

# Capítulo 1.- Fundamentos de motores alternativos de combustión interna



a

Fig. 1.0.- a) Motor en doble estrella refrigerado por aire para aviación. b) Biela de un motor Diésel de propulsión marina. Fuentes desconocidas

Cuestiones de auto evaluación



b

Autor: Antonio Lecuona Neumann. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Carlos III de Madrid

La información contenida en este trabajo sirve de propósito exclusivo como apuntes para alumnos en la enseñanza de la asignatura indicada y ha sido obtenida de las mejores fuentes que se han podido encontrar, generalmente de reconocido prestigio, recomendándose las fuentes citadas por su calidad. No obstante el/los autor/es no garantizan la exactitud, exhaustividad, actualización o perfección de su contenido ni pueden considerarse materia de la asignatura. Por ello no será/n responsable/s de cualquier error, omisión o daño causado por el uso de la información contenida, no tratando con este documento prestar ninguna clase de servicio profesional o técnico; antes bien, se ofrece como simple guía general de apoyo a la docencia,. En caso de detectar algún error, rogamos nos lo comuniquemos e intentaremos corregirlo. Puede contener material con copyright © por lo que su reproducción puede no estar permitida.

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación

1. Diferencias entre MEP y MEC; dónde se forma la mezcla, relación de compresión, régimen de giro máximo, presiones máximas en el ciclo, trabajo de bombeo ...
2. ¿Por qué se usa el *RCA*, si reduce el volumen de aire disponible para la admisión y la relación de compresión efectiva?
3. ¿Por qué sería interesante que el *RCA* variara con el régimen del motor?
4. Si se deseara un EGR interno al motor alto ¿qué *CE* elegiría?
5. ¿Cómo se controla la potencia?, ¿con una o con más variables independientes?
6. Dosados habituales en MEP y en MEC.
7. ¿Cuál es la función del termostato y cómo funciona?
8. Quien detrae potencia del motor, la sobrealimentación, la turboalimentación o ambas?
9. En un motor sobrealimentado mecánicamente ¿puede ser la presión de admisión (aquella reinante en el colector durante la admisión) superior a la presión de escape (aquella reinante en el colector de escape durante la carrera de escape)?
10. Parámetros que influyen en la irregularidad del par instantáneo y en las fuerzas de inercia de un pluricilindro.
11. ¿Por qué la fuerza de gas no se traslada a los apoyos del motor?
12. ¿Por qué el par de gases se traslada a los apoyos del motor y la fuerza de gases no?
13. Conceptos de trabajo del ciclo, par, potencia y presión media equivalente.
14. ¿Es la *p<sub>mi</sub>* dependiente del tamaño del motor, ceteris paribus?
15. ¿Es la *u* típica de máxima potencia dependiente del tamaño del motor?

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación (cont.)

16. ¿Por qué aumenta el consumo específico de un motor de aspiración normal al aumentar la altura de operación?.
17. Un vehículo aéreo dispone de dos motores idénticos, actuando en el mismo punto operativo, ¿el consumo específico de conjunto es el doble del de cada motor?
18. Comentar la razón básica de que el consumo específico tienda a ser muy alto a cargas muy parciales.
19. Se desea probar una versión de un MCIA con mayor relación de compresión geométrica, manteniendo la cilindrada. ¿Qué parámetro básico modificaría para conseguirlo fácilmente?.
20. Un motor de aspiración normal (sin sobrealimentación) ofrece una *pme* máxima de 10 bares. Se desea que una versión futura del mismo entregue el triple de su potencia máxima turboalimentando y se asegura que el posenfriador consigue bajar la temperatura del aire comprimido prácticamente hasta la temperatura ambiente. Estime la relación de presiones del compresor del turbo necesario.
21. Muchos motores actuales están incorporando diagrama de la distribución variable. Si se desea maximizar el llenado a altas vueltas (rpm), los ángulos de calado: RCA, AAE, RCE y AAA ¿deberán aumentar o disminuir?
22. Sea un MCIA de cuatro cilindros opuestos y 4 tiempos. ¿Puede tener encendidos equidistantes? Y ¿Cuál es el ángulo de cigüeñal y de árbol de levas entre cilindros de encendido consecutivo?
23. En las curvas características de un MCIA, ¿es la *pme* proporcional al par?
24. ¿Cree que la totalidad de la potencia calorífica residual es aprovechable? Tenga en cuenta que implicaría reducir la temperatura de los gases de escape hasta la temperatura ambiente.

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación. Respuestas

1. Los MEP usan la alta temperatura del aire comprimido para provocar un autoencendido del combustible que se inyecta cerca del PMS. Durante la combustión se realiza la inyección, evaporación y mezclado por lo que no puede girar el motor muy rápido. La alta  $r_c$  origina elevadas presiones. Al no tener mariposa en la admisión, el trabajo de bombeo es mínimo.
2. Si no existiera el *RCA*, al no cerrarse la válvula de admisión instantáneamente, se tendría mucha restricción al final de la carrera de admisión.
3. El proceso de llenado tarda más a alto  $n$ , por lo que interesa un mayor *RCA*.
4. Con un  $CE < 0$  se lograría retener gases de escape.
5. Sobre la base de la fórmula fundamental de los MACIs la potencia se puede controlar con el producto de tres variables independientes,  $nm_a F$ .
6. MEP:  $0,3 < F_R < 1,2$  como mucho y en MEC:  $F_R < 0,85$  a  $0,9$ .
7. El termostato anula o limita el agua saliente del motor que pasa por el radiador, para minimizar el tiempo de calentamiento del motor.
8. Solamente la sobrealimentación mecánica detrae potencia del motor.
9. Al aumentarse la presión de admisión y ser el escape libre, la primera es mayor que la segunda.
10. El par instantáneo de un monocilindro es tanto más irregular cuando mayores son las fuerzas de inercia; esto es, mayor es el producto de la masa alternativa por el cuadrado del régimen. También es tanto más irregular cuando mayor sea la fuerza de gases, que al ser contraria a la de inercia en el PMS de combustión, pueden compensarse parcialmente. Finalmente, cuantos más cilindros se tengan más se reduce la irregularidad de par y si los encendidos son equidistantes, más se reduce también.

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación. Respuestas (cont.)

11. Porque al ser uniforme en toda la cámara de combustión, da resultante nula.
12. El par de la fuerza de gases ha de ser nulo globalmente. Pero el motor lo separa en dos iguales y contrarios, el par motor y el par de basculamiento sobre sus apoyos.
13. El trabajo del ciclo es el trabajo que la presión de los gases ejerce sobre el émbolo de un cilindro. Tras las pérdidas correspondientes resulta en un par motor. Este par multiplicado por la velocidad angular de giro resulta en una potencia en el eje. La presión media equivalente es aquella presión (sobre la atmosférica) que aplicada durante la carrera de expansión proporciona el mismo trabajo que el ciclo.
14. La  $p_{mi}$  es una variable intensiva, que no depende del tamaño del motor fundamentalmente.
15. La velocidad media del émbolo  $u$  típica de máxima potencia no depende del tamaño del motor, fundamentalmente. Esta es la razón e porqué los motores pequeños giran a mayor  $n$  que los grandes.

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación. Respuestas. (cont.)

16. El consumo específico de un motor de aspiración normal al aumentar la altura de operación aumenta porque al reducirse la masa admitida, se reduce el trabajo por ciclo, mientras que el trabajo de las pérdidas mecánicas es el mismo; claro, actuando al mismo régimen..
17. El consumo específico será el mismo, pero el consumo y la potencia, ambos son el doble.
18. A cargas muy parciales el trabajo por ciclo es muy bajo, mientras que el trabajo de las pérdidas mecánicas es sensiblemente el mismo. El resultado es que el rendimiento mecánico es muy bajo.
19. Una mayor relación de compresión geométrica, manteniendo la cilindrada. Se consigue reduciendo el volumen de la cámara en PMS
20. La masa se multiplicará por 3 si la presión de admisión se multiplica por 3, en primera aproximación.
21. Todos los ángulos del diagrama de la distribución deberán aumentar.
22. Los motores de 4 cilindros opuestos, denominado motor bóxer puede tener encendidos equidistantes, al estar los cilindros decalados entre sí  $180^\circ$ . El ángulo entre muñequillas de encendidos consecutivos habrá de ser  $0$  o  $180^\circ$ , dependiendo de su configuración, ya que estando los cilindros decalados  $180^\circ$ , depende del orden de encendido. Las levas de los cilindros de encendido consecutivo estarán decaladas la mitad de  $180^\circ$  es decir,  $90^\circ$ .
23. La *pme* es proporcional al par.
24. Reducir la temperatura de los gases de escape hasta la temperatura ambiente es posible, pero resultará difícil, pues haría falta un cambiador de calor muy grande y por ello costoso, voluminoso y pesado. Por otro lado, raramente se necesita calor a temperaturas muy próximas a la ambiente.

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación (cont.)

Escribir en este espacio las fórmulas más relevantes de este capítulo, no más de 10.

## 1.21.- Cuestiones de autoevaluación (cont.)

### Actividades:

1. Sobre la base de la información conseguida en Internet comparar una turbina de gas (TG) con un motor alternativo de similar potencia y para generación eléctrica. Se sugieren potencias nominales de 1 a 20 MW (necesariamente MEC o MEP de gas natural).
2. Realice el estudio del motor de 4 tiempos y 4 cilindros **opuestos** en cuanto a: intervalo angular de encendido, intervalo angular entre muñequillas consecutivas, configuración del cigüeñal para que esté estática y dinámicamente equilibrado. Cancelación de fuerzas de inercia primarias y secundarias. ¿Dónde colocaría contrapesos para el equilibrado codo a codo?
3. Repita el estudio anterior para un motor de 4 tiempos y 3 cilindros en línea.
4. Obtenga las relaciones de compresión geométrica de varios MEP y MEC, p. e. de información comercial. Compárelas.
5. Obtenga los regímenes de par máximo y de potencia máxima de MEP y MEC de automoción y similar cilindrada. Halle su relación y compare bajo la óptica de la flexibilidad del motor; esto es, la capacidad de acelerar.

## 1.22.- Conclusiones

1. Con la materia de este capítulo no es posible conocer de qué depende la  $p_{mi}$ . Es necesario modelar el ciclo como sistema abierto para calcular la masa de aire que entra en el motor (o bien el), determinar cuál es el dosado ( $F_R$ ) más conveniente y calcular un ciclo que represente al motor (ciclo equivalente) para determinar  $\eta_i$ . El rendimiento mecánico depende de detalles constructivos del motor.

Para ello:

2. La termoquímica nos informa de la cantidad de calor que desprende la combustión y qué temperatura y presión se alcanzan, haciendo uso de hipótesis que simplifican el cálculo. Se explica en el [Capítulo 2](#).
3. Su aplicación a ciclos de MCIA permite obtener un modelo realista, si además se extiende el concepto de ciclo a que pueda estar abierto al exterior para la renovación de la carga. [Capítulo 3](#).
4. Los MCIA usan una mecánica pesada, a consecuencia de la alternancia de fuerzas, pero consiguen quemar mezclas estequiométricas, por ello de gran densidad energética/kg, similar a la de un explosivo como la dinamita o el [TNT](#).
5. El rendimiento mecánico de los MCIA es bajo, dada la gran cantidad de mecanismos a mover y las elevadas fuerzas que se transmiten a través de las películas lubricantes. Por ello actualmente se dedican grandes esfuerzos en reducirlo y a aumentar la potencia para igual cilindrada con la turboalimentación. Con ambas sube el rendimiento mecánico, p. e. véase que la  $p_{mfr}$  solo depende fundamentalmente del régimen.