmico**

vii. En una prensa hidráulica ¿qué relación existe entre la fuerza  $F_1$  aplicada a un émbolo y la presión  $p_2$  en el otro?

El Principio de Pascal dice que la presión ejercida en un punto de un fluido se transmite por igual a los demás puntos del fluido:

$$p_1 = p_2 \Leftrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_1 = A_1 \times p_2$$



viii. Escriba la ecuación de Bernoulli. Comente las magnitudes que aparecen en la misma y diga en qué unidades se miden en el sistema internacional. ¿Qué representa esta ecuación?.

Partiendo del principio de conservación de la energía se puede demostrar para un fluido incompresible y no viscoso en régimen estacionario que

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

esto es, que *para una partícula de un fluido incompresible, no viscoso, en régimen estacionario, la suma de la altura  $z$  que ocupa la partícula respecto de un nivel de referencia, de la “altura de presión”  $p/\gamma$ , y de la “altura de velocidad”  $v^2/2g$ , es constante*. Esta forma práctica de expresar el principio de conservación de la energía se conoce como ecuación de Bernoulli. En esta ecuación:

- $z$  es la altura que ocupa la partícula de fluido respecto de un nivel de referencia. En el sistema internacional se mide en metros (m).
- $p$  es la presión hidrostática. En el sistema internacional se mide en en pascuales (Pa).
- $\gamma = \rho g$  es el peso específico del fluido, siendo  $\rho$  la densidad del fluido y  $g$  la aceleración de la gravedad. En el sistema internacional se mide en  $N/m^3$ .
- $v$  es la velocidad del fluido. En el sistema internacional se mide en m/s.

Tratándose de una ecuación de conservación de la energía resulta extraño hablar de alturas, hecho que tiene connotaciones históricas. En un tratamiento más formal, el principio de conservación de la energía diría que *para una partícula de un fluido incompresible, no viscoso, en régimen estacionario, la suma de la energía potencial gravitatoria, de la energía relacionada con las fuerzas de presión y de la energía cinética, es constante*. A partir de este enunciado fácilmente se deduce la expresión de la ecuación de Bernoulli anterior.

ix. ¿Qué entiende por flujo laminar y por flujo turbulento?. ¿Qué relación tiene el número de Reynolds con los flujos laminar y turbulento?.

El flujo laminar se produce cuando las partículas fluidas se mueven según trayectorias paralelas que no se entremezclan, formando el conjunto de ellas capas o láminas. El flujo turbulento aparece cuando las partículas fluidas se mueven desordenadamente, de forma caótica, formando remolinos y siendo imposible conocer la trayectoria de cada partícula individualmente.

Para distinguir entre ambos regímenes se utiliza un coeficiente adimensional llamado número de Reynolds que se define como el cociente entre las fuerzas de inercia, que tienden a provocar turbulencias, y las fuerzas viscosas, que amortiguan las turbulencias. En general, para valores del número de Reynolds inferiores a 2000 el flujo es laminar y para valores mayores de 4000 es turbulento.

x. Explique la diferencia entre los circuitos combinacionales y secuenciales.

Los circuitos digitales pueden ser de dos tipos bien diferenciados: Circuitos Combinacionales y Circuitos secuenciales. Los primeros se caracterizan porque el estado de las salidas depende exclusivamente del estado de las entradas, mientras que en los segundos, el estado de salida depende tanto del estado de cada una de las entradas como de la secuencia de entradas que ha provocado el estado actual de cada una de ellas. Es decir, en los circuitos secuenciales la salidas depende del estado actual de las entradas y de la historia del circuito.

## Ejercicio 2.

Un motor de corriente continua de excitación en derivación consume 8 Kw al alimentarlo por una línea de 500 V y arrastrando una carga a 1000 r.p.m. La fuerza contraelectromotriz es de 496 V, la resistencia



del devanado de excitación es de  $250 \Omega$  y sus pérdidas totales suponen un 17 % de la potencia absorbida. Determine:

a) La resistencia del devanado del inducido.

$$I = \frac{P_{ab}}{V} = \frac{8000}{500} = 16 A \quad I_e = \frac{V}{R_e} = \frac{500}{250} = 2 A$$

$$I_i = I_{abs} - I_{exc} = 16 A - 2 A = 14 A$$

$$E' = U - R_i I_i \Rightarrow R_i = \frac{U - E}{I_i} = \frac{500 - 496}{14} \approx 0.286 \Omega$$

b) El par útil.

$$P_u = (1 - 0.17)P_{abs} = 0.83 \times 8000 W = 6640 W$$

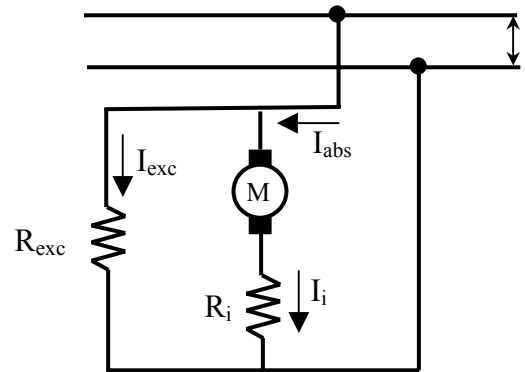
$$M_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{6640}{1000 \frac{2\pi}{60}} = \frac{3 \times 664}{10\pi} \approx 63.4 Nm$$

c) Las pérdidas mecánicas y magnéticas conjuntas.

$$P_p = 0.17 P_{abs} = 0.17 \times 8000 W = 1360 W$$

$$P_{Cu} = P_{Cu-i} + P_{Cu-ex} = R_i I_i^2 + R_{exc} I_{exc}^2 = 0.286 \times (14)^2 + 250 \times (2)^2 = 1073.2 W$$

$$P_{Fe} + P_m = P_p - P_{Cu} = 1360 W - 1073.2 W = 303.9 W$$



### Ejercicio 3

Se pretende diseñar un circuito de cuatro variables (a, b, c y d) que tome el valor lógico 1 cuando el número de variables de entrada en estado 1 sea mayor o igual que el de las que están en estado cero.

a) Construya la tabla de verdad del circuito.

De acuerdo con el enunciado la tabla de verdad del circuito es:

a	b	c	d	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

b) Obtenga la función simplificada en forma de suma de productos (minterms o primera forma canónica).

$$S = ab + cd + bd + bc + ad + ac$$

cd\ab	00	01	11	10
00			1	
01		1	1	1
11	1	1	1	1
10		1	1	1

c) Implemente el circuito utilizando puertas NAND.

$$S = \overline{ab + cd + bd + bc + ad + ac} \Rightarrow S = \overline{(ab) \cdot (cd) \cdot (bd) \cdot (bc) \cdot (ad) \cdot (ac)}$$