



Universidad  
Rey Juan Carlos

Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología

## TEMA 4

---

# Ciclos de Potencia y Refrigeración

## Parte I

*Trabajo personal del alumno*

2º Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales  
Termodinámica Aplicada

---

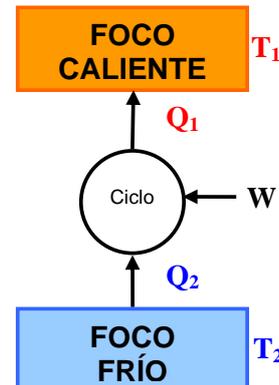
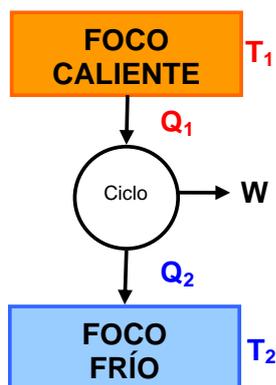
El objetivo de este tema es abordar el ciclo termodinámico básico bajo el que operan las máquinas térmicas, tanto las destinadas a generar potencia como aquellas productoras de frío. Para ello, se describirán los componentes o dispositivos más elementales que constituyen estas máquinas. Asimismo, se modelizarán termodinámicamente los ciclos más representativos para lo que se efectuarán numerosas simplificaciones que, si bien conduce a resultados numéricos orientativos, resulta de gran utilidad a la hora de conocer y valorar cómo afectan diversos parámetros de operación sobre el rendimiento y/o potencia obtenidos en los mismos.

A continuación encontrarás 15 cuestiones sobre conceptos que deberás responder y que constituyen la base de conocimientos necesaria para seguir las clases impartidas por el profesor. Recuerda que todos los conocimientos inherentes a estas cuestiones son susceptibles de ser preguntadas en el examen.

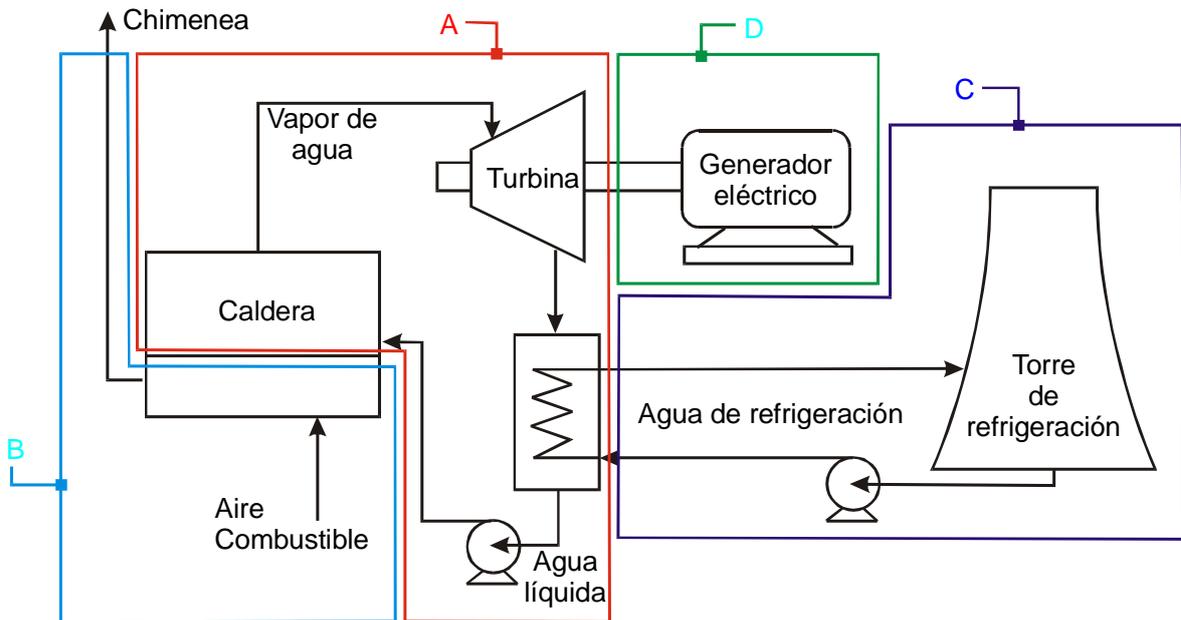
## 6.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MÁQUINAS TÉRMICAS

1. De acuerdo a las definiciones que se presentan a continuación, identifique en las figuras adjuntas cuál es el esquema del motor térmico y cuál el de una máquina frigorífica.

- **Motor térmico:** transforma calor en trabajo. El calor se transfiere a un agente de transformación (gas o vapor), que realiza un ciclo termodinámico, gracias al cual produce trabajo. El calor residual no aprovechado se cede a un foco frío.
- **Máquina frigorífica:** aquella que extrae calor de un foco más frío que el ambiente a costa de consumir trabajo. La máquina realiza un ciclo similar al de los motores térmicos pero en sentido contrario.



2. Teniendo en cuenta la definición de motor térmico anterior, identifique cada una de los componentes o subsistemas básicos de una central térmica como la representada a continuación.



## 6.2. CICLOS DE MOTORES ROTATIVOS

3. Seleccione aquellas características que sean propias de los **motores rotativos**:

- Producen el movimiento conocido como cilindro-pistón
- Producen el movimiento de rotación de un eje
- Sólo existen motores de combustión externa
- Sólo existen motores de combustión interna
- Pueden ser motores de combustión externa o interna

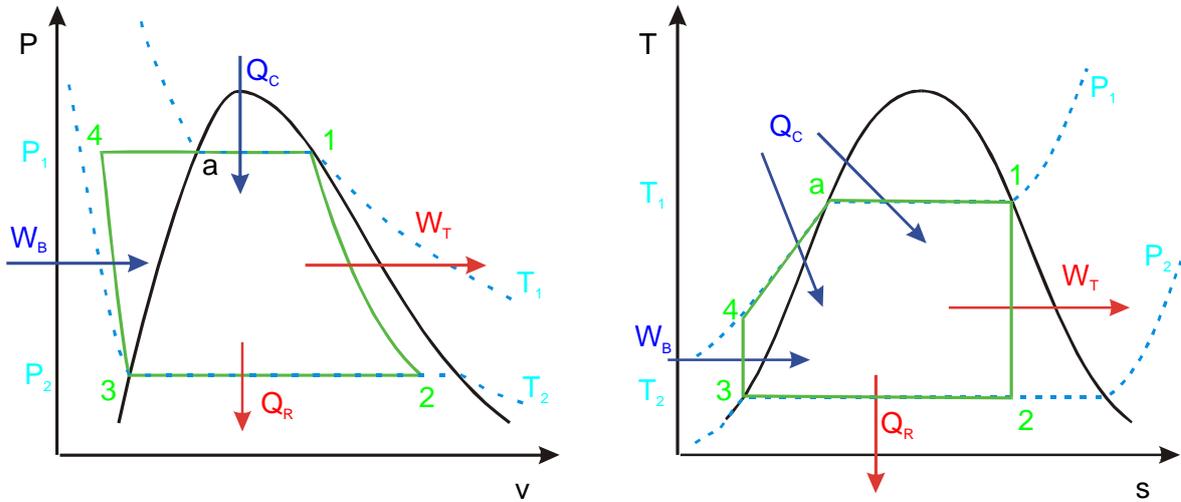
### 6.2.1 Ciclo Rankine.

4. Seleccione las características propias del **ciclo Rankine**:

- Es el ciclo de las Turbinas de Gas
- Es el ciclo de las Turbinas de Vapor
- El agente de transformación cambia de estado a lo largo del ciclo, pero mantiene su composición uniforme
- El agente de transformación no cambia de estado a lo largo del ciclo, pero cambia su composición a lo largo del ciclo

5. Represente el diagrama de bloques de un ciclo Rankine

6. A continuación se representan los diagramas P-v y T-s del ciclo Rankine ideal. Mediante la aplicación del Primer Principio de la Termodinámica, deduzca la expresión para el cálculo del calor o trabajo intercambiado en cada etapa del ciclo en términos de entalpía:



- Proceso 1→2 (expansión isoentrópica del vapor en la turbina):

- Proceso 2→3 (condensación isobara del vapor húmedo en el condensador):

- Proceso 3→4 (compresión isoentrópica del líquido condensado):



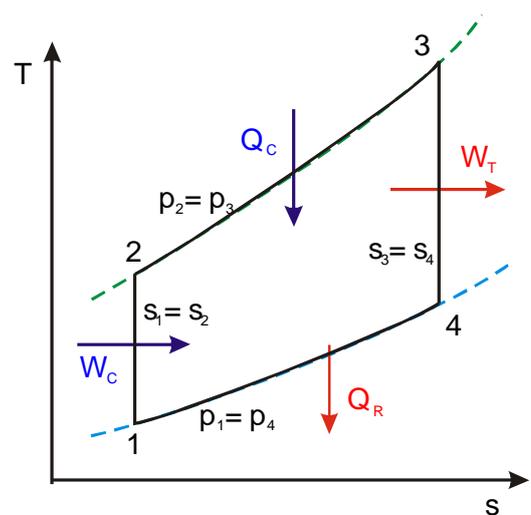
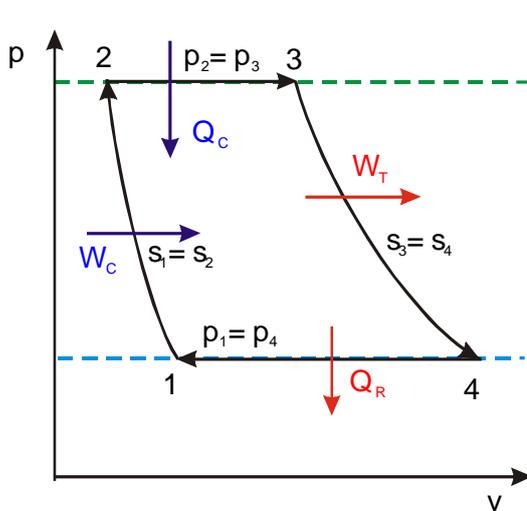
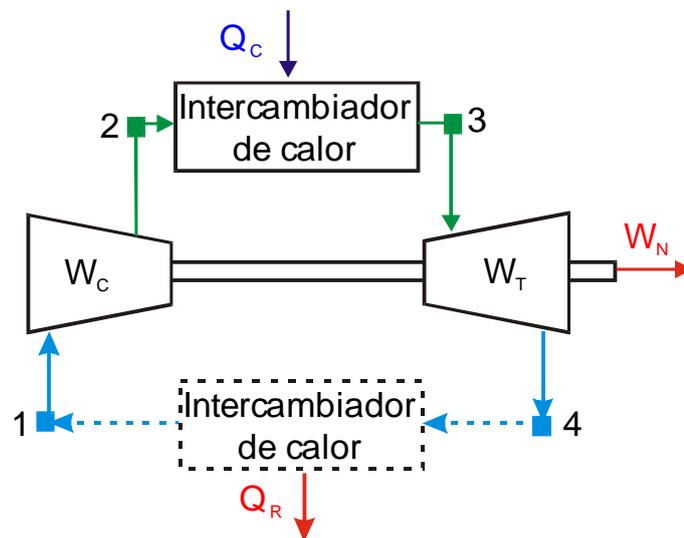
- Proceso 4→1 (calentamiento isóbaro del líquido subenfriado en la caldera):

### 6.2.2 Ciclo Brayton.

7. Seleccione las características propias del **ciclo Brayton**:

- Es el ciclo de las Turbinas de Gas
- Es el ciclo de las Turbinas de Vapor

- El agente de transformación cambia de estado a lo largo del ciclo, pero mantiene su composición uniforme
  - El agente de transformación no cambia de estado a lo largo del ciclo, pero cambia su composición a lo largo del ciclo
8. A continuación se representa el diagrama de bloques y los diagramas P-v y T-s de un ciclo Brayton ideal de aire estándar. A partir de dichas figuras enuncie y describa cada una de las etapas o transformaciones del ciclo:



- Etapa 1→2: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



- Etapa 2→3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Etapa 3→4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Etapa 4→1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6.5. CICLOS DE MOTORES ALTERNATIVOS

---

9. Seleccione aquellas características que sean propias de los **motores alternativos**:

- Producen el movimiento conocido como cilindro-pistón
- Producen el movimiento de rotación de un eje
- Son motores de combustión externa
- Son motores de combustión interna
- El agente de transformación son los propios gases de combustión generados.
- El agente de transformación es un gas que recibe la energía por intercambio de calor con los gases de combustión

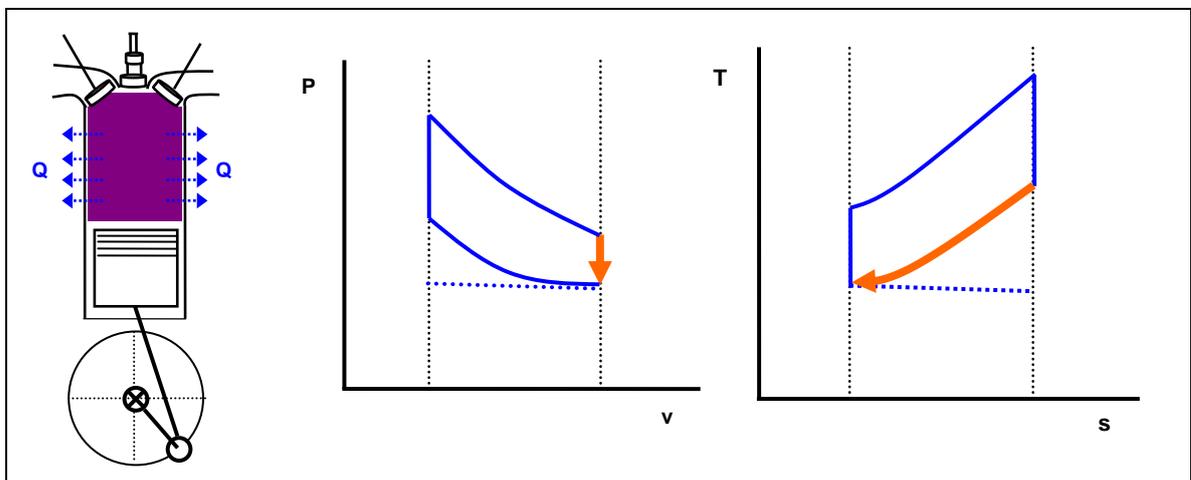
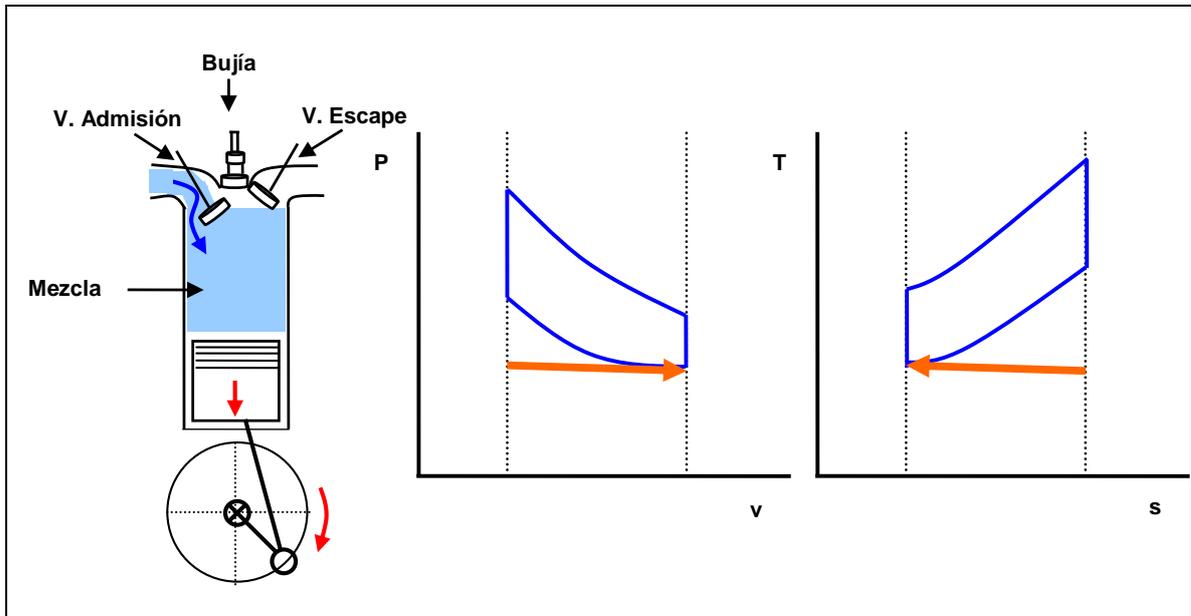
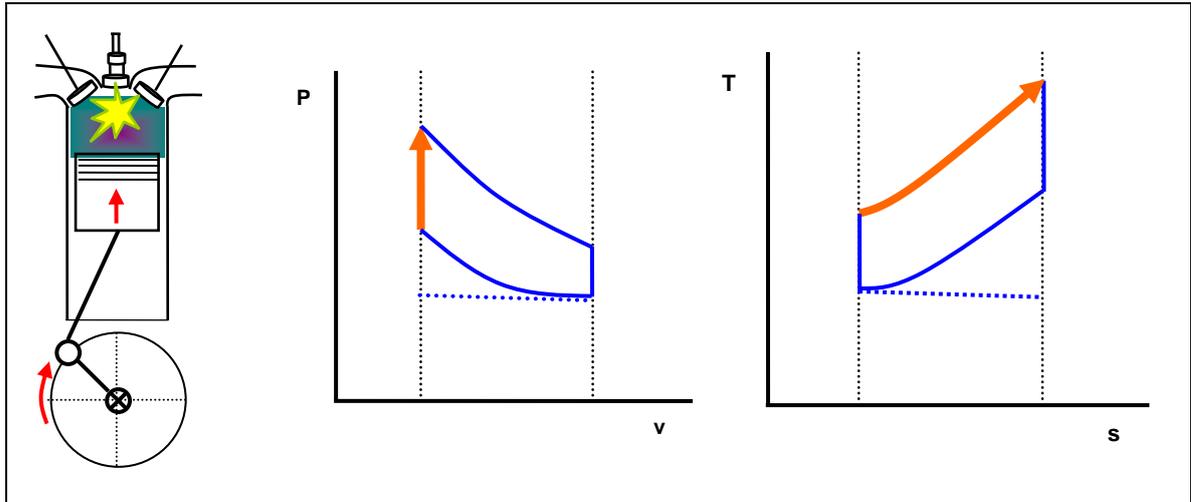
### 6.5.1 Ciclo Otto.

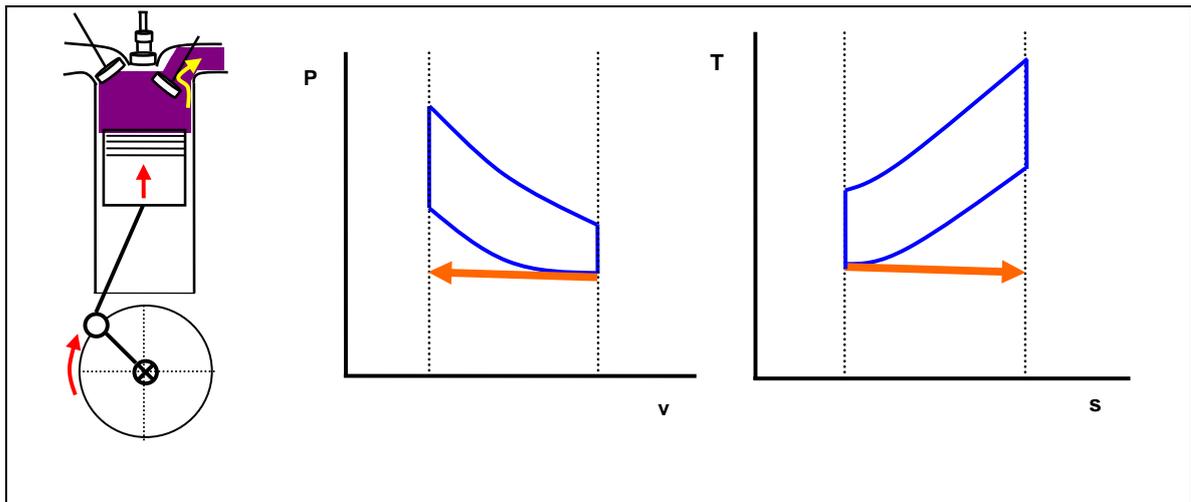
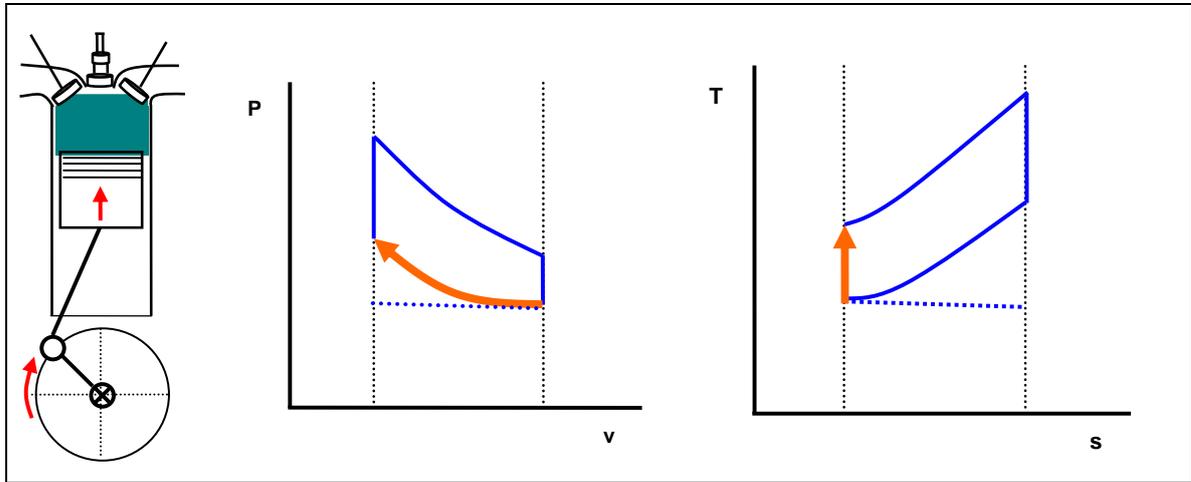
10. El ciclo **Otto de aire estándar** es el ciclo ideal de los motores (selecciona la respuesta correcta):

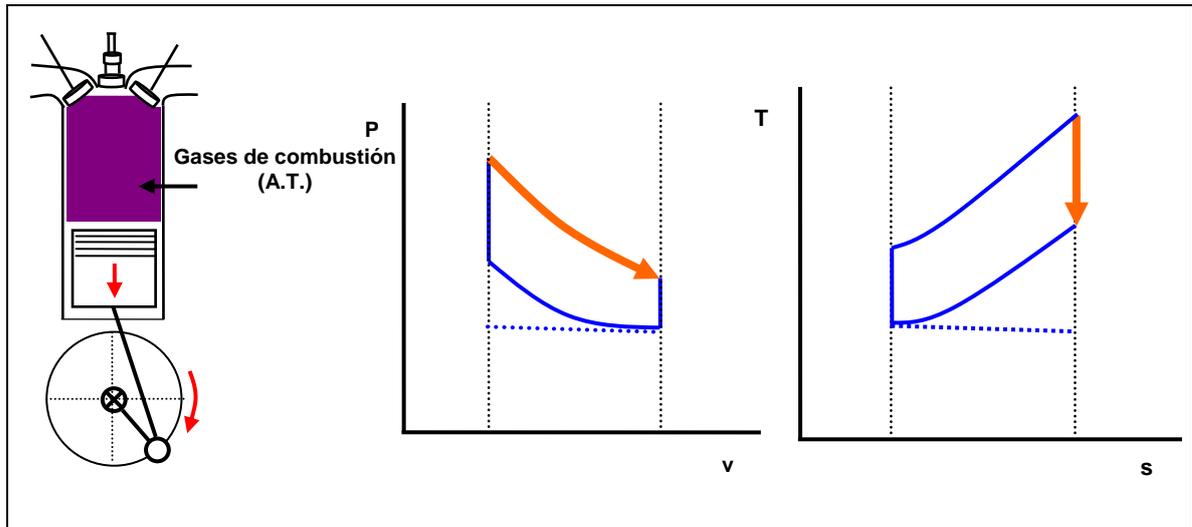
- Diesel
- De Gasolina

11. A continuación se describe cada una de las etapas del ciclo Otto de aire estándar. Asigne cada una de esas etapas a las Figuras que aparecen posteriormente, enumerando en cada diagrama P-v y T-s, los diferentes estados del ciclo:

- **Carrera de aspiración (0→1)**. Se abre la válvula de aspiración y el cigüeñal gira de modo que el pistón se desplaza hacia el punto muerto inferior (PMI), permitiendo la entrada de combustible y comburente dentro del cilindro.
- **Carrera de compresión (1→2)**. Se cierra la válvula de aspiración y gira el cigüeñal de modo que el pistón se desplaza hacia el punto muerto superior (PMS) y comprime la mezcla combustible-comburente dentro del cilindro. Se trata de una compresión isoentrópica y adiabática.
- **Calentamiento instantáneo a volumen constante (2→3)**. En este momento sucede la aplicación de la chispa para encender la mezcla rápidamente. Las válvulas se mantienen cerradas y el pistón se encuentra en el PMS dentro del cilindro.
- **Carrera de expansión (3→4)**. Como consecuencia de la aplicación de la chispa, se produce la combustión de la mezcla liberando energía química contenida en la misma que hace que el pistón descienda rápidamente hacia el PMI completando el giro del cigüeñal. En el ciclo ideal se considera una expansión isoentrópica y adiabática.
- **Disipación del calor residual (4→1)**. Se produce una transferencia del calor residual inmediatamente a través de las paredes desde adentro de la cámara de combustión hacia fuera de la misma, manteniendo constante el volumen ocupado por el agente de transformación.
- **Carrera de expulsión (1→0)**. Se abre la válvula de escape rechazando los gases producidos en la combustión y se cede el calor a la atmósfera. El pistón sube de nuevo hacia el PMS y se repite de nuevo el ciclo.





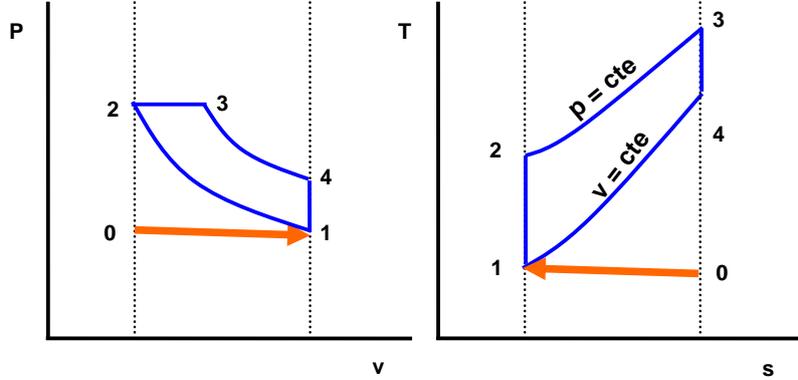
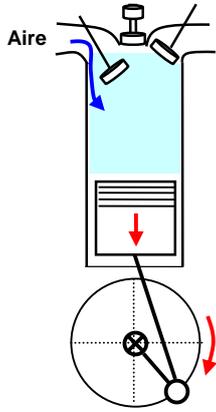


12. El rendimiento térmico de un ciclo realizado por un motor térmico se define como \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

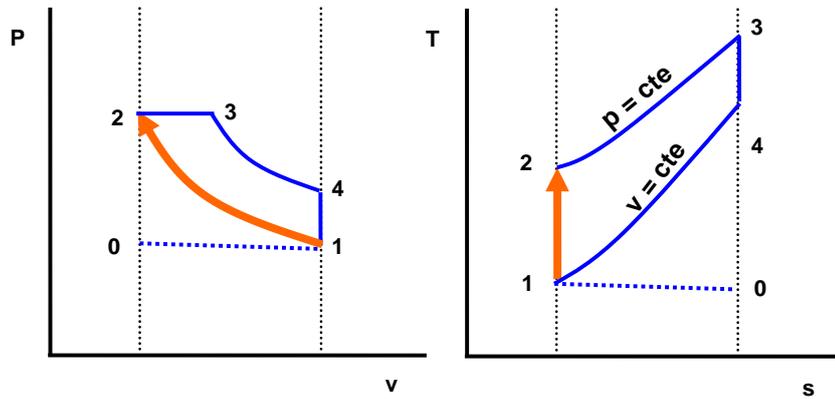
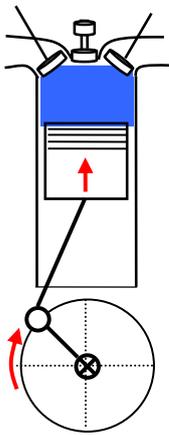
### 6.5.2 Ciclo Diesel.

13. De forma análoga a como se encuentran descritas las distintas etapas del ciclo Otto, describa cada una de las etapas del ciclo Diesel, apoyándose en las Figuras que aparecen representadas en cada caso:

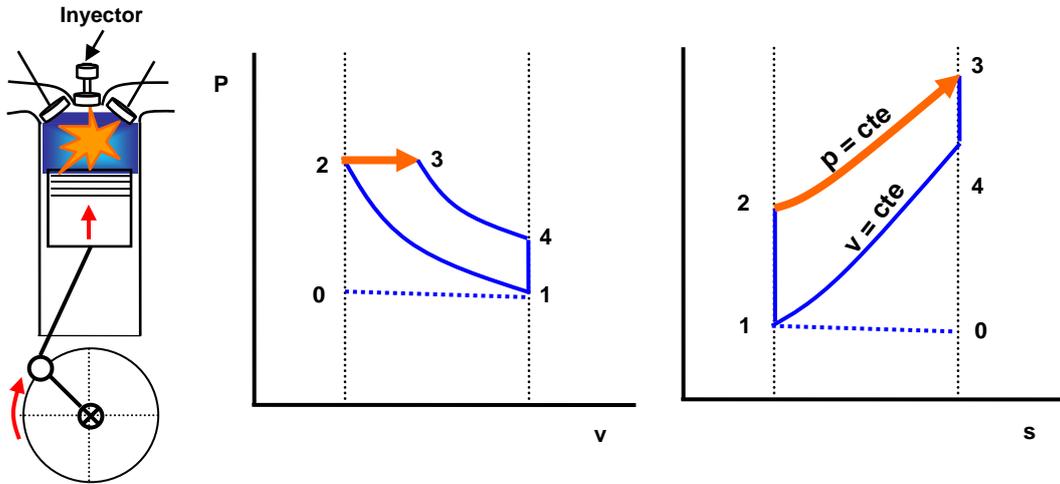
- **Carrera de aspiración (0→1).** \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_



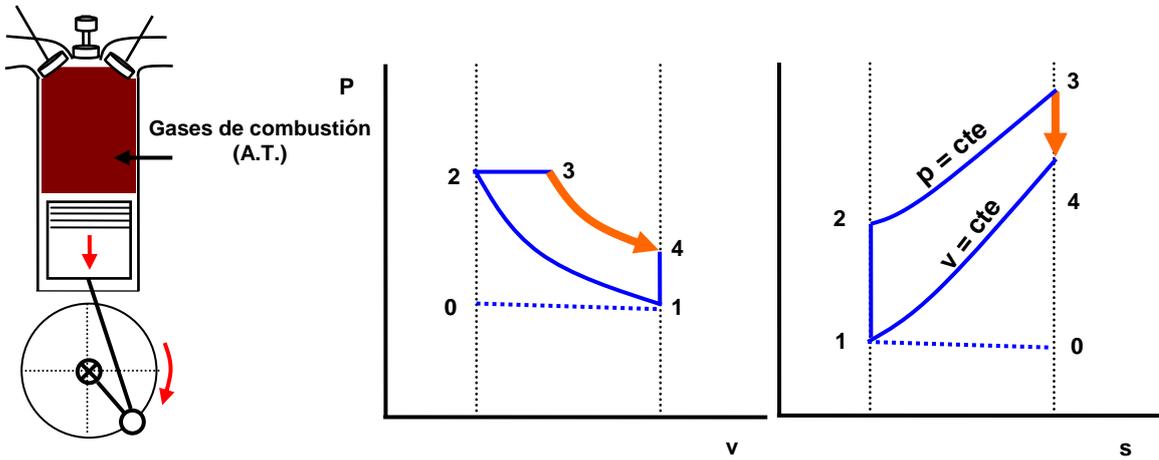
- Carrera de compresión (1→2). \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



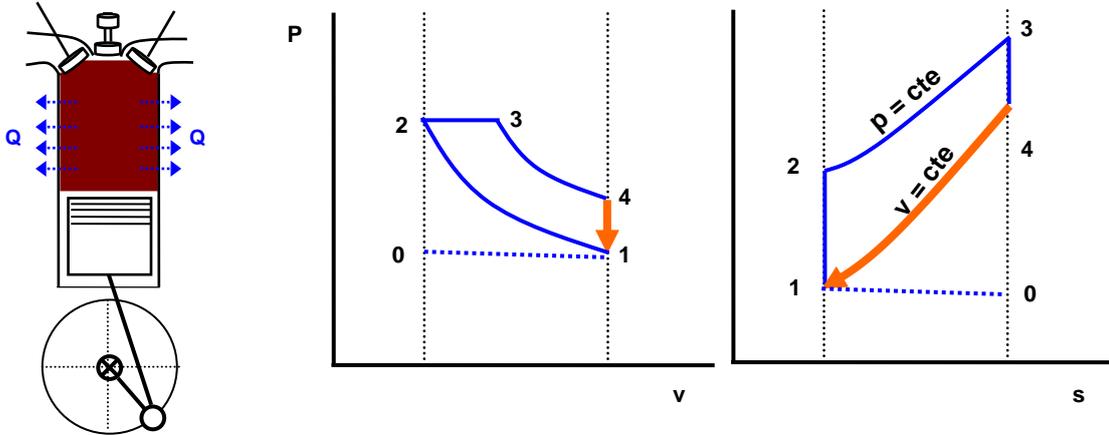
- Calentamiento instantáneo a \_\_\_\_\_ constante (2→3). \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



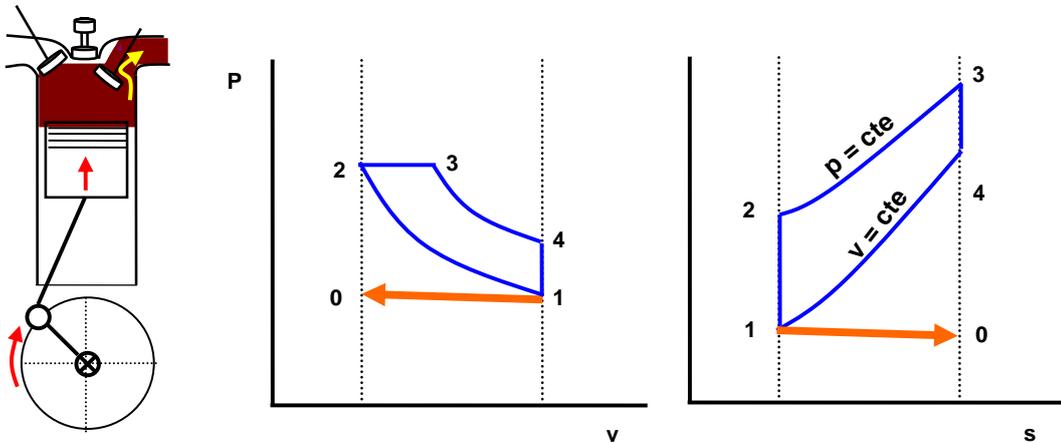
- Carrera de expansión (3→4). \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



- Disipación del calor residual (4→1). \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

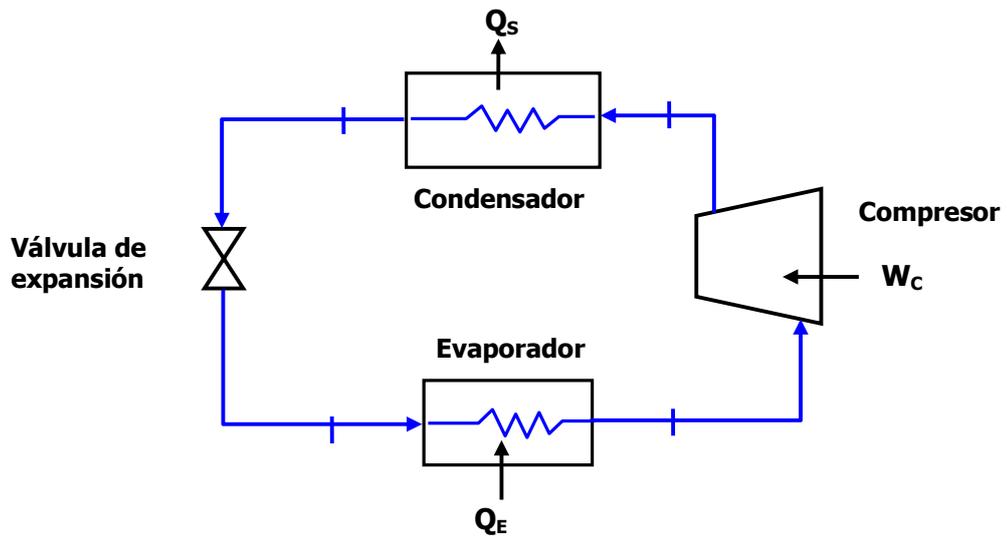
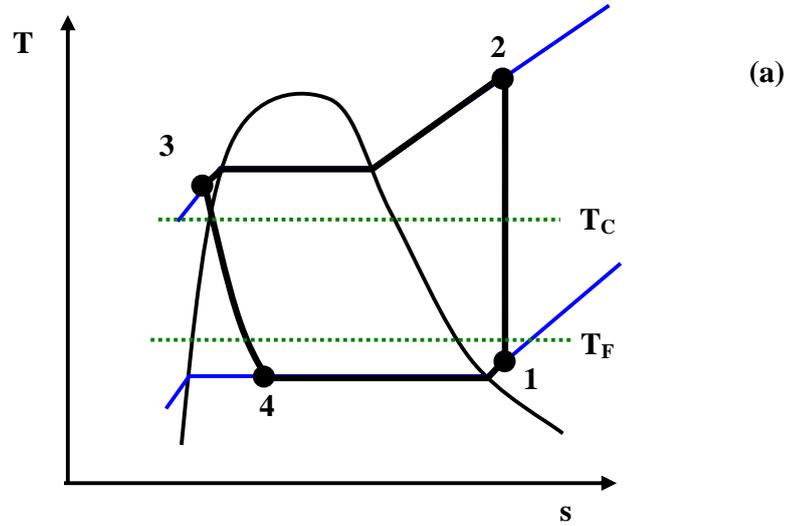


- Carrera de expulsión (1→0). \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



## 6.6. CICLOS DE REFRIGERACIÓN

14. A continuación aparece representado el diagrama T-s de un sistema de refrigeración por compresión de vapor. A partir de dicha figura, enumere las corrientes del diagrama de bloque que se muestra debajo y describa cada una de las etapas o transformaciones que tienen lugar en dicho ciclo.



- Etapa 1→2: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- Etapa 2→3: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- **Etapa 3→4.** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- **Etapa 4→1.** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

15. Asigne cuál de las siguientes características o enunciados corresponden a un ciclo de refrigeración por absorción y cuáles a un ciclo de refrigeración de Brayton invertido.

- En lugar de comprimir el refrigerante, éste es absorbido por un absorbente líquido y la disolución líquida resultante es la que se comprime hasta la presión superior del ciclo. \_\_\_\_\_
- Una vez enfriado, el gas se expande en la turbina alcanzando una temperatura a la salida muy inferior a la del foco frío, de tal modo que al entrar en contacto con dicho foco, lo enfría. \_\_\_\_\_
- El gas refrigerante, una vez comprimido, se enfría por cesión de calor al ambiente. \_\_\_\_\_
- En estos sistemas tan sólo se consume trabajo en la bomba, siendo muy pequeño con el trabajo necesario para comprimir un vapor. Sin embargo, este ahorro energético puede verse anulado por los costes que suponen la fuente de calor externa y los equipos que no son necesarios en los sistemas con compresión de vapor. \_\_\_\_\_
- El coeficiente de operación de este ciclo se expresa de la siguiente forma:

$$\beta = \frac{|Q_E|}{|W_C| - |W_T|} = \frac{|h_1 - h_4|}{|h_1 - h_2| - |h_3 - h_4|}$$

- El absorbente se separa por evaporación, por lo que es necesario aportar calor al sistema. Para ello, suelen aprovecharse calores residuales de otros procesos e incluso energías renovables (solar y geotérmica), si bien también puede utilizarse los tradicionales combustibles fósiles. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_