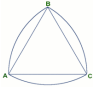




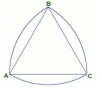
# **El motor rotatiu Wankel**

Ángel Nogueras Sánchez  
Curs: 2on Batxilerat 2005-2006



## -INDEX

1.Introducció.....	3
<b>2.- Història dels motors</b>	
-Classificació.....	7
Combustió externa.....	7
Combustió interna (Otto).....	8
Combustió interna (Wankel).....	9
<b>3.- Tipus de motors</b>	
-Conceptes.....	10
- Tipus de motors.....	11
<b>4.- Característiques dels motors</b>	
-Funcionament.....	
•Dos temps.....	14
•Quatre temps.....	15
•Diesel.....	16
•Rotatiu.....	17
- Components	
•Dos temps.....	19
•Quatre temps.....	20
•Wankel.....	21
<b>5.- Comparativa teòrica</b>	
- Dos temps.....	22
- Quatre temps.....	23
- Wankel.....	24
<b>6.- Conclusions.....</b>	<b>25</b>
<b>7.- Bibliografia.....</b>	<b>26</b>



## -INTRODUCCIÓ

### *Concepte:*

El concepte acadèmic de motor, es el d'un mecanisme mes o menys complex amb el que es produeix una força motriu, es a dir, una força capaç de moure una massa. A la història sempre ha existit la necessitat de poder moure's i transportar coses a gran velocitat amb un mínim d'esforç, així doncs, els inventors de totes les èpoques ho han intentat.

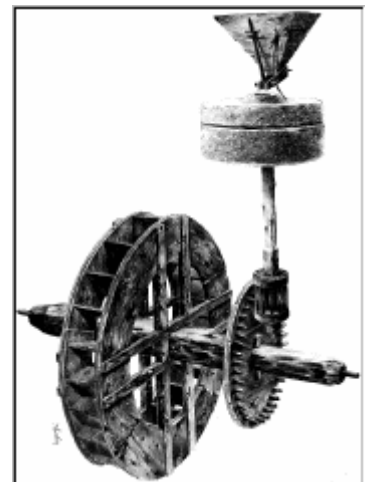
Amb el temps es van anar creant motors, primerament eren de gas (majorment vapor d'aigua), amb els que es va començar a revolucionar el món de la indústria i el transport. De mica en mica es van trobar noves necessitats, que es van pal·liar amb la invenció del motor de combustió interna, el qual solucionava molts dels problemes que presentava el de vapor. El motor d'explosió va revolucionar encara més la indústria i l'automoció, i es va a començar a desenvolupar, per tal de millorar els defectes inicials.

Cada inventor pretenia treure al mercat el seu invent, i així van sorgir els tipus de motors de explosió, que van ser generalment tres: el motor de dos temps, el de quatre temps, i el rotatiu.

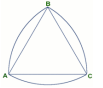
Cadascun d'ells presentava uns avantatges i uns inconvenients envers dels altres, i els constructors van invertir en la comercialització i el desenvolupament dels de dos i quatre temps, ja que donaven relativament bons resultats, eren els més coneguts, i els costos de fabricació i comercialització eren els més baixos. Per això les altres alternatives, es van quedar en un segon pla, i mai van aconseguir el triomf dels altres degut a que els inversors no apostaven per ells.

D'aquí sorgeix la hipòtesi del treball, que ve a plantejar el perquè els motors alternatius com el rotatiu Wankel, no han estat recolzats pels fabricants i tecnòlegs de la mateixa manera que es va fer amb els de dos i quatre temps, encara que els resultats podrien ser millor que els altres?

El treball presenta la historia dels motors, els tipus que hi han, i les especificacions de funcionament, components, etc... També s'exposen els avantatges i els inconvenients d'uns i altres, per tal de veure les diferències, i poder deduir el perquè de la pregunta anteriorment plantejada.



Roda Romana per moure un moli de blat utilitzant la força del aigua



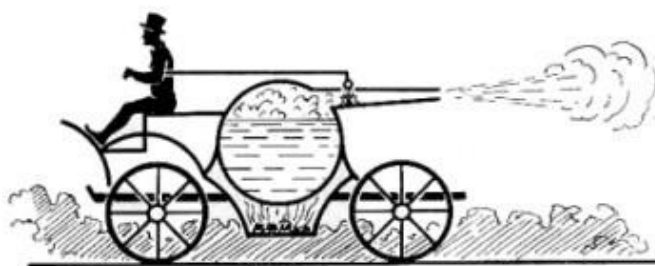
## -HISTÒRIA DELS MOTORS

### Historia dels motors:

Els aventurers de tots els temps, han desitjat sempre poder volar pels cels, travessar el mar i la terra a grans velocitats i amb llibertat de moviments. A la mitologia i la literatura antiga, existeixen relats, i especulacions sobre aquest tema, però fins que es va inventar la màquina de vapor, el més semblant que va poder fer l'home va estar el moviment de vaixells amb l'ajut de l'aire, i el desplaçament "ràpid" de carruatges amb l'ajuda de algun animal. Per això la màquina de vapor, i el motor de gas han revolucionat aquests aspectes, i han fet possible la navegació aèria, marítima i terrestre.

El període de especulació d'aquest problema sembla que comença al segle XIII. Roger Bacon, era un monjo franciscà anglès que va viure en aquell temps d'ignorància mecànica, i que va escriure però la base de la ideologia de la mecànica: " **Arribarem a poder construir màquines amb les que poder impulsar grans vaixells amb més velocitat que amb un munt de remers, i amb les quals sols es necessitarà un pilot per fer anar l'embarcació; Impulsarem carruatges amb una velocitat increïble sense l'ajut de cap animal, i construirem màquines que mitjançant unes ales ens permetran volar pels cels com els ocells**".

Tot el que s'expressa en aquesta postulació feta en un temps en que no hi havia cap mitjà per a el seu compliment, ha arribat a ser una realitat.



carruatge de quatre rodes.

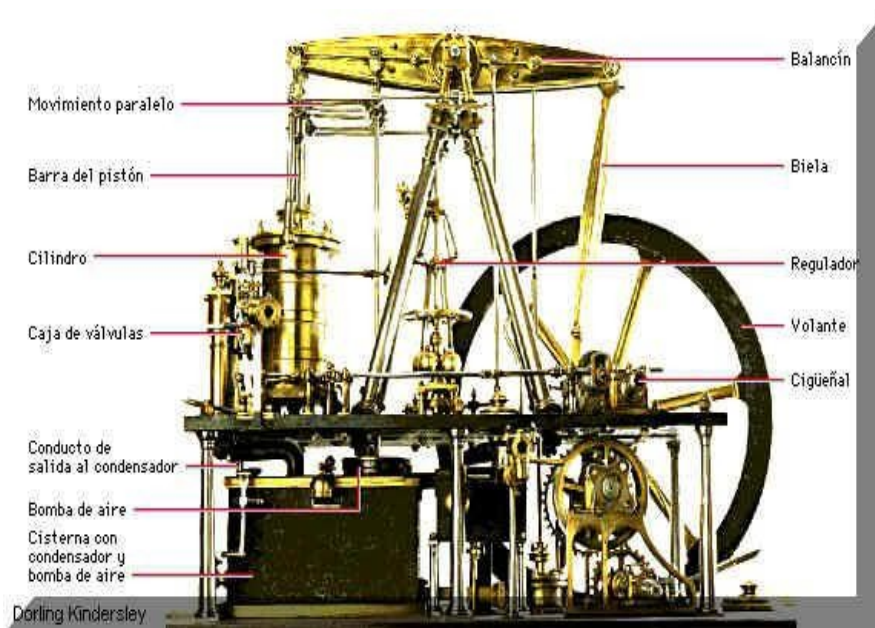
Bacon no va fer cap indicació practica envers de com esperava que succeïssin aquells fets, però al 1680 es creu que Isaac Newton va suggerir la idea de un vehicle automòbil. Va construir un generador de vapor esfèric, sota el qual anava un petit forn, i tot això muntat en un car-



## -HISTÒRIA DELS MOTORS.

### Historia dels motors:

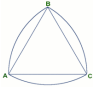
La invenció de la màquina de vapor a finals del segle XVII va reviuire les especulacions sobre les possibilitats de volar i donar impulsió als vehicles, proposant-se moltes idees interessants sobre la resolució d'aquest problema.



Amb motiu de la reparació d'una màquina de vapor de Newcomen, James Watt ideà una sèrie de perfeccionaments per a aprofitar més bé el vapor mitjançant un condensador separat (1765); poc després (1769) patentà el seu invent. El 1775 es posà a fabricar la seva màquina. Ideà diversos sistemes per a la conversió del moviment alternatiu en rotatiu. Ideà també l'èmbol de doble efecte (1785) i el famós regulador de boles que duu el seu nom. Per les millores introduïdes hom el considera, sovint, com el veritable creador de la màquina de vapor moderna.

Francis Moore va inventar el vehicle automòbil al 1769, i va estar tan segur del seu èxit que ell i alguns amics seus es van vendre els cavalls. Però Watt no va ser tan entusiasta amb l'ús de la màquina de vapor per als vehicles, i sembla ser que va intentar desanimar als qui es proposaven resoldre el problema. En aquest període de experiment i expeculació Nicolaus Cugnot va construir la primera locomotora que va transportar viatgers.

Al 1884 l'inventor alemany Gottlieb Daimler va construir i patentat el motor de gas. Era petit, però de gran velocitat i molt poc pes en comparació amb la força motriu que era capaç de donar. La ignició s'obtenia per mitjà d'un tub calent ajudat pel l'escalfor de la compressió. A aquesta màquina la va seguir al 1875 la patent en el tipus de motor de cigonyal, que es va fer famós a l'història de la construcció d'automòbils. Aquest mateix any Daimler va patentar una primera aplicació del seu motor per a bicicletes, donant així una primera idea de l'ús d'aquest motor per a fer carruatges. Per a aquesta màquina, Daimler va inventar el primer carburador per volatilitzar gasos de manera que poguessin cremar a un motor de gas.



## -HISTÓRIA DELS MOTORS.

### Historia dels motors:

Al 1886 Karl Benz, va patentar un tricicle mogut per un motor de benzina. Aquest vehicle va tenir un gran èxit, i va ser construït en sèrie. Es considera així a Benz com un dels grans precursors d'aquesta indústria.

Els gran èxits de Benz i Daimler van estimular la experimentació i l'apreciació de molts nous inventors, entre ells molts francesos com: Serpollet, Peugeot, Panhard, Levassor, alguns més que van contribuir molt en perfeccionar el nou model de carruatge. L'entusiasme es va estendre ràpidament a Anglaterra, i als EEUU. Duryeas va construir el seu primer automòbil als EEUU al 1891, i al començament del segle XX els vehicles moguts amb benzina s'havien desenvolupat fins a deixar el seu èxit ben assegurat.

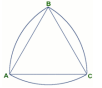


Benz model Victoria y Motocicleta Daimler

Però va ser sense dubte *Henry Ford* quan instal·là la seva planta de fabricació a Detroit qui va implantar la fabricació en sèrie.

L'automòbil que el va portar a l'èxit fou el model *Ford T* del qual se'n fabricaren més de 15 milions.





## -HISTÓRIA DELS MOTORS

---

### Classificació:

Es pot dir que hi ha dos grans tipus de motors:

El motor de combustió externa o exotèrmics.

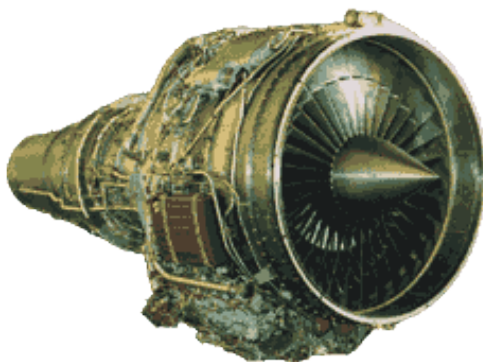
I el de combustió interna o endotèrmics.

### Motors de combustió externa:

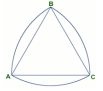
A aquests motors, el combustible es crema, i explota, i la força de la explosió produeix la força motriu. Per exemple, un turbina d'avió, a la turbina, s'injecta el querosè a l'aire a gran pressió, i es produeix la ignició espontània del querosè, i la força de l'explosió mou la turbina.

L'inventor del motor de combustió externa, o motor Stirling, va ser Robert Stirling al 1816. Aquest motor va ser creat com a competència de la màquina de vapor, ja que intentava simplificar-la. Va perdre interès després de l'aparició del motor Otto, però s'ha reprès la investigació gràcies a els avantatges que presenta.

El motor Stirling utilitza un fluid de treball per moure els èmbols, que seria un gas "ideal", i que es escalfa y refreda alternativament amb l'ajut de una font qualsevol de calor externa.



A la esquerra, turbina se avió. A la dreta motor Stirling que funciona amb la escalfor de una bombeta. Tots dos pertanyen al grup de *combustió externa* malgrat les grans diferències.



## -HISTÒRIA DELS MOTORS.

### Classificació:

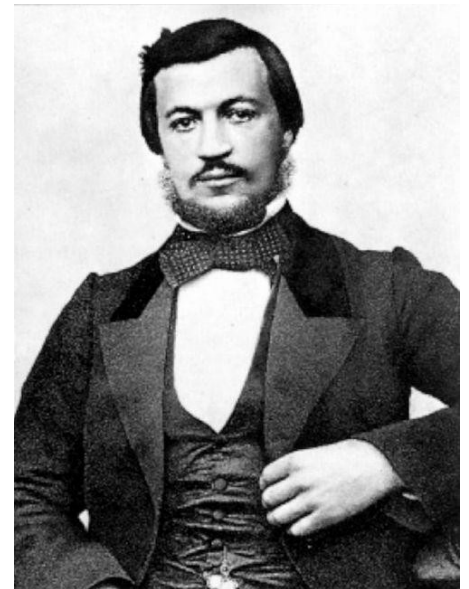
#### Motors de combustió interna.

Per altra banda, **als motors de combustió interna**, el combustible es crema dins una cambra de combustió per on es desplaça el pistó, i la biela. La explosió del combustible fa moure el pistó, que està unit a la biela, que està unida al cigonyal, i d'aquesta manera, es transforma el moviment lineal del pistó en un moviment circular continu, que serà el que faci girar les rodes.

Nikolaus August Otto va ser l'inventor del motor de combustió interna.

Otto, era el director de compres de la fabrica de motors de gas Deuz, i amb l'ajut dels tècnics de la fabrica, van fer el diagrama de funcionament del motor. Otto, però ja havia establert el funcionament d'aquest motor de manera independent juntament l'enginyer francès Alphonse Beau de Rochas. Malgrat això, no va presentar la patent, ja que encara no tenia clara la manera de portar a la practica el seu invent.

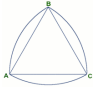
Més tard, a l'any 1876 va trobar la solució als seus problemes mentre observava la xemeneia d'una fabrica.



Nikolaus August Otto ( 1832-1891)

S'en va adonar del problema, i es va dir: " Si disperses un gas explosiu en un aire prèviament aspirat o que es troba tancat en un cilindre, es formarà aleshores una mescla semblant a la que compon el fum. En el lloc de la cambra de combustió serà molt densa, i s'anirà diluint a mida que es vagi allunyant d'aquest lloc." Al adonar-se d'això, Otto va construir el primer motor de combustió que va funcionar a la perfecció des del primer moment.





## -HISTÒRIA DELS MOTORS

Clasificació:

Motors de combustió interna.

El motor Wankel.

Un altre tipus de motor d'explosió interna es el motor Wankel, que va ser inventat per Felix Wankel.



Félix Wankel (1902-1988) amb el seu motor

Va obtenir la seva patent al 1936 i es va començar a fabricar discretament a l'any 1954 gracies a que Wankel va arribar a un nivell suficient per portar-lo a una aplicació practica.

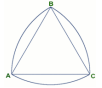
Es va començar a fabricar des de aleshores, amb un èxit escàs, degut a que no va poder superar les expectatives envers al motor d'explosió corrent, a més a més de ser tan o més complicat que aquest.

Felix Wankel, el va definir així: "Un motor rotatiu de combustió interna en el que un rotor triangular gira dins d'una carcassa especialment dissenyada, i que realitza les mateixes funcions que els pistons d'un motor convencional, però reduint pes i número de parts mòbils."

Al 1959 la fàbrica alemanya N.S.U. va anunciar que el motor ideat pel Doctor Wankel havia arribat a un estat experimental i que prometia una aplicació

pràctica immediata.

Des de aleshores diverses empreses inversores importants van adquirir llicències d'aplicació.



## -TIPUS DE MOTORS.

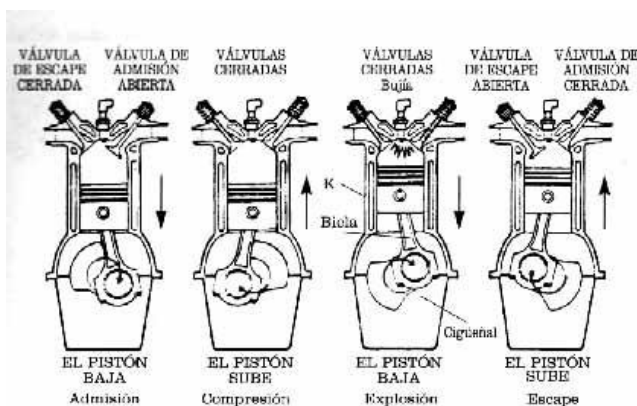
### Conceptes:

- Els motors d'explosió es caracteritzen per tenir un cicle de combustió. Aquest cicle de combustió consta de unes fases aquestes fases, son les que componen el cicle, i en cadascuna d'elles el motor realitza alguna acció. Aquestes fases son:  
Admissió; És on el motor absorbeix la mescla de carburant i aire (que prèviament s'ha fet al carburador) i la introdueix a la cambra de combustió. Aquesta fase es dona quan el pistó està baixant en el recorregut del cilindre.

\*.- **El carburador** es un component extern del motor, i la seva funció es la de fer la mescla de aire i carburant adequada per al règim de revolucions desitjat. Ho fa aprofitant la depressió que produeix el pistó al baixar pel cilindre, i mitjançant una mena d'injectors els quals estan regulats per uns dosificadors calibrats, i un sistema que obre o tanca el dosificador a mida que es dona o es treu pressió de l'accelerador. Amb aquest sistema es controla l'alimentació del motor, i per tant el regim del motor.

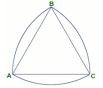
Compressió; Es la fase en que el pistó puja pel cilindre, i on es comprimeix tota la mescla de carburant per tal de preparar una pressió suficient per a donar les bones condicions de la combustió d'aquest.

Explosió; Es dona en el moment en que el pistó està al punt mort superior (que es el punt on el pistó ja no fa més recorregut cap a d'alt en el cilindre, i per tant, es prepara per tornar a baixar) i es quan la el carburant que hi ha a la cambra de combustió s'encén gracies a la bugia, i empeny el pistó amb força cap avall.



Escapament; Es la última fase del cicle, té lloc quan el pistó després de rebre força de la explosió, ha baixat, i torna a pujar empenyent els gasos de la combustió

cap al tub d'escapament, i preparant el motor per a començar un altre cicle.



## -TIPUS DE MOTORS.

### Conceptes i tipus:

- **Les fases** de la combustió, el motor les fa mitjançant el moviment del sistema de pistó, biela i cigonyal. Els motors es diu que fan les fases en (x) "temps". Un temps es quan el cigonyal dona una volta sencera, i per tant quan el pistó ha pujat i ha baixat pel cilindre. D'aquí es treu el concepte de "temps", i així denominarem cada volta del sistema. Quan es parla del "tems", es fa referència al número de voltes del sistema que necessita un motor per complir les quatre fases de la combustió. Per això els motors es classifiquen de la següent manera:



Motor de 2 Temps

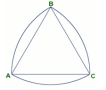
- **El motor de dos temps:** Aquest motor es el mes senzill, fa les quatre fases del motor en dos temps. Al primer temps fa la admissió, i l'escapament, i al segon temps fa la compressió, i l'explosió. Aquest motor funciona amb gasolina, que es mescla amb aire al passar pel carburador. Com que aquest motor no consta d'un càrter amb oli, la lubricació es fa mitjançant l'oli que s'ha d'afegir a la benzina. Poden constar de un o més pistons.

- **El motor de quatre temps:** Aquest motor es una mica mes complicat que el de dos temps, ja que fa una fase del motor en cada temps (moviment) del pistó. Aquest motor també té vàlvules d'admissió i d'escapament, que estan coordinades amb el cigonyal, per tal de que totes les parts actuïn en concordança. Aquest motor té un càrter amb oli, y una bomba d'oli per lubricar les parts mes altes del motor, com podria ser l'arbre de lleves.



Motor de 4 temps d'aeromodelisme on s'aprecien les varilles d'actuació de les vàlvules

Aquest motors poden funcionar amb **benzina o gasoil**, si són de benzina, portaran carburador, o uns injectors, a més amés de les bugies per produir la combustió. Si funcionen amb gasoil, no portaran bugies ni carburadors, però si uns injectors, que injecten el combustible prèviament escalfat a una temperatura, per tal que al comprimir-se al cilindre, es produeixi una explosió deguda a la presió del gasoil calent. Totes dues modalitats poden constar de un o més pistons.



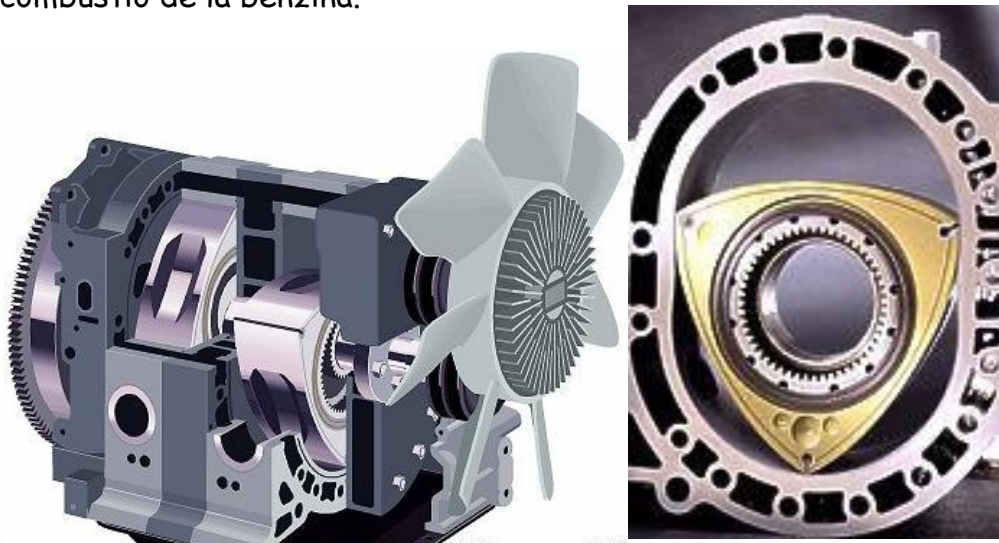
## -TIPUS DE MOTORS.

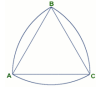


### Tipus de motors

- El motor rotatiu: D'aquest tipus de motor hi han varies versions que funcionen de diferent manera:

El primer tipus es el **motor Wankel**, aquest motor consta d'un sol pistó de forma triangular amb les parets esbombades, i la seva cambra de combustió son dos semicercles formant una mena de 8. Aquest motor també fa les quatre fases característiques dels motors de combustió (Admissió, compressió, explosió, i escapament), amb l'única diferencia, de que les efectua en una sola volta de cigonyal. Per moure el cilindre, al cap del cigonyal s'incorpora un engranatge excèntric, que engrana a l'engranatge circular que hi ha al centre del pistó triangular. El motor Wankel ha de portar carburador, o injector per introduir el combustible a la cambra de combustió, i una bugia per produir la combustió de la benzina.



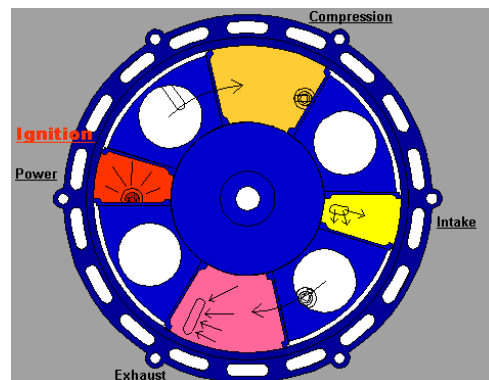


## -TIPUS DE MOTORS

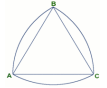
### Tipus de motors:

Un altre tipus de motor rotatiu es el motor **Amell**, aquest motor consta de una cambra de combustió circular, on es mouen els cilindres amb una disposició una mica especial, estan situats en forma de creu (+), y fan un moviment intermitent, quan una part rep la explosió, l'altre es mou, i viceversa.

Aquest motor funciona amb benzina de baix octanatge, y té les avantatges de tenir menys peces, menys pes, i menys vibracions, con en el cas del motor Wankel. Aquest motor aprofita la energia cinètica dels pistons, i la energia de la explosió per fer la compressió, i per tant, hi ha menys despesa de carburant. A part d'aixó té una molt bona relació potencia-pes, i la capacitat de poder multiplicar les cambres de combustió d'una manera equitativa, per tal de obtenir mes potencia.



Imatges de funcionament i estructura del motor Amell



## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Funcionament:

El motor de dos temps, amb un únic cilindre, encara que basat en els altres motors automotrius, es diferencia bàsicament en que el propulsor realitza un cicle complet en dues carreres o voltes del pistó. Igualment al quatre temps, diferencia les quatre fases (admissió, compressió, explosió, i escapament) però ho fa únicament en dos cicles.

El pistó comprimeix la mescla d'aire i combustible, la qual rep la guspira de la bugia, que genera la combustió, impulsant el pistó, i la biela cap al cigonyal, on es converteix en un moviment giratori, el moviment lineal del pistó.

Aquesta conversió del moviment junt amb el moment d'aplicació de la força de la explosió a la biela, fan que aquest tipus de motor generi molta vibració, ja que al constar de moltes parts mòbils, és difícil aconseguir que no vibri. Per a contrarestar les vibracions, s'instal·len al motor volants d'inèrcia, i contrapesos, encara que resolen en part el problema, també suposa elevar el nombre de peces en moviment al motor i incrementa el pes del conjunt.

Aquest motor no té vàlvules, i la culata subjecta la bugia mentre que a la part superior del pistó, es realitza la combustió amb totes les seves fases:

**Explosió:** el pistó és a dalt, i la mescla comprimida entre la part superior del pistó, i la culata explota amb la guspira de la bugia.

**Escapament:** el pistó és impulsat amb força cap avall, i a la meitat del recorregut, descobreix l'orifici d'escapament per on sur el gas de la combustió.

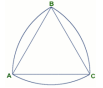
**Admissió:** una mica més avall del recorregut del pistó, es descobreix un altre orifici, per on entra la nova quantitat de mescla a pressió, i que expulsa els últims residus de gas. La pressió de entrada la aconseguix amb l'efecte del buit al baixar el pistó.

**Compressió:** Amb la inèrcia, el pistó puja cap a la culata comprimint la nova mescla, i tornant a començar el procés.

Per altra banda com el càrter del dos temps s'utilitza com a cambra de precompressió, i no pot contenir oli, la lubricació, es fa afegint la quantitat d'oli necessària, al dipòsit de benzina.

L'oli de la mescla, al cremar-se la benzina, i gràcies a la circulació d'aquesta per tot el circuit, es va quedant enganxat per les parets del cigonyal, i del cilindre, disminuint la fricció, i evitant que es generin residus.

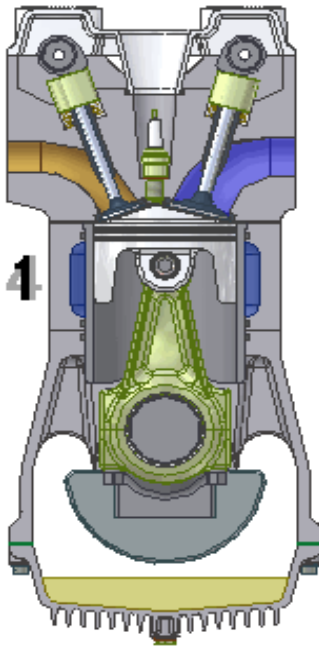
Per altra banda, el bon funcionament del motor de dos temps, depèn del tub d'escapament, ja que aquest està dissenyat per compensar les ones de pressió i depressió creades amb el moviment del pistó, cada motor té el seu tub d'escapament, i canviant-lo es pot variar el rendiment del motor.



## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Funcionament:

El motor de quatre temps, és molt semblant al de dos temps ja que compleix les quatre fases de la combustió, però aquest, ho fa en quatre temps, o moviments del pistó. Els aspectes que diferencien els quatre temps dels de dos temps, són: El sistema de arbre de lleves, i les vàlvules, aquests motors reben l'admissió de combustible, i alliberen els gasos, a través de uns orificis que s'obren, i es tanquen a la part superior de la culata. Aquests orificis estan regulats per unes vàlvules que els obren i els tanquen en el moment necessari.

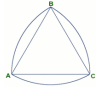


Tall vertical del motor de 4 temps

Les vàlvules s'actuen mitjançant l'arbre de lleves, aquests arbres, solen ser un o dos eixos, amb una sèrie de lleves que accionen les vàlvules.

El motor de quatre temps també consta de un càrter plé d'oli que lubrica el cigonyal, a diferencia del de dos temps que va en sec, i es lubrica mitjançant la mescla d'oli amb la benzina. A més a més el motor de quatre temps necessita que l'arbre de lleves també estigui ben lubricat, per tant a la part inferior del càrter, hi ha una bomba d'oli que fa que aquest pugui pujar a l'arbre de lleves per tal de una bona lubricació.

Per a que tots aquests sistemes funcionin en harmonia, es coordinen entre sí mitjançant una cadena o corretja de distribució, que s'encarrega que cada part, ja sigui l'arbre de lleves, el moment de la guspira, o tota la resta d'elements que hagin d'anar coordinats, ho estiguin.



## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Funcionament:

El motor Diésel, és una altra manera de fer funcionar un motor de quatre temps. Aquest motor funciona amb gasoil, y la combustió d'aquest es fa per la compressió a alta presió del combustible, que fa que exploti.



Com es pot apreciar a la foto, el motor diésel és més gran, i per tant més pesant, i amb més peces que els altres.

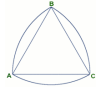
Degut a això els motors Diésel, no tenen bugies, sinó uns injectors que introdueixen el gasoil calent als cilindres. El gasoil s'introdueix calent, ja que prèviament s'ha escalfat amb els escalfadors. S'escalfa per a que s'inflami amb més facilitat amb l'aplicació de una mica de presió.

A més a més, també es dona presió al combustible mitjançant una bomba per tal de facilitar la formació de la presió suficient per a que el gasoil pugui explotar al la cambra de combustió.

Aquest motors, encara que tenen els mateixos components que els de benzina, no acaben de funcionar exactament igual, els Diésel funcionen així:

Al primer temps (el de aspiració), entra aire pur al cilindre per la descompressió ke fa el moviment de retrocés del pistó. El segon temps comprimeix l'aire a molt alta presió per a que agafi una temperatura elevada. Al tercer temps s'injecta el gasoil calent en el cilindre, i aquest s'inflama degut a la alta temperatura que s'ha format al cilindre. I a quart temps, el pistó desplaça els gasos de la combustió cap al tub d'escapament.





## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

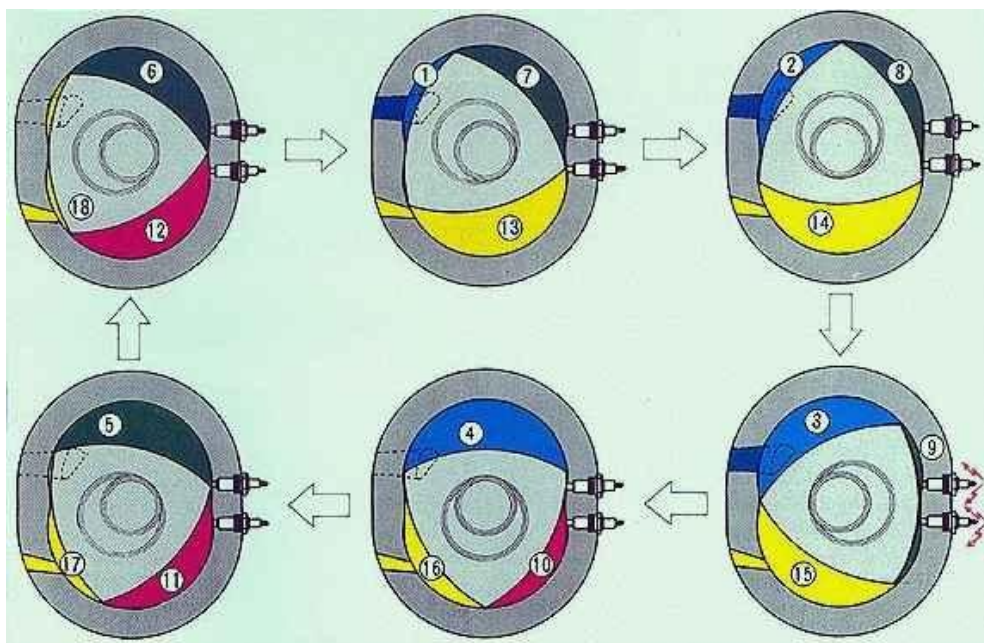
### Funcionament:

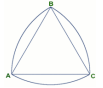
El motor rotatiu Wankel funciona exactament com la resta de motors anteriorment citats, tret que ho fa de manera diferent. Aquest motor també està dotat de cilindres, encara que sols en té un. El cilindre i la cambra de combustió, tenen una forma molt diferent als motors que ja coneixem. El Wankel té una cambra de combustió amb forma de dos semicercles units a gairebé un terç de la seva mida, formant així una mena de 8. Per altra banda el pistó, es com un triangle abombat.

El motor consta de les mateixes parts que la resta, té un sistema d'alimentació, un sistema elèctric, un d'escapament, i un de refrigeració. Però la eficàcia d'aquests és major al Wankel, ja que compleix els quatre temps simultàniament. Al fer les funcions de cycle de combustió alhora, i al no tenir que transformar cap moviment lineal, (ja que el moviment del pistó és circular, i es transmet directament al cigonyal) doncs es redueixen les vibracions, y la pèrdua de energia en la conversió del moviment.

Aquesta situació del cilindre i el pistó, exigeix un règim més baix de revolucions per donar la mateixa potencia que el motor de èmbol, i dona més par motor en cada explosió. Per altra banda el motor rotatiu produeix potència sobre l'eix excèntric durant tota la revolució.

El motor rotatiu Wankel és més petit que un de èmbol tradicional, ja que necessita menys peces mòbils, y el volum total del motor es veu reduït envers als de pistons, encara que això no afecta a que el motor rotatiu doni el mateix rendiment.





## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Funcionament:

Es fonamental per comprendre el funcionament del motor Wankel la forma de les parets interior de l'estator ( cambra de combustió), que en altres motor seria el cilindre, i que també es pot denominar com "culata periférica".

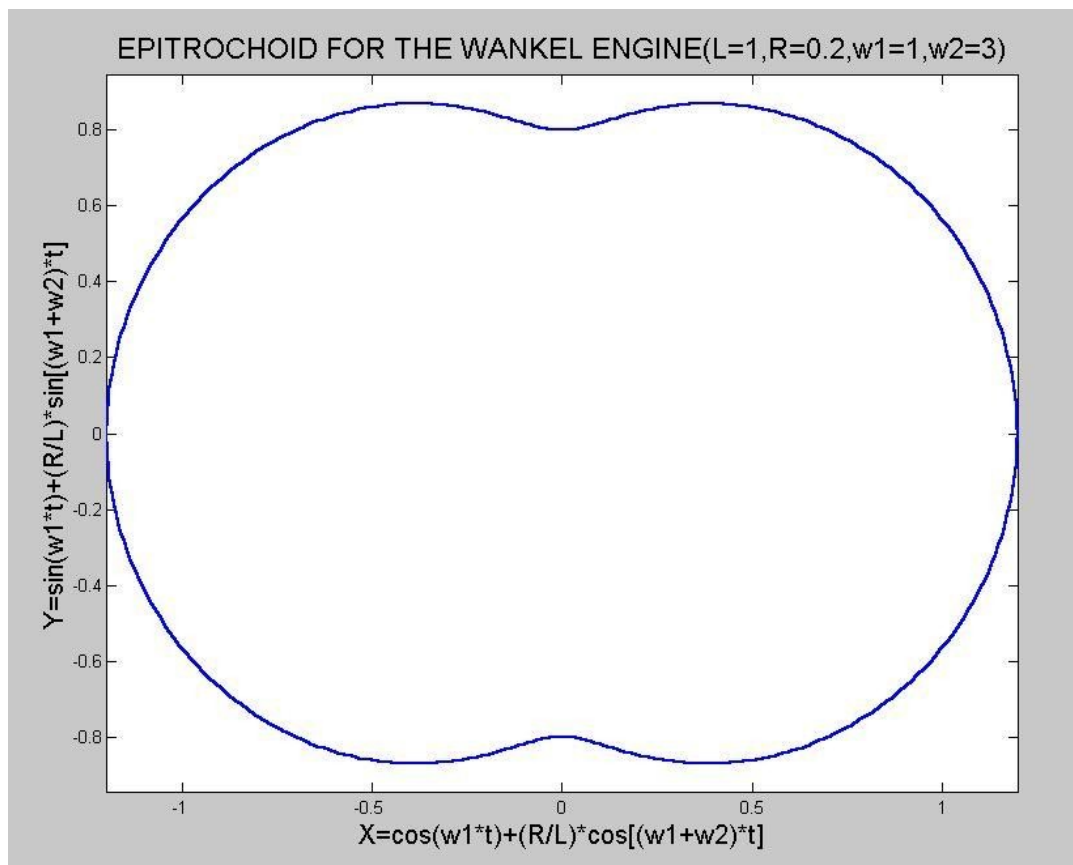
L'aspecte característic d'aquesta culata, és que la zona de fricció ha d'estar sempre en contacte amb els tres vèrtex del rotor triangular, ja que aquest gira excèntricament, si no fos així el moviment d'excentricitat no seria possible.

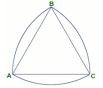
Així doncs, la mecanització de l'estator ha de ser molt acurada, i ha de tenir una curva "epitrocoide" amb una gràfica que segueixi aquesta funció:

$$X = \cos(w_1 * t) + (r/l) * \cos((w_1 + w_2) * t)$$

$$Y = \sin(w_1 * t) + (r/l) * \sin((w_1 + w_2) * t)$$

Essent:  $l=1$  ;  $r=0$  ;  $w_1=1$  ;  $w_2=3$  ; i  $t=angle$





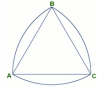
## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Componets:

- Els motors de dos temps** es componen de: els **càrters** que formen la base del motor, on s'allotja el cigonyal i gairebé totes les parts mòbils del motor, a més, té importants funcions en la admissió. També subjecta les parts del motor com el cilindre, la tovera d'admissió, les bombes d'oli i aigua si les hi ha, i les carcasses exteriors del motor. Al carter s'uneix el **cilindre**, que allotja el pistó, i al qual se subjecta la culata. Aquest cilindre pot ser refrigerat per aire o per aigua. La **culata** es la peça que tapa el cilindre, i amb la part superior del pistó fa possible la cambra de combustió del cilindre, en aquesta culata es rosca la bugia. El **pistó i els segments** llisquen per el cilindre, i fan possible la estanquitat de la cambra de combustió, a més a més mouen els gasos ja siguin de admissió a d'escapament. Aquests segments son una mena de molles circulars que s'adapten a la forma del cilindre, i van assentades al pistó. Aquest últim va unit a la **biela** mitjançant un coixinet d'agulles i un buló. La biela s'uneix al **cigonyal** de la mateixa manera, i aquest converteix el moviment lineal de la biela en un de circular, que es manté amb inèrcia mitjançant un pes a un costat del cigonyal, que a la vegada sol fer de volant magnètic, l'altre costat del cigonyal transmet al corresponent sistema d'engranatges multiplicadors i reguladors el moviment circular per tal de acondicionarlo per al ús que se li vulgui donar. Aquest conjunt d'engranatges es la **caixa de canvis**.



Totes les parts mòbil d'un motor de 2 temps d'aeromodelisme



## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Components:

- En els de **quatre temps** la cosa va mes o menys pel mateix camí: Els **càrters** fan exactament la mateixa funció que als de dos temps, amb la diferència que aquests porten acoblat a la part de sota del càrter una mena de recipient on anirà l'oli per a la lubricació. També aquí el **cilindre** està unit al càrter, i com no a la **culata** pero aquesta culata és diferent a la dels dos temps, ja que consta d'un sistema de conduccions per a la admissió i l'escapament, a més d'un assentament per a les vàlvules i l'arbre de lleves. També té conductes per conduir l'oli dels càrters cap a l'arbre de lleves.

Com que la culata tanca la cambra de combustió, també porta un orifici roscat per a la bugia.

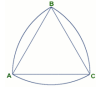
El **pistó** i els **segments** funcionen igual que als motors de dos temps donant la suficient estanquitat per a la bona compressió, i per a que la aspiració de benzina i l'escapament dels gasos pugui ser correcte. Com en el altre tipus de motor, el pistó va unit a la **biela** mitjançant un passador anomenat buló, i un coixinet cilíndric d'agulles.



A la imatge es pot veure una culata amb les seves vàlvules.

La biela s'uneix al **cigonyal** de mateixa manera, i aquest últim transforma el moviment lineal en moviment circular.

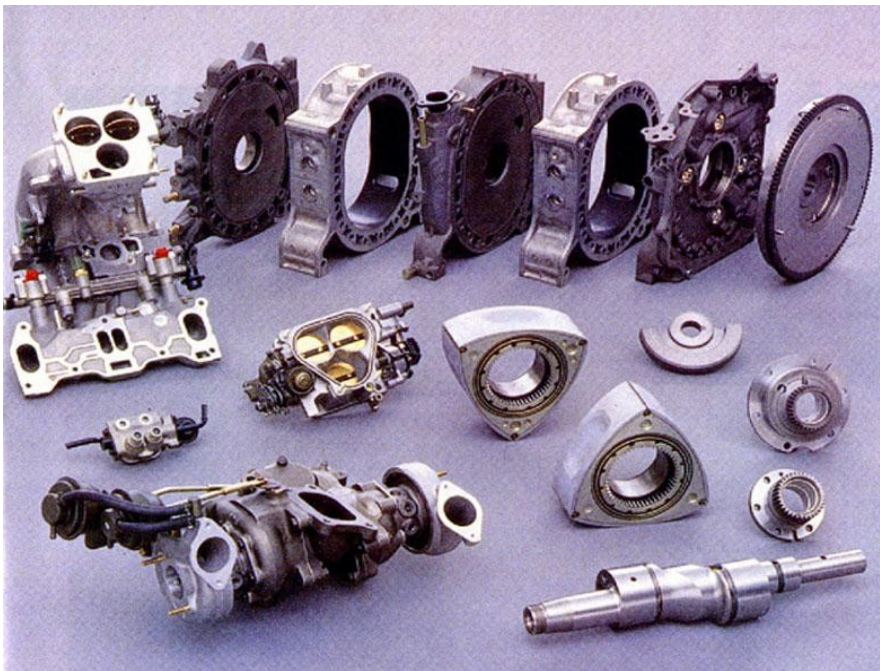
Per altra banda, per a que el motor funcioni, i tots els seus components funcionin en coordinació, la **corretja de distribució** s'encarrega de transmetre el mateix moviment a les parts mòvils del motor, la corretja coordina el cigonyal amb l'**arbre de lleves** per tal que les **vàlvules** obrin o tanquin l'admissió i l'escapament en el moment que toca.



## -CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS

### Components:

El motor wankel però, és totalment diferent als altres tipus de motors, encara que les funcions dels seus components acaben sent les mateixes que les dels altres motors. Els càrters d'aquest motor, són diferents, ja que alberguen l'estator (cambra de combustió), i la disposició d'aquest, es entre mig de les dues parts del càrter.



Motor desmuntat d'un motor Wankel de 2 rotors.

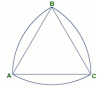
De un dels costats del càrter, surt el eix que exerceix de cigonyal, que té un engranatge excèntric a la part en que s'uneix amb el rotor (pistó), i que en una punta consta de un estriat que uneix el moviment del cigonyal amb els elements de transmissió, mentre que l'altra punta té el volant d'inèrcia, i la part del volant magnètic que dona al corrent per a la xispa.

El rotor té forma de triangle amb les parets curvilínies, i està foradat pel mig on té un engranatge perimetral, que engrana amb el engranatge excèntric del cigonyal.

Per poder produir la estanquitat suficient a l'estator, utilitza una mena de **segments en forma triangle**, que estan muntats en els vèrtex del triangle del rotor, i que amb l'ajut d'una molla, fan possible la estanquitat de les cambres.

A més a més com els altres motors té un sistema de carburació, o bé d'injecció per a preparar el combustible a la cambra de combustió, i un sistema de refrigeració del estator ja sigui per líquid, o per aire.

Com es pot veure, aquest motor té menys elements mòbils o no mòbils vinculats al funcionament de la màquina.



## -COMPARATIVA TEÓRICA

---

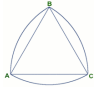
### El motor de dos temps:

Es caracteritza per la seva senzillesa, ja que les úniques peces en moviment són el pistó, la biela, i el cigonyal. La seva potència es la major parlant en terminis generals, ja que realitza el doble de cicles de combustió que un motor de quatre temps que funcioni al mateix règim. D'altra banda, el seu consum també és el més elevat dels tres tipus de motors, encara que malgrat la seva elevada potència el seu rendiment és molt baix (entre 20-25 %) degut a la baixa relació de compressió real, i la imperfecció en el govern dels gasos de admissió, i escapament, part dels quals surten sense cremar per el tub d'escapament.

Generalment produeix menys vibracions, que el de quatre temps (ja que hi ha un millor equilibri amb un nombre mes petit de cilindres), però vibra molt més que el rotatiu. La relació de par motor és millor que la dels quatre temps, ja que la freqüència de les explosions es major, però no aconsegueix donar el par de un rotatiu, ja que es impossible aconseguir-lo si a més a més ha de transformar el moviment del cigonyal. Els motors de dos temps, solen fer mes soroll que els altres tipus, perquè resulta difícil aconseguir-ho degut a la dificultat de disseny dels escapaments, i lo perjudicial que resulta silenciarlos per a la potència final.

D'entre tots els motors, es el més contaminant de tots, degut a la emissió de productes sense cremar, i l'ús de mescla a la benzina, ja que produeix residus carbonosos. Malgrat tot, amb el temps s'ha anat millorant aquest aspecte, amb l'utilització de sistemes diinjeció de benzina i oli.

La seva fiabilitat es la més baixa dels tres, degut a la imperfecció del sistema d'engrasament, el seu manteniment és pràcticament nul, y els costos de fabricació i reparació, molt baixos. S'utilitza en petites cilindrades que s'usen a ciclomotors, i scooters per la seva senzillesa, i el baix cost d'adquisició.



## -COMPARATIVA TEÓRICA

---

### El motor de quatre temps:

És el de ús més estès, la seva potència és intermitja, i el seu consum el menor dels tres.

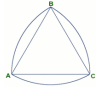
Per la banda del rendiment mecànic, és bo, ja que oscil·la entre el 20% i el 28%. Per això s'aconsella el seu ús en cilindrades mitjanes i altes destinades a donar potències elevades.

D'altra banda, les vibracions, i la regularitat d'aquest motor, no poden plantar cara als seus dos rivals, encara que un bon equilibrat d'eixos pot reduir considerablement les vibracions.

El soroll i la contaminació són els més baixos comparats amb els altres tipus de motors, i per això s'utilitzen molt a països on les normatives són més exigents al respecte. La seva lleugeresa, no es pot nomenar com a tal, degut a la utilització obligada de culates complicades, i l'ús cada vegada més acusat de sistemes addicionals.

La fiabilitat que s'ha aconseguit amb el seu desenvolupament durant els anys, és òptima, sense dubte la millor dels tres. El seu manteniment per altra banda és el més alt de els tres tipus de motors, encara que en els costos de reparació i adquisició es situa en un lloc entremig entre el de dos temps, y el rotatiu.

Malgrat tot els motor de dos i quatre temps són els més utilitzats a la indústria, i actualment suposen gairebé un 98% de la producció de motors mundial.



## -COMPARATIVA TEÓRICA

---

### El motor Wankel:

És un motor que no consta d'elements amb moviment alternatiu, i poseeix sols dos amb un moviment rotatiu: El motor de tres vèrtex al que es fixa l'arbre excèntric i l'eix motor. Es pot comparar amb un motor tricilíndric de dos temps, ja que en una volta del rotor es completa un cicle a cadascuna de les cambres que queden entre el rotor la cambra de combustió.

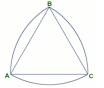
La seva potència és similar a la d'un quatre temps, i el seu consum es considera intermig. A l'hora de determinar la cilindrada d'aquest, hi han diferents criteris, degut a la complexitat del cilindre i la cambra de combustió.

Les vibracions són pràcticament nul·les en comparació amb els seus rivals, i això representa la seva principal virtut junt amb la senzillesa constructiva. La regularitat del funcionament es òptima, i el soroll, la contaminació, i la lleugeresa es troben als nivells normals. La fiabilitat és intermitja degut a els problemes d'estanqueitat que presenta la geometria de la cambra de combustió, i que troben el punt dèbil als tancaments d'aquesta, que fan a la vegada de segments.

Els costos de fabricació i reparació solen ser elevats a causa de la complicació en la mecanització de l'estator.

A fi de comptes, es tracta d'un motor amb escassa difusió, i una aparició relativament recent, que amb el desenvolupament adequat potser arribaria a constituir el substitut dels motors alternatius. Encara que aquest desenvolupament es veu afectat per la manca de confiança de les marques comercials, i la falta d'interés en la evolució d'aquest motor, ja que podria suposar una crisi per al negoci del motor tradicional.





## -CONCLUSIONS

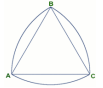
---

Un cop acabat el treball de recerca d'informació i d'haver-ho redactat tot, es pot veure la evolució del motor a la història. Al treball es reflexa la història de els tres grans tipus de motors, i es pot veure la evolució de cadascun d'ells. En aquesta evolució podem veure la resposta a la pregunta de la hipòtesi, ja que llegint i entenent la informació donada, ens adonem que la resposta a la pregunta de "perquè no s'utilitza el motor Wankel encara i tot els avantatges que presenta envers els altres?" Trobem que majorment es una qüestió d'inversió i confiança per part dels constructors, ja que mai han volgut aventurar-se a la comercialització del Wankel, perquè consideren que no està preparat per afrontar les expectatives del públic a qui es dedica. Però ara ens preguntem, "Si mai s'inverteix en el seu desenvolupament i es confia en les seves prestacions, quan podrà arribar a ser el motor Wankel un motor que pugui competir amb els existents?".

En el temps de recerca d'informació vaig voler ampliar els conceptes mirant de parlar amb els concessionaris a Barcelona de la marca japonesa Mazda, ja que és l'única que comercialitza un model de cotxe deportiu amb aquest motor. Vaig visitar els concessionaris i tallers oficials, i degut a la seva manca d'interès per col·laborar, únicament vaig aconseguir saber el motiu de per que confien en el motor rotatiu. Segons ells, " Es com una mica el distintiu de la marca, i a la vegada una aposta per a les diferents tecnologies".

La resta de conclusions venen de part meva després de haver-me informat bé, i he pogut deduir que el motor Wankel proposa moltes avantatges envers el de dos i quatre temps,( com la lleugeresa, la reducció d'elements mòbils, el rendiment, etc...). Però a la vegada pateix uns problemes greus que degut a la manca d'inversió en el desenvolupament, no s'han millorat, com poden ser els problemes d'estanquitat de l'estator, el material de els segments del rotor, i la ajustació dels consums de carburant.

Fent el treball he pogut aprendre molts conceptes que desconeixia del motor Wankel, i també molta informació dels altres tipus de motors que existeixen, i que es coneixen, o no, com el motor rotatiu Amell, o el motor Stirling, que són dues propostes de motor diferents i molt interessants, que tampoc han sortit gaire la llum degut al triomf dels motors de dos i quatre temps.



## -BIBLIOGRAFÍA

---

La informació del treball l'he obtingut de moltes webs i llibres utilitzant les parts que més m'interessaven de cada lloc, així doncs exposaré els llibre i webs d'on he extret més quantitat d'informació.

### Llibres:

- **"La escuela del tecnico mecanico"** 2ª edició (Calderas, motores de combustión interna, i motores hidráulicos)  
Autor: Georg Weitzel, Karl  
Editorial: Labor S.A
- **"Como funcionan las cosas"** Volum X (Editorial Salvat de la tecnica)  
Autor: Editores S.A 1979  
Editorial: Salvat
- **"Motocicletas"** 32ª Edició  
Autor: M.Arias-Paz  
Editorial: CIE Dossat 2000

### Pàgines web:

<http://www.geocities.com/asengineering/mci.htm>  
<http://espanol.geocities.com/flukacs/contenido.htm>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_Wankel](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Wankel)  
<http://www.members.tripod.com/~roteng/mci2.htm>  
<http://www.eivissaweb.net/algarbtecono/apunts/TI2/mwankel/mwankel.htm>  
<http://www.portalmundos.com/mundomotormania/historia/automovil1.htm>  
[http://www.sapiensman.com/old\\_cars/autos\\_viejos\\_1.htm](http://www.sapiensman.com/old_cars/autos_viejos_1.htm)  
<http://www.supermotor.com/revista/actualidad/1999/12/5266.html>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna)  
<http://www.motosonline.net/motosonline/2stroke.asp>  
[http://www.elmotor.net/ficha\\_mecanica.asp?Id=2](http://www.elmotor.net/ficha_mecanica.asp?Id=2)  
[http://www.transporte.cu/ignicion/CD%20Boletines%202001/motor\\_rotativo.htm](http://www.transporte.cu/ignicion/CD%20Boletines%202001/motor_rotativo.htm)  
<http://revista.robotiker.com/articulos/articulo44/pagina1.jsp>