



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

MODELIZACIÓN Y APLICACIÓN INFORMÁTICA DE UN MOTOR
ALTERNATIVO DE GASOLINA DE 4 TIEMPOS

Laura Bayona Gracia

Francisco Javier Sorbet

Pamplona, noviembre de 2013

Índice

1	Introducción.....	4
1.1	Objetivos del proyecto.....	4
1.2	Alcance del proyecto.....	4
1.3	Requerimientos previos.....	4
2	Planteamiento del modelo.....	5
2.1	Teoría.....	5
2.2	Hipótesis.....	5
2.2.1	Referentes al fluido.....	5
2.2.2	Referentes al calor.....	6
3	Terminología.....	7
3.1	Parte física.....	7
3.2	Parte termodinámica.....	7
4	Glosario.....	8
4.1	Símbolos.....	8
4.2	Abreviaturas.....	9
4.2	Subíndices.....	10
5	Condiciones previas.....	11
5.1	Datos pedidos.....	11
5.2	Características.....	12
5.2.1	Motor.....	12
5.2.2	Caja de cambios.....	12
5.3	Válvulas.....	14
5.4	Cálculos generales.....	14
5.4.1	Tiempos.....	14
6	Admisión (0-1).....	16
6.1	Condiciones iniciales.....	16
6.2	Cálculos datos.....	16
6.2.1	Trabajo.....	18
6.2.2	Pérdidas de calor.....	19
7	Compresión (1-1.1).....	20
7.1	Condiciones iniciales.....	20
7.2	Cálculos datos.....	20
7.2.1	Trabajo.....	23

7.2.2	Pérdidas de calor.....	23
8	Combustión (1.1-2-2.1).....	25
8.1	Condiciones iniciales.....	25
8.2	Cálculos.....	25
8.2.1	Avance encendido.....	25
8.2.2	Gasolina.....	26
8.2.3	Ley de Vibe.....	27
8.2.4	Otros.....	29
8.2.4.1	Trabajo.....	30
8.2.4.2	Pérdidas de calor.....	30
9	Expansión (2-3).....	33
9.1	Condiciones iniciales.....	33
9.2	Cálculos.....	33
9.2.1	Trabajo.....	35
9.2.2	Pérdidas de calor.....	36
10	Escape (3-0).....	37
10.1	Condiciones iniciales.....	37
10.2	Cálculos.....	37
10.2.1	Trabajo.....	38
10.2.2	Pérdidas de calor.....	38
11	Ciclo.....	40
11.1	Trabajo del ciclo.....	40
11.2	Rendimiento térmico.....	40
11.3	Potencia del ciclo.....	40
11.4	Pérdidas de calor.....	41
12	Aplicación informática.....	42
12.1	Adaptación del modelo.....	42
12.1.1	Scripts.....	42
12.1.2	Funciones.....	55
12.2	Modelos.....	70
12.2.1	Ensayo variando velocidad.....	70
12.2.2	Ensayo variando presión y temperatura exteriores.....	74
12.2.3	Ensayo cambiando relación de compresión.....	76
13	Conclusiones.....	79
14	Bibliografía.....	80

1 Introducción

Este trabajo tiene como finalidad encontrar un modelo matemático que describa el funcionamiento de los distintos ciclos del motor de encendido provocado de 4 tiempos. Para ello se determinan unas características fijas y unos parámetros variables que modificarán el comportamiento de la máquina.

También se busca simular el modelo matemático definido y obtener las distintas gráficas y resultados que interesen.

Los valores obtenidos quedarán reflejados en Matlab de manera que se utilicen para la simulación con el mismo.

1.1 Objetivos del proyecto

La idea del proyecto es profundizar en el estudio de los motores alternativos a través del comportamiento del fluido en el interior del motor en las distintas fases que lo componen. A través de ello se busca obtener un modelo matemático que permita una aproximación al funcionamiento de la combustión interna de ciclo Otto.

1.2 Alcance del proyecto

Se quiere llegar a una aproximación tanto matemática como gráfica de las distintas fases que componen el ciclo del fluido dentro del motor. En este caso, ver cómo evoluciona el fluido en admisión, compresión, expansión y escape. Esto se conseguirá introduciendo unos datos iniciales elegidos por el usuario dentro de un máximo de posibilidades y que a través de los mismos nos llevará a la obtención de los resultados.

1.3 Requerimientos previos

Para poder obtener los resultados deseados ha sido necesario consultar distintas fuentes de información y así elegir lo que más se adapta a los requerimientos del proyecto. Para esto han sido necesarios libros, artículos relacionados y trabajos.

2 Planteamiento del modelo

2.1 Teoría

El modelado permitirá obtener la evolución temporal de algunos parámetros del fluido durante la realización del ciclo termodinámico del motor alternativo de 4 tiempos de gasolina.

En este, se realizan cuatro carreras o dos revoluciones por ciclo. Esto consta de la fase abierta compuesta por la admisión y escape, y de la fase cerrada compuesta por la compresión y la expansión entre las cuales se da la combustión. Así, el orden es admisión, compresión, combustión, expansión y escape.

Para cada carrera el cigüeñal realiza media vuelta completa, lo que son 180° de giro de cigüeñal, que en el proyecto se han decidido dividir de manera que se puedan estudiar las variaciones de parámetros cada 1° de giro.

2.2 Hipótesis

El proyecto está basado en un modelo teórico que se aleja de la realidad. Además, para su realización se han determinado ciertas condiciones que se exponen a continuación.

2.2.1 Referentes al fluido

- El fluido está compuesto por una mezcla homogénea de aire-gasolina que se asemeja a una mezcla de gases ideales.
- Presenta las mismas características en todo el recinto físico en que está confinado (modelo cero-dimensional).
- En las fases de compresión, expansión y escape se considera que el calor molar no depende de la temperatura.
- Para el cálculo del incremento de temperatura durante la combustión se consideran los calores molares constantes.
- No existen fugas entre los elementos del motor.
- El comportamiento del fluido durante la combustión se considera turbulento.

2.2.2 Referentes al calor

- Las pérdidas de calor son por conducción entre los gases y el refrigerante.
- No hay rozamiento entre los elementos del pistón.

3 Terminología

Para la mejor comprensión de los distintos apartados se van a definir los principales parámetros utilizados.

3.1 Parte física

- Cámara de combustión: volumen definido entre la parte superior del pistón, la pared del cilindro y la culata cuando el pistón se encuentra en el PMS.
- Carrera: distancia que recorre el pistón entre un punto muerto y otro.
- Cigüeñal: elemento que se encarga de transformar la fuerza alterna en rotatoria.
- Cilindrada unitaria: volumen que desplaza el pistón durante una carrera.
- Cilindrada total: cilindrada unitaria por el número de cilindros.
- Diámetro: el diámetro del cilindro.
- Pistón: émbolo que se ajusta a las paredes del cilindro y efectúa un movimiento alternativo.
- Relación de compresión: relación entre el volumen cuando el pistón está en el PMI y el volumen de la cámara de combustión.
- Volumen total: volumen encerrado por el pistón cuando está en el PMI

3.2 Parte termodinámica

- Dosado: coeficiente entre la masa de combustible y la de aire.
- Dosado estequiométrico: el dosado correspondiente a un proceso de combustión ideal.
- Dosado relativo: coeficiente entre el dosado y el dosado estequiométrico.
- Poder calorífico inferior: es la cantidad de calor producido por la combustión teórica y completa de la unidad de masa o volumen de combustible sin que condense vapor de agua.
- Potencia: es la calculada a partir del trabajo del ciclo y el tiempo del mismo.
- Rendimiento de la combustión: indica la pérdida de la eficiencia en la reacción química.
- Trabajo: deducido a través del diagrama P-V del ciclo.

4 Glosario

4.1 Símbolos

A	Avance, en grados
Ac	Avance completo
Age	Avance general
Cp	Calor molar a presión constante, en $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.
Cv	Calor molar a volumen constante, en $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.
D	Diámetro pistón, en mm
DII	Diámetro de la llanta, en mm
Dr	Diámetro de la rueda, en mm
γ	Coefficiente adiabático
h	Coefficiente de transferencia de calor
K	Índice politrópico
Lg	Longitud en m que corresponde a cada grado
ma	Masa aire, en kg
mg	Masa gasolina, en kg
mm	Masa mezcla, en kg
n	Revoluciones
P	Perímetro, en mm
P	Presión, en Pa
Parmax	Par máximo, en W
Pmáx	Potencia máxima, en W
Pn	Perfil del neumático, en mm
Q	Calor, en J
QF	Calor total de los 4 cilindros y un ciclo, en J
QT	Calor total de un cilindro y un ciclo, en J

R	Constante universal de los gases, en J/mol K
Rc	Relación de compresión
Rm	Relación aire y gasolina
S	Carrera, en mm
T	Temperatura, en K
Tc	Tiempo que dura una carrera, en seg/carrera
Tg	Tiempo que dura el avance de un grado, en seg/grado
Tl	Tiempo que dura el avance de la unidad de mm, en seg/mm
V	Volumen, en mm ³
Vc	Volumen de la cámara de combustión, en mm ³
V _D	Cilindrada, en mm ³
V _T	Cilindrada total, en mm ³
V _{TC}	Volumen total cilindro, en mm ³
V _{TCs}	Volumen total cilindros, en mm ³
W	Trabajo, en J
Z	Cilindros
ρ	Densidad, en kg/m ³

2.2 Abreviaturas

- PMI: Punto Muerto Inferior
- PMS: Punto Muerto Superior
- AAA: Avance Apertura Admisión
- RCA: Retraso Cierre de Admisión
- AAE: Avance Apertura Escape
- RCE: Retraso Cierre Escape

4.2 Subíndices

- A = aire
- C = carrera
- c = completo
- Ce = cte específica
- F = Final
- g = gasolina
- G = grado
- ge = general
- L = longitud
- m = mezcla
- N = neumático
- R = rueda
- S = segundo
- T = total

5 Condiciones previas

5.1 Datos pedidos

Al usuario del programa se le piden unos datos iniciales mínimos referidos a las características ambientales que afectarán al funcionamiento del motor, a partir de los cuales se obtendrán ciertos valores de parámetros. Y además, se pueden cambiar los parámetros de dimensiones del motor y parámetros termodinámicos.

Los datos ambientales son:

- Velocidad a la que circula el coche, en km/h
- Posición de la mariposa, en %
- Temperatura exterior, en °C
- Presión exterior, en Pa

Los datos dimensionales son:

- Número de cilindros
- Diámetro del pistón, en mm
- Carrera del pistón, en mm
- Cilindrada, en l
- Potencia, en W
- Par máximo en Nm
- Número de marchas

Los datos termodinámicos son:

- Coeficiente adiabático
- Coeficiente politrópico
- Cp de la gasolina, en J/KgK
- Relación de masas

Los datos de las válvulas son:

- AAA, en grados
- RCA, en grados
- AAE, en grados
- RCA, en grados

5.2 Características

Se han definido unas características iniciales para un determinado tipo de motor y caja de cambios. De esta manera, se puede ver el funcionamiento de la aplicación informática.

El usuario puede cambiar las condiciones iniciales por las propias del vehículo que quiera estudiar.

5.2.1 Motor

Para cambiar estas características se elegirá al principio del programa lo que se quiera variar.

Tipo de motor	Árbol de levas en cabeza movido por correa dentada
Cilindrada	1.600 cc
Potencia máxima	5600 rpm
Par motor máximo	3500 rpm
Diámetro x Carrera	75.5 mm x 79 mm
Gestión del motor	Inyección multipunto
Relación de compresión	11
Caja de cambios	Manual, 6 velocidades
Velocidad máxima	212Km/h
Combustible	Gasolina

5.2.2 Caja de cambios

Las características que se determinan para la caja de cambios son definiendo el número de marchas que tiene el vehículo (incluida la marcha atrás) y los dientes tanto del tren fijo como del tren secundario.

Así mismo, para calcular la relación del diferencial será necesario saber los dientes del piñón y de la corona que para nuestro ejemplo serán 14 y 62 respectivamente.

Marchas	D. tren fijo	D. secundario	Rel. Velocidad	Rel. Dif.	Rel. Total	Pot. máx
1ª	13	38	0,34	0,23	0,08	432,59
2ª	23	43	0,53	0,23	0,122	676,36
3ª	25	32	0,78	0,23	0,17	987,90
4ª	32	31	1,03	0,23	0,23	1305,31
5ª	37	28	1,32	0,23	0,29	1670,97
Marcha atrás	12	40	0,3	0,23	0,06	379,35

Los cálculos que se han llevado a cabo para obtener las distintas relaciones y la potencia máxima han sido:

$$Rel. vel = \frac{D.Tren\ fijo}{D.Secundario}$$

$$Rel. Dif = \frac{D.Piñón}{D.Corona}$$

$$Rel.Total = (Rel. vel) * (Rel. Dif)$$

Para calcular las revoluciones máximas que se pueden obtener dependiendo de la marcha:

$$Rev. máx = (Rel.Total) * (Pot. máx)$$

Para pasar la velocidad en Km/h a rpm, que es lo que utilizaremos para los cálculos del motor, hay que conseguir una constante que depende de los valores de las llantas. En este caso, los datos son:

Diam. Llanta	D _{ll}	381	mm
Perf. Neumático	P _n	126,75	mm
Diam. Rueda	D _r	634,5	mm
Perímetro	P	1992,33	mm

Para calcular el perímetro,

$$P = 2\pi * Dr$$

Para obtener la constante

$$Cte = \frac{\pi * 60 * Dr}{1000 * 1000}$$

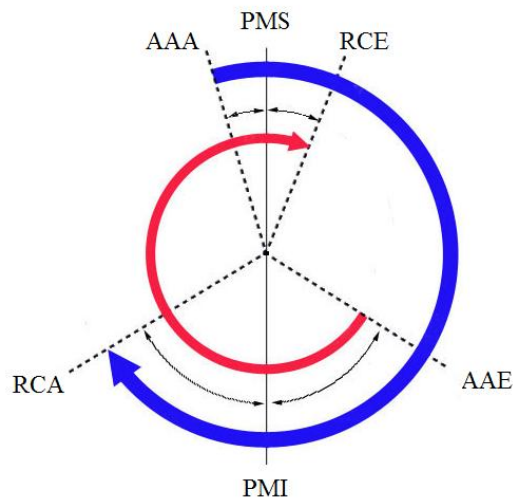
Para calcular las rpm,

$$n = vel * Cte$$

5.3 Válvulas

Hay que tener en cuenta que si bien las válvulas se abren cuando el pistón llega al punto muerto inferior o superior, esta abertura no es instantánea. Es por esto que las válvulas abren o cierran antes o después de pasar estos límites, lo que garantiza una mayor optimización del llenado y disminuir el trabajo de escape.

Estas cotas de reglaje de distribución son fijas en los motores, vienen determinadas por el fabricante que las habrá diseñado de forma específica según el tipo de motor.



5.1 Diagrama de distribución teórico

A partir de lo dicho en este apartado se deduce que el salto de chispa tampoco se dará cuando el pistón se encuentre en el PMS sino que será un poco antes. El punto concreto vendrá determinado por la velocidad del vehículo y la apertura de la mariposa.

5.4 Cálculos generales

5.4.1 Tiempos

Sabiendo las r.p.m. a las que gira el motor, obtenidas a través de la velocidad que lleva el vehículo y las relaciones de la caja de cambios, se pueden obtener varios parámetros.

- Revoluciones por segundo

$$ns = \frac{n}{60}$$

- Teniendo en cuenta que 1 revolución son 2 carreras, saber el tiempo que dura una carrera

$$Tc = \frac{1}{2 * ns}$$

- Tiempo dedicado al avance de una unidad de longitud

$$Tl = \frac{Tc}{C}$$

- Tiempo dedicado al avance de una unidad de grado

$$Tg = \frac{Tc}{180}$$

- Longitud que corresponde a cada grado

$$Lg = \frac{C}{180}$$

6 Admisión (0-1)

La fase de admisión comienza cuando el pistón se encuentra en el PMS y acaba cuando el pistón ha llegado al PMI. Así, el pistón hace un recorrido de $0^\circ < \theta < 180^\circ$.

Hay que tener en cuenta que la válvula de admisión abre antes de llegar el pistón al PMS y cierra una vez pasado el PMI. Estos valores están fijados y son:

- AAA = 10°
- RCA = 40°

6.1 Condiciones iniciales

Primero comentar que durante esta fase cuando esté en el PMS el pistón la nomenclatura llevará un 0 como subíndice y un 1 cuando esté en el PMI.

Sabiendo esto, para poder iniciar los cálculos es necesario suponer una temperatura y presión iniciales, así como una temperatura al final de la admisión. Estos son datos pedidos al usuario y que corresponderán con los datos ambientales para el inicio de la admisión, y un dato elegido para el final de la admisión.

6.2 Cálculos datos

A partir de las condiciones iniciales T_0 , P_0 y V_0 (volumen inicial que coincide con el volumen de la cámara de combustión, V_{CC}), se van calculando los siguientes estados con un proceso iterativo.

Estos cálculos, como sabemos T_1 y es admisión a $P_0 = \text{cte}$, se realizan de manera que varíe lo mismo para cada grado.

- Temperatura

T_0 depende de la temperatura ambiente exterior y T_1 está prefijada. Ambas se miden en K.

$$T_\theta = T_0 + \left(\frac{T_1 - T_0}{180} \right) * \theta \quad 0 < \theta < 180$$

- Volumen

Tanto V_0 como V_1 están fijados por las características del motor, por lo que la variación es siempre gradual dependiendo de la superficie del pistón y la altura de la pared.

El volumen total será el V_{CC} en m^3 más la superficie del pistón multiplicada por la altura desplazada que dependerá los grados que haya descendido el pistón y la altura que supone cada grado.

$$V_{\theta} = \pi * r^2 * Lg * \theta + V_{CC}$$

- Presión

Durante este proceso, la presión se mantiene constante, siendo esta la presión atmosférica. Aun así, pasa saber la presión en cualquier punto sería,

$$P_{\theta} = P_0 + \left(\frac{P_1 - P_0}{180}\right) * \theta$$

- Densidad del aire

Va a depender de la presión en el punto en el que se encuentre, así como de la constante de los gases y la temperatura.

$$\rho_{\theta} = \frac{P_{\theta}}{R * T_{\theta}}$$

- Cp, Cv y R

Para obtener la constante de los gases, R, será necesario saber el Cp y Cv del fluido que en este caso es aire.

Primero calculamos Cp que va a ser en función de la temperatura, en este caso la ambiente. Por tanto,

A 0°C el Cp es de 1000

A 100°C el Cp es de 1010

Así, interpolando la expresión que queda depende de la temperatura ambiente de manera que:

$$\frac{T+10000}{10} = Cp$$

Para calcular C_v es necesario partir del resultado del cálculo de C_p y además tener en cuenta el valor del coeficiente adiabático, γ , el cual se define al principio del proyecto y es constante,

$$C_v = \frac{C_p}{\gamma}$$

Por último, para obtener la constante de los gases, R , se parte de la relación existente entre C_p y C_v ,

$$R = C_p - C_v$$

- Masa del aire (m_a)

Esta depende de la densidad y el volumen que tengamos, así,

$$m_a = \rho * V$$

Para ver la ecuación desarrollada simplemente hay que sustituir por las ecuaciones anteriores de manera que quede,

$$m_a = \rho_{\theta} * V_{\theta} = \frac{P_{\theta}}{R * T_{\theta}} * (\pi * r^2 * Lg * \theta)$$

6.2.1 Trabajo

El proceso se realiza a presión constante por tanto es un proceso isobaro. Como tal, depende de la presión y el volumen que tenemos en cada momento. Siendo la definición de trabajo la siguiente,

$$\delta W = P * dV$$

Para cada grado de avance se podrá definir como,

$$W_{\theta} = P_{\theta} * (V_{\theta} - V_{\theta-1})$$

Donde W_{ad} es el trabajo realizado en J, la presión P está en Pa y el volumen V en m^3

Trabajo total de la admisión será,

$$W_T = \sum_{n=1}^{180} W_{\theta}$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de admisión.

$$W_F = \frac{W_T * n * Z}{2 * 60}$$

6.2.2 Pérdidas de calor

Se dan unas pérdidas de energía en forma de calor y para cuantificar las mismas se utiliza la siguiente expresión,

$$\delta Q = m_a * C_p * dT$$

Para cada grado de avance se podrá definir como,

$$Q_\theta = m_a * C_p * (T_\theta - T_{\theta-1})$$

Donde Qad es el calor perdido expresado en J, m_a es la masa del aire, C_p es el calor específico a presión constante en J/KgK y las temperaturas T en K.

El calor perdido en la admisión será,

$$Q_T = \sum_{n=1}^{180} Q_\theta$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de admisión.

$$Q_F = \frac{Q_T * n * Z}{2 * 60}$$

7 Compresión (1-1.1)

La fase de compresión comienza cuando el pistón se encuentra en el PMI y acaba cuando el pistón ha llegado al PMS. Así, el pistón hace un recorrido de $0^\circ < \Theta < 180^\circ$.

Hay que tener en cuenta que la válvula de admisión una vez pasado el PMI sigue abierta durante unos grados. Y además que la combustión empieza antes de llegar al PMS. Por tanto, los cálculos referidos a la compresión incluyen hasta que empieza la combustión.

- RCA = 40° (seguirá aumentando de manera constante el aire que entra)
- Gasolina = aumenta de manera proporcional al aire
- Avance inyección = variable

7.1 Condiciones iniciales

Primero comentar que durante esta fase cuando esté en el PMI el pistón la nomenclatura llevará un 1 como subíndice y un 2 cuando esté en el PMS.

Para comenzar con los cálculos será necesario saber la presión y temperatura inicial, es decir, en el PMI. Estos se obtienen a través del proceso de admisión.

7.2 Cálculos datos

A partir de las condiciones iniciales T_1 , P_1 y V_1 (volumen inicial que coincide con el volumen máximo, V_{max}), se van calculando los siguientes estados con un proceso iterativo.

Se realizan según el proceso politrópico ya que se acerca mucho más a la realidad ya que tiene en cuenta pérdidas de calor entre el fluido y el motor. También tener en cuenta que el combustible va aumentando de manera proporcional según el ángulo de giro.

- Volumen

Va a ser el $V_{max} = V_1$ menos el volumen que vaya disminuyendo por la compresión del pistón, medido en m^3 . Este depende de la superficie del pistón y la altura de pared desplazada.

$$V_\theta = V_1 - (\pi * r^2 * Lg) * \theta$$

- Temperatura

Para definir la temperatura, la ecuación será en función del volumen que sabemos cómo avanza. Es así mismo una relación que incluye el coeficiente politrópico, adimensional, que es constante y se ha elegido $k=1.25$. Este coeficiente puede variar de un motor a otro pero en este caso se considera que este valor se ajusta a las necesidades del proyecto.

$$\frac{T_1}{T_\theta} = \left(\frac{V_\theta}{V_1}\right)^{k-1} \rightarrow T_\theta = T_1 * \left(\frac{V_1}{V_\theta}\right)^{k-1}$$

- Presión

En este caso la presión, en Pa, también es función del volumen y del coeficiente politrópico, por tanto se aplica lo descrito para la temperatura.

$$P_1 * V_1^k = P_\theta * V_\theta^k \rightarrow P_\theta = P_1 * \left(\frac{V_1}{V_\theta}\right)^k$$

En este caso, k es un valor a determinar que tiene como límite 1.4, por tanto, se ha elegido,

$$k=1.25$$

- Densidad del aire

Se sigue calculando como en el proceso de admisión en función de la presión en Pa, constante de los gases en J/KgK y la temperatura en K en el punto determinado.

$$\rho_\theta = \frac{P_\theta}{R * T_\theta}$$

- Masas

Saber la masa, en Kg, que tenemos va a ser importante para poder después realizar los cálculos de gasolina y combustión.

-Aire

Hay que tener en cuenta que en la carrera de admisión se ha llenado el cilindro con una masa determinada de aire que ya hemos calculado.

Durante el proceso de compresión, hemos visto que durante unos grados sigue estando abierta la válvula de admisión, por tanto entrará algo más de aire. Para calcular el mismo, será la m_a que teníamos más la que entra calculada en función de la densidad, en Kg/m³ y el volumen desplazado, en m³.

Una vez pasados los grados y que se cierra la válvula la masa ya será constante hasta que comience la combustión.

$$m_{a\theta} = m_{aadm} + \rho_{\theta} * V_{\theta} \quad 0 < \theta < 40$$

$$m_{aF} = m_{a40} \quad 40 < \theta < \text{áng.lny}$$

-Gasolina m_g

Esta va a depender de la masa de aire que entre, ya que se ha definido al inicio por el usuario una relación de compresión entre el aire y la gasolina siendo $R_c=14.7$. Por tanto, la gasolina que se inyectará será,

$$m_g = \frac{m_a}{R_c}$$

La que se inyecta dependiendo del ángulo será,

$$m_g\theta = \frac{m_g}{\left(\frac{180 - \text{grad}T}{2}\right)} * \theta$$

Mientras que el aire deja de entrar cuando se cierra la válvula de admisión, la gasolina seguirá entrando hasta que salte la chispa.

-Mezcla

La masa del fluido total, en Kg, será la suma de ambas.

$$m_{m\theta} = m_{a\theta} + m_g\theta$$

- Calor específico

-Aire

Será calculado como antes, en función de la temperatura en °C

$$C_{pa} = \frac{T+10000}{10}$$

Como la R se va a mantener constante, para calcular C_v , en J/KgK, habrá que recurrir simplemente a la misma ecuación de antes.

$$C_{va} = C_{pa} - R$$

-Gasolina

En el caso de C_p , en J/KgK, de la gasolina, es un valor determinado por el usuario y que en nuestro caso hemos definido como,

$$C_{pg} = 2220 \text{ J/KgK}$$

Para calcular C_v , en J/KgK, es de la misma manera que con el aire sabiendo que la R es constante.

$$C_{vg} = C_{pg} - R$$

-Mezcla

A través de lo anterior se puede obtener C_p , en J/KgK, de la mezcla, de manera que se calcula a través de las masas, en Kg.

$$C_{pm} = \frac{m_a * C_{pa} + m_g * C_{pg}}{m_m}$$

Y, de la misma manera que en los casos anteriores, se calcula C_v , en J/KgK.

$$C_{vm} = C_{pm} - R$$

7.2.1 Trabajo

El proceso se realiza a presión constante por tanto es un proceso politrópico. Como tal, depende de la presión y el volumen que tenemos en cada momento. Siendo la definición de trabajo la siguiente,

$$W_\theta = \frac{m_m * R * (T_\theta - T_{\theta-1})}{1-k} \quad 0 < \theta < \text{áng.iny}$$

Donde W_c está en J, m_m estará en Kg, las temperaturas en K y el coeficiente politrópico que es adimensional.

En este caso es el total,

$$W_T = \sum_{n=1}^{180} W_\theta$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de compresión.

$$W_F = \frac{W_T * n * Z}{2 * 60}$$

7.2.2 Pérdidas de calor

Se dan unas pérdidas de energía en forma de calor y para cuantificar las mismas se utiliza la siguiente expresión,

$$Q_{\theta} = m_{m\theta} * C_v * \left(\frac{\gamma-k}{1-k}\right) * (T_{\theta} - T_{\theta-1}) \quad 0 < \theta < \text{áng.iny}$$

Donde Q_c , en J, es el calor que se pierde, la m_m será en Kg, C_{v_m} será en J/KgK y la temperatura en K. Además, están los coeficientes adimensionales politrópico y adiabático, que se calcula como,

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

- Calor total

$$Q_T = \sum_{n=1}^{180} Q_{\theta}$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de compresión.

$$Q_F = \frac{Q_T * n * Z}{2 * 60}$$

Hay que tener en cuenta que la m_m será m_a mientras no se esté inyectando combustible. Es decir, que dependerá del avance (explicado en el apartado de compresión).

8 Combustión (1.1-2-2.1)

Este proceso se produce debido a la introducción de energía mediante una descarga eléctrica producida en la bujía. Esto se iniciará unos grados antes de que el pistón llegue al PMS, por lo que se formará un frente de llama que durante ciertos grados se irá propagando provocando la combustión de la mezcla.

En este caso, el punto de encendido variará dependiendo de la velocidad del coche y el ángulo de apertura de la mariposa. Así mismo, se seguirá un método de combustión en el que la mezcla se empieza a quemar lentamente y cada vez va más rápido. Esto se debe a que la velocidad del frente de llama depende de dos velocidades, la de combustión que es la velocidad con la que progresa la reacción química de oxidación, es decir la velocidad del frente de llama respecto a la mezcla sin quemar y la velocidad de arrastre debida a los productos quemados se dilatan comprimiendo la mezcla sin quemar.

Así, inicialmente, el primer 10% del proceso, es baja porque la masa afectada es pequeña y la combustión es laminar. Conforme avanza, el 85% restante, va aumentando la velocidad porque abarca una masa mayor y está la velocidad de arrastre, además de que la combustión es turbulenta. Y en la parte final del proceso disminuye porque hay ya poca masa y la combustión vuelve a ser laminar.

8.1 Condiciones iniciales

Este proceso va a comenzar con el salto de chispa en la combustión, lo que se denomina con el subíndice 1.1 y terminará durante la expansión, usando para ello el subíndice 2.1.

Para comenzar con los cálculos será necesario saber el punto de salto de chispa, que se obtiene a partir de las condiciones introducidas por el usuario al inicio del programa, y las condiciones que hay en ese momento.

8.2 Cálculos

8.2.1 Avance encendido

El avance puede depender de grado de carga y/o de las revoluciones. Ambos varían de manera distinta, así que obtener un avance que se adapte a cada situación se va a sumar ambos avances.

- Avance centrífugo (0º-50º)

A mayor número de revoluciones, aumenta. Llegando a estabilizarse al 70% del régimen máximo.

El régimen máximo se obtiene a partir de la caja de cambios y la potencia máxima del motor. Este se obtendrá en 5ª marcha.

$$Reg. \text{ máx} = Pot. \text{ máx} * Rel. \text{ Total}$$

Se estabilizará al 70%,

$$n_{est} = Reg. \text{ máx} * 0.7$$

Así, dependerá de las revoluciones que haya una mayor o menos apertura de la siguiente manera,

-Si $n < n_{est}$

Se interpola ya que a 0 rpm son 0 grados, y a n_{est} son 50,

$$grad = \frac{R}{23.38}$$

-Si $n > n_{est}$

$$grad = 50$$

- Avance por depresión (0º-15º)

La mariposa varía de forma que cuando está cerrada el avance es 15º y cuando está abierta es 0º.

$$grad = 15 - 15 * \%$$

Así, el avance total que es la suma de ambos quedará de manera:

- Si $n < n_{est}$

$$gradT = (15 - 15 * \%) + \frac{R}{23.83}$$

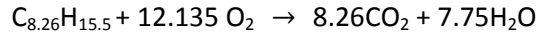
- Si $n > n_{est}$

$$gradT = (15 - 15 * \%) + 50$$

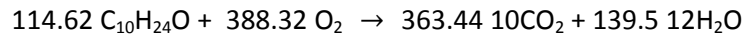
8.2.2 Gasolina

Hay que tener en cuenta la composición de la gasolina que introducimos para realizar los cálculos.

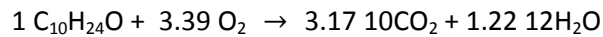
En este caso, la fórmula que nos indica la reacción estequiométrica será:



La mmol es 114.62kg/Kmol (M_g)= 8.26*12(MaC)+15.5*1(MaH)+12.135(MaO),



Si dividimos entre la $M_g=160$,



Entonces, para la combustión completa de 1kg de gasolina se necesitan 3.39 kg de aire. La R_c es así de $3.39/0.23=14.7$

- Dosado

$$F = \frac{m_g}{m_a} = \frac{1}{14.7} = 0.68 = F_e$$

Para los cálculos de proyecto se tomará siempre la relación estequiométrica.

8.2.3 Ley de Vibe

Para determinar la forma de combustión de la mezcla en función del ángulo de giro, se ha elegido esta puesto que es la más similar al comportamiento real que buscamos.

- Relación funcional

$$v_c = \frac{\theta - \theta_0}{A}$$

Siendo V_c la relación funcional, θ los grados en que nos encontramos, θ_0 es el ángulo de inicio de la combustión y A es el ángulo de combustión.

- Fracción de masa quemada

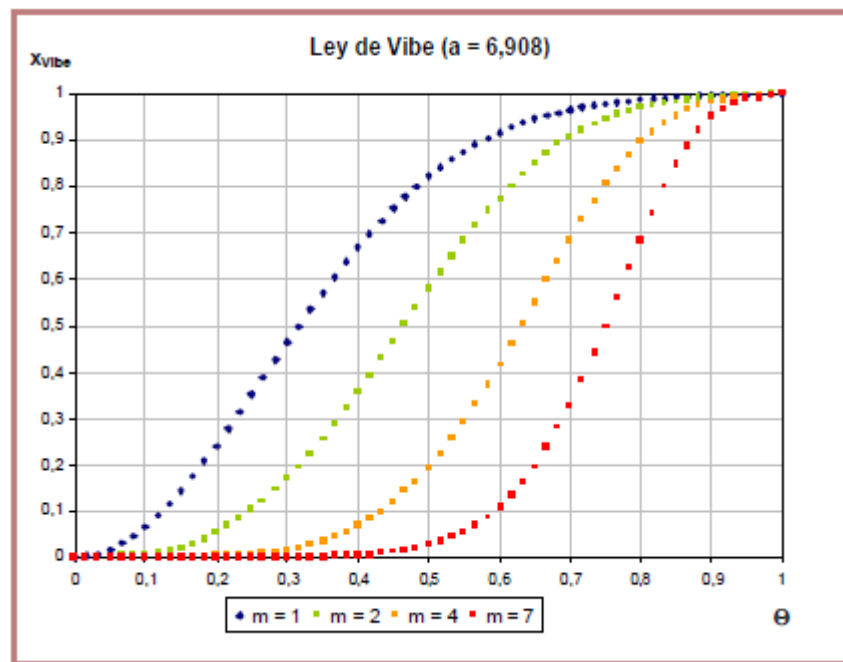
Para ello necesitamos saber primero la masa de gasolina que tenemos,

$$m_g = \frac{m_a}{14.7}$$

A partir de ella,

$$m_g' \theta = m_g \theta * (1 - e^{(-a*vc)^{m+1}})$$

Un valor usual para el parámetro a es 6.908 que corresponde a una máxima fracción quemada. Y para ver cómo se distribuye la liberación de energía, m puede variar de 1 a 7, cuanto mayor sea m , mayor es la liberación al final de la combustión.



8.1 Ley de Vibe para distintos valores de m

- Fracción de masa quemada

Antes ya se ha calculado la proporción de aire que se quemará en función de la gasolina, así que para calcularla se dividen en parte de,

- Parte de compresión

$$m_{a'\theta} = 3.1 * m_{a\theta} * \frac{\left(\theta - \left(180 - \frac{gradT}{2}\right)\right)}{180}$$

- Parte de expansión

$$m_{a'\theta} = 3.1 * m_a * \frac{\theta}{\frac{gradT}{2}}$$

- Masa mezcla en combustión (m_m')

Esta se puede ir calculando para cada grado de avance de cigüeñal,

$$m_m = m_{a'} + m_{g'}$$

8.2.4 Otros

Se van a dividir las ecuaciones para la fase de combustión en compresión y expansión. Cambiará algún coeficiente debido a que la parte que se produce en la compresión irá hasta los 180º y la fase de expansión empieza en 0º.

- Volumen

$$V_\theta = V_1 - (\pi * r^2 * Lg) * \theta \quad \left(180 - \frac{gradT}{2}\right) < \theta < 180 \text{ compresión}$$

$$V_\theta = V_0 + (\pi * r^2 * Lg) * \theta \quad 0 < \theta < \frac{gradT}{2} \text{ expansión}$$

El volumen simplemente seguirá la misma ecuación que se ha visto en apartados anteriores ya que no depende de si hay combustión o no.

- Temperatura combustión

$$T_\theta = T_{\theta comp} + \frac{m_{g'} * 43525200}{m_{m'} * C_{vg}}$$

Se calcula como la suma de la temperatura que existiría en cada punto sin haber combustión, $T_{\theta comp}$ en K, más la que se produce por la liberación de energía de la combustión. Hay que tener en cuenta que habrá pérdidas de calor que afectan.

El rendimiento de la combustión, η_c , es 1, V_c es la fracción de mezcla quemada y PCI será el Poder Calorífico Inferior

- Presión

$$P_\theta = \frac{m m' \theta * R * T_\theta}{V_\theta}$$

Es simplemente calcular la presión ,en Pa, en cada grado, la cual depende de la temperatura.

8.2.4.1 Trabajo

- Trabajo

Trabajo en cada momento,

$$W_\theta = \frac{m m' \theta * R * (T_\theta - T_x)}{1 - k}$$

$T_x = T_{1.1}$ en comp.

$T_x = T_2$ en expansión

Para calcular el trabajo en cada momento habrá que tener en cuenta la m_m , en Kg, la constante de los gases en J/KgK, la temperatura inicial y la que se tiene en el punto ambas en K y el coeficiente politrópico.

En este caso es el total,

$$W_T = \frac{m m' \theta * R * (T_2 - T_x)}{1 - k}$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de combustión.

$$W_F = \frac{W_T * n * Z}{2 * 60}$$

8.2.4.2 Pérdidas de calor

La principal forma de transferencia de calor en un motor de encendido provocado es por convección. La radiación depende de autores pero se consideran en torno al 4% de las pérdidas totales en la mayoría de casos, por tanto no se van a tener en cuenta.

El método que se considera más ajustado al interés del proyecto se basa en la correlación de Woschini. En este caso contamos con un flujo turbulento a la temperatura de los gases que intercambia calor con el refrigerante que se mantiene a una temperatura constante. Así,

$$q_c(\theta) = h_c(\theta) * A_w(\theta) * (T_c(\theta) - T_w)$$

donde h_c es el coeficiente de transferencia de calor, en W/m^2K , A_w es el área de transferencia de calor, T_c es la temperatura del gas en el punto en el que está y T_w es la temperatura del refrigerante, ambas en K. Así q_c quedará en W.

En este caso la temperatura del refrigerante es constante y se han elegido 353.15K (80°).

- Coeficiente de transferencia de calor

Woschini parte de una relación basada en el número de Nusselt, que mide el aumento de transmisión del calor, y el número de Reynolds, que caracteriza el movimiento del fluido,

$$Nu = 0.035 * Re^m$$

La expresión en función del ángulo de giro queda expresada como,

$$h_c(\theta) = 3.26 * D^{-0.2} * P_c(\theta)^{0.8} * T_c(\theta)^{-0.546} * w(\theta)^{0.8}$$

donde D es el diámetro del pistón en m, P_c es la presión que se tiene en el cilindro en el punto en el que está, en KPa, T_c es la temperatura de los gases en el mismo punto en K, y w es la velocidad media de los gases en m/s.

- Velocidad media de los gases

$$w(\theta) = [C1 * V_m + C2 \frac{V_c * T_r}{P_r * V_r} * (P_c(\theta) - P_m(\theta))]$$

donde V_m es la velocidad media del pistón, en m/s, V_c es el volumen que hay en el punto indicado, en m^3 , y P_r, T_r y V_r es la presión, temperatura y volumen en un estado de referencia que en este caso será el inicio de la combustión. P_m será la presión en el punto indicado en Pa y $C1$ y $C2$ son constantes que para este caso toman los valores 2.28 y $3.24 \cdot 10^{-3}$ respectivamente.

- Área de transferencia de calor

El área total es la suma del área del pistón (A_p), el área de la pared del cilindro (A_c) y el área de la cámara de combustión (A_{cc}), por tanto:

$$Aw(\theta) = Ap * Ac(\theta) + Acc = \frac{\pi * D^2}{4} + \pi * D * x(\theta) + [\pi * D * Hcc + \frac{\pi * D^2}{4}]$$

- Calor

$$q(\theta) = \frac{(k - n) * mm * R}{(k - 1) * (n - 1)} * (T(\theta) - T(\theta - 1))$$

9 Expansión (2-3)

La fase de expansión comienza cuando el pistón se encuentra en el PMS y acaba cuando el pistón ha llegado al PMI. Así, el pistón hace un recorrido de $0^\circ < \Theta < 180^\circ$.

Hay que tener en cuenta que al principio de la fase se está dando la combustión y hacia el final de la misma se abre la válvula de escape.

- AAE = 50° (una vez llegados aquí se tiene en cuenta como si estuviese en fase de escape)
- Sólo queda aire y se mantiene constante

Durante parte e inicio de este proceso sigue la combustión con sus ecuaciones y características descritas en el apartado anterior. Por lo tanto, habrá que modelizar el resto de la expansión.

En este caso el volumen va aumentando, por lo que la presión descenderá. También hay que tener en cuenta que habrá pérdidas de calor.

Como se abrirá la válvula de escape antes de que se llegue al PMI, no se va a aprovechar todo el trabajo útil que se aprovecharía si se abriese en ese punto. Así, cuando se abre la válvula los gases se escaparán de manera espontánea ya que están a mayor presión que la atmosférica.

9.1 Condiciones iniciales

Primero comentar que durante esta fase cuando esté en el PMS el pistón la nomenclatura llevará un 2 como subíndice y un 3 cuando esté en el PMI.

Sabiendo esto, las condiciones de presión, temperatura y volumen iniciales ya vienen determinados por el final de la compresión.

9.2 Cálculos

El proceso termodinámico seguido en la carrera de expansión va a ser politrópico en el cual habrá una transferencia de calor entre el fluido y el motor.

Para calcular la temperatura, volumen y presión hay que tener en cuenta que habrá un proceso de expansión hasta la AAE y un proceso ya de escape en la parte que va desde esa apertura hasta el PMI. Por tanto, se va a dividir así,

- Expansión politrópica (hasta AAE)

Este proceso va desde que acaba la combustión hasta que el AAE.

$$\frac{gradT}{2} < \theta < (180 - 50) = 130$$

- Volumen

$$V_{\theta} = V_1 + (\pi * r^2 * Lg) * \theta$$

Como en los demás procesos, el volumen se calcula del mismo modo, en m³.

- Temperatura

$$\frac{T_{2.1}}{T_{\theta}} = \left(\frac{V_{\theta}}{V_{2.1}}\right)^{k-1} \rightarrow T_{\theta} = T_{2.1} * \left(\frac{V_{2.1}}{V_{\theta}}\right)^{k-1}$$

La expresión cuenta con la temperatura y volumen inicial que se considera cuando acaba la combustión, es decir T_{2.1} y V_{2.1}, en K y m³ respectivamente. También hay que tener en cuenta el coeficiente politrópico.

- Presión

$$P_{2.1} * V_{2.1}^k = P_{\theta} * V_{\theta}^k$$

Sucede lo mismo que con la temperatura.

En este caso, k es un valor a determinar que tiene como límite 1.4, por tanto, se ha elegido,

$$k=1.25$$

- Expansión cuando AAE (50º)

En este caso los parámetros irán variando progresivamente, sabiendo que al final del escape tenemos la temperatura ambiente y presión ambiente.

Esto se dará de los 130-180 grados.

- Volumen

$$V_{\theta} = V_0 + (\pi * r^2 * Lg) * \theta$$

- Temperatura

$$T_{\theta} = T_{2.2} + \left(\frac{T_0 - T_{2.2}}{180 + 50}\right) * \theta$$

- Presión

$$P_{\theta} = P_{2.2} + \left(\frac{P_0 - P_{2.2}}{180 + 50} \right) * \theta$$

- Densidad del aire

$$\rho_{\theta} = \frac{P_{\theta}}{R * T_{\theta}}$$

- Masas

Cuando termina la combustión sólo queda aire ya que suponemos que la combustión se realiza al completo.

- Aire

$$m_a = m_{a'} \quad \text{Cuando } \theta = \frac{gradT}{2}$$

- Gasolina m_g

$$m_g = 0$$

- Mezcla

$$m_m = m_a + m_g = m_a$$

9.2.1 Trabajo

- Trabajo

Trabajo en cada momento,

$$W_{\theta} = \frac{m_a * R * (T_{\theta} - T_{\theta-1})}{1-k} \quad \frac{gradT}{2} < \theta < 180$$

En trabajo total,

$$W_T = \sum_{n=1}^{180} W_{\theta}$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de expansión.

$$W_F = \frac{W_T * n * Z}{2 * 60}$$

9.2.2 Pérdidas de calor

Calor

Calor para un momento determinado,

$$Q_\theta = m_a * C_{va} * \left(\frac{\gamma - k}{1 - k} \right) * (T_\theta - T_{\theta - 1}) \quad \frac{gradT}{2} < \theta < 180$$

Calor total,

$$Q_T = \sum_{n=1}^{180} Q_\theta$$

Total para el ciclo y los 4 (Z) pistones,

$$W_F = \frac{2 * \pi * n}{60} * W_T * Z$$

Siendo γ ,

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.4$$

10 Escape (3-0)

La fase de escape comienza cuando el pistón se encuentra en el PMI y acaba cuando el pistón ha llegado al PMS. Así, el pistón hace un recorrido de $0^\circ < \Theta < 180^\circ$.

Hay que tener en cuenta que al final de la fase se abre la válvula de admisión.

- $AAA = 10^\circ$ (esto implica que el aire empieza a aumentar)

10.1 Condiciones iniciales

Este proceso irá desde el PMI, en cual se define con el subíndice 3 y llegará hasta el PMS, el cual coincide con el inicio del ciclo y por tanto se definirá con el subíndice 0.

Los datos iniciales vendrán dados por el final de la expansión que como hemos dicho, al estar la válvula de escape abierta se habrá ido comportando como la misma fase de escape.

10.2 Cálculos

Al saber la temperatura final y la presión final, que deben ser la temperatura y presión del ambiente, es decir, coincidir con los datos iniciales de la admisión, entonces los cálculos serán progresivos.

- Volumen

$$V_\theta = V_1 - (\pi * r^2 * Lg) * \theta$$

El volumen varía de la misma forma que en las fases anteriores.

- Temperatura

$$T_\theta = T_3 - \left(\frac{T_3 - T_0}{180}\right) * \theta$$

- Presión

$$P_\theta = P_3 - \left(\frac{P_3 - P_0}{180}\right) * \theta$$

- Densidad del aire

$$\rho_\theta = \frac{P_\theta}{R * T_\theta}$$

- Masas

-Aire

Cada vez quedará menos porque se va escapando de manera progresiva.

$$m_{a'} = m_a - \rho \theta * V \theta \quad 0 < \theta < 170$$

Una vez llega al AAA, irá aumentando de manera progresiva de nuevo la cantidad de aire.

$$m_a = m_{a'T} + \rho \theta * V \theta \quad 170 < \theta < 180$$

10.2.1 Trabajo

- Trabajo

Trabajo en cada momento,

$$W_{\theta} = \frac{m_{m'} * R * (T_{\theta} - T_{\theta - 1})}{1 - k}$$

En este caso es el total,

$$W_T = \sum_{n=1}^{180} W_{\theta}$$

Total para el ciclo consistirá en multiplicar lo obtenido por el número de cilindros, Z, las revoluciones, n, y dividir entre 2 y 60 ya que durante un ciclo todos tienen una carrera de escape.

$$W_F = \frac{W_T * n * Z}{2 * 60}$$

10.2.2 Pérdidas de calor

Calor

Calor para un momento determinado,

$$Q_{\theta} = m a * C v * \left(\frac{\gamma - k}{1 - k} \right) * (T_{\theta} - T_{\theta - 1})$$

Calor total,

$$Q_T = \sum_{n=1}^{180} Q_{\theta}$$

Total para el ciclo y los 4 (Z) pistones,

$$Q_F = \frac{2 * \pi * n}{60} * Q_T * Z$$

Siendo γ ,

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.4$$

Siendo k

$$K = 1.25$$

11 Ciclo

Una vez completado el ciclo, que consta de las cuatro carreras descritas, habrá que realizar varios cálculos que nos permitan obtener resultados más específicos que permitan al usuario conocer el rendimiento del vehículo que quiera.

11.1 Trabajo del ciclo

Para ello, se parte de la gráfica P-V que se lleva a cabo a través de las distintas presiones y volúmenes que hemos ido calculando.

El área que encierra dicha gráfica es el trabajo que se busca, habrá valores de trabajo negativos que serán los de compresión y escape ya que es el pistón el que realiza el trabajo contra el fluido. Mientras que las carreras de admisión y expansión dan un valor positivo ya que es el fluido el que realiza el trabajo contra el pistón. Por tanto, para obtener el trabajo total habrá que hacer un sumatorio de los trabajos de cada carrera.

$$W_c = \oint P dv$$

11.2 Rendimiento térmico

Se calcula a través del trabajo del ciclo, W_c , y el calor introducido, Q_{in} ,

$$\eta_{ci} = \frac{W_c}{Q_{in}} = \frac{W_c}{\eta_c * m_g * PCI_g}$$

donde rendimiento de la combustión, η_c , está definido como 1, la masa de la gasolina, m_g , en Kg es la máxima admitida para nuestras características y el PCI son 43.52MJ/Kg.

11.3 Potencia del ciclo

Se calcula a través del trabajo del ciclo,

$$P_{ciclo} = W_{ci} * \frac{n}{2} * Z$$

En caballos,

$$Potc = \frac{Pciclo}{735}$$

11.4 Pérdidas de calor

Al igual que con el trabajo, las pérdidas de calor serán sumatorio de las pérdidas en las 4 carreras, es decir, las que hemos ido calculando en cada una de ellas.

$$Qt = \sum QF$$

12 Aplicación informática

Para realizar la aplicación informática sobre el modelo de cálculo del motor ha sido necesario Matlab, donde se han programado las distintas partes del modelo como se ha explicado en cada una de ellas.

12.1 Adaptación del modelo

El modelo planteado sigue el siguiente esquema:

- Scripts
 - Programa Principal
 - Datos todos (datos que se piden)
 - Datosprueba (son los definidos para realizar la prueba de funcionamiento)
 - Datos obtenidos
 - Admisión
 - Compresión
 - Expansión
 - Escape
- Funciones

Todas las funciones que han sido necesarias para poder llevar a cabo la parte de scripts y que corresponden a cada una de las ecuaciones planteadas en los puntos anteriores.

12.1.1 Scripts

Principal

```
clear all
```

```
global matrixad  
global matrixc  
global matrixex  
global matrixes  
global grados  
global Aget
```

```
Datosprueba  
Datosobtenidos  
Admision  
Compresion1
```

Expansion**Escape**

Trabajo=Wad+Wc+Wex+Wes

Calor=Qad+Qc+Qex+Qes

TrabajoTotal=WTad+WTc+WTex+WTeS

CalorTotal=QTad+QTc+QTex+QTeS

RendimientoTermico= (Wad+Wc+Wex+Wes) / (matrixc (Aget, 6) *43525200)

Potcaballos=TrabajoTotal/735

subplot(2,1,1)

**plot(matrixad(2:grados+2,4),matrixad(2:grados+2,5),matrixc(2:grados+2,3),
matrixc(2:grados+2,12),matrixex(2:grados+2,3),matrixex(2:grados+2,12),ma
trixes(2:grados+2,3),matrixes(2:grados+2,5))**

subplot(2,1,2)

**plot(matrixc(160:grados+2,2),matrixc(160:grados+2,13),matrixex(2:20,1),ma
trixex(2:20,13))**

Datostodos

clear all

global Z %Número de cilindros

global Dmm %Diámetro en mm

global Smm %Carrera en mm

global VT %Cilindrada total

global Pmax %Potencia máxima

global Parmax %Par máximo

global Dllp %Diámetro llanta

global An %Ancho del neumático en pulgadas

global marchas %Número de marchas

global dientestrenfijo %Número de dientes del tren fijo

global dientessecundario %Número de dientes del tren secundario

global dientescor %Número de dientes de la corona

global dientespi %Número de dientes del piñón

global vel %Velocidad del coche en Km/h

global posac %Grados o posición de la mariposa

global Textg %Temperatura del ambiente

global Pext %Presión del ambiente

global Tfg %Temperatura al final de la admisión

global coefad %Coeficiente adiabático

global relms %Relación de masas de aire y gasolina

global Cpg %Calor específico a p=cte de la gasolina

global coefpol %Coeficiente politrópico

global RCE %Retraso cierre escape

global AAE %Avance apertura escape

global AAA %Avance apertura admisión

global RCA

global filada

global matrixda

```

Z=input('Número de cilindros: ');
Dmm=input('Diámetro en mm: ');
Smm=input('Carrera en mm: ');
VT=input('cilindrada Total en l: ');
Pmax=input('Potencia máxima en W: ');
Parmax=input('Par máximo en Nm: ');
Dllp=input('Diámetro llanta en pulgadas: ');
An=input('Ancho del neumático en pulgadas: ');
marchas=input('Número de marchas: ');
dientescor=input('Número de dientes de la corona: ');
dientespi=input('Número de dientes del piñón: ');
vel=input('Velocidad del coche en Km/h: ');
posac=input('Grados o posición de la mariposa: ');
Textg=input('Temperatura del ambiente en °C: ');
Tfg=input('Temperatura al final de la admisión en °C: ');
Pext=input('Presión del ambiente en Pa: ');
coefad=input('Coeficiente adiabático: ');
coefpol=input('Coeficiente politrópico: ');
Cpg=input('Calor específico a p=cte de la gaslina en J/KgK: ');
relms=input('Relación de masas de aire y gasolina: ');
RCE=input('Retraso cierre escape: ');
AAE=input('Avance apertura escape: ');
AAA=input('Avance apertura admisión: ');
RCA=input('Retraso cierre admisión: ');

for filada=3:1:marchas+2

    dientestrenfijo=input('Número de dientes del tren fijo en la marcha :
');
    matrixda(filada,3)=dientestrenfijo;
end

for filada=3:1:marchas+2

    dientessecundario=input('Número de dientes del tren secundario en la
marcha: ');
    matrixda(filada,4)=dientessecundario;
end

```

Datosprueba

```

clear all

global Z %Número de cilindros
global Dmm %Diámetro en mm
global Smm %Carrera en mm
global VT %Cilindrada total
global Pmax %Potencia máxima
global Parmax %Par máximo
global Dllp %Diámetro llanta
global An %Ancho del neumático en pulgadas

global marchas %Número de marchas
global dientescor %Número de dientes de la corona
global dientespi %Número de dientes del piñón

global vel %Velocidad del coche en Km/h
global posac %Grados o posición de la mariposa

```

```
global Textg %Temperatura del ambiente
global Pext %Presión del ambiente

global Tfg %Temperatura al final de la admisión
global coefad %Coeficiente adiabático

global relms %Relación de masas de aire y gasolina
global Cpg %Calor específico a p=cte de la gasolina
global coefpol %Coeficiente politrópico

global RCE %Retraso cierre escape
global AAE %Avance apertura escape
global AAA %Avance apertura admisión
global RCA

global filada
global matrixda

Z=4;
Dmm=78;
Smm=80;
VT=1.6;
Pmax=5600;
Parmax=3500;
Dllp=15;
An=195;
marchas=6;
dientescor=79;
dientespi=19;
vel=80;
posac=50;
Textg=20;
Pext=101325;
Tfg=60;
coefad=1.4;
relms=14.7;
Cpg=2220;
coefpol=1.25;
RCE=20;
AAE=50;
AAA=10;
RCA=40;

for filada=3:1:marchas+2

    % dientestrenfijo=input(strcat('Número de dientes del tren fijo en la
marcha_ ',num2str(filada-2),':'));
    % matrixda(filada,3)=dientestrenfijo;

    matrixda(3,3)=13;
    matrixda(4,3)=23;
    matrixda(5,3)=25;
    matrixda(6,3)=32;
    matrixda(7,3)=37;
    matrixda(8,3)=12;
end

for filada=3:1:marchas+2
```

```

% dientessecundario=input(strcat('Número de dientes del tren
secundario en la marcha_ ',num2str(filada-2),':'));
% matrixda(filada,4)=dientessecundario;

matrixda(3,4)=38;
matrixda(4,4)=43;
matrixda(5,4)=32;
matrixda(6,4)=31;
matrixda(7,4)=28;
matrixda(8,4)=40;
end

```

Datosobtenidos

```

global Pi
global Z
global Smm
global S %Carrera en m
global Dmm
global D %Diámetro en m
global VD %Cilindrada
global VT
global Vcc %Volumen cámara de combustión
global VTc %Volumen total cilindro
global r %Relación de compresión
global Dllp
global Dll %Diámetro de la llanta en mm
global Pn %Perfil del neumático en mm
global An %Ancho del neumático en pulgadas
global Dr %Diámetro de la rueda
global Ccc %Cte caja de cambios
global Textg
global Tfg

global dientescor
global dientespi
global Pmax
global Parmax
global vel
global Text
global Tf

global n %revoluciones del motor
global Tc %seg/carrera
global Tg %seg/grado
global Tl %seg/mm
global lg %mm/grado
global Lg %m/grado

global marchas
global filada
global matrixda

```

```

Pi=3.1416;
D=diametrom(Dmm)
S=carreram(Smm)
Text=temperaturada(Textg);
Tf=temperaturada(Tfg);
VD=cilindrada(Dmm,Smm);

```

```

Vcc=volcamcomb(VT,Z,VD);
VTc=voltotcil(VT,Z);
r=relcomp(Vcc,VD);
Dll=diamllantamm(Dllp);
Pn=perfneum(An);
Dr=diamrueda(Dll,Pn);
Ccc=ctecajacam(Dr);

for filada=3:1:marchas+2
    matrixda(filada,5)=rvel;
    matrixda(filada,6)=rdif(dientescor,dientespi);
    matrixda(filada,7)=rttotal;
    matrixda(filada,8)=pmax(Pmax);
    matrixda(filada,9)=velpotmax(Ccc);
    matrixda(filada,10)=velparmax(Parmax,Ccc);
    matrixda(filada,11)=corteiny(Ccc);

end

for filada=3:1:marchas+1
    if matrixda(filada-1,10)<vel&vel<matrixda(filada,10)
        matrixda(filada,12)=rev(Parmax,vel)
    else
        matrixda(filada,12)=0
    end
end

matrixda(9,12)=rpmttotal;

n=rpmttotal
Tc=segcarrera(n)
Tg=seggrado(Tc)
Tl=segmm(Tc,Smm)
lg=mmgrado(Smm)
Lg=mgrado(lg)

```

Admisión

```

global T0
global T1
global P0
global P1
global V0
global V1
global Densaire
global Cpa
global Cva
global coefad
global Rce

global grados

global n
global D
global Lg
global Z
global Wad
global WTad
global Qad

```



```
global QTad

global matrixad
global filaad

global Text
global Textg
global Tf
global Pext
global Vcc
global VTc
global densa
global ma
global Pmax

T0=Text;
T1=Tf;
P0=Pext;
P1=Pext;
V0=volm3(Vcc);
V1=volm3(VTc);
Cpa=cpaire(Textg);
Cva=cvaire(Cpa,coefad);
Rce=ctegas(Cpa,Cva);
Densaire=daire(P0,Rce,T0);
grados=180;

for filaad=2:1:grados+2
    matrixad(filaad,2)=colgrados(filaad);
    matrixad(filaad,3)=temperaturaad(T0,T1,matrixad,filaad);
    matrixad(filaad,4)=volumen(D,Lg,V0,matrixad,filaad);
    matrixad(filaad,5)=presion(P0,P1,grados);
    matrixad(filaad,6)=densidad(Rce);
    matrixad(filaad,7)=masa;
    matrixad(filaad,8)=trabajoad(matrixad,filaad);
    matrixad(filaad,9)=calorad(Cpa,matrixad,filaad);

end

Wad=sum(matrixad(:,8));
WTad=calytrabf(Wad,Pmax,Z);
Qad=sum(matrixad(:,9));
QTad=calytrabf(Qad,Pmax,Z);
densa=matrixad(grados+2,6);
ma=matrixad(grados+2,7);
```

Compresión

```
global T1
global T2
global P1
global P2
global V1
global V2
global mac
global mgc
global mmc
global Rm
```

```
global Cpa
global Cpg
global Cvg
global Cpm
global Cvm
global coefad
global coefpol
global Rce
global Rceg
global nest

global Vcc
global relms
global Pmax
global A %grados del salto de chispa
global Ac %grados de salto de chispa desde PMS
global Act
global Age %Avance general
global Aget
global n
global posac
global RCA

global matrixc
global filac
global grados
global D
global Lg
global densa
global lg
global ma
global Rcem
global S

global mgcf
global mgqcf
global macf
global maqcf
global velmedg
global Pi
global Tref
global hfinc
global Z
global Wtc
global Wc
global Qc
global QTc

V2=Vcc;
Rm=relms;
Cvg=cvaire(Cpg,coefad);
Rceg=cteg(Cpg,Cvg);
nest=cteest(Pmax);
Tref=80+273.15;

if n<nest
    A=saltodes(posac,n)
else
    A=saltora(posac)
end
```

```

Ac=salchipms(A);
Act=round(Ac)-1;
Age=avancegen(Ac);
Aget=180-Act

matrixc(200,50)=0;

for filac=2:1:grados+2
matrixc(filac,2)=colgrados(filac);
matrixc(filac,3)=volumenc(V1,D,Lg,Pi,matrixc,filac);
matrixc(2,8)=ma;
matrixc(2,11)=densa;
matrixc(2,12)=P1;
matrixc(2,13)=T1;
matrixc(2,14)=0;
matrixc(2,20)=0;

if filac>Age+2
matrixc(filac,4)=relac(matrixc,filac,A,Age);
matrixc(filac,5)=gasq(matrixc,filac);
matrixc(filac,7)=mgq(matrixc,filac);
matrixc(filac,6)=difgq(matrixc,filac);
matrixc(filac,9)=maq(matrixc,filac);
matrixc(filac,8)=macr(matrixc,filac);
matrixc(filac,10)=masmez(matrixc,filac);
else
matrixc(filac,4)=0;
matrixc(filac,5)=0;
matrixc(filac,7)=0;
matrixc(filac,6)=mgqr(matrixc,filac,relms,grados);
matrixc(filac,9)=0;

if filac<RCA
matrixc(filac,8)=macl(ma,V1,matrixc,filac);
else
matrixc(filac,8)=matrixc(RCA-1,8);
end

matrixc(filac,10)=masmez(matrixc,filac);
end

matrixc(filac,17)=areacil(D,lg,filac);
matrixc(filac,18)=areacul;
matrixc(filac,19)=areapist(D);

mac=matrixc(RCA-1,8);
mmc=matrixc(RCA-1,10);
mgc=matrixc(Aget,6);

Cpm=cpm(Cpa,Cpg,mac,mgc,mmc);
Cvm=Cpm-Rce;
Rcem=Cpm-Cvm;

if filac<Age
matrixc(filac,11)=densidadm(matrixc,filac);
matrixc(filac,12)=presairec(P1,V1,coefpol,matrixc,filac);
matrixc(filac,13)=tempsinchis(T1,V1,coefpol,matrixc,filac);
matrixc(filac,14)=trabajoc(matrixc,filac);
matrixc(filac,15)=velmedgas(n,S,V1,matrixc,filac);

```

```

matrixc(filac,16)=0;
matrixc(filac,20)=calorc(Cvm,coefad,coefpol,T1,matrixc,filac);
matrixc(filac,21)=0;
matrixc(filac,22)=calortc(matrixc,filac);

else

matrixc(filac,11)=matrixc(filac,10)/matrixc(filac,3);
matrixc(filac,12)=presairecr(Rce,matrixc,filac);
matrixc(filac,13)=tempconchis(T1,V1,coefpol,Cvm,matrixc,filac);
matrixc(filac,14)=trabajoc(matrixc,filac);
matrixc(filac,15)=velmedgas(n,S,V1,matrixc,filac);
matrixc(filac,16)=h(D,matrixc,filac);
matrixc(filac,20)=calorc(Cvm,coefad,coefpol,T1,matrixc,filac);
matrixc(filac,21)=calorcr(Tref,matrixc,filac);
matrixc(filac,22)=calortc(matrixc,filac);
%matrixc(filac,23)=pcch(matrixc,filac,Cvm);
%matrixc(filac,24)=psch(matrixc,filac,T1,V1,coefpol);

end
end

Wc=sum(matrixc(:,14));
WTc=calytrabf(Wc,Pmax,Z);
Qc=matrixc(grados+2,22);
QTc=calytrabf(Qc,Pmax,Z);

mgcf=matrixc(grados+2,6);
mgqcf=matrixc(grados+2,7);
macf=matrixc(grados+2,8);
maqcf=matrixc(grados+2,9);

P2=matrixc(grados+2,12);
T2=matrixc(grados+2,13);
velmedg=matrixc(grados+2,15);
hfinc=matrixc(grados+2,16);

```

Expansión

```

global T2
global T21
global T3
global P2
global P21
global P3
global V2
global V21
global V3
global Cvm
global Rce

global V1
global grados
global D
global Lg
global V0
global A
global Ac
global Act

```

```

global mgcf
global mgqcf
global macf
global maqcf
global coefpol
global lg
global coefad
global mafex
global Tref
global velmedg
global hfinc
global n
global S
global Z
global Wex
global WTex
global Qex
global QTex
global Pmax

global matrixex
global filaex

V2=V0;
matrixex(200,50)=0;

for filaex=2:1:grados+2
    matrixex(filaex,1)=colgradosrev(filaex);
    matrixex(filaex,2)=colgrados(filaex);
    matrixex(filaex,3)=volumen(D,Lg,V2,matrixex,filaex);
    V21=matrixex(Act,3);
    matrixex(2,6)=mgcf;
    matrixex(2,7)=mgqcf;
    matrixex(2,8)=macf;
    matrixex(2,9)=maqcf;
    matrixex(2,12)=P2;
    P21=matrixex(Act,12);
    matrixex(2,13)=T2;
    T21=matrixex(Act,13);

    matrixex(2,15)=velmedg;
    matrixex(2,16)=hfinc;
    matrixex(filaex,17)=areacil(D,lg,filaex);
    matrixex(filaex,18)=areacul;
    matrixex(filaex,19)=areapist(D);
    matrixex(2,20)=0;
    matrixex(2,21)=0;
    matrixex(200,20)=0;

    if filaex<Ac
        matrixex(filaex,4)=relace(Ac,A,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,5)=gasqex(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,7)=gasqex1(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,6)=difgq(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,9)=maaireqex(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,8)=maaireex(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,10)=masmezex(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,11)=densidadm(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,12)=presairecre(Rce,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,13)=tconchis(T2,V2,coefpol,Cvm,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,14)=trabajoex(matrixex,filaex);

```

```

        matrixex(filaex,15)=velmedgas(n,S,V1,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,16)=h(D,matrixex,filaex);

matrixex(filaex,20)=calorc(Cvm,coefad,coefpol,T2,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,21)=calorcr(Tref,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,22)=calortex(matrixex,filaex);
    else
        matrixex(filaex,4)=0;
        matrixex(filaex,5)=0;
        matrixex(filaex,7)=0;
        matrixex(filaex,6)=0;
        matrixex(filaex,9)=0;
        matrixex(filaex,8)=matrixex(Act,8);
        matrixex(filaex,10)=masmezex(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,11)=densidadm(matrixex,filaex);

matrixex(filaex,12)=pressinchispa(V21,P21,coefpol,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,13)=tempsinchis(T21,V21,coefpol,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,14)=trabajoex(matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,15)=velmedgas(n,S,V1,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,16)=0;

matrixex(filaex,20)=calorc(Cvm,coefad,coefpol,T2,matrixex,filaex);
        matrixex(filaex,21)=0;
        matrixex(filaex,22)=calortex(matrixex,filaex);
    end

end

Wex=sum(matrixex(:,14));
WTex=calytrabf(Wex,Pmax,Z);
Qex=matrixex(grados+2,22);
QTex=calytrabf(Qex,Pmax,Z);

T3=matrixex(grados+2,13);
V3=matrixex(grados+2,3);
P3=matrixex(grados+2,12);
mafex=matrixex(grados+2,10);

```

Escape

```

global T3
global T4
global P3
global P4
global V3
global V4
global mafex
global Rce
global coefpol
global AAE
global AAEt
global AAA
global AAAt
global Pmax

global V0
global V1
global T0
global P0
global D

```

```

global Lg
global Z
global Wes
global WTes
global Qes
global QTes

global matrixes
global filaes
global grados
global Pi

V3=V1;
V4=V0;
T4=T0;
P4=P0;
AAEt=gradaae(AAE);
AAAt=gradaae(AAA);
matrixes(2,6)=mafex;
matrixes(200,10)=0;

for filaes=2:1:grados+2
    matrixes(filaes,2)=colgrados(filaes);
    matrixes(filaes,3)=volumenc(V3,D,Lg,Pi,matrixes,filaes);
    matrixes(filaes,4)=temes(T3,T4,matrixes,filaes);

    if filaes<AAEt
        matrixes(filaes,5)=prees(P3,P4,matrixes,filaes);
    else
        matrixes(filaes,5)=P4;
    end

    if filaes<AAEt
        matrixes(filaes,6)=mafex;
    else if filaes<AAAt
        matrixes(filaes,6)=masaes(mafex,AAAt,AAEt,matrixes,filaes);
    else
        matrixes(filaes,6)=matrixes(AAAt-1,6);
    end
end

matrixes(filaes,7)=matrixes(filaes,6)/matrixes(filaes,3);

if filaes>2
    matrixes(filaes,8)=trabajoes(matrixes,filaes);
else
    matrixes(filaes,8)=0;
end

matrixes(filaes,9)=calores(Rce,T3,coefpol,matrixes,filaes);

end

Wes=sum(matrixes(:,8));
WTes=calytrabf(Wes,Pmax,Z);
Qes=matrixes(grados+2,9);
QTes=calytrabf(Qes,Pmax,Z);

```

12.1.2 Funciones

Areacil

```
function y=areacil(diam,lg,fila)

y=3.14*diam*lg*fila/1000
```

Areacul

```
function y=areacul

global Pi

y=Pi*4*(0.02044^2)
```

Areapist

```
function y=areapist(diam)

global Pi

y=Pi*((diam/2)^2)
```

Avancegen

```
function y=avancegen(av)

y=180-av
```

Calorad

```
function y=calorad(cpa,matri,fila)

y=matri(fila,7)*cpa*(matri(fila,3)-matri(fila-1,3))
```

Calorc

```
function y=calorc(cvm,coefad,coefpol,tempin,matri,fila)

y=(matri(fila,10)*cvm*((coefad-coefpol)/(1-coefpol))*(matri(fila,13)-tempin))
```

Calorcr

```
function y=calorcr(Tref,matri,fila)

y=(matri(fila,16)*((matri(fila,17)*(matri(fila,13)-Tref)+(matri(fila,18)*(matri(fila,13)-Tref)+(matri(fila,19)*(matri(fila,13)-Tref)))))/100
```

Calores


```
function y=calores(rce,tempin,coefpol,matri,filas)
y=matri(filas,6)*rce*(tempin-matri(filas,4))/(1-coefpol)
```

Calortc

```
function y=calortc(matri,filas)
y=-matri(filas,21)+matri(filas,20);
```

Calortex

```
function y=calortex(matri,filas)
y=matri(filas,20)+matri(filas,21)
```

Calytrabf

```
function y=calytrabf(wq,n,z)
y=wq/2*n/60*z
```

Carreram

```
function y=carreram(carr)
y=carr/1000
```

cilindrada

```
function y=cilindrada(diam, carr)
global Pi
y=Pi*((diam/2)^2)*carr
```

Cilindradam

```
function y=cilindradam(vol)
y=vol/10^9
```

Colgrados

```
function y=colgrados(filas)
y=filas-2
```

Colgradosrev

```
function y=colgradosrev(fila)

y=180-2+fila
```

Corteiny

```
function y=corteiny(ctecc)

global matrixda
global filada

y=6000*matrixda(filada,7)*ctecc
```

Cpaire

```
function y=cpaire(temp)

y=(temp+10000)/10
```

Cpm

```
function y=cpm(cpa, cpg, ma, mg, mm)

y=((cpa*ma)+(cpg*mg))/mm
```

Ctecajacam

```
function y=ctecajacam(diamrue)
global Pi
y=Pi*60*diamrue/(1000^2)
```

Cteest

```
function y=cteest(pmax)

y=0.7*pmax
```

Cteg

```
function y=cteg(cpg, cvg)

y=cpg-cvg
```

Ctegas

```
function y=ctegas(cp, cv)

y=cp-cv
```

Cvaire

```
function y=cvaire(cpa,cad)
```

```
y=cpa/cad
```

cvm

```
function y=cvm(cpm,coefad)
```

```
y=cpm/coefad
```

daire

```
function y=daire(pres,rcal,temp)
```

```
y=pres/(rcal*temp)
```

densairec

```
function y=densairec(cte)
```

```
global matrixc
```

```
global filac
```

```
y=matrixc(filac,5)/(matrixc(filac,4)*(cte))
```

densc

```
function y=densc(matri,filarm)
```

```
y=matri(filarm,12)/(rm*matri(filarm,13))
```

densidad

```
function y=densidad(cte)
```

```
global matrixad
```

```
global filaad
```

```
y=matrixad(filaad,5)/(matrixad(filaad,3)*(cte))
```

densidadm

```
function y=densidadm(matri,filarm)
```

```
y=matri(filarm,10)/matri(filarm,3)
```

desaes

```
function y=desaes(matri,filarm)
```

```
y=matri(filas,6)/matri(filas,3)
```

diámetrom

```
function y=diámetrom(dia)
```

```
y=dia/1000
```

diamllantamm

```
function y=diamllantamm(diamp)
```

```
y=25.4*diamp
```

diamrueda

```
function y=diamrueda(diamllan, perfneu)
```

```
y=diamllan+(perfneu*2)
```

difgq

```
function y=difgq(matri,filas)
```

```
y=matri(filas-1,6)-matri(filas,7)
```

gasq

```
function y=gasq(matri,filas)
```

```
y=1-(2.71828^(-6.908*((matri(filas,4))^(7+1))))
```

gasqex

```
function y=gasqex(matri,filas)
```

```
y=1-(2.71828^(-6.908*((matri(filas,4))^(5+1))))
```

gasqex1

```
function y=gasqex1(matri,filas)
```

```
y=matri(filas,5)*matri(filas-1,6)
```

gradaae

```
function y=gradaae(aae)
```

```
y=180-aae
```

h

```
function y=h(diam,matri,filas)
```

```
y=3.26*(diam^(-0.2))*((matri(filas,12)/1000)^0.8)*((matri(filas,13))^(-0.721))*((matri(filas,15))^0.8)
```

maairec

```
function y=maairec(main,volin)
```

```
global matrixc
```

```
global filac
```

```
y=main+((volin-(matrixc(filac,3)))*(matrixc(filac,6)))
```

maaireex

```
function y=maaireex(matri,filas)
```

```
y=matri(filas-1,8)-matri(filas,9)
```

maaireq

```
function y=maaireq
```

```
global matrixc
```

```
global filac
```

```
y=(matrixc(filac-1,10))*(matrixc(filac,15))*3.1
```

maaireqex

```
function y=maaireqex(matri,filas)
```

```
y=matri(filas,5)*matri(filas-1,6)*3.1
```

maairet

```
function y=maairet
```

```
global matrixc
```

```
global filac
```

```
y=matrixc(filac,7)-matrixc(filac,8)
```

mac

```
function y=mac(ma, volin, matri, fila)
y=ma+((volin-matri(fila,3))*matri(fila,10))
```

mac1

```
function y=mac1(ma, volin, matri, fila)
y=ma+((volin-matri(fila,3))*matri(fila-1,10))
```

macr

```
function y=macr(matri, fila)
y=(matri(fila-1,8))-matri(fila,9)
```

maes

```
function y=maes(ma, aae, aaet, fila)
y=ma-((ma/aae)*(fila-aaet))
```

magasc

```
function y=magasc(rvel)
global matrixc
global filac
y=((matrixc(filac,7))/(rvel*180))*filac
```

magasq

```
function y=magasq
global matrixc
global filac
y=matrixc(filac-1,10)*matrixc(filac,15)
```

magast

```
function y=magast
global matrixc
global filac
y=(matrixc(filac,10))-(matrixc(filac,11))
```

mairec

```
function y=mairec(vol,dens)
```

```
y=vol*dens
```

mamez

```
function y=mamez
```

```
global matrixc  
global filac
```

```
y=matrixc(filac,9)+matrixc(filac,12)
```

maq

```
function y=maq(matri,filac)
```

```
y=matri(filac-1,6)*matri(filac,5)*3.1
```

masa

```
function y=masa
```

```
global matrixad  
global filaad
```

```
y=matrixad(filaad,4)*matrixad(filaad,6)
```

masaac

```
function y=masaac
```

```
global matrixad
```

```
y=matrixad(184,7)
```

masaes

```
function y=masaes(masa,aaet,aaet,matri,filac)
```

```
y=masa-((masa/(aaet-aaet))*(matri(filac,2)-aaet))
```

masmez

```
function y=masmez(matri,filac)
```

```
y=matri(filac,6)+matri(filac,8)
```

masmezex

```
function y=masmezex(matri,filac)
```

```
y=matri(filas,6)+matri(filas,8)
```

mgq

```
function y=mgq(matri,filas)
y=matri(filas-1,6)*matri(filas,5)
```

mgqr

```
function y=mgqr(matri,filas,relms,grados)
y=((matri(filas-1,8)/(relms*grados))*matri(filas,2))
```

mgrado

```
function y=mgrado(mmg)
y=mmg/1000
```

mmgrado

```
function y=mmgrado(c)
y=c/180
```

pcch

```
function y=pcch(matri,filas,cvm)
y=((0.68*matri(filas,7)*43525200)-(matri(filas-1,22)))/(matri(filas,10)*cvm)
```

perfneum

```
function y=perfneum(ancho)
y=ancho*0.65
```

pmax

```
function y=pmax(potmax)
global matrixda
global filada
y=matrixda(filada,7)*potmax
```

prees


```
function y=prees(presin,presfin,matri,fil);  
y=presin-(((presin-presfin)/180)*matri(fil,2))
```

presaire

```
function y=presaire(presin,volin,coefpol)  
y=presin*((volin/(matrixc(filac,3))^coefpol)
```

presairec

```
function y=presairec(presin,volin,coefpol,matri,fil)  
y=0.5*presin*((volin/matri(fil,3))^(coefpol))
```

presairecr

```
function y=presairecr(rce,matri,fil)  
y=0.5*(matri(fil,10))*rce*((matri(fil-1,13))/(matri(fil,3)))
```

presairecre

```
function y=presairecr(rce,matri,fil)  
y=(matri(fil,10))*rce*((matri(fil-1,13))/(matri(fil,3)))
```

preconchis

```
function y=presconchis(rce)  
  
global matrixc  
global filac  
  
y=matrixc(filac-1,10)*rce*matrixc(filac-1,13)/matrixc(filac,3)
```

presión

```
function y=presion(pres0,pres1,gra)  
  
global filaad  
  
y=pres0+((pres1-pres0)/(gra-1))*filaad
```

pressinchis

```
function y=pressinchis(presin,volin,coefpol)  
  
global matrixc  
global filac
```

```
y=presin*((volin/matrixc(filac,3))^coefpol)
```

pressinchispa

```
function y=pressinchispa(vol,pres,coefpol,matri,fil)
```

```
y=pres*((vol/matri(fil,3))^coefpol)
```

rdif

```
function y=rdif(dcor,dpi)
```

```
y=dpi/dcor
```

relac

```
function y=relac(matri,fil,av,avg)
```

```
y=(matri(fil,2)-avg)/av
```

relace

```
function y=relace(ac,a,matri,fil)
```

```
y=(ac-matri(fil,2))/(a)
```

relcomp

```
function y=relcomp(vcc,vcil)
```

```
y=(vcil+vcc)/vcc
```

rev

```
function y=rev(pot,vel)
```

```
global matrixda
```

```
global filada
```

```
y=pot*vel/(matrixda(filada,10))
```

rpm

```
function y=rpm(pot,vel)
```

```
global matrixda
```

```
global filada
```

```
y=pot*vel/(matrixda(filada,9))
```

rpmtotal

```
function y=rpmtotal
```

```
global matrixda  
global filada
```

```
y=matrixda(3,12)+matrixda(4,12)+matrixda(5,12)+matrixda(6,12)+matrixda(7,  
12)+matrixda(8,12)
```

rtotal

```
function y=rtotal
```

```
global matrixda  
global filada
```

```
y=matrixda(filada,5)*matrixda(filada,6)
```

rvel

```
function y=rvel
```

```
global matrixda  
global filada
```

```
y=matrixda(filada,3)/matrixda(filada,4)
```

salchipms

```
function y=salchipms(sal)
```

```
y=sal/2
```

saltodes

```
function y=saltodes(posa, rev)
```

```
y=15-((15*posa)/100)+(rev/23.38)
```

saltora

```
function y=saltora(posa)
```

```
y=15-((15*posa)/100)+50
```

segcarrera

```
function y=segcarrera(rpm)
```

```
y=60/(2*rpm)
```

seggrado

```
function y=seggrado(sc)
```

```
y=sc/180
```

segmm

```
function y=segmm(sc,c)
```

```
y=sc/c
```

tconchis

```
function y=tconchis(tempin,volin,coefpol,cvm,matri,filas)
```

```
y=(tempin*((volin/(matri(filas,3)))^(coefpol-1)))+(((  
matri(filas,7)*43525200)-(matri(filas,22)))/(matri(filas,10)*cvm)))
```

temes

```
function y=temes(tempin,tempfin,matri,filas)
```

```
y=tempin-(((tempin-tempfin)/180)*matri(filas,2))
```

tempairec

```
function y=tempairec(tempin,volin,coefpol)
```

```
global matrixc
```

```
global filac
```

```
y=tempin*((volin/(matrixc(filac,3)))^(coefpol-1))
```

temconchis

```
function y=temconchis(tempin,volin,coefpol,cvm,matri,filas)
```

```
y=(tempin*((volin/(matri(filas,3)))^(coefpol-1)))+(((  
matri(filas,7)*43525200)-(matri(filas-1,22)))/(matri(filas,10)*cvm))
```

temperaturaad

```
function y=temperaturaad(temp0,temp1,matri,filas)
```

```
y=temp0+(((temp1-temp0)/180)*(matri(filas,2)))
```

temperaturada

```
function y=temperaturada(temp1)
```

```
y = temp1+273.15;
```

tempsinchis

```
function y=tempsinchis(tempin,volin,coefpol,matri,fila)
y=tempin*((volin/(matri(fila,3)))^(coefpol-1))
```

trabajo

```
function y=trabajo
global matrixad
global filaad
global grados
y=matrixad(filaad,5)*(matrixad(filaad,4)-matrixad(filaad-1,4))
```

trabajoad

```
function y=trabajoad(matri, fila)
y=matri(fila,5)*(matri(fila,4)-matri(fila-1,4))
```

trabajoc

```
function y=trabajoc(matri, fila)
y=matri(fila,12)*(matri(fila,3)-matri(fila-1,3))
```

trabajoes

```
function y=trabajoes(matri, fila)
y=matri(fila,5)*(matri(fila,3)-matri(fila-1,3))
```

trabajoex

```
function y=trabajoex(matri, fila)
y=matri(fila,12)*(matri(fila,3)-matri(fila-1,3))
```

velmedgas

```
function y=velmedgas(n,S,vd,matri, fila)
y=(2.28*n/60*S*2)+((3.24*10^(-3))*(((vd*matri(fila-1,13))/(matri(fila,12)/1000)*matri(fila,3))))
```

velparmax

```
function y=velparmax(par,ctecc)
global matrixda
```

```
global filada
```

```
y=par*matrixda(filada,7)*ctecc
```

velpotmax

```
function y=velpotmax(ctecc)
```

```
global matrixda  
global filada
```

```
y=matrixda(filada,8)*ctecc
```

volvamvomb

```
function y=volcamcomb(ciltotal,cilindros,cil)
```

```
y= ((ciltotal*10^6)/cilindros)-cil
```

volm3

```
function y=volm3(volcc)
```

```
y=volcc/(10^9)
```

voltotcil

```
function y=voltotcil(cilindrada,Z)
```

```
y=(cilindrada*10^6)/Z
```

volumen

```
function y=volumen(diam,gradm,vcc,matri,fil)
```

```
global Pi
```

```
y=Pi*(((diam/2)^2)*gradm*(matri(fil,2)))+vcc
```

volumenc

```
function y=volumenc(volin,diam,lg,pi,matri,fil)
```

```
y=volin-(pi*((diam/2)^2)*lg*(matri(fil,2)))
```

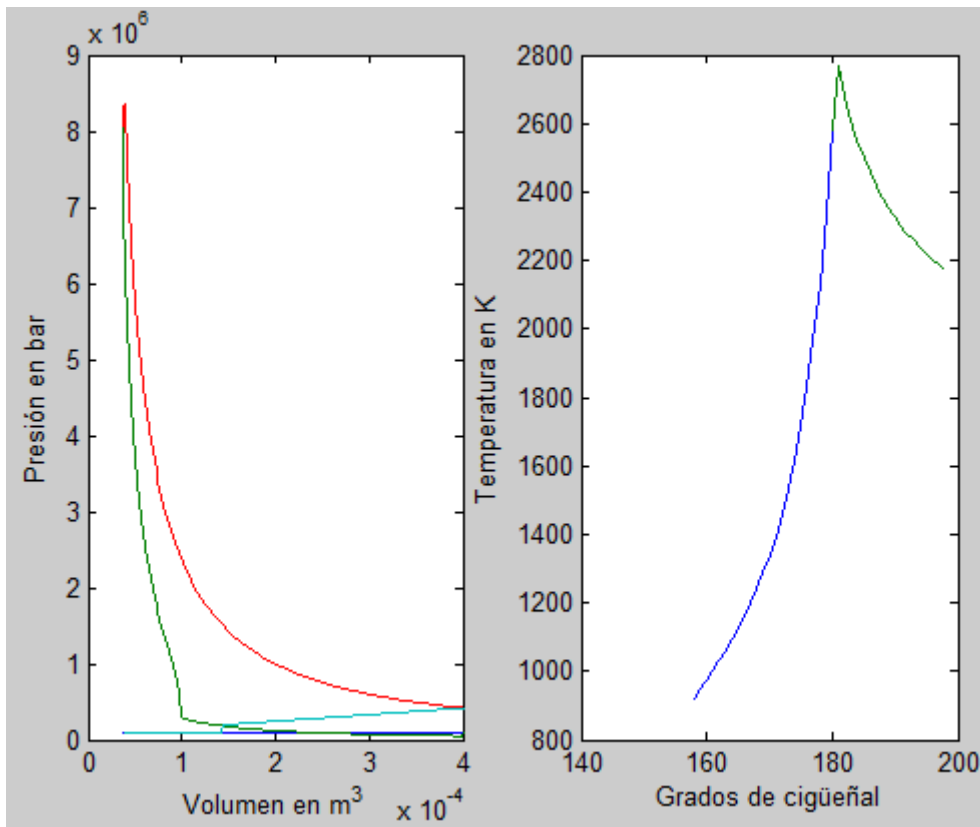
12.2 Modelos

12.2.1 Ensayo variando velocidad

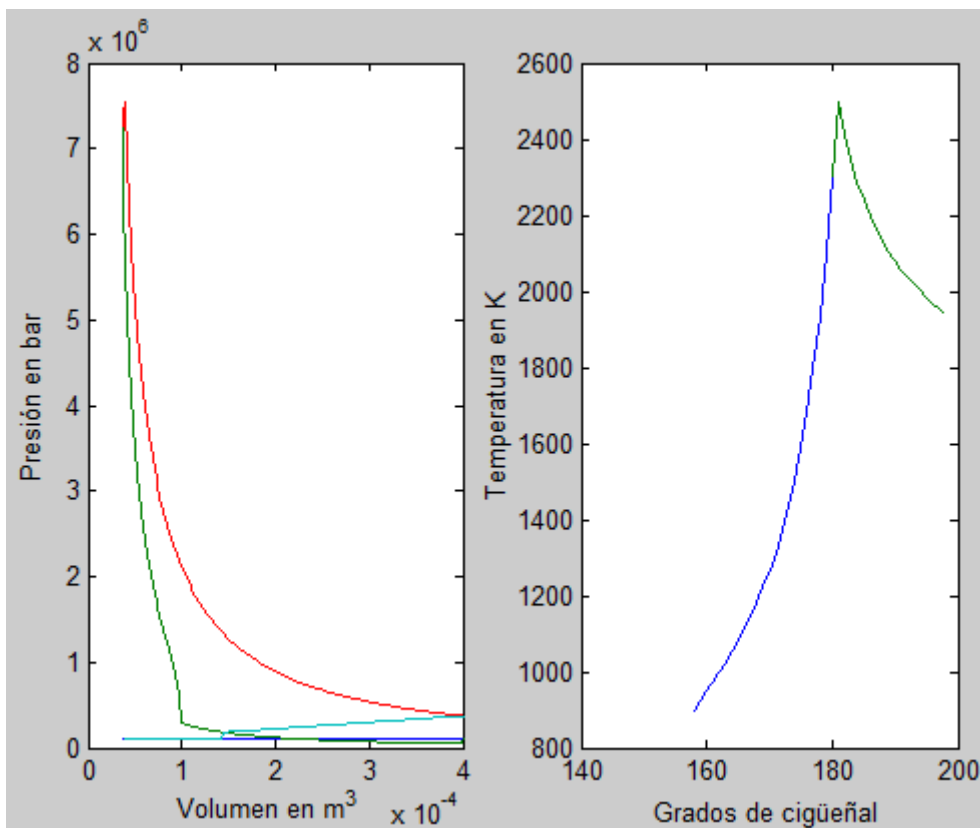
$Z=4$;
 $D_{mm}=76.5$;
 $S_{mm}=79.1$;
 $V_T=1.6$;
 $P_{max}=5600$;
 $P_{amax}=3500$;
 $D_{llp}=15$;
 $A_n=195$;
 $marchas=6$;
 $dientes_{cor}=79$;
 $dientes_{pi}=19$;
 $posac=100$;
 $T_{extg}=20$;
 $P_{ext}=101325$;
 $T_{fg}=60$;
 $coefad=1.4$;
 $relms=14.7$;
 $C_{pg}=2220$;
 $coefpol=1.25$;
 $RCE=20$;
 $AAE=50$;
 $AAA=10$;
 $RCA=40$;

En este caso se va variando la velocidad.

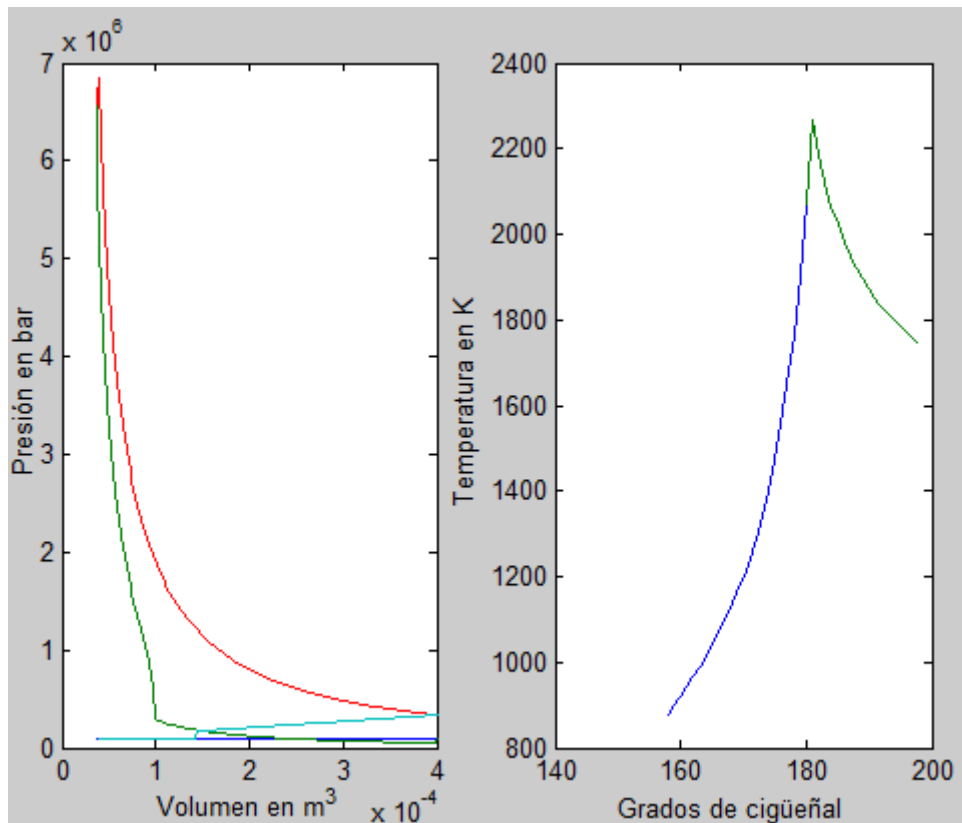
Velocidad en Km/h	Rpm	Masa de gasolina $\times 10^{-5}$ Kg	Trabajo por ciclo y cilindro en J	Calor por ciclo y cilindro en J	Rendimiento térmico	Potencia en caballos
50	5081	2.87	338.3	-911.13	0.27	86
70	4550	2.87	294.5	-954.66	0.24	75
90	4000	2.87	261.36	-991.67	0.20	65
126	4244	2.87	272.85	-976.32	0.22	70
167	4394	2.87	283.16	-966,08	0.23	72



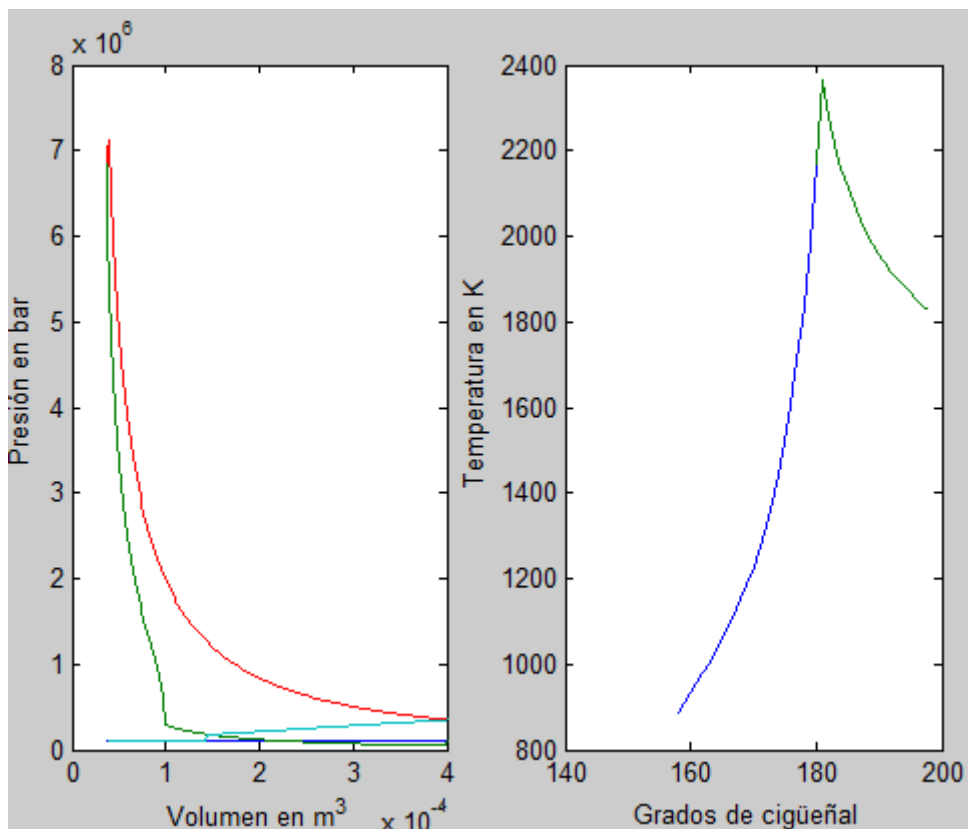
12.1 Gráfica a 50 Km/h



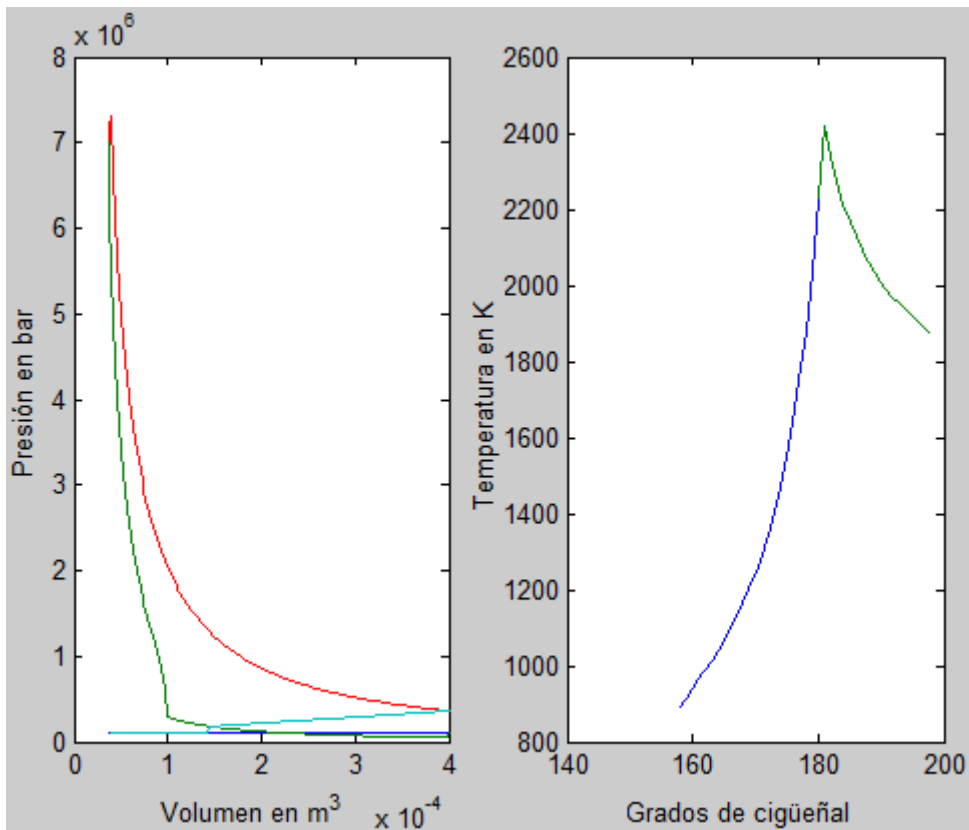
12.2 Gráfica a 70 Km/h



12.3 Gráfica a 90 Km/h



12.4 Gráfica a 126 Km/h

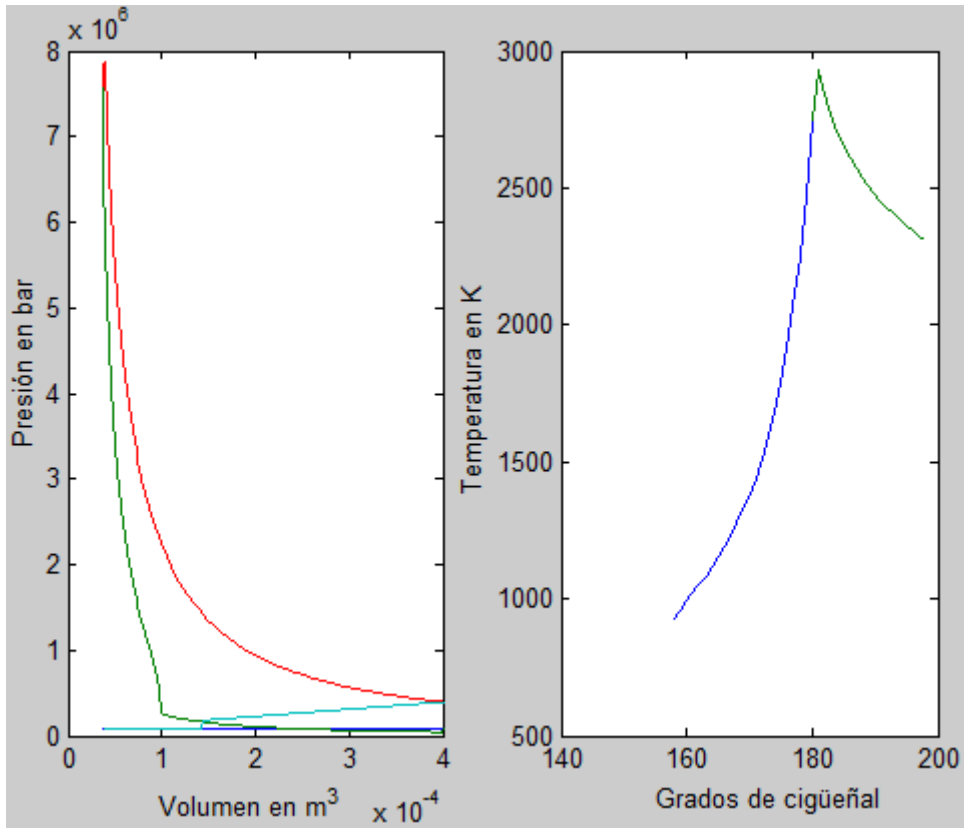


12.5 Gráfica a 167 Km/h

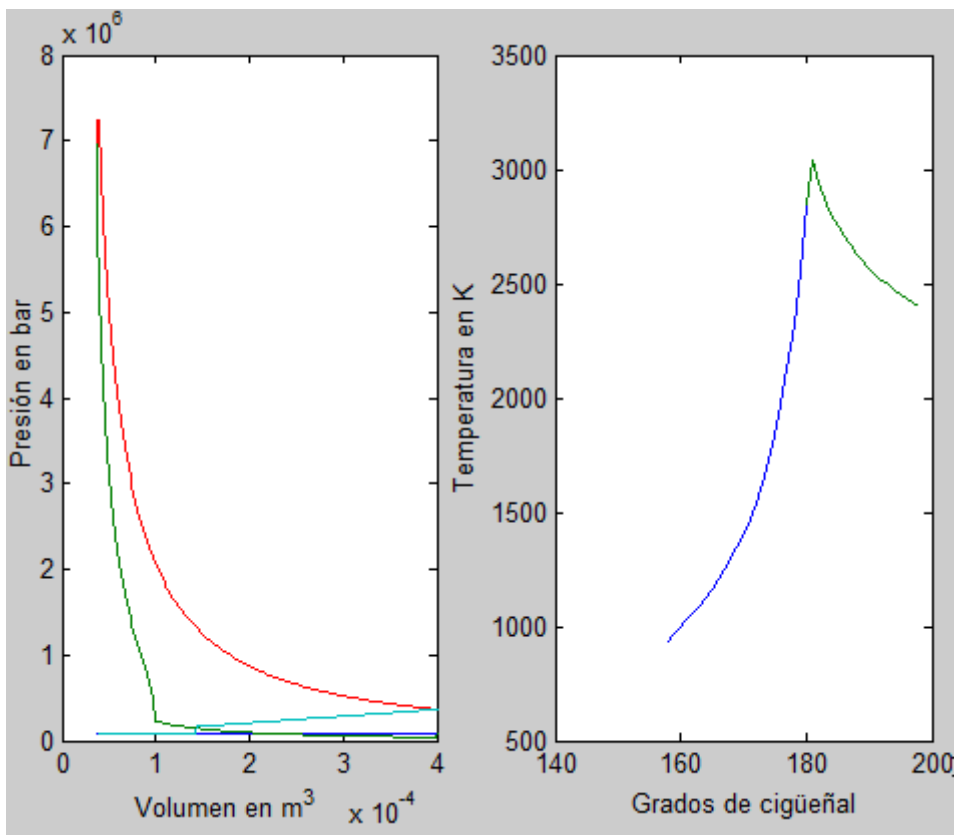
12.2.2 Ensayo variando presión y temperatura exteriores

Z=4;
 Dmm=76.5;
 Smm=79.1;
 VT=1.6;
 Pmax=5600;
 Parmax=3500;
 Dllp=15;
 An=195;
 marchas=6;
 dientescor=79;
 dientespi=19;
 vel=80;
 posac=100;
 coefad=1.4;
 relms=14.7;
 Cpg=2220;
 coefpol=1.25;
 RCE=20;
 AAE=50;
 AAA=10;
 RCA=40;

Ensayo	Presión exterior en Pa	Densidad en Kg/m ³	Masa de gasolina x10 ⁻⁵ Kg	Trabajo por ciclo y cilindro en J	Calor por ciclo y cilindro en J	Rendimiento térmico	Potencia en caballos
1	101325	1.2073	2.87	349.31	-946.51	0.28	89
2	90000	1.07	2.55	323.88	-780.02	0.29	82
3	80000	0.95	2.27	301.07	-690.83	0.30	78



12.4 Gráfica ensayo 2

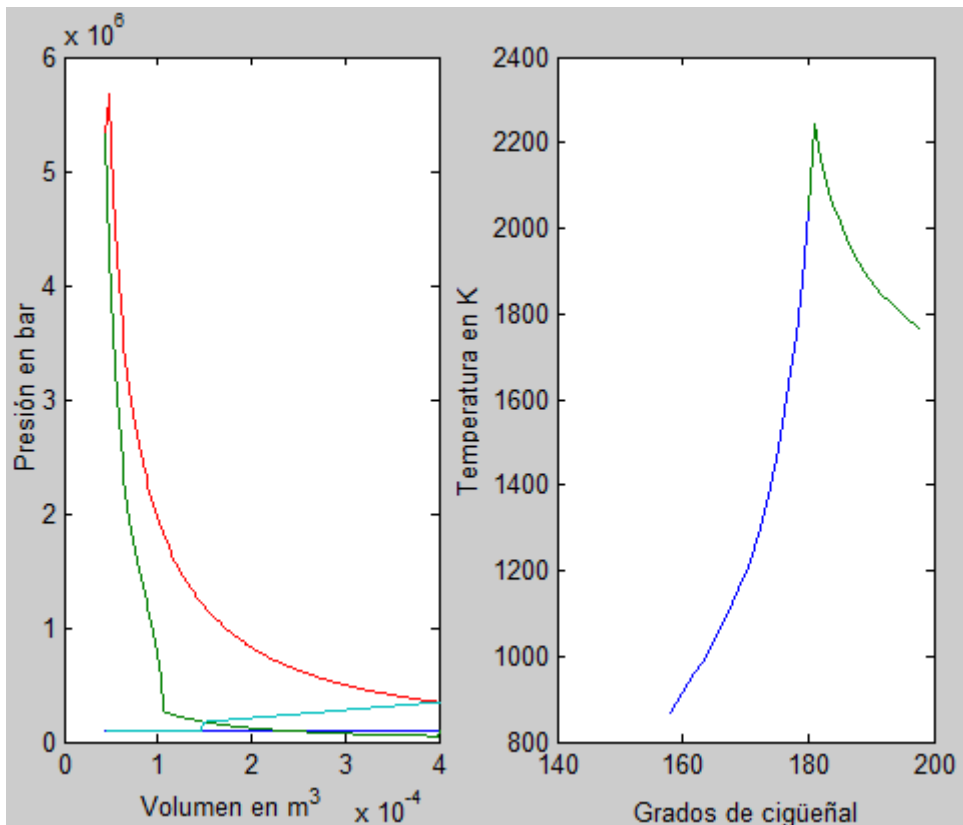


12.5 Gráfica ensayo 3

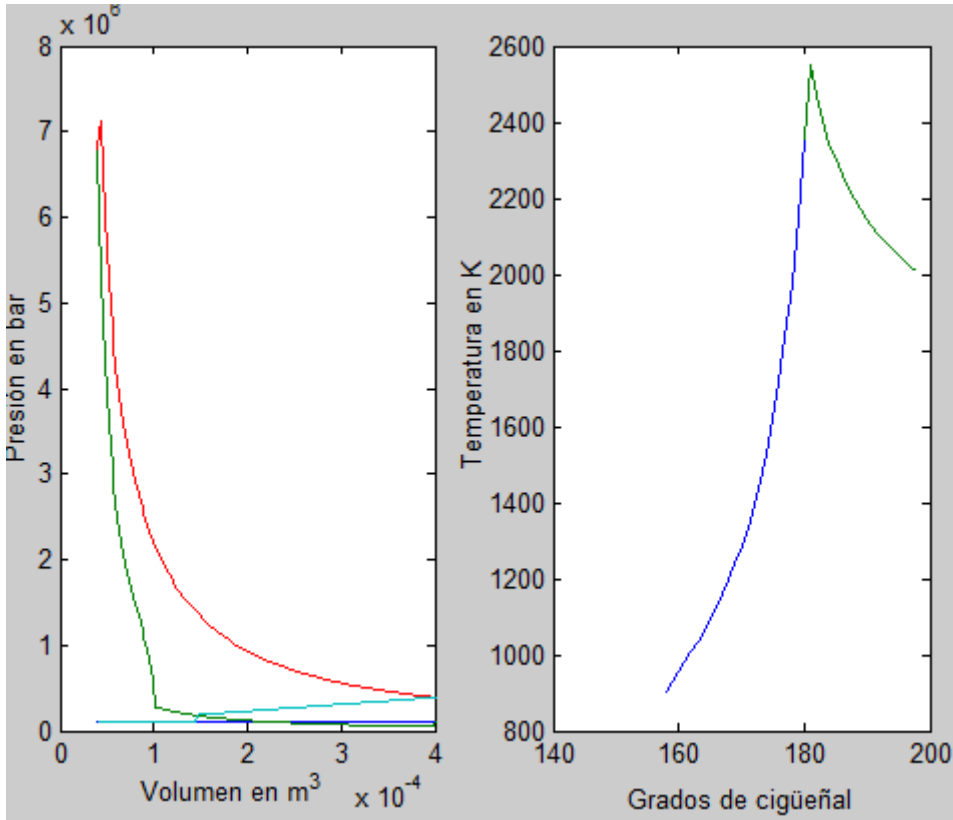
12.2.3 Ensayo cambiando relación de compresión

$Z=4$;
 $V_T=1.6$;
 $P_{max}=5600$;
 $P_{rmax}=3500$;
 $D_{llp}=15$;
 $A_n=195$;
 $marchas=6$;
 $dientes_{cor}=79$;
 $dientes_{pi}=19$;
 $posac=100$;
 $T_{extg}=20$;
 $P_{ext}=101325$;
 $T_{fg}=60$;
 $coefad=1.4$;
 $relms=14.7$;
 $C_{pg}=2220$;
 $coefpol=1.25$;

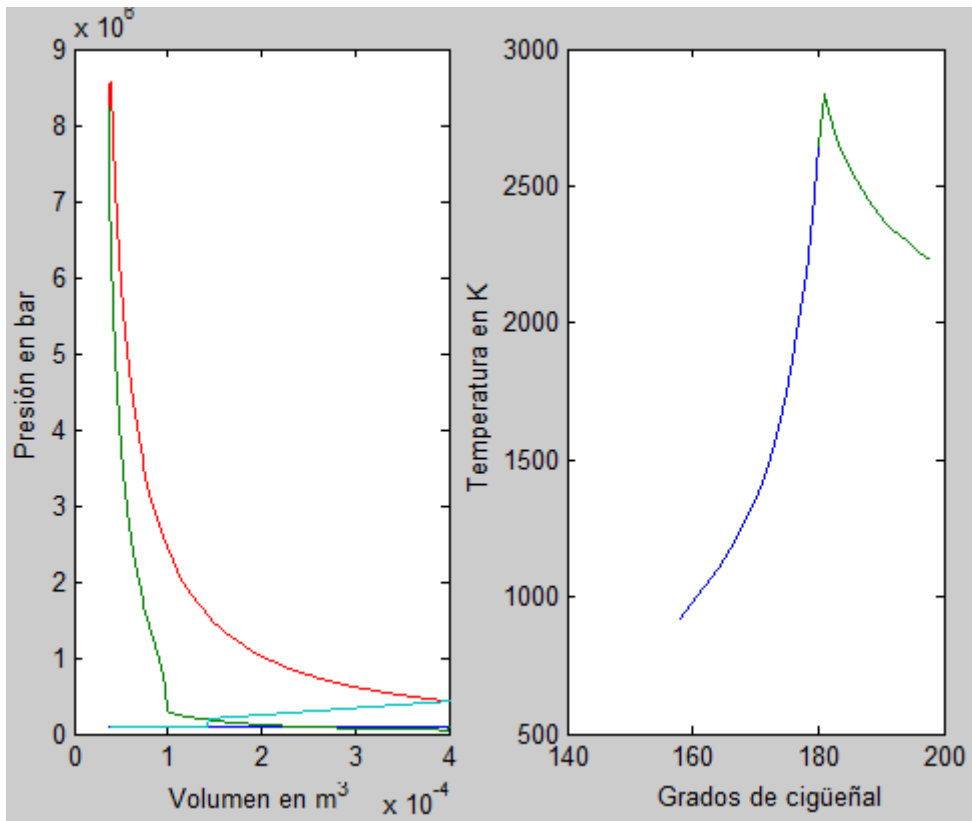
Ensayo	Relación de compresión	Trabajo por ciclo en J	Calor por ciclo en J	Rend. térmico	Pot. en caballos
1	9	247.46	-1001.71	0.19	63
2	10	299.78	-949.4	0.24	76
3	11	349.31	-946.51	0.28	89



12.6 Gráfica ensayo 1



12.5 Gráfica ensayo 2



12.6 Gráfica ensayo 3

13 Conclusiones

El objetivo del trabajo consistía en realizar un modelo matemático que modelizase el comportamiento de un motor de gasolina en la fase cerrada y una aplicación informática para poner en práctica el modelo.

A partir de la primera parte se ha obtenido un ciclo Otto a través de unos parámetros iniciales y una serie de parámetros impuestos para las distintas fases (admisión, compresión...).

Así, se ha logrado obtener los distintos valores y las gráficas correspondientes, dejando ver que los datos obtenidos se acercan a la realidad.

A través de la segunda parte se puede probar el funcionamiento del vehículo y ver la evolución de los parámetros que intervienen.

14 Bibliografía

1. Payri, González Francisco., and Fernández José María. Desantes. *Motores De Combustión Interna Alternativos*. N.p.: Ed Reverte, 2011. Print.
2. Van, Basshuysen Richard, and Fred Schäfer. *Internal Combustion Engine* N.p.: SAE International, 2004. Print.
3. Chapman, Alan J., Czorna Oleh. Zabara, and Tomás Eduardo. Muñoz. *Transmisión Del Calor*. N.p.: Bellisco, 1990. Print.
4. Heywood, John B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, 1988. Print.
5. Nestar, Raúl, José Ignacio. Rodríguez, and Jesús Vidal. *Aprenda Matlab 7.0 Como Si Estuviera En Primero*. [Madrid]: Universidad Politécnica De Madrid, 2005. Print.