

MOTOR HIPOCICLOIDAL DIAMETRAL

HIPOCYCLOID DIAMETRICAL ENGINE

Recibido: 17/02/07

Aceptado: 14/05/08

Luis M^a Aznar Hermosilla
Ingeniero Industrial.
Asociación Ingenieros Bizkaia

RESUMEN

Es un hecho que la cantidad de petróleo existente es limitada, de que en **Europa** tenemos una gran dependencia del mismo para fines energéticos, especialmente en automoción, siendo su sustitución por otros combustibles muy difícil, además tenemos el problema del calentamiento debido al CO₂ que produce al quemarse, por lo cual, todo lo que pueda hacerse para reducir el consumo de los motores actuales, debe ser bienvenido.

Reconozco que se ha trabajado mucho y bien en el diseño de motores para automoción. Basta con comparar los consumos actuales con los de hace 10 ó más años.

El rendimiento de un motor, tiene varios factores, pudiendo expresarse como el producto de varios rendimientos, uno de ellos es el rendimiento mecánico. Este rendimiento mecánico está fuertemente relacionado con los rozamientos dentro del motor.

El actual sistema de cigüeñal biela pistón aunque optimizado, presenta dos inconvenientes, uno de ellos es que el pistón está sometido a un empuje radial, lo cual supone rozamiento y desgaste con el uso, otro es que la relación diámetro / recorrido debe ser alta, para evitar largas bielas y motores grandes.

Existe, al menos una manera, de conseguir que el eje de la biela de un motor, sea en todo momento, el mismo que él del cilindro correspondiente y que además ofrece la particularidad de que su movimiento sea armónico simple, es decir que la función que da su posición en función

del tiempo sea una senoide (o cosenoide según se mire).

La base de este artículo es como el uso de una hipocicloide diametral puede sustituir al sistema tradicional cigüeñal biela y que ventajas presenta (a juicio del autor) frente a los actuales.

La relación entre el diámetro del pistón y el recorrido del mismo es de gran importancia en los motores, una relación alta diámetro / recorrido permite la obtención de altas "potencias específicas" (Kw/l de cilindrada), pero da lugar a bajos rendimientos, es decir elevado consumo de carburante para una cantidad de trabajo obtenido dada.

Otra razón, por la cual desde el punto de vista del rendimiento es favorable la baja relación diámetro / recorrido, son las pérdidas térmicas, estas son función de esta relación y su mínimo está en relaciones menores que las actualmente usadas habitualmente.

El presente trabajo estudia un posible sistema para lograr dicha baja relación, con ventajas frente a lo actualmente en uso.

Palabras clave: Motor; Rendimiento; Relación diámetro / recorrido; Rozamiento; Pérdidas térmicas; Hipocicloide; Relación de compresión variable.

ABSTRACT

The amount of petrol is limited and in Europe we have a great dependence of petrol for getting the energy needed, especially for cars and trucks, being very difficult the replacement by other fuels. Also we have the problem of the CO₂ produced when we burn the petrol, because of this, all we can made for reducing the consume of the engines, must be welcome.

I know that in the design of the engines has been made a good job.

There are a big difference between the consumption of the nowadays engines and the ten years old ones.

The efficiency of a engine, may be expressed as the result of multiplying many factors, one of then is the mechanical efficiency. This mechanical efficiency is mainly due to lost of energy that the frictions inside the engine mean.

The present days system of crankshaft, piston rod, and piston have two inconvenient, one of then is the existing radial force between the piston and the cylinder, this mean friction and wear; other is that the ratio between the diameter / stroke must be high, in order to avoid long piston rods and high engines.

There are almost one system for getting the axle of de piston rod been always the same of the cylinder, these system also get a simple harmonic movement, let say that the function giving his position versus the time is a sinusoid.

This article is based in the substitution of the crankshaft by a diametric hypocycloidal system and the advantages of this system versus the nowadays system.

The ratio piston diameter / stroke of a engine is very important, a high ratio is god for getting high specific power (Kw/l) but getting low efficiency, these mean high consumption of fuel each unit of energy get.

Other reason for thinking in use a low ratio diameter / stroke is the thermal lost, that is function of this ratio and has the minimum value with lower ratios that nowadays are usual.

The present work studies a possible system to attain such a low ratio, that have advantages over the usual systems.

Key words: Engine; Efficiency; Ratio Diameter / Stroke; Friction;

Thermal lost; Epicycloid; Variable compress ratio.

INTRODUCCIÓN

Los números entre paréntesis son llamadas a notas que están al final del artículo.

Este artículo entra enfocado hacia la versión dos tiempos de este grupo de motores, ya que esta mecánica se presta especialmente bien a la ejecución de dos cilindros horizontales y opuestos

El rendimiento de un motor es el resultado de una división, (energía útil obtenida / energía consumida), en el caso de los motores térmicos, el segundo principio de termodinámica lo limita y es siempre una cifra menor que 1, o menor que 100 si lo expresamos en %.

Considero necesario agradecer y agradezco a quienes han trabajado para conseguir motores con el menor consumo posible, cuyos éxitos sobre todo en los motores diesel son indu-

dables y considerables, pero es posible mejorarlos.

Existe más de una manera de conseguir mejorar lo actualmente conseguido, conociendo varias, en este artículo explico una.

Resulta difícil que se lleven a la práctica algunas de las ideas, ya que suponen un cambio de enfoque, lo cual puede suponer el tener que comenzar de cero, lo cual supone tiempo, trabajo, dinero y mucha fe en los resultados.

El sistema de cilindro y pistón ofrece una estanqueidad muy buena, y considero que es el más adecuado para conseguir un buen rendimiento.

La meta es disponer de un motor que permita un mayor aprovechamiento del combustible que los actualmente disponibles y que no siendo completamente rompedor con los existentes actualmente, permita el seguir usando muchos de los perfeccionamientos conseguidos y suponga poco incremento de costos en su construcción.

Las ventajas buscadas lo son por dos caminos:

1. Disminución de rozamientos, al no existir fuerza radial entre pistón y cilindro, con mayor vida del motor, al evitar el desgaste que este rozamiento supone.

2. Poder usar la relación de diámetro / carrera que consideremos más adecuada para la aplicación buscada y ello, sin que suponga un aumento de la altura (en nuestro caso anchura).

Además:

3. El motor puede ser equilibrado perfectamente respecto a las fuerzas de inercia de las masas en movimiento, ya que este es armónico simple.

4. Aunque supone una pérdida parcial del punto 1, y muy leve del 2, se apunta al final del artículo que con un enfoque algo distinto, se ofrece la posibilidad de obtener una relación de compresión variable de forma continua, con el motor funcionado.

He preparado una animación en Visual Basic que enviaré a quien la pi-

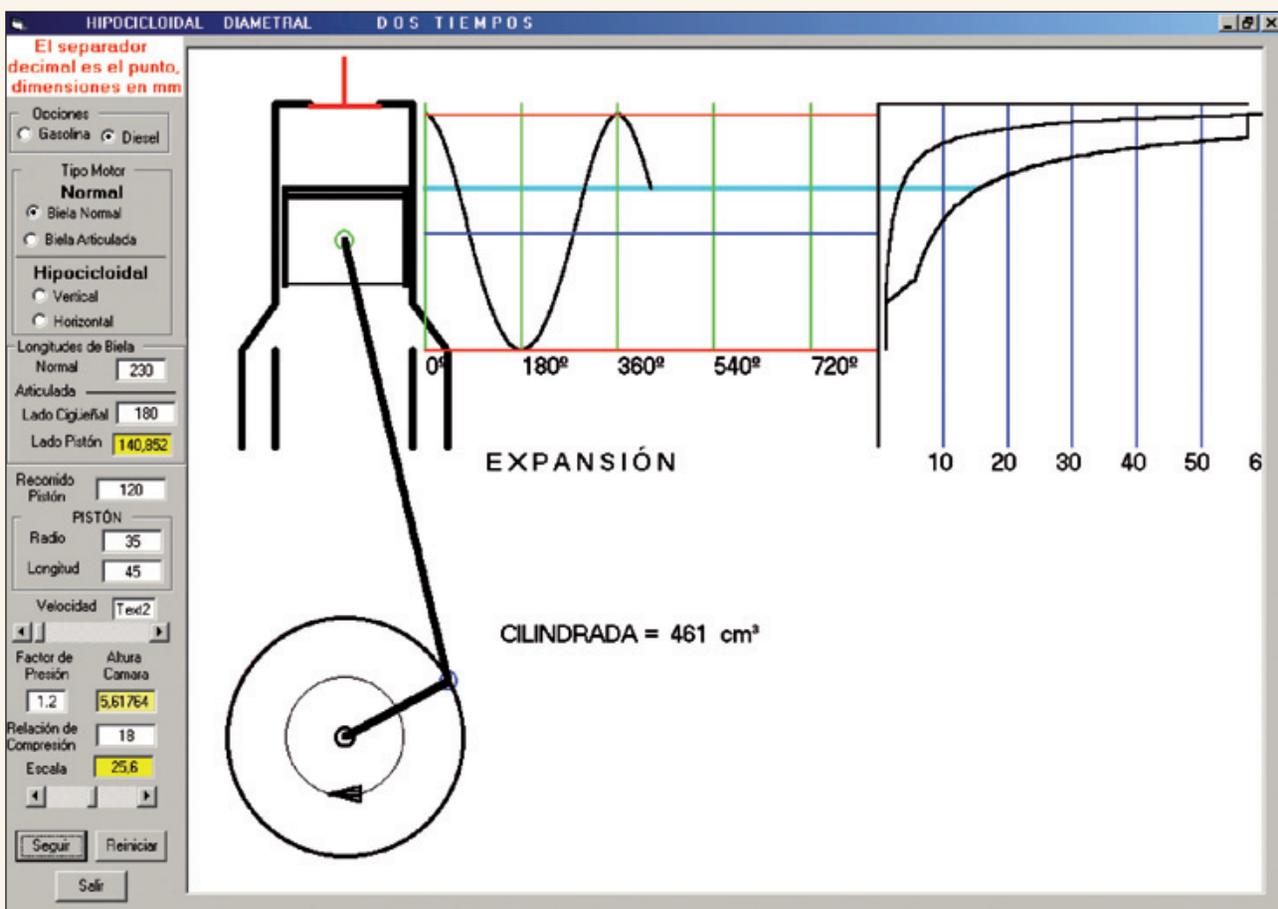


Fig. 1 Esquema de un motor actual

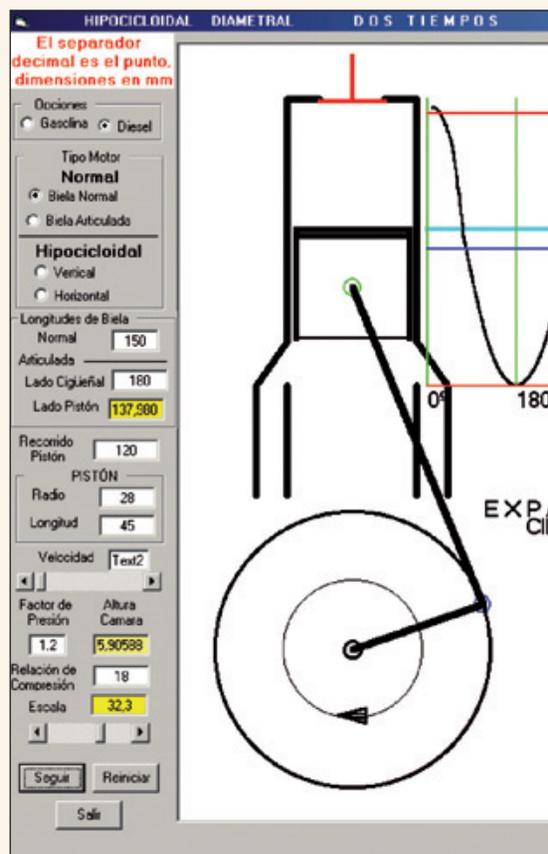


Fig. 2 Motor normal, con amplia penetración Biela Cilindro

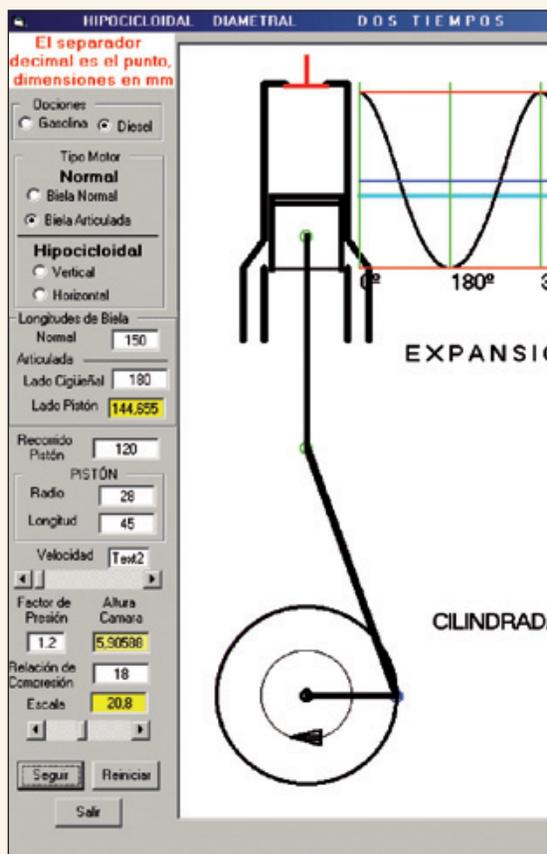


Fig. 3 Motor normal con cruceta

da a la dirección electrónica zazpiak@euskalnet.net, citando motor diametral

MOTORES ACTUALES

En la Fig. 1 vemos un dibujo esquemático de un motor actual (cuatro tiempos y diesel). En su parte izquierda tenemos el cigüeñal (girando en el sentido de las agujas del reloj), la trayectoria de la muñequilla del cigüeñal, la biela el pistón etc. En el centro, la posición de la parte alta del pistón, en función del ángulo girado por el cigüeñal, curva que es similar pero no igual a una senoide. En la parte derecha, tenemos el diagrama P-V, con la presión en horizontal y el volumen en vertical, es decir, el mismo que estamos habituados a ver, pero girado 90° en el sentido de las agujas del reloj.

En la Fig. 2 podemos ver el mismo dibujo con otras dimensiones de

diámetro de pistón y de longitud de biela, en el cual se produce una gran penetración Biela Cilindro, podemos observar la dificultad (ó imposibilidad) de conseguir una baja relación Diámetro / Recorrido.

En la Fig. 3 podemos ver como con una biela articulada y con cruceta, podemos obtener la relación Diámetro / Recorrido que deseamos, pero el precio a pagar es el de una mayor masa en partes móviles y una mayor altura, ambos aspectos son no deseados.

En la Fig. 4 podemos ver como con el motor propuesto se consigue lo mismo que en la Fig. 3 (aproximadamente a la misma escala, pero con unas dimensiones y peso menores y con la importantísima ventaja adicional de no existir componente radial de las fuerzas que actúan sobre el pistón, evitando rozamientos, es decir mejor rendimiento).

SOLUCIÓN PROPUESTA, HIPOCICLOIDE DE DOS LÓBULOS (DIÁMETRO)

Las hipocicloides son las trayectorias seguidas por un punto de una circunferencia que rueda sin deslizar en el interior de otra circunferencia.

En la figura 5 podemos ver algunas hipocicloides normales, teniendo 5, 4, 3 y 2 lóbulos.

La que nos interesa es la de dos lóbulos, en la cual la relación entre los diámetros es de dos y como podemos observar la hipocicloide es un diámetro.

El hecho de que la hipocicloide sea un diámetro, nos permite que el eje de la "biela" sea el mismo que el del cilindro y pistón, evitando los empujes del pistón sobre el cilindro, principal, aunque no única causa de rozamiento, a la vez, que nos permite diseñar el motor con la relación diámetro / recorrido que deseamos.

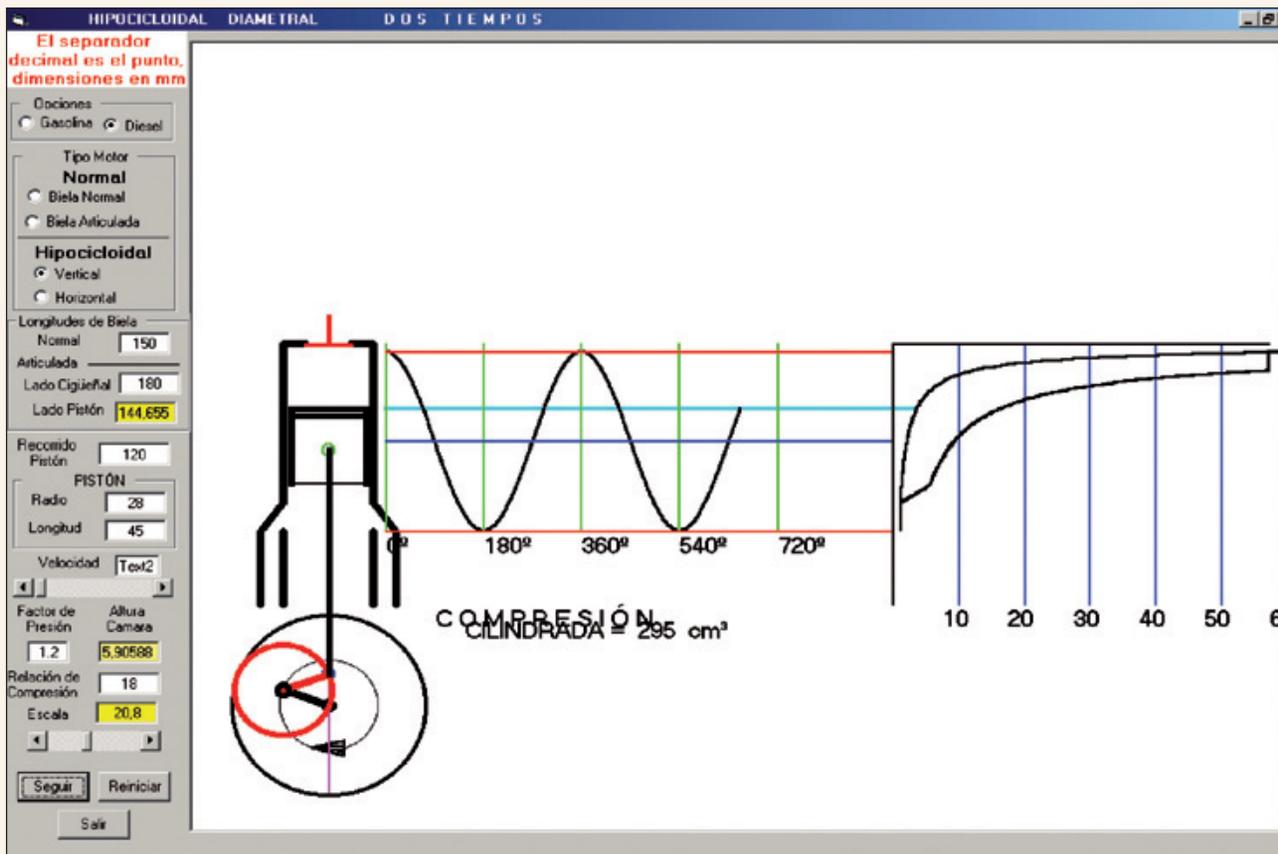


Fig. 4 Motor Hipocicloidal -Diametral

En la Figura 6 podemos ver las coordenadas X e Y de diferentes puntos, como podemos observar la coordenada X del punto 3 (Pt3) es siempre la misma (x1), lo cual demuestra que la hipocicloide considerada (con relación de radios de 1 a 2) es un diámetro, hecho feliz, en el cual están basados estos motores, estas coordenadas han sido necesarias para la realización de la animación en *visual*

basic y son útiles para su aplicación en una hoja de calculo.

ALTA CONTRA BAJA RELACIÓN DIÁMETRO / RECORRIDO (Estudio térmico)

El diagrama P-V (Presión – Volumen) teórico es él mismo independientemente del valor de dicha relación, pero en la realidad, el trabajo obtenido (naturalmente en sentido de

la física, es decir expresado en julios) es distinto.

Cuando se intenta reducir al mínimo el consumo, se tiende, a que una vez definida la cilindrada del motor, este conste de pocos cilindros (habitualmente 3 en lugar de 4), con el fin de tener economía de escala (a mas grande mejor rendimiento), o como se explica en el párrafo siguiente mayor modulo.

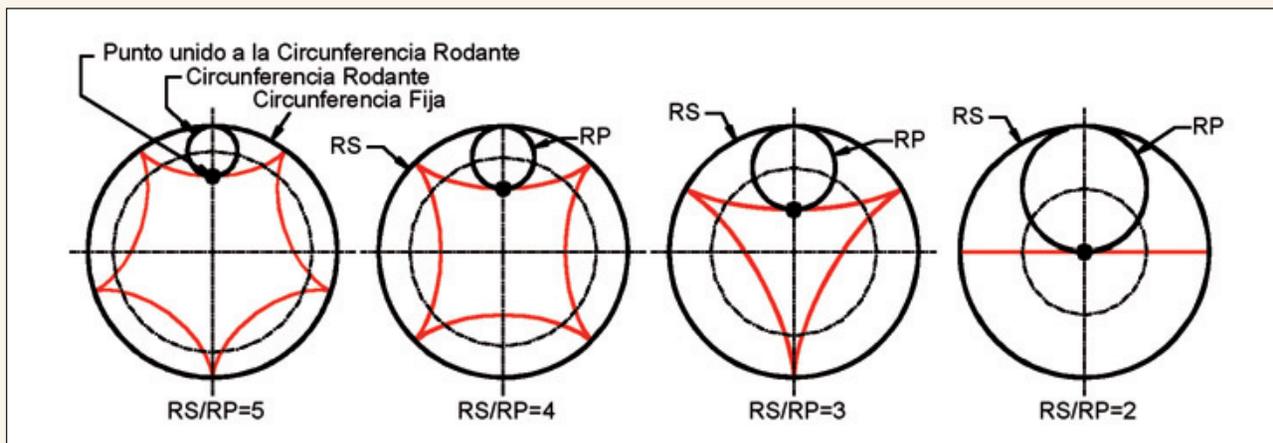


Fig. 5 Hipocicloides

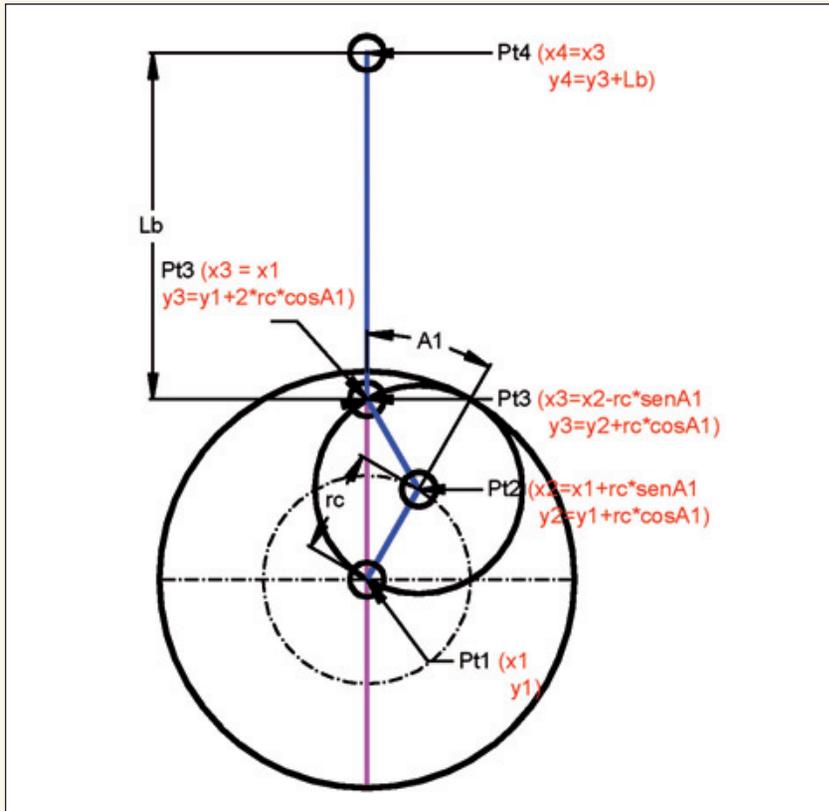


Fig. 6 Motor Hipocicloidal. Ecuaciones de las coordenadas X e Y de diferentes puntos

Solo una parte del calor desprendido en la combustión, permanece en el gas que producirá el trabajo mecánico, otra parte, no despreciable, pasa a través principalmente de la culata al agua de refrigeración (o al aire

en otros casos), es conveniente minimizar esta parte de energía perdida. El calor desprendido en la combustión es aproximadamente proporcional a la cantidad de combustible quemado, la cual está limitada por la

masa del aire, y esta masa de aire es proporcional al volumen del mismo y a su densidad. Las pérdidas son aproximadamente proporcionales a la superficie de la cámara de combustión. Para obtener el máximo rendimiento, la relación calor desprendido / calor perdido debe ser la más elevada posible, lo cual, nos lleva, a que la superficie de la cámara de combustión, sea lo más pequeña posible.

Cuando un motor funciona al 100% de su potencia, el calor desprendido, es en virtud de lo indicado en el párrafo anterior, aproximadamente proporcional al volumen del aire encerrado en su cámara de combustión, lo anterior nos lleva a que el módulo de la cámara de combustión (expresado en unidades de longitud) debe ser lo más elevado posible (módulo, en fundición, se llama precisamente a la relación volumen / superficie que lo rodea).

En la Fig. 7 tenemos cámaras de combustión distintas, pero de igual volumen para su comparación, ver tabla.

En la tabla podemos ver claramente como el módulo es mucho mayor 6,3 mm en el caso A, con relación D / C (Diámetro / Carrera) de 0,33 (es decir de 1 a 3), con relación al caso C (Motor cuadrado) con relación de 1. En los tres casos la relación de compresión es la misma 1:10.

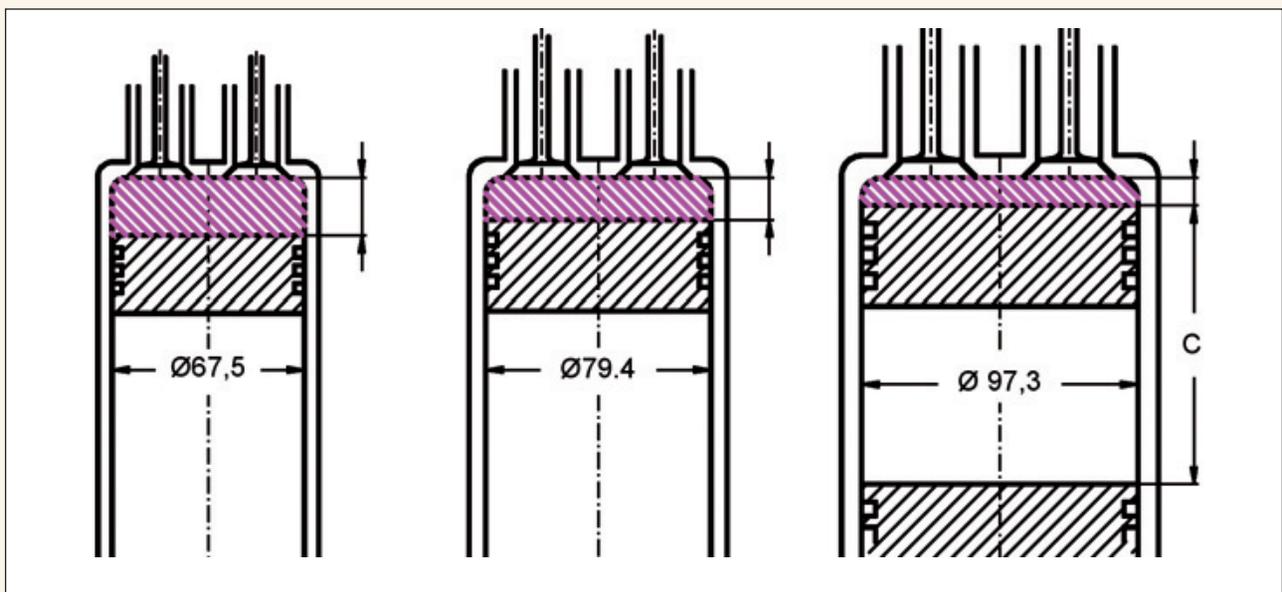


Fig. 7. Comparación de cámaras de combustión para Ø / C distintas.

	Formula	Caso A	Caso B	Caso C
Diámetro (mm)	D	67,5	79,0	97,3
Carrera (mm)	C	202,5	148,0	97,4
Diámetro / Carrera	D/C	0,33	0,53	1,00
Volumen Aspirado (mm ³)	$C \cdot \pi \cdot D^2 / 4$	724.640,3	725.447,2	724.226,7
Relación de compresión	R	0,1	0,1	0,1
Volumen Comprimido (mm ³)	$R \cdot C \cdot \pi \cdot D^2 / 4$	72.464,0	72.544,7	72.422,7
Superficie Cámara (mm ²)	$2 \cdot \pi \cdot D^2 / 4 + R \cdot C \cdot \pi \cdot D$	11.451,1	13.476,5	17.848,5
Módulo (mm)		6,3	5,4	4,1

Lo anterior, nos lleva, a que una relación D/C baja, supone una menor pérdida de calor al exterior y por lo tanto un mayor rendimiento (menor consumo).

Para efectuar un cálculo mas aproximado del calor perdido, podemos usar una hoja de calculo, poniendo en columnas las variables a considerar, y en filas los datos correspondientes al ángulo girado por el cigüeñal, haciendo girar al cigüeñal

1º cada fila (ó 0,5º si lo prefieren) podrán calcular el calor perdido durante una expansión, y cambiando los datos de origen comparar resultados.

Considerando, que el cigüeñal gira a velocidad uniforme, el ángulo girado por el mismo, es proporcional al tiempo transcurrido. Basta con estudiar una expansión, para obtener un resultado suficientemente aproximado. El que los gases ya expansionados se enfríen calentado cilindro, válvulas etc. puede hacer necesario el dimensionar un circuito de refrigeración más enérgico, pero no influye en el rendimiento.

ALTA CONTRA BAJA RELACIÓN DIÁMETRO / RECORRIDO (Estudio mecánico)

Una vez definida la cilindrada del motor, y el número de cilindros, una baja relación diámetro / recorrido nos lleva a:

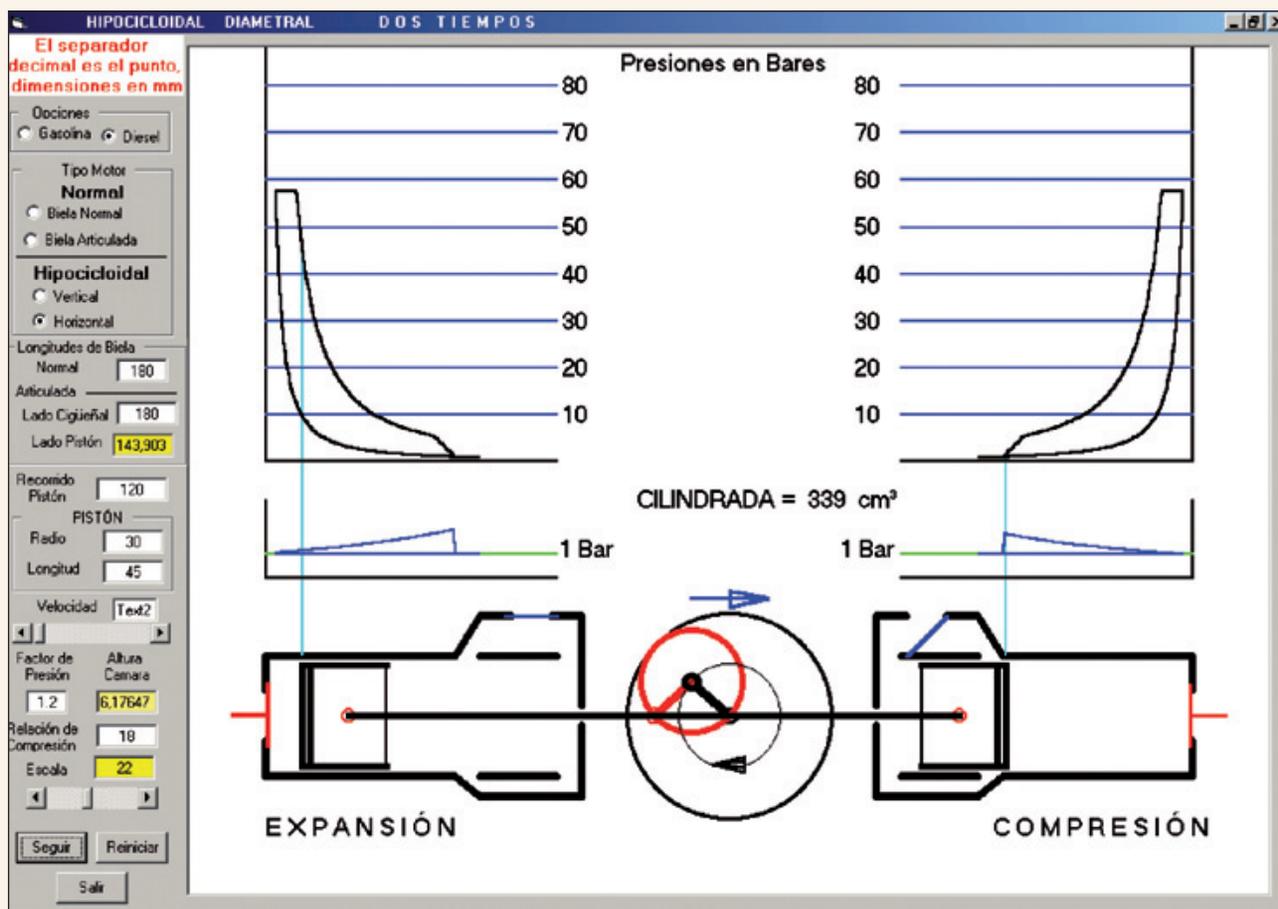


Fig. 8 El MOTOR BICILÍNDRICO dos tiempos Propuesto (Hipocicloidal –Diametral)

- un menor diámetro del pistón
- válvulas mas pequeñas, ya que su diámetro es aproximadamente proporcional al del cilindro
- menor fuerza sobre la muñequilla del cigüeñal. ¿Menor diámetro de la muñequilla del cigüeñal al tener que soportar fuerzas menores?

Un menor diámetro de pistón nos

lleva a un menor caudal de fuga a través de los segmentos, ya que este es proporcional a la longitud de la circunferencia (mejor rendimiento), por lo cual es posible un ralentí con menos rpm.

Unas válvulas más pequeñas requieren menor energía para su accionamiento, lo cual supone mejor rendimiento.

Un menor diámetro de la muñequilla del cigüeñal supone menor par de rozamiento (mejor rendimiento)

MOTORES PROPUESTOS

Aunque nos centraremos en el motor de dos tiempos, los motores propuestos son cuatro en principio, dos tiempos (en gasolina y diesel) y cuatro tiempos (en gasolina y diesel).

Podemos añadir dos tipos más de motores propuestos, los motores de cuatro tiempos y doble efecto.

En la Fig. 8 podemos ver un esquema del motor propuesto en su versión bi-cilíndrica horizontal, dos tiempos y diesel.

En la parte central tenemos en grueso y negro la circunferencia fija, que corresponde a las piezas 1 de la Fig. 10, y que son engranes con dentado interior, en rojo, la rodante, corresponde a la pieza 2 (llamada cigüeñal en la Fig. 10) y que siendo una pieza única, lleva dos engranes exteriores que materializan la circunferencia rodante y un eje, que describe un diámetro y recibe el empuje de la biela que es común para los dos pistones, la línea negra que une los centros de las dos circunferencias, es una manivela, piezas 4 de la Fig.10 que hacen aproximadamente la función del cigüeñal clásico.

La biela (común para los dos pistones), es la recta negra horizontal, que pasa por el centro de la circunferencia fija en negro y que en su punto medio tiene un rodamiento (pequeña circunferencia en rojo) montado sobre la muñequilla del cigüeñal (pieza 2 de la Fig. 10), que, recordemos, es la misma pieza que los engranes exteriores.

La manivela en negro (que hace las veces de cigüeñal), gira en el sentido de las agujas del reloj. En la figura, el conjunto de los dos pistones está moviéndose hacia la derecha.

Las válvulas de admisión están dibujadas en azul y las de expulsión en rojo.

Encima de los cilindros, están representados en negro los diagramas P-V correspondientes. Todas las presiones representadas son absolutas.

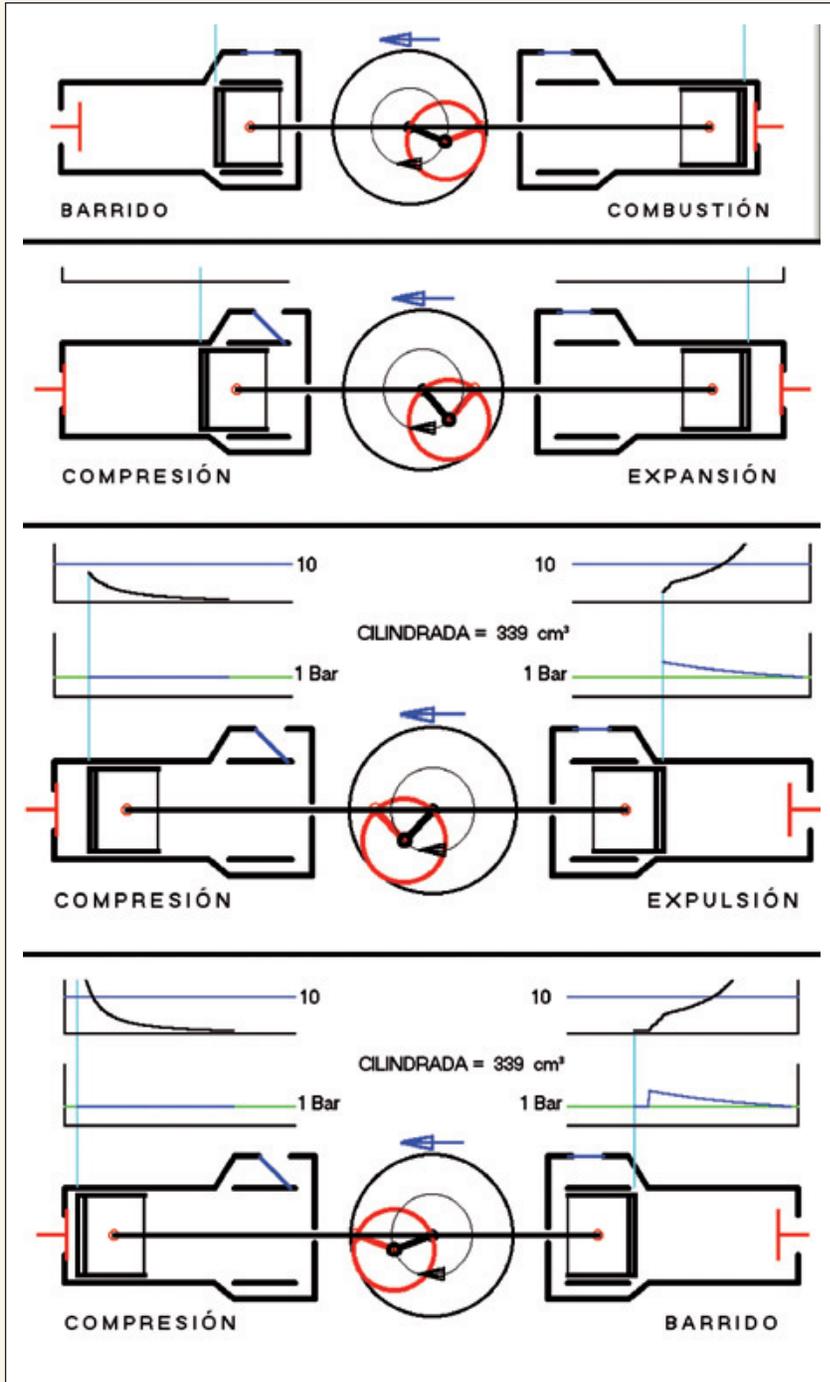


Fig. 9 Distintas fase de funcionamiento del motor hipocicloidal diametral propuesto

Considerando, que el cigüeñal gira a velocidad uniforme, el ángulo girado por el mismo, es proporcional al tiempo transcurrido

En estos motores, no existe una etapa de admisión, en su lugar, el aire comprimido y mantenido en alguna cámara, entra, a través de lumbreras al cilindro y efectúa un barrido de los gases "quemados".

Aprovechando que las bielas pueden ser cilíndricas, se pueden construir dos cámaras centrales, en las que almacenar aire ligeramente comprimido.

Las presiones en dichas cámaras, están representadas en azul, inmediatamente debajo del diagrama principal de presiones.

El dibujo de la Fig. 8, está hecho

para un motor de dos tiempos, que presenta un par mucho más regular que el de cuatro tiempos y que, en su versión diesel, no ofrece el problema de expulsar combustible sin quemar al exterior.

La versión bi-cilíndrica es superior a la mono-cilíndrica, ya que ofrece:

- mayor regularidad del par
- menos rozamientos, ya que parte de la fuerza ejercida sobre un pistón, va directamente al otro pistón, sin pasar por el sistema hipocicloidial
- el doble de potencia sin duplicar el peso.

En la Fig. 9 podemos ver las diversas fases de este motor de dos tiempos.

1) **Derecha:** En el cilindro se está inyectando combustible, y este, se está quemando. En su cámara central el aire se está comprimiendo.

Izquierda: En el cilindro, la válvula de escape está abierta, el aire de su cámara central, está penetrando en su interior a través de las lumbreras de admisión, expulsando los gases "quemados" a través de la válvula de escape y los está sustituyendo por aire nuevo (se suele llamar barrido).

2) **Derecha:** En el cilindro se están expansionando los gases calientes. En su cámara central el aire se está comprimiendo.

Izquierda: En el cilindro, la válvula de escape se ha cerrado, el pistón a tapado las lumbreras de admisión y el aire se está comprimiendo. En su cámara central, la cara inferior del pistón está absorbiendo aire.

3) **Derecha:** En el cilindro, el pistón ha efectuado casi todo su recorrido, se ha abierto su válvula de escape y su presión se está igualando con la atmosférica. En su cámara central el aire sigue comprimiéndose.

Izquierda: En el cilindro, el aire, continua comprimiéndose. En su cámara central, se sigue absorbiendo aire.

4) **Derecha:** En el cilindro, el pistón ya no tapa las lumbreras de admisión y el aire de su cámara central está "barriendo" los gases quemados, que salen a través de la válvula de escape.

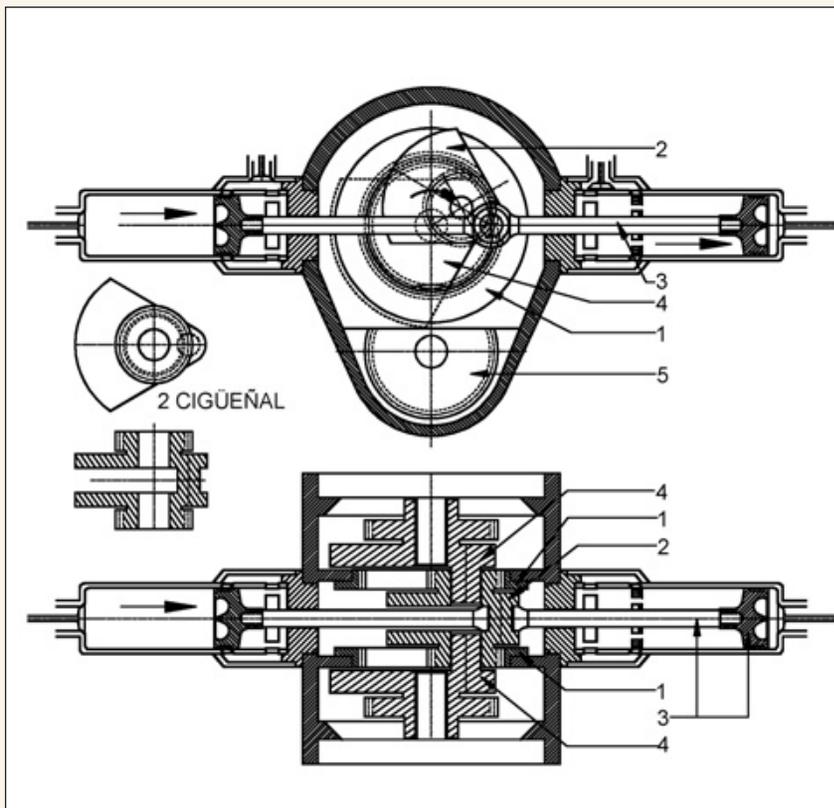


Fig. 10 Forma constructiva

Izquierda: En el cilindro, el aire ya comprimido y a elevada temperatura consecuencia de su compresión está preparado para la inyección de combustible. Su cámara central, está llena de aire y lista para una vez cerrada su válvula poder comprimirlo.

El motor propuesto se basa principalmente en una disminución de los rozamientos, conseguida con el sistema hipocicloidal diametral propuesto, y en el uso de una baja relación diámetro / recorrido.

Aunque resulte extraño, las pérdidas mecánicas en un motor no son pequeñas, en la prestigiosa revista Science et Vie de mayo del 2007, en un interesantísimo artículo sobre los últimos adelantos en materia de bajísimos coeficientes de rozamiento, se dice "Un cuarto de la energía potencial contenida en el carburante se pierde en un motor clásico llamado de explosión, debido al roce de las piezas mecánicas" (1). La afirmación anterior resulta difícil de creer, pudiera ser un error o una falsa explicación que considerara como perdidas por rozamiento toda la energía empleada en mover conjuntos adicionales tales como aire acondicionado, dirección asistida, alternador etc.

FORMAS CONSTRUCTIVAS

En la figura 10, podemos ver una idea de forma constructiva, en la que no se han dibujado rodamientos, aunque debe llevarlos, o un sistema de engrase que haga sus funciones. Se recomienda que se estudie con rigor el montaje del mismo, en caso contrario nos podemos encontrar con un buen diseño, pero imposible de montar.

Existe una cierta dificultad de sacar al exterior el par del motor, puede hacerse por un solo extremo, pero para mayor resistencia mecánica en este diseño se ha optado, por usar una doble salida a través de un eje auxiliar en la parte inferior

El dibujo en planta (parte inferior) es simétrico.

Piezas 1 son engranes interiores, solidarios con el cráter, que materializan la circunferencia mayor definitiva de la hipocicloide diametral.

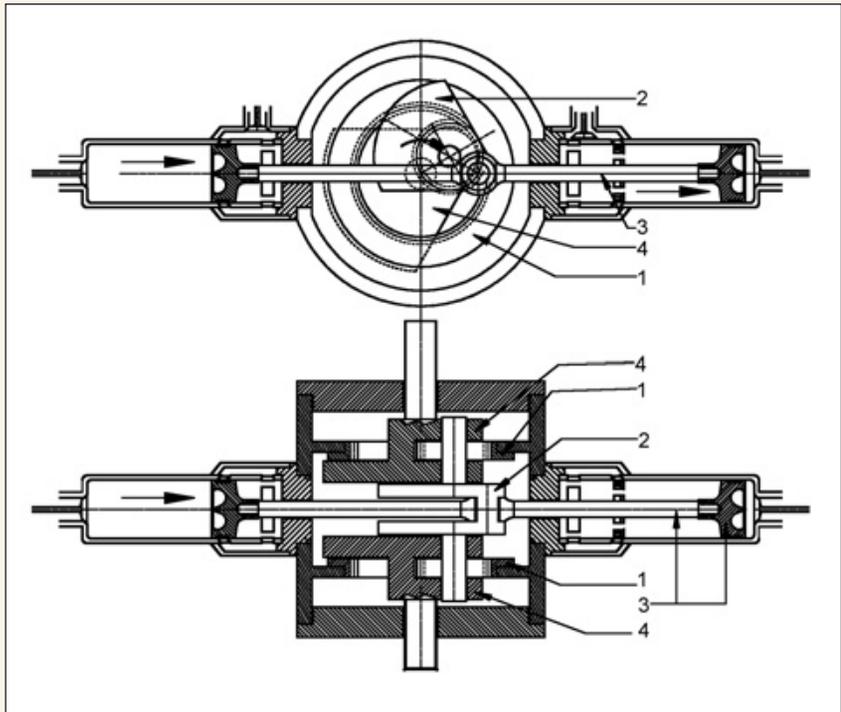


Fig. 11 Otro diseño posible

Pieza 2 es el cigüeñal, lleva dos engranes exteriores de radio primitivo la mitad de los de la pieza 1, sus engranes materializan la circunferencia rodante.

Pieza 3 es el conjunto de bielas y pistones.

Piezas 4 son las dos excéntricas, que guían el movimiento del cigüeñal y reciben su potencia. Dicha potencia la transmiten al exterior del motor a través de unos engranes exteriores 5 solidarios con un eje.

Pieza 5 es el eje inferior de salida del motor, recibe la potencia de las dos excéntricas, a través de dos engranes.

Si solo constara de dos cilindros de cuatro tiempos, el par de este motor sería irregular, y necesitaría de un gran volante de inercia, es por ello por lo que se ha elegido el motor de dos tiempos.

La Fig. 11 muestra otro diseño posible, la salida de potencia al exterior se efectúa a través de dos ejes,

El equilibrado de los motores de pistón es un tema complejo, de más de nueve paginas llenas de formulas en un curso en carrera

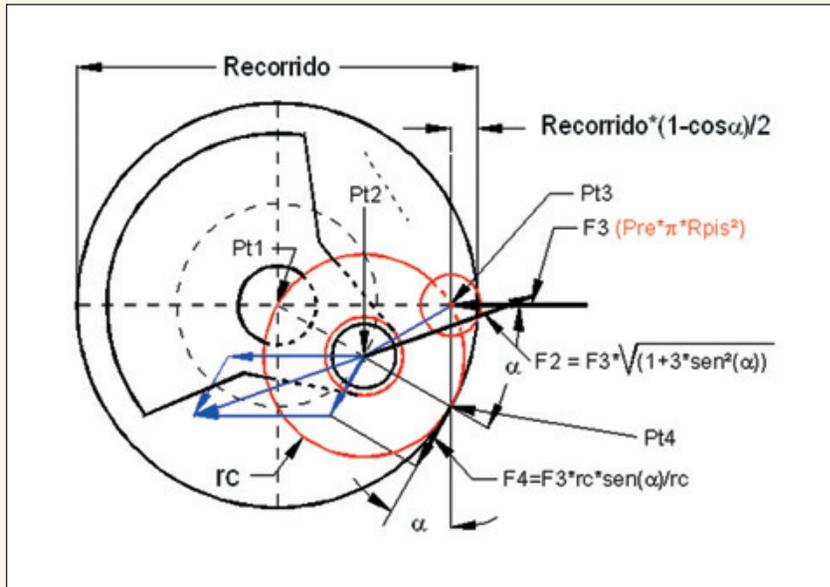


Fig. 12 Estudio de fuerzas

pudiendo emplearse cualquiera de ellos para la salida principal y el otro para el movimiento de accesorios (alternador, eje de levas, dirección asistida etc.).

ESTUDIO DE FUERZAS EN EXCÉNTRICA, CIGÜEÑAL Y ENGRANE

En la Fig. 12 tenemos el estudio de fuerzas ejercidas sobre el cigüeñal en rojo, F3 es la fuerza que la biela hace sobre la muñequilla del cigüeñal (Rpis es el radio del pistón y Pre es la presión que actúa sobre el pistón derecho), es el ángulo girado por la excéntrica, F4 es la fuerza que el engrane interior (él de gran diámetro en negro) ejerce sobre el exterior en rojo, de tal forma que su momento respecto al eje móvil de la excéntrica Pt2 (eje del cigüeñal) anule al de F3.

El paralelogramo de fuerzas, en azul, es la construcción geométrica para hallar la suma de F3 y F4. F2 en negro es la fuerza que la excéntrica ejerce sobre el eje del cigüeñal, igual a la suma de F3 y F4 pero de sentido opuesto.

Es decir se ha situado en equilibrio al cigüeñal, tanto en traslación como en rotación, aunque no se han tenido en cuenta las fuerzas de inercia, las cuales tienen dos efectos, el más importante, es que el módulo de

F3 es menor que el que figura en la fórmula, el segundo, es que no hemos tenido en cuenta la fuerza centrípeta que la excéntrica ejerce sobre el eje del cigüeñal.

El soportar la fuerza F4 ejercida entre los dos engranes, no debe ser un problema, principalmente por que en su ecuación figura el seno de alfa, el cual es cero en los puntos muertos, que es cuando la presión alcanza su máximo valor, pero también, por que se ha previsto que existan dos juegos de engranes que se reparten por igual su valor, además de que podemos usar engranes con pocos dientes, lo cual supone para diámetros primitivos dados, gran tamaño y fortaleza de sus dientes y con el plus añadido de que la anchura de los engranes (dimensión en sentido axial), puede ser del valor que deseemos.

EQUILIBRADO DEL MOTOR

Lo ideal de un motor, es que sus amarres no tengan que soportar más que su peso y el par de fuerzas que el motor proporcione. La realidad, es que hay que soportar además, los efectos que las fuerzas de inercia de sus masas móviles, con movimientos armónicos o casi armónicos y pares de fuerzas no uniformes en el tiempo, aquí se habla de las fuerzas de iner-

cia, no considerando el hecho cierto, de que el par entregado por este motor no sea uniforme en el tiempo, al igual que ocurre con los demás motores de pistón.

El equilibrado de los motores de pistón es un tema complejo, de más de nueve páginas llenas de fórmulas en un curso en carrera y que dan lugar a soluciones no muy claras para los no profesionales, tales como la colocación de ejes, que no mueven nada y cuya única misión es conseguir que el equilibrado sea mejor, pero afortunadamente en este motor puede ser sencillo.

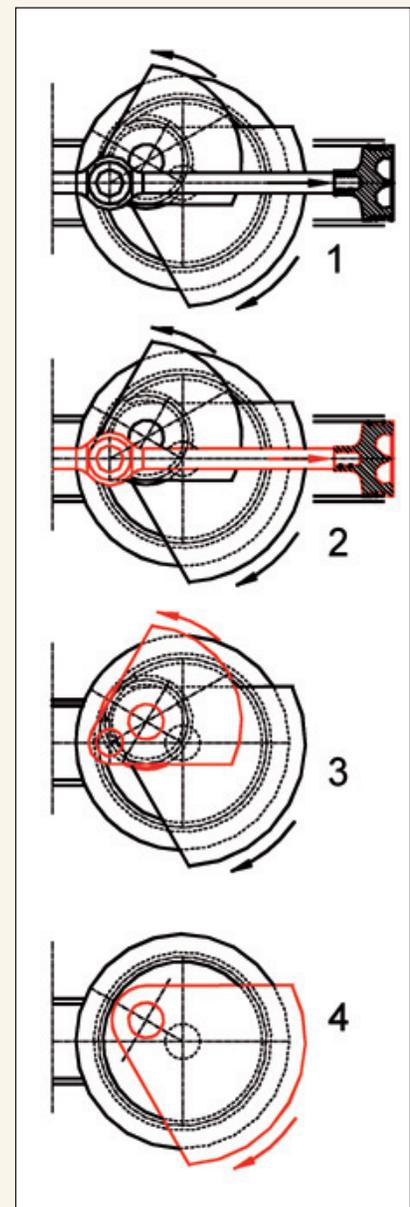


Fig. 13 Equilibrado del motor

Variando el diseño, y perdiendo bastantes de sus buenas cualidades, se puede conseguir una relación de compresión variable, lo cual puede suponer una ventaja mayor que la perdida

El hecho, de que el movimiento de los pistones (y de las bielas) sea armónico simple, es decir, con gráfico perfectamente sinusoidal, permite conseguir un equilibrado perfecto de este motor.

En la Figura 13 podemos ver cortes de dicho motor, desde el eje de los cilindros, hacia el exterior, resaltando en rojo las piezas móviles que dan lugar a fuerzas de inercia

En 1 podemos ver los sentidos de las velocidades de las tres piezas que generan fuerzas de inercia.

En 2 tenemos el conjunto de pistones y bielas cuya fuerza de inercia hay que equilibrar.

En 3 tenemos al cigüeñal que compensa la mitad de la fuerza necesaria de bielas y pistones, pero que genera una componente vertical en el dibujo no deseable

En 4 tenemos las excéntricas que compensan la otra mitad de la fuerza necesaria y la componente vertical del cigüeñal.

RELACIÓN DE COMPRESIÓN VARIABLE

Variando el diseño, y perdiendo bastantes de sus buenas cualidades, se puede conseguir una relación de compresión variable, lo cual puede suponer una ventaja mayor que la perdida.

Considerando que el presente trabajo se excede en extensión, dejo esta parte para otro posible artículo.

MOTORES TURBOALIMENTADOS

Los motores propuestos pueden ser turboalimentados, consiguiendo

las mismas ventajas que se obtienen actualmente con la turbo alimentación, pero el tema de la turbo alimentación puede ser otro artículo.

REALIZACIONES ACTUALES

Tal vez la realización actual más notable sea la del automóvil híbrido de **Toyota Prius**, esta realización tiene a mi forma de ver dos bases, una el uso de un motor de gasolina de cilindrada modesta 1.500 cm³ en lugar de 1.800 ó 2.000, optimizado para un consumo mínimo; otra, el uso del sistema eléctrico, para mantener al motor de gasolina funcionando siempre en condiciones de poco consumo, haciendo funcionar simultáneamente ambos (eléctrico más gasolina) en caso de requerirse gran potencia, y parando el de gasolina, en cuanto la poca velocidad del automóvil lo hace ineficiente. Además de ello, aprovecha la parte eléctrica, para conseguir una caja de cambios con variación continua, lo cual significa más comodidad de conducción.

Otras realizaciones apuntan hacia automóviles pequeños y con motores pequeños, siendo los motores cada vez mas sofisticados, en búsqueda de altas prestaciones (supongo que esto tiene los días contados para la gran mayoría de usuarios) y menor consumo.

NOTAS

(1) "Un quart de l'énergie potentielle contenue par le carburant est perdu dans un moteur classique dit 'à explosion' par le seul frottement des pieces mécaniques" explique Jean

Michel Martin, professeur au laboratoire de tribologie et dynamique des systemes de l'Ecole centrale de Lyon.

BIBLIOGRAFÍA

- Revista SCIENCE & VIE edition speciale Automobile 2004.

- Revista SCIENCE & VIE edition speciale Automobile 2006.

- BOSCH Mémento de Technologie Automobile 3éme Edition.

- MIRALLES DE IMPERIAL, D. Juan. "Sobrealimentación de motores". Barcelona: CEAC Septiembre 1990 ISBN: 84-329-1111-9.

- HERNADEZ, D. Rafael (traductor). "HÜTTE Manual del Ingeniero II". Barcelona: Gustavo Gili 1968.

- CASANOVA KINDERLAN Jesus. "Motores y carburantes para el automovil del futuro". DYNA Ingenieria e Industria. Febrero 2004 Vol 79-1 p. 47-59.

- MÜLLER, Xavier, "Moteurs Adieu les frottements". SCIENCE & VIE Mayo 2007 N° 1076, p. 114-117.

- NOUYRIGAT, Vincent, "Moteurs L'essence aussi sobre que le diesel!". SCIENCE & VIE N° 1086, p. 96-101.

- AIXALA, Luc, "Le moteur à taux de compresión variable". SCIENCE & VIE Special Automobile 2006, p. 72-73. ■