



ASIGNATURA GAIA

**Termodinámica**

CURSO KURTSOA

**2º**

NOMBRE IZENA

FECHA DATA

**19/01/09**

**Teoría (30 puntos)**

TIEMPO: 45 minutos

UTILICE LA ÚLTIMA CARA COMO BORRADOR

+	+	=
---	---	---

**Teoría 1 (10 puntos)**

Lea las 10 cuestiones y escriba **dentro** de la casilla a la derecha de cada V o F cuestión: V si considera que la afirmación es verdadera o F si considera que es falsa. Las respuestas correctas se puntúan con +1, las incorrectas con -1 y las en blanco no se puntúan. Las respuestas deben escribirse con bolígrafo.

1. La variación de entropía de un fluido que circula por un compresor irreversible refrigerado puede ser negativa.
2. En un vapor sobrecalentado, la presión y temperatura son propiedades independientes.
3. Para una sustancia pura, la entropía específica de la fase gaseosa es menor que la de la fase líquida a la misma presión.
4. En un frigorífico, la temperatura del refrigerante en el evaporador es mayor que la temperatura de los alimentos.
5. En el modelo de sustancia incompresible, el valor del calor específico a presión constante coincide con el de calor específico a volumen constante.
6. La generación de entropía es una propiedad termodinámica y por tanto es independiente del proceso.
7. Dada una válvula de expansión (un proceso de estrangulación) por el que entra un refrigerante como líquido saturado. La temperatura a la salida será menor que a la entrada.
8. Un proceso adiabático es isoterma, pues no intercambia calor con su entorno.
9. En un ciclo siempre se cumple que el trabajo neto producido es igual al calor neto aportado al ciclo.
10. El trabajo disipativo sólo puede ser negativo o nulo.



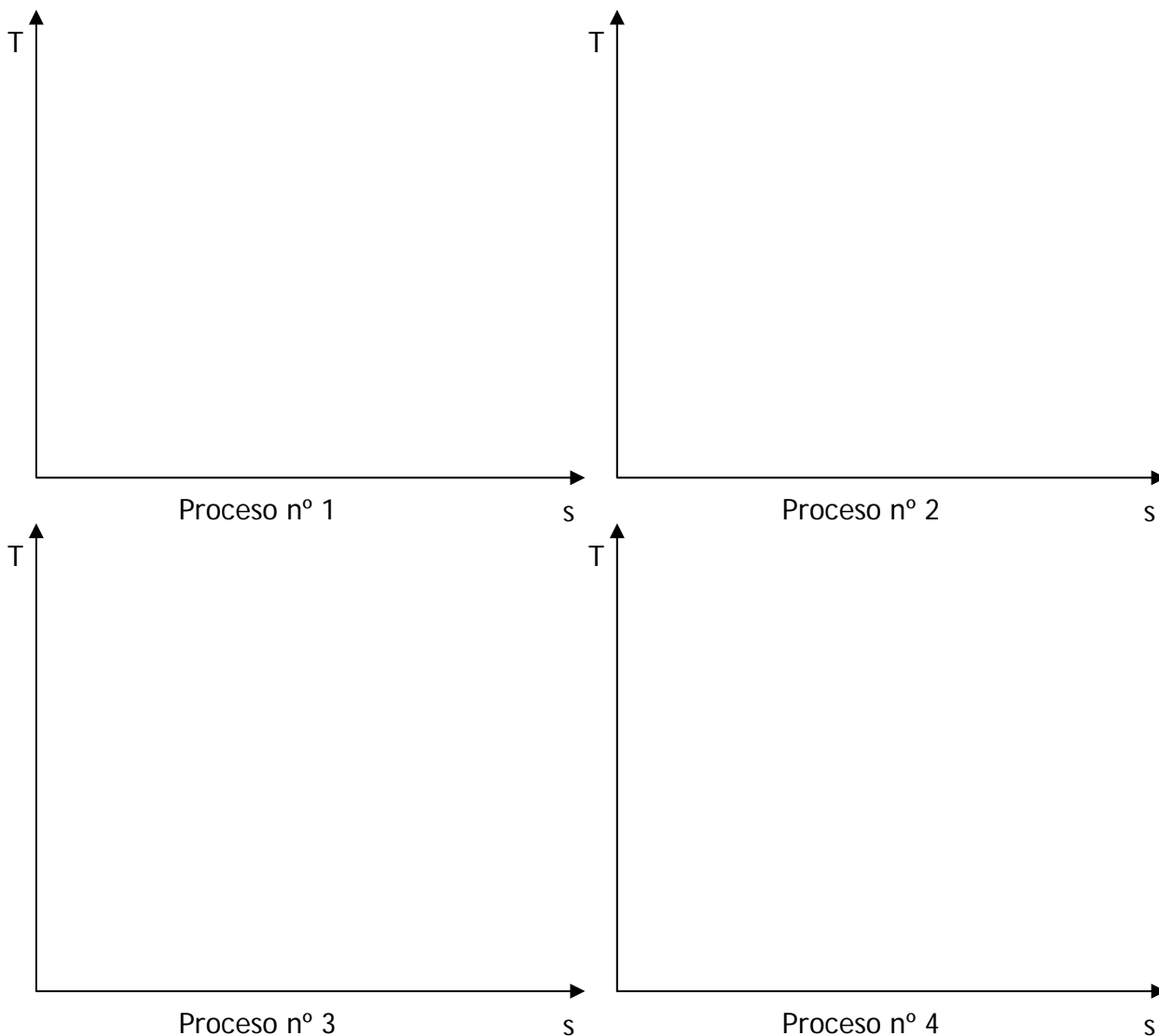
**Teoría 3.** (10 puntos)

Rellene la tabla indicando para cada propiedad si su valor aumenta ( $\uparrow$ ), disminuye ( $\downarrow$ ) o no cambia ( $=$ ) en cada uno de los procesos descritos.

(En cada pregunta: 4 respuestas correctas: 2 puntos; 3: 1 punto; 2 ó menos: 0 puntos)

Proceso	Temperatura	Presión	Entalpía	Entropía
1. Estrangulación adiabática de un líquido saturado				
2. Compresión adiabática irreversible de un vapor saturado en flujo				
3. Evaporación isobara de un líquido subenfriado hasta vapor sobrecalentado				
4. Aceleración de un gas perfecto en una tobera adiabática reversible				

Represente un diagrama T-s para cada uno de los procesos descritos, señalando claramente la posición de las líneas representativas (isobaras, isoterms, saturación, etc.). (2 puntos)





TIEMPO PARA LOS DOS PROBLEMAS: 2 horas.  
ANOTE LOS RESULTADOS EN LOS RECUADROS DE ESTA HOJA.

**Problema 1** (20 puntos)

El transporte de gas natural (metano, CH<sub>4</sub>) a grandes distancias se realiza de dos maneras:

- Por gasoductos, en los que el CH<sub>4</sub> circula como gas a temperatura ambiente y presión elevada; es el caso -por ejemplo- del gasoducto que transporta el gas ruso al sureste de Europa atravesando Ucrania.
- En depósitos de gas natural licuado (LNG), en los que el metano se transporta en recipientes esféricos como líquido a presión atmosférica, refrigerado a su temperatura de saturación. Es el caso de los barcos llamados "gaseros" o metaneros que atracan en el puerto de Bilbao.



Un barco metanero como el de la imagen contiene cuatro depósitos esféricos, cada uno de diámetro  $d=20$  m. Inicialmente se llenan con metano licuado a presión atmosférica de 1 bar, dejando en cada depósito un 10 % del volumen libre para el gas. A pesar del buen aislamiento térmico de los depósitos, una pequeña fracción del metano se va evaporando a presión constante; ese gas se aprovecha para la propulsión del propio barco. Se estima que el flujo calorífico medio en los depósitos es de  $0,1 \text{ W/m}^2$  de superficie.

Se pretende comparar el CH<sub>4</sub> transportado por el metanero con el de un gasoducto de diámetro  $D=1,2$  m, por el que circula metano a  $20 \text{ °C}$  y  $72 \text{ bar}$ , y velocidad de  $20 \text{ m/s}$ .

Datos: propiedades termodinámicas del metano (algunos estados)

Estado	P [kPa]	T [°C]	v [m <sup>3</sup> /kg]	u [kJ/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	x
f	100	-161,6	0,002366	-911,7	-911,5	-6,682	0
g	100	-161,6	0,5572	-456,1	-400,4	-2,098	1
c	4600	-82,59	0,006148	-529,4	-501,7	-4,148	-
0	100	20	1,516	-163,8	-12,11	-0,03321	-
a	7200	20	0,01851	-220,1	-86,82	-2,439	-

Volumen de una esfera:  $V=4\pi r^3/3=\pi d^3/6$ ; superficie:  $A=4\pi r^2=\pi d^2$ .

Se pide (5 puntos cada pregunta):

- Represente un diagrama T-s del CH<sub>4</sub>, incluyendo los estados f, g, c (punto crítico), a, 0 (estado ambiental) y 1 (estado inicial). Incluya la curva de saturación y las isobaras.
- Masa de CH<sub>4</sub> que transporta el metanero en cada depósito.
- Masa de CH<sub>4</sub> que se evapora en cada depósito tras una semana de viaje.
- Tiempo que tardaría el gasoducto en transportar la misma cantidad de metano que el barco.




TIEMPO PARA LOS DOS PROBLEMAS: 2 horas.  
ANOTE LOS RESULTADOS EN LOS RECUADROS DE ESTA HOJA.

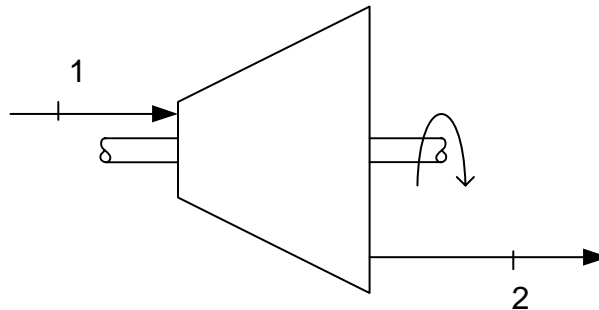
**Problema 2** (20 puntos)

Se conocen los siguientes datos en una turbina adiabática:

Sustancia: Aire ( $k=1,4$ ;  $M=29$  kg/kmol)

Entrada (1): Presión de 800 kPa y temperatura de 1000 K.

Salida (2): Presión de 100 kPa.



Se pide:

- (a) Represente los procesos (b) y (c) en un diagrama h-s, incluyendo líneas representativas (3 puntos).
- (b) Calcule el trabajo producido (kJ/kg) por la turbina si ésta fuese ideal (5 puntos)
- (c) Supongamos en este apartado que la turbina es real y que la temperatura del aire en la salida es 600 K. Calcule el rendimiento isoentrópico de la turbina. (4 puntos)
- (d) Calcule la generación de entropía específica ( $\sigma$ ) que se produce en la turbina real del apartado c) (4 puntos)
- (e) Conociendo que la potencia de la turbina real es de 1 MW, calcule el diámetro de la tubería de salida, si la velocidad a la entrada y salida de la turbina es de 10 m/s. (4 puntos).


NOTA: Si para la resolución necesita Vd. hacer alguna hipótesis, indíquela claramente, y justifique los motivos.

Para las operaciones, emplee 4 cifras significativas.



### Problema 3-EES (10 puntos)

TIEMPO PARA LA PRUEBA CON EES: 1 hora 15 minutos.  
GRABE EL FICHERO DE EXTENSIÓN EES EN LA UNIDAD G:\

En la figura se representa un ciclo Rankine con recalentamiento, con un regenerador abierto. La potencia neta del ciclo es de 80 MW. El vapor generado en la caldera (1) entra en la turbina de alta presión a 10 MPa y 550 °C, y sale a 0,8 MPa (2). Seguidamente se recalienta hasta 500 °C (3) y se expande en la turbina de baja presión hasta la presión del condensador de 10 kPa (4). En la turbina de baja se realiza una sangría (una extracción de vapor) a una presión de 200 kPa (9) para calentar el agua de alimentación en el regenerador abierto. El agua de alimentación sale del regenerador abierto (7) a una temperatura 3 °C menor que la temperatura de saturación del vapor extraído.

La eficiencia isoentrópica  $\eta_s$  de las turbinas es del 90 %, y la de las bombas del 85 %. El condensador produce líquido saturado (5).

Se pide:

- Represente el proceso termodinámico en un diagrama T-s.
- Fracción de vapor extraído ( $y$ ).
- Rendimiento térmico del ciclo.
- Realice una tabla paramétrica en la que se estudie el rendimiento del ciclo en función de la presión a la que se extrae la sangría. Varíe la presión de la sangría utilizando los siguientes valores: 200, 300, 400, 500 y 600 kPa.

Todos los apartados valen 2,5 puntos.

