



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
ESPE - SEDE LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y MONTAJE DE UN BANCO DE
PRUEBAS DE MOTORES DE DOS TIEMPOS**

PROYECTO DE GRADO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE

INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

SANTIAGO JAVIER GRANIZO SOLIS

PABLO ENRIQUE TOSCANO LÓPEZ

LATACUNGA-ECUADOR

2003

I.- INTRODUCCION

1.1.-FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS

El motor de 2 tiempos, con un solo cilindro, aunque basado en el mismo principio del resto de los motores automotrices, se diferencia básicamente en que el propulsor realiza su ciclo completo en dos carreras del pistón. De igual forma que el de 4 tiempos, diferencia la fase de admisión, compresión, combustión y escape, pero, repito, en dos tiempos o ciclos. El pistón comprime la mezcla de aire y gasolina, la cuál recibe la chispa de la bujía que genera su combustión, impulsando al pistón y la biela hacia el cigüeñal que convierte en giro el recorrido vertical del pistón.

El motor de dos tiempos es un motor de explosión que ofrece una carrera útil o de fuerza por cada vuelta del eje cigüeñal. Esto, que en principio parece que tiene poca importancia tiene una ventaja muy notable frente al clásico motor de cuatro tiempos, que solamente nos produce trabajo en uno solo de los tiempos del ciclo.

Por este motivo, el motor de dos tiempos debería tener teóricamente el doble de potencia que uno de cuatro tiempos con cilindros de las mismas dimensiones, pero en la práctica se ha comprobado que raramente pasa de una potencia superior a vez y media, debido a problemas de desgastes excesivos de cilindro y pistón por engrase deficiente, calentamiento excesivo, refrigeración defectuosa y, lo que es más importante, dificultad en intercambiar gases a elevadas revoluciones.

El motor de 2 tiempos no tiene válvulas. La culata soporta a la bujía y en la parte superior del pistón se realiza la combustión con todas sus fases. Explosión: el pistón está arriba, la mezcla comprimida en el espacio entre la culata y la parte superior de pistón es explotada por la chispa de la bujía.

Expulsión: El pistón es lanzado con fuerza hacia abajo. A mitad de su recorrido se descubre el orificio de escape por el que expulsa el gas quemado.
Admisión: Un poco más abajo del recorrido del pistón se descubre otro orificio por el que entra mezcla fresca, que previamente había sido comprimida al bajar el pistón. Al abrirse el orificio sale a presión empujando los últimos residuos del gas.
Compresión: Por inercia el pistón sube comprimiendo esta mezcla fresca y repitiendo el proceso.

El motor de dos tiempos se llama así porque junta los cuatro tiempos de un motor convencional en dos solamente. Ateniéndonos solamente a lo que sucede en el interior de la cámara de compresión, diremos que los tiempos son admisión-escape y compresión-explosión, que corresponden a las figuras **2** y **4** situadas más abajo.

En vez de válvulas son sustituidas por tres o varios orificios llamados lumbreras o ventanas, y que son las lumbreras de escape **E**, admisión **A** y carga **C**, y que están abiertas en la pared del propio cilindro. Se abren y se cierran mediante el mismo pistón cuando efectúa las carreras de admisión-escape y compresión-explosión. El motor de dos tiempos debe completar la admisión, la explosión y el escape en un solo movimiento completo del pistón hacia arriba y hacia abajo.

El ciclo de trabajo comienza cuando el pistón se eleva desde el punto muerto inferior, con lo que descubre la lumbrera de admisión y se introduce una carga de combustible en el cárter hermético. Al continuar ascendiendo, cierra la lumbrera de escape y también la de carga, al tiempo que completa la compresión de la mezcla de combustible y aire en la cámara de explosión.¹

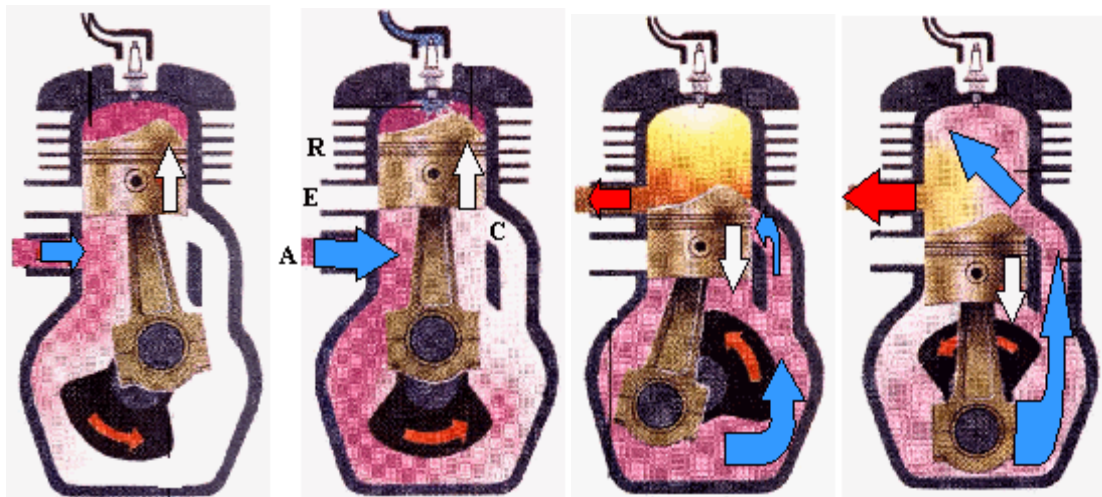
Inmediatamente antes del punto muerto superior se enciende la mezcla y el pistón desciende impulsado hacia abajo. Al descender descubre la lumbrera de escape y permite que los gases quemados salgan al exterior. Al mismo tiempo la parte inferior del pistón actúa como una bomba e impulsa la mezcla de

¹ <http://www..motor.com>

combustible y aire que se encuentra en el cárter hacia la lumbrera de carga, por la que pasa, y llega a la cámara de explosión preparada para entrar en ignición.

La refrigeración de este motor, por norma general, se consigue por aire (directo o forzado) a través de unas aletas **R** que rodean todo el cilindro y cámara de combustión. Estos motores no llevan tampoco circuito de engrase, el cual se realiza por mezcla de aceite con el combustible en una proporción del **5%** aproximadamente.

Compresión en el cilindro	Compresión y explosión	Escape en el cilindro	Escape y admisión en el cilindro
------------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------------------



Admision en el Carter.	Admision en el carter.	Compresion en el carter.	Compresion en el carter.
---------------------------	---------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Fig 1

Fig 2

Fig 3

Fig 4

Realmente es un poco mas complicado, pero este es el principio básico. Como el carter es utilizado como cámara de precompresión de la mezcla, este no se puede utilizar para contener el aceite de lubricación como en los motores de 4 tiempos. Por eso es que la lubricación se efectúa mezclando aceite con la

gasolina en el depósito. Estos motores se han llegado a complicar hasta la combinación de varios cilindros, pero el principio sigue siendo el mismo.²

ESTRUCTURA Y PRINCIPIO DE TRABAJO

a.- Motores de dos tiempos tienen una estructura sencilla.

La entrada y salida de los gases (cambio de gases) se hace por lumbreras en la pared de cilindro maniobradas por el pistón. Así no se necesitan ni válvulas ni sus elementos de accionamiento. Hay solamente tres partes móviles: pistón, biela y cigüeñal .

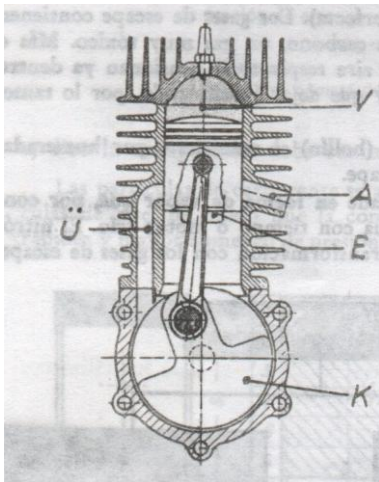


Fig 1. Estructura del motor de dos tiempos con bomba de carga de la cámara del cigüeñal.

V cámara de combustión

K cárter del cigüeñal

² <http://www.motor.com>

E lumbrera de admisión
Ü canal de sobrante
A lumbrera de escape

b.- El proceso de trabajo se desarrolla durante una revolución del eje cigüeñal.

Al efecto se necesita una bomba de carga, que aspira el gas fresco y ayuda la admisión y el barrido de la cámara de combustión. Por ser más sencillo, se usa el carter del cigüeñal impermeabilizado al gas con la parte inferior del pistón para bomba de carga.

De especial importancia es la conducción de las corrientes gaseosas, a fin de evitar pérdidas de gas fresco y una mezcla de los gases frescos y envejecidos en cuanto sea posible. Se han desarrollado los más diferentes procedimientos de barrido. Trátase entonces de un barrido de contracorriente o de un barrido de corriente continua.

c.- Para la lubricación se usa aceite fresco.

Se mezcla el aceite con la gasolina en la proporción de 1:25 o también de 1:40 (auto-unión). Sobran bomba de aceite, filtros y tuberías. Más económica es la lubricación por mezcla automática con una bomba especial de aceite.³

El aceite, mezclado con la gasolina, es desprendido en el proceso de quemado del combustible. Debido a las velocidades de la mezcla, el aceite se va depositando en las paredes del cilindro, pistón y demás componentes. Este efectos es beneficiado por las altas temperaturas de las piezas a lubricar. Un exceso de aceite en la mezcla implica la posibilidad de que se genere carbonilla en la cámara de explosión, y la escasez el riesgo de que se gripe el motor. Estos aceites suelen ser del tipo SAE 30, al que se le añaden aditivos como inhibidores

³ Mecánica Automotriz. Ing Rubén Coba. Tomo I. Año1998. Pag,48

de corrosión y otros. La mezcla aceite-gasolina es ideal hacerla en un recipiente aparte, y una vez mezclados, verterlos al depósito.

d.- El tubo de escape.

El motor de 2 tiempos está en desventaja frente al de 4 tiempos por la casi falta de control sobre la admisión y escape de gases en el cilindro. Esto le restaría potencia, por la falta de aprovechamiento al 100% de la mezcla si no fuera por el escape, este debe tener una forma que permita generar ondas de depresión y presión en el momento adecuado. Compensando las presiones y depresiones que ese generan con los desplazamientos del pistón. Cada tubo de escape está pensado específicamente para cada motocicleta y no se puede cambiar por otro modelo.⁴

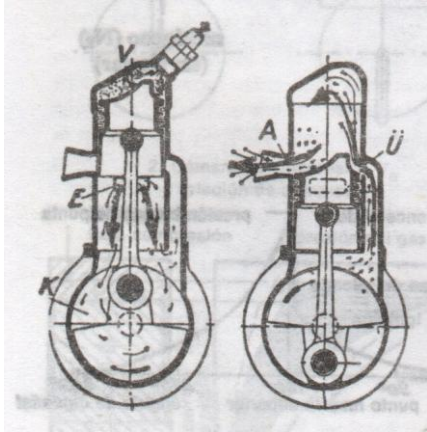
MOTORES DE DOS TIEMPOS CON BARRIDO DE CONTRACORRIENTE

a.- En el barrido transversal se desvía la corriente de gas fresco por una saliente dispuesto en el fondo del pistón (2).

Este motor más viejo de dos tiempos tiene tres canales: El canal de admisión E que conduce a la cámara del cigüeñal, el canal de sobrante Ü que une la cámara del cigüeñal con la cámara de combustión y el canal de escape A, situado frente a la lumbrera de sobrante en el cilindro, pero que abre un poco antes.

A pesar de la desviación del gas fresco por el pistón con deflector, no pueden evitarse pérdidas de gas fresco y una mezcla de gas fresco con gas envejecido.

⁴ <http://www.motor.com>



Fig(2). Motor de dos tiempos con barrido transversal

b.- Hoy tienen casi todos los motores de dos tiempos el barrido invertido según Dr. Schnürle (3).

El pistón tiene un fondo liso y en la culata hay dos ventanillas. El canal de escape está dispuesto entre dos canales de sobrante que conducen en sentido tangencial al cilindro. En la posición del punto muerto inferior se superponen las ventanillas del pistón y las lumbreras de sobrante.

Las corrientes de gas fresco que entran, pasan en ambos lados a lo largo del cilindro más o menos en sentido horizontal, topan frente a las lumbreras, se levantan en la pared del cilindro, invierten la dirección de movimiento arriba en el cilindro y empujan los gases perdidos en el canal de escape.⁵

⁵ Mecánica Automotriz. Ing Rubén Caba. TomoI. Año 1998. Págs, 48-49

Fig (3). Canales en el barrido invertido

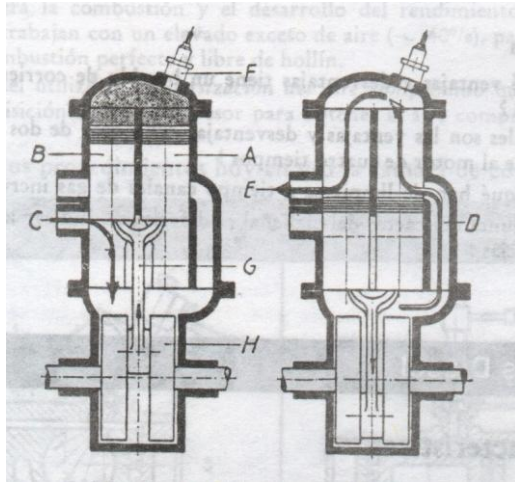


Fig (3a). Motor de dos tiempos con barrido invertido

Primer tiempo: Admisión (el pistón sube)	Segundo tiempo: Trabajo (el pistón baja)
<p>Debajo del pistón nace una depresión, que, una vez abierto el canal de admisión, deja entrar el aire fresco en el carter (aspiración).</p> <p>Encima del pistón pasa el gas precomprimido por los canales de sobrante en la cámara de combustión, los gases perdidos son expulsados por el canal de escape. Una vez cerrados los canales tiene lugar la compresión.</p>	<p>Encima del pistón la mezcla comprimida se enciende y quema. Alta presión y expansión de los gases rinden trabajo, hasta que la lumbrera de escape abra.</p> <p>Debajo del pistón y una vez cerrado el canal de admisión, es precomprimida la mezcla a 0.2-0.3 atü, hasta que después de abiertos los canales de sobrante, pueda pasar a la cámara de combustión.</p>

c.- La admisión depende de los tiempos de mando.

El cambio de gas tiene lugar solamente en el punto muerto inferior (desde poco antes hasta poco después del punto inferior muerto).

De la sencilla distribución por lumbreras resulta un diagrama de mando simétrico (4), o sea, las lumbreras abren así tantos grados antes del punto muerto inferior cuantos cierran después. Entonces se abre el canal de escape antes que los canales de sobrante. De este previo escape tan favorable durante la expulsión resulta, por desgracia, a movimiento ascendente del pistón un escape posterior que empuja gases frescos hacia el escape.

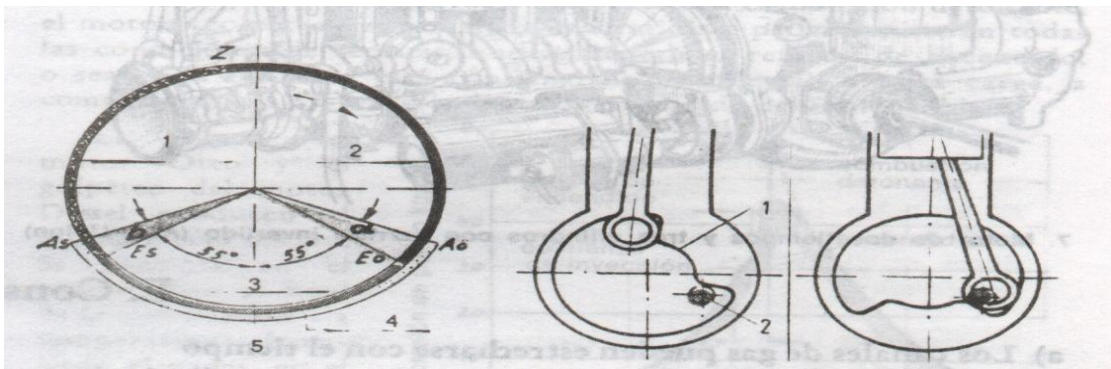


Fig (4). Diagrama de mando simétrico.

a= favorable escape previo
b= nocivo escape posterior

Fig(5). Mando por gualderas

de cigüeñal y distribuidor giratorio.

1 comprimir
2 trabajo
3 sobrante
4 escape
5 pmi

1 escotadura en gualderas de cigüeñal
2 canal de admisión en la pared del carter.

Por un mando asimétrico de admisión es posible mejorar la admisión lo que se puede conseguir mediante un distribuidor giratorio. Al efecto se usa el muñón del cigüeñal taladrado hueco o la gualdera del cigüeñal de forma especial (5) que por presión de resorte está en contacto con la superficie lateral en la pared de la caja del cigüeñal y tiene escotaduras especiales que superviran la apertura de admisión. Se emplea este mando por distribuidor giratorio en velomotores, para mejorar la admisión sobre todo en el campo inferior de revoluciones. El mismo efecto puede obtenerse también por mando de membrana.

MOTORES DE DOS TIEMPOS CON BARRIDO DE CORRIENTE CONTINUA

a.- En el barrido por corriente continua circulan gases frescos y gases envejecidos en la misma dirección por la cámara de combustión.

El gas fresco entra en un extremo de la cámara de combustión, el gas viejo sale de ella en el otro extremo. Así se obtiene una buena admisión y, sobre todo, es posible evitar mejor una mezcla de los gases . Para el mando se necesitan dos pistones o un pistón y válvulas.

Esta construcción es, por lo tanto, más costosa.

b.- En general se construyen motores de pistón doble en forma U (6).

Los dos cilindros dispuestos uno al lado del otro tienen una cámara de combustión común. El pistón A manda el canal de sobrante D, el segundo pistón la admisión C y el escape E. En la construcción más sencilla, los dos pistones están unidos con el eje cigüeñal H por una biela bifurcada G. De eso resulta otra vez un mando simétrico con escape posterior nocivo.

Con mayor ventaja trabajan motores con dos bielas unidas por articulaciones, biela principal y biela de articulación, que actúan sobre un muñón del cigüeñal transversalmente a la superficie del cilindro. Como quiera que uno de los pistones puede adelantar al otro, resulta un mando asimétrico con recarga útil. Esta construcción es sin embargo más complicada y cara.

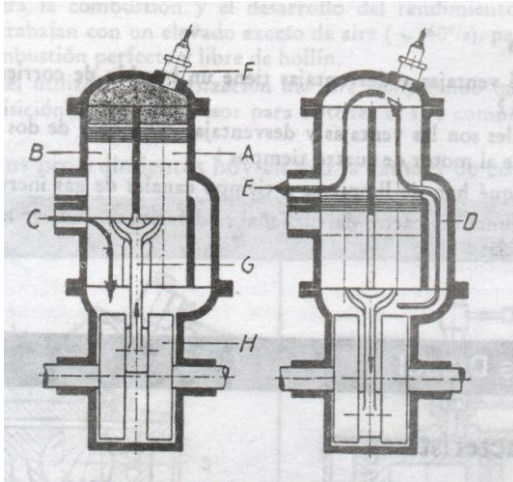


Fig (6). Barrido por corriente continua (motor de pistón doble).

PROPIEDADES DE LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS

a.- Motores de dos tiempos tienen un esfuerzo de rotación más uniforme.

Eso hay que reducir a una sucesión inmediata de las fases de trabajo, de modo que ya motores de un cilindro hacen girar bien el motor. Especialmente regular es el trabajo de motores de varios cilindros. Un motor de dos tiempos y tres cilindros(7) tiene casi la misma regularidad de marcha que un motor de cuatro tiempos con seis cilindros.⁶

⁶ Mecánica Automotriz. Ing Rubén Caba. Tomo I. Año 1998. Pág, 49

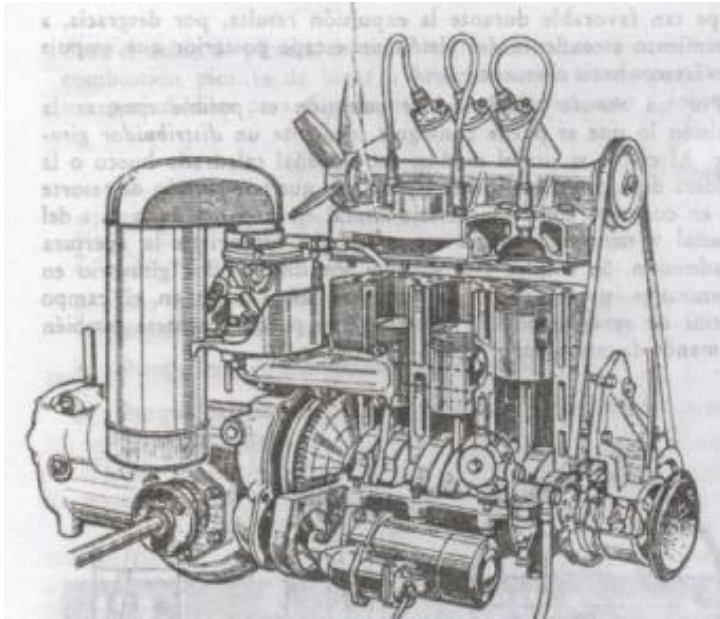


Fig (7). Motor de dos tiempos y tres cilindros con barrido invertido.

En cambio el rendimiento de un motor de dos tiempos no es o es solamente un poco mayor que el de un motor de cuatro tiempos de la misma cilindrada. Eso puede reducirse a la peor admisión de gas fresco que llega solamente más o menos la mitad de la de un motor de cuatro tiempos. La admisión depende de la depresión en el cárter, de restos de gases viejos en la cámara de combustión y del remanso en el canal de escape. A marcha de ralentí tienden los motores de dos tiempos a intermitencias (cuatro tiempos) y a revoluciones crecientes a autoinflamaciones (motores Diesel).

b.- Motores de dos tiempos tienen una mayor carga térmica.

Esta carga se debe al doble número de fases de trabajo con que cesan las refrigerantes carreras en vacío. Cuando se trata de cilindros mayores se presentan dificultades en la refrigeración. Por esta razón se construyen solamente motores de uno, dos y tres cilindros cuya cilindrada por cilindro no es mayor de 350 cm³.

El pistón llega a ser más caliente que en motores de cuatro cilindros y se necesitan entonces juegos mayores de montaje.

También la bujía es sometida a mayores esfuerzos (doble número de chispas de encendido). Tiene que tener un valor térmico correspondiente. Se han desarrollado, por lo tanto, bujías especiales para motores de dos tiempos, siendo su vida sin embargo más corta que la de motores de cuatro tiempos.

CONSERVACIÓN

a.- Los canales de gas pueden estrecharse con el tiempo.

Esto se debe sobre todo a depósitos de aceite carbonizado en las lumbreras de escape, que se calientan muchísimo durante el servicio, lo que estorba considerablemente el proceso de barrido, de modo que tan sólo a cada segundo cambio de gas contiene el cilindro el gas fresco capaz de ignición. El motor marcha a cuatro tiempos e indica e indica un descenso del rendimiento. También motores limpios de dos tiempos tienen esta tendencia, si se los estrangula mucho. A marcha de ralentí estas intermitencias de encendido son inevitables.

Es preciso separar a tiempo la carbonilla, lo mejor será con una torcida lima redonda. También es necesario limpiar el silenciador del escape, ya que afecta decisivamente el proceso de vibración durante el cambio de gas y porque las lumbreras de escape se tapan rápidamente, si el escape está obstruido.

b.- El carter del cigüeñal debe estar a prueba de gas.

Fugas disminuyen la depresión durante la aspiración y conducen a la entrada de aire accidental que altera la proporción de la mezcla (la mezcla será

demasiado pobre). Cuanto mayor es la depresión, tanto más aire fresco es aspirado (mayor rendimiento).

Por fugas disminuye también la presión de carga obtenida en la presión previa, de modo que el gas fresco no puede entrar con la presión necesaria. Hay que prestar por lo tanto atención, a que la junta entre el carter del cigüeñal y el cilindro y las juntas de los anillos de obturación en el cigüeñal estén en estado perfecto, en motores de varios cilindros también las juntas en los cojinetes intermedios, para que no pueda tener lugar una compensación de presión entre las diferentes cámaras.⁷

Inconvenientes que presenta este tipo de motores

Comparando estos motores con los de cuatro tiempos, la potencia y el rendimiento térmico obtenido es menor para una misma cilindrada, con un mayor consumo específico de combustible. Esto se debe a la forma de llenado y evacuación de gases en el interior del cilindro ya que, funcionando a ralentí, la salida de gases quemados es lenta, y parte de éstos se mezclan con los gases frescos con lo que la mezcla se empobrece. Este inconveniente da lugar a un menor rendimiento.

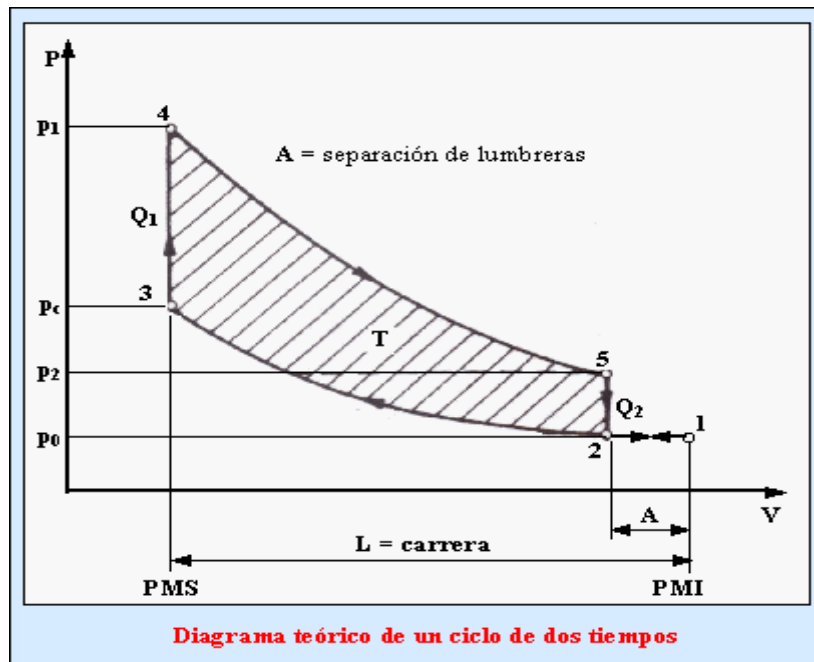
A gran velocidad, la salida de gases es muy rápida, arrastrando parte de los gases frescos durante el llenado del cilindro. Como la cantidad de mezcla durante la carga es constante, al salirse parte de ella el llenado del cilindro es más deficiente y se obtiene, por ello, una menor potencia útil del motor, o lo que es lo mismo, un mayor consumo para una misma potencia.

Sin embargo, debido a sus características constructivas tiene la enorme ventaja de que, al no llevar válvulas, tampoco necesita todos los elementos que

⁷ Mecánica Automotriz. Ing Rubén Caba. Tomo I. Año 1998. Pág, 50

componen la distribución. Por este mismo motivo, tampoco es imprescindible que la culata sea desmontable, por lo que el conjunto bloque-culata puede fabricarse de una sola pieza (aunque no es lo usual), evitando así elementos de unión y logrando un motor compacto y ligero.⁸

DIAGRAMA DEL CICLO TEORICO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS



Ya sabemos que el diagrama teórico de un motor corresponde a los cálculos que el constructor ha previsto para ese motor. En principio el motor funcionaría perfectamente con este diagrama de distribución, o sea, con unas aperturas y cierres de las lumbreras de admisión y escape situadas a una distancia del PMS tal que permitiría un intercambio de gases frescos y quemados adecuado para su funcionamiento, sin tener en cuenta posibles inercias de las masas de los mismos, ni interacción entre ellos, ni retardo al encendido, etc. Por eso se llama teórico.

⁸ Manual de Motores de Combustión Interna para dos tiempos. SECAP. Año 1996. Pág 29

Representando en un sistema de coordenadas el funcionamiento teórico de estos motores, se obtiene un diagrama análogo al de los motores de cuatro tiempos, ya que el funcionamiento teórico en sus fases de transformación de energía es idéntico.

Durante el recorrido **1-2**, las lumbreras de carga y escape permanecen abiertas. Por ello la presión en el interior del cilindro se mantiene constante y, teóricamente, igual a la presión atmosférica. Cerradas las lumbreras de carga y escape se inicia la fase de compresión que dura hasta el final del recorrido **2-3**, cuando el pistón se encuentra en su punto muerto superior **PMS**. Es en este recorrido cuando el volante de inercia acoplado al eje del cigüeñal aporta trabajo para realizar la compresión, y que es transformado en calor que es absorbido por la mezcla.

Es en este punto **3** donde llega, pues, el pistón comprimiendo la mezcla con una presión p_c y una temperatura T_c , directamente proporcionales a la relación de compresión del motor.

Y en este punto **3** se produce la chispa eléctrica y la explosión de la mezcla a volumen constante con aportación de calor **Q1** procedente de la energía calorífica del combustible, elevando la presión y la temperatura hasta el punto **4**, donde se obtiene la presión máxima instantánea en el interior del cilindro. Durante la expansión **4-5**, la temperatura y presión interna bajan progresivamente hasta el punto **5** donde, al abrirse la lumbrera de escape, la presión baja teóricamente hasta alcanzar la presión atmosférica **5-2**, cediendo a la atmósfera el calor **Q2** no transformado en trabajo. A partir de este punto el pistón continúa el descenso hasta llegar al **PMI 2-1** con una presión teóricamente constante.

DIAGRAMA DEL CICLO REAL DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS

El funcionamiento **real** de este motor está sujeto a una serie de condicionantes que modifican su ciclo teórico ocasionando una deformación del mismo, tales como las pérdidas de calor a través de las paredes del cilindro, el retraso en la combustión y la forma de llenado de los cilindros. En estos motores es de suma importancia el correcto posicionado de las lumbreras de admisión, escape y carga.

La mejora del ciclo real en estos motores se consigue, además, actuando sobre las cotas de la distribución. Para ello se sitúan las lumbreras de carga y escape a la distancia adecuada, a fin de conseguir los máximos efectos de llenado y barrido. Se da un pequeño adelanto a la lumbrera de escape con respecto a la de carga y, a su vez, se adelanta el encendido para que la combustión se realice dentro de la máxima compresión. De esta manera se aprovecha toda la fuerza de la explosión, lo que mejora el par motor y la potencia.

En estas condiciones, el ciclo práctico o real corregido es superior al real, aunque nunca llega al teórico.

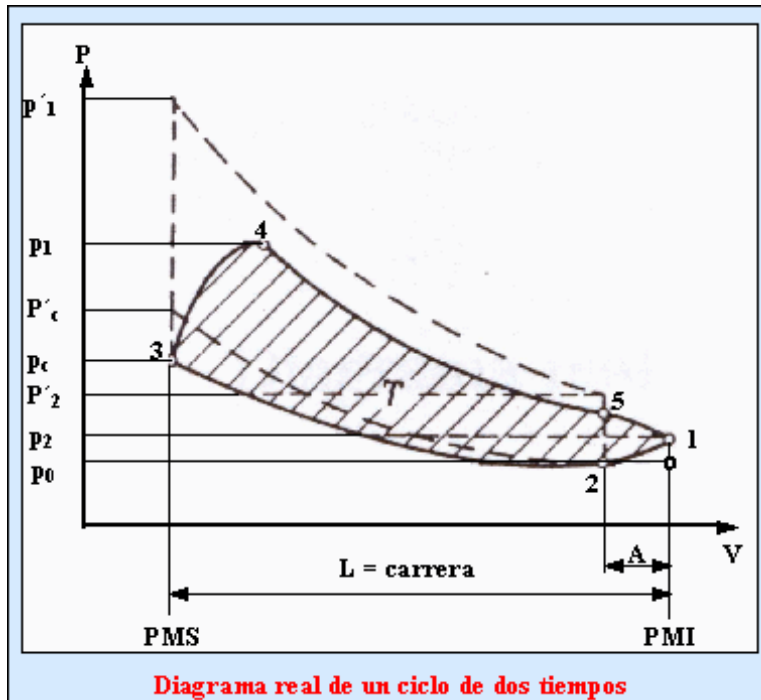


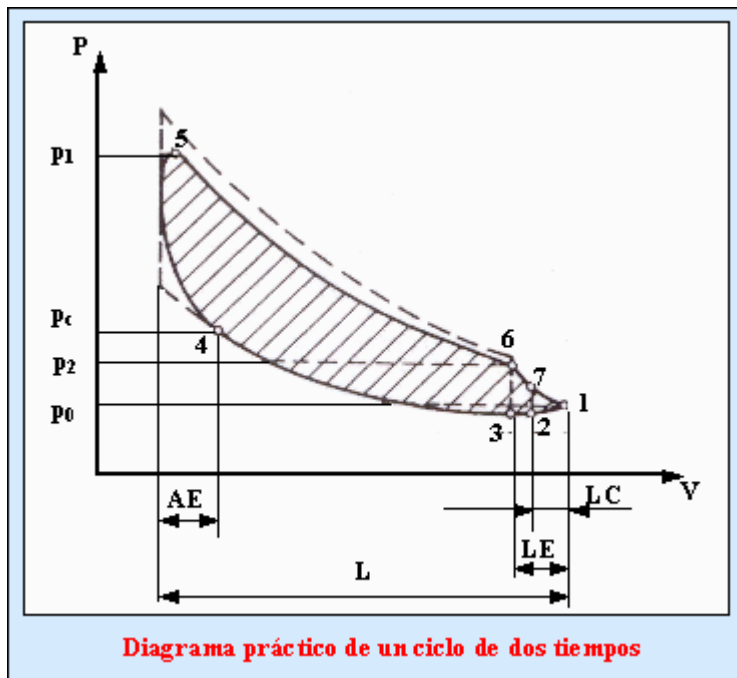
DIAGRAMA DE UN CICLO PRACTICO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS

Durante el recorrido ascendente del pistón, se cierra primero la lumbrera de carga en 2; después de 10 grados de giro la de escape en 3, siendo inevitable que durante este corto trayecto 2-3 escapen algunos gases frescos al exterior, con la ventaja de un mejor barrido de gases residuales. A partir de ahí se inicia la compresión, que dura hasta el punto 4, donde se produce el encendido, unos grados antes del PMS, lo que compensa el retraso de la combustión, la cual termina en el punto 5 de máxima presión.

En su carrera descendente se produce la expansión y el trabajo hasta el punto 6, donde se abre la lumbrera de escape. Con ello la mayor parte de los gases quemados escapan al exterior sin arrastrar gases frescos.

A continuación se abre la lumbrera de admisión, se llena el cilindro y se barre el resto de los gases quemados hasta el final del recorrido. La presión interna 7-1 se mantiene debido a que la presión de entrada de los gases

compensa el descenso de presión motivado por la evacuación de los gases residuales, y se llega al final de la carrera con una presión interna algo mayor que la atmosférica, presión a la cual se inicia el nuevo ciclo.⁹



1.2 ESTUDIO TEORICO

TORQUE

Es un esfuerzo de torsión o giro. Cuando nosotros estamos enrollando un carrete de pescar, no hacemos más que aplicar un par o torque a la manivela. También aplicamos un par cuando giramos el volante del automóvil para describir una curva y asimismo cuando aflojamos o apretamos un tapón roscado de una botella por citar algunos ejemplos.

No debemos, sin embargo, confundir el par con la potencia o el trabajo. El par es la fuerza de giro que el motor aplica, a través de ejes y engranajes, a las ruedas del automóvil. La potencia es algo distinto, es el régimen al cual trabaja el

⁹ [http/ www. motores dos tiempos.com](http://www.motoresdos tiempos.com)

motor. El trabajo es la energía gastada, o el producto de la fuerza por una distancia . Ambas cosas, trabajo y potencia, implican movimiento; no así el par, que es simplemente un esfuerzo giratorio del cual puede resultar un movimiento o no.

El par se mide en pies-libra (no debe confundirse con las libras-pies que miden trabajo).

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo específico de combustible (referido a un rendimiento de 1 CV) es más bajo a media carga y a $2/3$ del número máximo de revoluciones. A un régimen bajo de revoluciones pero, sobre todo, a altas velocidades aumenta sensiblemente, ya que entonces se presentan mayores pérdidas de barrido y de carga. En este caso puede perderse hasta un 25% de gas fresco por las lumbreras de escape.¹⁰

RELACION AIRE / COMBUSTIBLE

Cuando el pistón desciende en la carrera de aspiración , se produce un vacío en el interior del cilindro y entonces la presión atmosférica (presión del aire) empuja el aire hacia el interior del mismo. Este aire pasa antes de llegar al cilindro por el carburador (donde arrastra una carga de combustible), el colector de aspiración y la abertura dejada por la válvula de admisión. El lector podría pensar que la presión atmosférica (15 psi o 1,054 kg/cm² al nivel del mar) es lo suficientemente grande para empujar, a través de estos conductos, hasta el interior del cilindro, de forma casi instantánea; sin embargo, se precisa un tiempo apreciable para la circulación del mismo a través de secciones restringidas. Cualquiera que haya deshinchado un neumático sabe el tiempo que transcurre desde que se quita la válvula hasta el vaciado total.

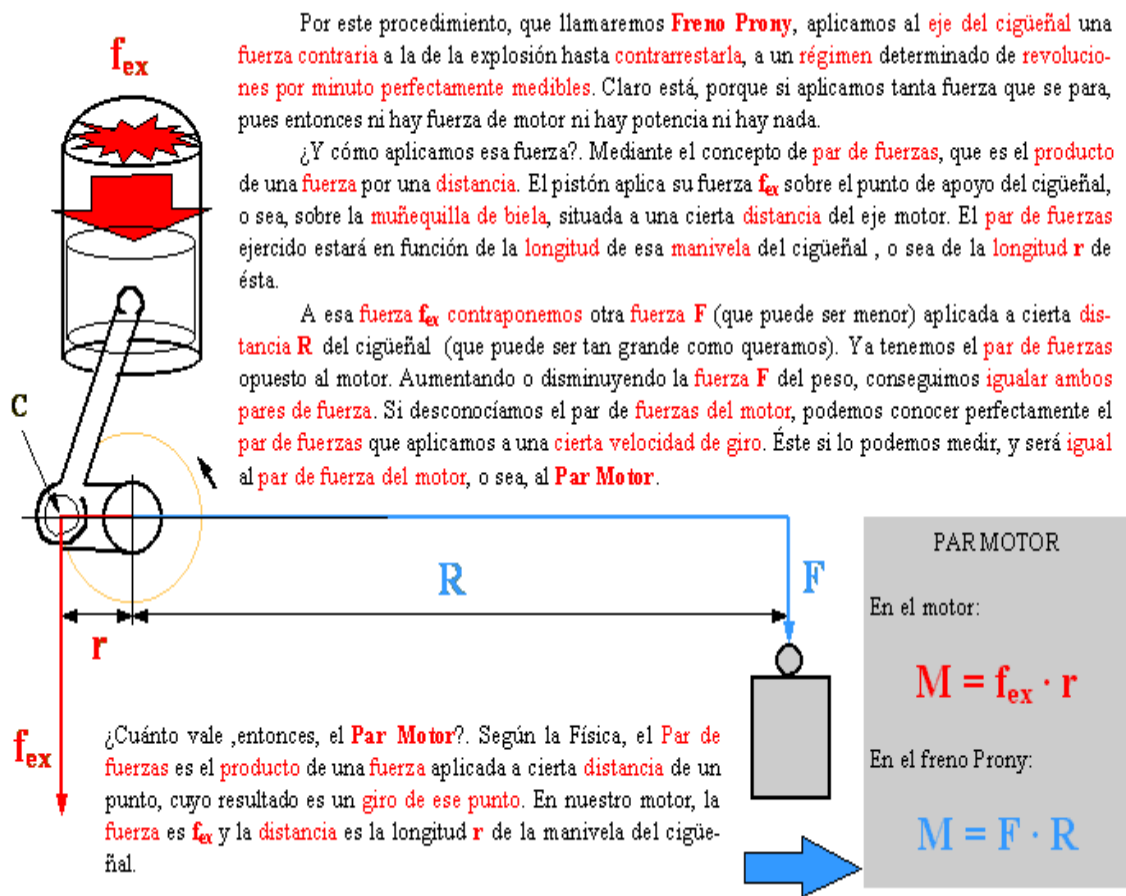
¹⁰ Motores de Automóvil . Principios Fundamentales. Ing Rubén Cobra. Tomo I. Año 1998. Pás, 14

Como sea que el aire circula a través del carburador, colector y válvula de admisión, deberá pasar a través de constricciones que retardan su avance. El tiempo que tarda el aire para llenar el cilindro es el que dura una carrera de aspiración, pero aun funcionando el motor al mínimo (ralentí) el tiempo del que dispone es extremadamente corto. Al ralentí (unas 350 rpm), el tiempo transcurrido en la carrera de admisión es inferior a una décima de segundo y a altas velocidades este tiempo se reduce a menos de una centésima de segundo.

Es por lo tanto obvio que el vacío creado en el cilindro (por el descenso del pistón) no será completamente llenado. Esto es, la válvula se cerrará antes que el cilindro esté totalmente lleno. A velocidades superiores, la cantidad de mezcla que penetra en el pistón será todavía menor. Esta es una de las razones por las que un motor no aumente su velocidad y potencia indefinidamente. Existe una cierta velocidad para la cual un motor desarrolla la máxima potencia, y será menor por debajo de la misma.

PAR Y POTENCIA EFECTIVA

Para saber la potencia efectiva de un motor, esto es, la potencia real que nos da en el eje motor o cigüeñal, hemos de recurrir a un principio físico muy sencillo. Digamos que es casi una trampa que le hacemos al motor para averiguar esta potencia real. Si queremos medir una fuerza, aplicamos otra conocida hasta igualarla. Es como si le echáramos un pulso al motor. Su fuerza en ese momento será la mía, que la sé.



Siguiendo con la Física aplicada al automóvil, sabemos que la Potencia es proporcional a la fuerza empleada en recorrer una distancia o espacio en un tiempo determinado, esto es, por unidad de tiempo. Matemáticamente lo expresaremos así:

Potencia = Fuerza · Espacio / Tiempo

En el motor, es espacio recorrido por la manivela **C** en **una** vuelta es de **2pr**, pues es el desarrollo geométrico de la longitud de la circunferencia de **radio r** que cubre la vuelta completa. Si el motor gira a **n** revoluciones por minuto, el

espacio total que recorrerá **C** en 1 minuto será igual a $2 \cdot p \cdot r \cdot n$, y en 1 segundo será $2 \cdot p \cdot r \cdot n / 60$

Al aplicar el freno Prony al motor e igualar ambos pares de fuerza, tenemos que: $f_{ex} \cdot r = F \cdot R = M$

Sustituyendo valores en la Potencia:

$$\text{Potencia} = f_{ex} \cdot 2 \cdot p \cdot r \cdot n / 60 = F \cdot 2 \cdot p \cdot R \cdot n / 60 = F \cdot R \cdot 2 \cdot p \cdot n / 60 = M \cdot 2 \cdot p \cdot n / 60$$

A esta **Potencia** se la denomina **Potencia Efectiva P_e** del Motor, ya que, "efectivamente" sabemos su valor por habérselo sacado mediante el freno Prony (por eso también se la llama Potencia al freno **Pf**).

$$P_e = M \cdot 2 \cdot p \cdot n / 60$$

Si el par motor **M** lo expresamos en metros · kilogramo, la potencia P_e nos dará en Kilográmetros por segundo. Si introducimos como unidad de potencia el Caballo de Vapor (CV), que equivale a 75 Kilográmetros por segundo, la potencia efectiva nos dará en CV:

POTENCIA EFECTIVA EN KILOGRÁMETROS POR SEGUNDO

$$P_e \text{ (kgm/s)} = M \cdot 2 \cdot p \cdot n / 60$$

M en metros · kilo (mkg)

n en revoluciones por minuto (rev./min.)

$$2 \cdot p / 60 = 1 / 19'09$$

$$Pe_{(kgm/s)} = M \cdot n / 19'09$$

POTENCIA EFECTIVA EN CABALLOS DE VAPOR (CV)

$$Pe_{(CV)} = M \cdot 2 \cdot p \cdot n / 60 \cdot 75$$

M en metros · kilo (m · kg)

n en revoluciones por minuto (rev./min.)

$$2 \cdot p / 60 \cdot 75 = 1 / 716'19$$

$$Pe_{(CV)} = M \cdot n / 716'19$$

POTENCIA INDICADA

Siguiendo con la introducción efectuada al principio, acerca de la necesidad de aplicar las fórmulas físicas a los fenómenos mecánicos del motor de explosión en el automóvil, se va a ver enseguida que, efectivamente, necesitamos saber de antemano los conceptos de **Fuerza**, **Trabajo** y **Potencia** para desarrollarlos convenientemente, y aplicarlos a una serie de razonamientos que nos lleven a establecer las fórmulas necesarias para conocer el motor.

El combustible que se emplea en los motores actuales es la gasolina y el gas-oil, los cuales tienen una energía calorífica que es preciso transformar en energía mecánica. Para ello se les hace arder en el interior de la cámara de combustión generando una fuerza **F**. Esta fuerza de la explosión, o de la combustión si es un motor diesel, será la que se aplique al pistón haciéndolo recorrer una distancia, que es la llamada anteriormente carrera **L**. Ya tenemos ahí presente, en el interior del cilindro, un trabajo mecánico que será igual al producto

de la fuerza aplicada **F** por la distancia **L** recorrida por el pistón. Podemos poner todo ello en forma matemática como:

$$T = F \cdot L.$$

Si ese trabajo se efectúa en un tiempo determinado, el motor estará desarrollando una **Potencia**, que será igual a la relación entre el trabajo desarrollado **T**, y el tiempo que tarda en hacerlo, **t**, tal y como se sabe de la física general. Así, tendremos establecido el concepto de Potencia en un motor de explosión: $P = T / t.$

Esto, que en teoría está muy bien, resulta que al ponerlo en práctica dista mucho de la realidad. No quiere decir que hayamos hecho mal los cálculos, pues por algún sitio hemos de empezar, sino que al construir un motor que nos dé una Fuerza de 135 Julios sobre el pistón para obtener una Potencia de 1350 Watios en 0'1 segundo, y medir la potencia que nos va a entregar en esos 0'1 segundos, no cuadran las cuentas. Y todo ello es debido a que no hemos tenido en cuenta multitud de factores que intervienen en el desarrollo de esa fuerza. Por un lado está la temperatura tan alta que ha de alcanzar la explosión para producir esa fuerza, temperatura que hemos de disipar si no queremos fundir el motor, y esa temperatura disipada es potencia que perdemos. Por otro lado tenemos los rozamientos internos de las piezas en movimiento, que se ven frenadas disminuyendo la potencia resultante. Ese rozamiento, aunque lo disminuyamos con un buen engrase, generará calor que hemos de disipar a través de ese mismo lubricante, etc. Por ello, la potencia disponible, finalmente, en el eje del motor, llamado cigüeñal, es mucho menor de la esperada. Vamos a conocerlas.

En el estudio de los motores de combustión interna llamaremos **Potencia Indicada** a aquella que, en un principio, calculó el constructor teniendo en cuenta el trabajo realizado por la explosión (o la combustión) durante la carrera útil del pistón (o sea, durante la carrera de trabajo, esto es, desde el PMS al PMI), y el número de carreras útiles en la unidad de tiempo.

Ya es sabido que un motor de explosión de 4 tiempos realiza el ciclo completo en dos vueltas de cigüeñal. Si vamos a calcular el trabajo W_i (**Trabajo indicado**) desarrollado en una vuelta, hemos de dividirlo entre **2**. Si vamos a usar revoluciones por minuto n , hemos de dividirlos entre **60** segundos que tiene un minuto.¹¹

IMPORTANTE	
Recordad que:	P_i = Potencia indicada.
$W_i = F \cdot L$	W_i = Trabajo en motores térmicos.
$F = p_i \cdot S$	F = Fuerza de la explosión.
$L \cdot S = V_u$	L = Carrera de trabajo.
$V = V_u \cdot N$	p_i = Presión interna en la cámara de compresión debida a la explosión.
	S = Superficie del pistón.
	V_u = Cilindrada unitaria.
	N = Número de cilindros.
	V = Cilindrada total.

$$P_i = (W_i \cdot n) / (2 \cdot 60) = F \cdot L \cdot N \cdot n / 120 = p_i \cdot S \cdot L \cdot N \cdot n / 120$$

$$P_i = p_i \cdot S \cdot L \cdot N \cdot n / 120$$

El resultado nos dará en **Kilogrametros por segundo** (kgm/s) si ponemos las unidades de **Presión p_i** en kg/cm², **Fuerza F** en kg., **carrera L** en metros, **superficie del pistón S** en centímetros cuadrados y **n** en rev./min., teniendo en cuenta siempre que si usamos **volumen unitario V_u** , éste ha de llevar la **sección en cm²** y la **carrera en metros**.

Para obtener la **potencia P_i** en **CV**, hemos de tener presente que cada Caballo de Vapor **CV** equivalen a **75 kgm/s**.

$$P_i = p_i \cdot S \cdot L \cdot N \cdot n / 120 \cdot 75 = p_i \cdot S \cdot L \cdot N \cdot n / 9000$$

$$S \cdot L \cdot N = \text{Cilindrada}$$

$$P_i = p_i \text{ (kg/cm}^2\text{)} \cdot V \text{ (litros)} \cdot n \text{ (rev/min)} / 9000$$

¹¹ [http/ www .Potencia.com](http://www.Potencia.com)

RENDIMIENTO

El término rendimiento significa la relación entre la fuerza ejercida y el resultado obtenido. Aplicado al motor será la relación entre la potencia suministrada por el motor (**hpf**) y la que se hubiera podido obtener si el motor operase sin ningún tipo de pérdidas.

El rendimiento del motor puede ser expresado de dos formas: como rendimiento mecánico y como rendimiento térmico.

1.- Rendimiento mecánico.- Es la relación entre hpf y hpi

Rendimiento mecánico = hpf / hpi

Ejemplo: A cierta velocidad se ha comprobado que un motor es de 116 hp y la hpi de 135. El rendimiento mecánico será:

Rto. Mecánico = $hpf/hpi = 116/135 = 0.86$, o sea, 86%¹²

Esto significa que el 86% de la potencia desarrollada en los cilindros se aprovecha en la salida del motor, consumiéndose el 14% en rozamientos en el interior del mismo.

2.- Rendimiento térmico.- El término térmico hace referencia al calor. El rendimiento térmico en un motor es la relación entre la potencia a la salida del motor y la energía suministrada por el combustible para obtener aquella. Hemos citado ya que una parte considerable del calor desarrollado en el proceso de combustión se pierde en el calentamiento del agua de refrigeración y del aceite lubricante. Además, puesto que los gases de escape son expulsados aún calientes, arrastran también una cierta cantidad de calor producido por la combustión. Todas estas son pérdidas de calor térmicas que reducen el rendimiento térmico del motor; no contribuyen al desarrollo de potencia a la salida del motor.

¹² Motores de Automóvil. Principios Fundamentales. Ing Rubén Coba. Tomo I. Año 1998. Pág 67

Recordemos que el calor, que produce la expansión de los gases, crea la elevada presión que impulsa el pistón hacia el PMI en su carrera de trabajo. Puesto que hay una gran pérdida de calor durante el funcionamiento del motor, el rendimiento térmico del combustible (gasolina) suele ser del orden del 20% y raramente supera el 25%. Limitaciones de tipo práctico impiden la obtención de rendimientos superiores.

En los últimos años se han realizado grandes esfuerzos de diseño para conseguir aumentar este rendimiento. Los cilindros de mayor diámetro reducen algo de pérdidas de calor. El calor debe recorrer un camino más largo para propagarse desde el centro de la cámara de combustión hasta las paredes refrigeradas del cilindro. El aumento de la relación de compresión contribuye también a la mejora del rendimiento térmico ya que los gases se expanden en mayor volumen, dando lugar a mayor enfriamiento de los mismos. Por lo tanto, se emplea una mayor energía calorífica en el motor.

También el empleo de materiales más adecuados han permitido que las paredes del cilindro, culatas y cabezas del cilindro, puedan soportar mayores temperaturas, con lo cual no será necesaria tanta refrigeración. Esto hace que las pérdidas de calor debidas a la diferencia de temperatura entre los gases de la combustión y las superficies que los rodean se reduzcan, lo cual también aumenta el rendimiento térmico.¹³

¹³ Motores de Automóvil. Principios Fundamentales. Ing Rubén Coba. Tomo I. Año 1998. Págs 68-69

II.- PARÁMETROS DE DISEÑO

2.1.- DISEÑO DEL BASTIDOR

2.1.1.- Diseño de las bases

El diseño del bastidor está realizado dependiendo de las dimensiones reales del material a utilizar, este material es de hierro fundido (hierro dulce) ASTM A536-84.

Las dimensiones son:

Largo: 12,4 in

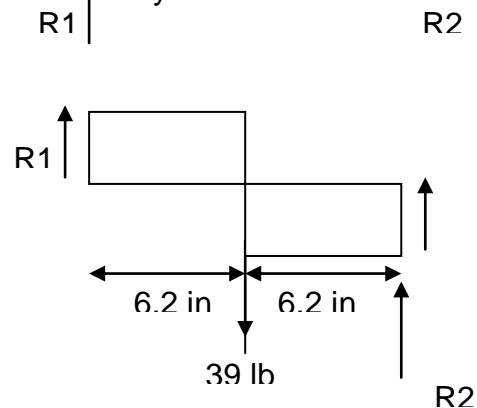
Alto: 1,1811 in

Fuerza: 156 lb

Resistencia máxima a la tensión: 78 lb , punto cedente: $S_y = 40 \text{ Ksi}$

Factor de diseño: $N = 3$

Para realizar los cálculos primeramente debemos realizar los diagramas de fuerzas y momentos de la siguiente manera:



$$\sum M_{R1} = 0$$

$$\frac{78 * 6.2}{12.4} = R_2$$

$$R1 = R2 = 39 \text{ lb}$$

$$M = F * D$$

$$M = 39 * 6.2$$

$$M = 241.8 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

Luego de realizar los diagramas realizamos el diseño del material ya que contamos con valores definidos del par.

La designación y el tamaño del material que se ha

$$\sigma = \frac{0.57 * Sy}{N} \quad (2-3)$$

$$\sigma = \frac{0.57 * 40000}{3}$$

$$\sigma = 7600Psi$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad (2-4)$$

$$Z = \frac{M}{\sigma} \quad (2-5)$$

$$Z = \frac{241.8}{7600}$$

$$Z = 0.03182in^3$$

utilizado es L11/4x11/4x3/16 pulgadas.

2.1.2.- Diseño de las patas

Las patas se encuentran a un ángulo de 25°, y para su diseño es necesario realizar los mismos cálculos que se realizaron para calcular las bases, con la diferencia de que para la fuerza se deberá realizar un cálculo con triángulos.

Las dimensiones son:

Fuerza: 156 lb

Resistencia máxima a la cedencia o punto cedente: Sy = 40 Ksi

Factor de diseño: $N = 3$

Constante: $K = 0.5$

Módulo de elasticidad: $E = 22 \times 10^6$ Psi

$$\sum F_y = 0 \quad (2-6)$$

$$F_R = \frac{F_1}{\cos\theta} \quad (2-7)$$

$$F_R = \frac{39}{\cos 25}$$

$$F_R = 43.032lb$$

Primeramente para realizar el diseño se debe verificar si la columna será larga o corta, para lo cual primeramente se han realizado cálculos de columna corta utilizando las siguientes fórmulas:

$$D = \left[\frac{4 * N * Pa}{\pi * S_y} + \frac{4 * S_y * (K * L)^2}{\pi^2 * E} \right]^{1/2} \quad (2-8)$$

$$D = \left[\frac{4 * 3 * 46.032}{\pi * 40000} + \frac{4 * 40000 * (0.65 * 8.661)^2}{\pi^2 * 22 * 10^6} \right]^{1/2}$$

$$D = 0.1666in$$

$$r = \frac{D}{4} \quad (2-9)$$

$$r = 0.0833in$$

$$\frac{K * L}{r} = \frac{0.65 * 8.661}{0.0833} = 67.583 \quad (2-10)$$

Luego de haber calculado la columna corta se deberá calcular la columna larga para ello se deben utilizar las

mismas fórmulas anteriores con excepción del diámetro que se lo calcula de la siguiente manera:

$$D = \left[\frac{64 * N * Pa * (K * L)^2}{\pi^3 * E} \right]^{1/4} \quad (2-11)$$

$$D = \left[\frac{64 * 3 * 46.032 * (0.65 * 8.661)^2}{\pi^3 * 22 * 10^6} \right]^{1/4}$$

$$D = 0.13997in$$

$$r = \frac{D}{4}$$

$$r = 0.0349in$$

$$\frac{K * L}{r} = \frac{0.65 * 8.661}{0.0349} = 161.608$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{Sy}} \quad (2-12)$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 22 * 10^6}{40000}}$$

$$Cc = 104.195$$

Para el hierro fundido (hierro dúctil) A536-84 el Cc es 104.195 aproximadamente, y como KL/r de la columna larga es mayor al valor de Cc, se escogió el diseño de columna larga.

$$I = \frac{\pi * D^4}{64}$$

(2-13)

$$I = \frac{\pi * (0.1339)^4}{64}$$

$$I = 1.578 * 10^{-5} in^4$$

La inercia que se calculó era para una columna redonda la cual ha servido para poder encontrar la inercia del material utilizado para el diseño de las patas del bastidor, y con eso poder especificar el tamaño del material a utilizar así como también la designación por la cual se le conoce.

La designación y el tamaño del material que se ha utilizado es L11/4x11/4x3/16 pulgadas.

2.2.- DISEÑO DE LOS PERNOS

Los pernos que se han diseñado servirán para el acoplamiento de las bridas y chumaceras los cuales por ser utilizados para resistir altos regímenes de trabajo, no se puede colocar cualquiera.

Los pernos son Allen M8 x 10 de largo, las ecuaciones a utilizar son variadas e irán dispuestas conforme se resuelva el ejercicio.

Los datos del perno son:

Diámetro del orificio: 0.3543 in

Fuerza: 1800lb

Sy = 40 Ksi

Factor de diseño: N = 3

$$T = 600 * 0.3543$$

$$T = 212.58lb \cdot in$$

$$\sigma = 7600Psi$$

$$\tau = \frac{4 * T}{\pi * D * d^2} \quad (2-14)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * T}{\pi * D * \tau}} \quad (2-15)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 212.58}{\pi * 0.3543 * 7600}}$$

$$d = 0.317in$$

De acuerdo al resultado obtenido del espesor del perno, el cual es uno que no existe, entonces debemos aproximarlo para lo cual se ha escogido un perno de 3/8 de pulgada.

2.3.- DISEÑO DE LA SOLDADURA

Según el metal base que es una estructura tipo puente es ASTM A36, para lo cual se ha escogido un electrodo E60 que según.

Los datos a utilizar son:

Base del material a soldar: $b = 1.1811$ in

Altura del material: $b = 1.1811$ in

Fuerza aplicada: $P = 156$ lb

Fuerza permisible por pulgada de lado: 8800

$$\bar{X} = \frac{b^2}{2 * (b + d)}$$

(2-16)

$$\bar{X} = \frac{(1.1811)^2}{4 * 1.1811}$$

$$\bar{X} = 0.2953 \text{ in}$$

$$\bar{Y} = \frac{d^2}{2 * (b + d)}$$

$$\bar{Y} = 0.2953 \text{ in}$$

lb/in

$$A_w = b + d \quad (2-17)$$

$$A_w = 2.3622in$$

$$J_w = \frac{(b + d)^4 - 6 * b^2 * d^2}{12 * (b + d)} \quad (2-18)$$

$$J_w = \frac{(2 * 1.1811)^4 - 6 * (1.1811)^4}{24 * (1.1811)} \quad (2-19)$$

$$J_w = 0.6865in^3$$

$$fs = \frac{P}{A_w} \quad (2-20)$$

$$fs = \frac{156}{2.3622}$$

$$fs = 66.0401lb/in$$

$$T = P * [.02 + (b - x)] \quad (2-21)$$

$$T = 156 * [.02 + (1.1811 - 0.6865)]$$

$$T = 860.2776lb \cdot in$$

$$ft_h = \frac{3 * T}{J_w} \quad (2-22)$$

$$ft_h = \frac{3 * 860.2776}{0.6865}$$

$$ft_h = 3759.407lb / in$$

$$ft_v = \frac{2.86 * T}{J_w} \quad (2-23)$$

$$ft_v = \frac{2.86 * 860.2776}{0.6865}$$

$$ft_v = 3583.968lb / in$$

$$f_R = \sqrt{ft_h^2 + (ft_v + fs)^2} \quad (2-24)$$

$$f_R = \sqrt{(3759.4079)^2 + (3583.968 + 66.0401)^2}$$

$$f_R = 5239.82lb / in$$

$$w = \frac{f_R}{F_p \times l_{in}} \quad (2-25)$$

$$w = \frac{5239.82}{8800 * l_{in}}$$

$$w = 0.5954in$$

III.- ELEMENTOS DE CONTROL

3.1.- DIMENSIONES DEL PANEL DE CONTROL

Las dimensiones del panel de control son:

Largo: 11.81 in

Alto: 19.69 in

Profundidad: 3.15 in

(GRAFICO DEL PANEL DE CONTROL)

3.1.1.- SELECCIÓN DEL DINAMÓMETRO

$$T = 63000 * \frac{P}{n}$$

(3-1

$$T = 63000 * \frac{4.7}{3600}$$

$$T = 82.25lb \cdot in$$

$$T = F * d$$

(3-2)

$$F = \frac{T}{d}$$

$$F = \frac{82.25}{19.69}$$

$$F = 4.2lb$$

Para la medición de la fuerza en los laboratorios de este banco es necesario la utilización de un dinamómetro, para lo cual según los cálculos realizados se ha utilizado uno de tipo colgante el cual soporta una fuerza de 50 libras (22.3 kilos) el cual es el específico para realizar todos los laboratorios del banco.

(GRAFICO DE LA BALANZA (FOTO))

3.1.2.- SELECCIÓN DE LOS MANÓMETROS

Figura 3.1

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (3-3)$$

$$A = \frac{\pi * (22.835)^2}{4}$$

$$A = 409.53in^2$$

$$\sigma_1 = \frac{P * R}{t} \quad (3-4)$$

$$P = \frac{\sigma_1 * t}{R}$$

$$P = \frac{60 * 0.185}{11.42}$$

$$P = 0.97lb/in^2$$

El manómetro seleccionado está dispuesto de manera que cumpla las exigencias para las que se va a utilizar, por lo que debemos realizar un cálculo de la presión que será la del ingreso de aire al motor. (figura 3.1).

El manómetro de aire se encuentra conectado en la caja de aire de manera que se pueda medir mejor el aire que ingresa al motor.

3.1.3.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS

a) Multímetro

El instrumento seleccionado es un Multímetro digital en el cual podemos medir ya sea voltaje, amperaje así como también nos va a servir para medir la temperatura con la que ingresa el aire al motor y también la temperatura de salida de los gases de escape.

Dicho Multímetro también puede ser utilizado para medir los valores de resistencia de los focos y cableados de toda la máquina.

(GRAFICO DEL MULTÍMETRO (FOTO))

b) Resistencias

Las resistencias que se han de ocupar para la simulación de carga han sido reemplazadas por varios focos por la complejidad que resultaría la colocación de las mismas.

Dichos focos servirán para aplicar diferentes cargas ya que se los podrá ir encendiendo uno por uno.

Como es de conocimiento todos los focos poseen resistencias, pero al momento de su

utilización lo único que se sabe es la potencia, pero como también sabemos a que voltaje van a trabajar podemos realizar unos cálculos muy simples, mediante la utilización de las siguientes fórmulas:

$$P = V * I \quad (3-5)$$

$$I = \frac{V}{R} \quad (3-6)$$

Reemplazando la ecuación (3-1) en la ecuación (3-2) obtendremos:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (3-7)$$

Despejando R obtendremos el valor de resistencia que tendrán los focos.

$$R = \frac{V^2}{P} \quad (3-8)$$

(GRAFICO DE LOS FOCOS (FOTOS))

Ejemplo de cálculo para encontrar la resistencia de los focos:

$$R = \frac{(110)^2}{14}$$

$$R = 864.3\Omega$$

Los focos poseen una resistencia de: 864.3Ω

La resistencia total de los 10 focos es: $8.6\text{ K}\Omega$

IV.- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

4.1.- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Los procesos de construcción que se han realizado para la elaboración del banco de pruebas van designados mediante gráficos los cuales serán utilizados para la elaboración de diagramas de operaciones para el proceso de construcción.

Los procesos de construcción servirán para verificar el tiempo que se ha tomado en construir el banco, y estos son:

- 1) Operación (O)
- 2) Transporte (\Rightarrow)
- 3) Inspección (\square)
- 4) Demora (+)
- 5) Almacenaje (∇)
- 6) Actividades combinadas

4.1.1.- OPERACIÓN

El proceso de operación se lo realizo el momento en el cual se cambió la forma de algunas de las partes de la máquina, sean estas aumentando por ejemplo los ejes y realizando una especie de matrimonio (bridas macho y hembra) el cual para su realización paso por un proceso

primero de torneado, luego un soldado para después mediante una fresadora poder realizar un trazado exacto de donde van a realizarse los huecos con taladro y así colocar pernos de sujeción.

4.1.2.- TRANSPORTE

Este proceso se lo realizó cuando se efectuó movimientos de materiales de un lugar a otro con excepción de que para ello exista otro tipo de procesos como por ejemplo de operación.

4.1.3.- INSPECCIÓN

Aquí realizamos una minuciosa observación de todo el trabajo realizado desde el principio cuando se obtuvieron los materiales, los cuales fueron cambiando de forma para lo cual se volvió a revisarlos y luego cuando ya todo ha sido terminado, con ello podemos decir que el trabajo realizado ha sido perfectamente realizado .

4.1.4.- DEMORA

Como en todo trabajo siempre existirá una demora la cual puede deberse a diversos factores, y en nuestro trabajo no fue la excepción ya que conforme se iba culminando algún trabajo necesitábamos primero volver a parar hasta conseguir nuevamente los materiales, otro de los

factores fueron de tiempo ya que existían días en los cuales no teníamos el personal adecuado, y existen otros tipos de demora, los cuales serán nombrados más adelante.

4.1.5.- ALMACENAJE

Este proceso es uno de los más fáciles ya que el almacenamiento casi no era necesario, con excepciones de cuando se tenían que guardar piezas pequeñas que podían sustraerse con facilidad, pero no era con frecuencia.

4.1.6.- ACTIVIDAD COMBINADA

En este proceso se pueden mezclar varios de los procesos antes mencionados y que por la naturaleza del trabajo pueden ser combinados dos o tres por trabajo.

Los procesos que se han realizado en forma conjunta con más frecuencia han sido los de operación, inspección y demora, ya que siempre al elaborar una pieza se la tenía que inspeccionar, así como se demora también porque se terminaba el material o era la hora de descanso o salida.

4.2.- CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

(Foto del bastidor)

La tabla de la construcción del Bastidor se encuentra en el ANEXO 1.

4.3.- CONSTRUCCIÓN DE LOS ACOPLES

4.1.1.- CONSTRUCCIÓN DE LAS BRIDAS

(Foto de las bridas)

La tabla de la construcción de las bridas se encuentra en el ANEXO 2.

4.1.2.- CONSTRUCCIÓN DE EXTENSIONES

(Foto de las extensiones)

La tabla de la construcción de las extensiones se encuentran en el ANEXO 3.

4.4.- CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

(Foto del Tablero de Control)

Las tablas de la construcción del tablero de control se encuentran en los ANEXOS 4, 5, 6.

4.5.- MONTAJE DE CHUMACERAS

Para el acoplamiento de la máquina a la estructura se seleccionó dos chumaceras de piso y para poder centrar el eje del generador se colocó una chumacera de pared, ambas tienen 1 pulgada de diámetro interior.

Las chumaceras de piso (figura 2.2.a) como ya se dijo sirven para asegurar la máquina a la estructura metálica, para que se pueda producir el movimiento de rotación de los ejes se las dispuso de manera que sean de ajuste deslizante, para asegurarlas se colocó prisioneros Allen M5 x 10 de largo.

La chumacera de pares (figura 2.2.b) en cambio se la utilizó para que el eje del generador quede centrado, ya que como se le tubo que separar del eje del árbol de levas este no tenía donde apoyarse y se asentaba en la carcasa lo que provocaba que el generador no funcionara, por lo cual fue necesario acoplarla a dicha carcasa mediante pernos.

(GRAFICO DE CHUMACERAS)

