

INDICE


Manual del programa

- 1- Introducción
- 2- Requisitos técnicos
- 3- Instalación
 - 3.1- Instalación automática
 - 3.2- Instalación manual
- 4- Cálculos de ciclos
 - 4.1- Generalidades
 - 4.2- Método
 - 4.3- Vista ampliada de los diagramas
 - 4.4- Propiedades de los diagramas PV y TV
- 5- Barra de menú
- 6- Herramientas adicionales
- 7- Guardar los ciclos calculados
 - 7.1- Guardar en la base de datos
 - 7.2- Guardar como informe de texto o página Web
- 8- Abrir informes guardados
- 9- Ejemplos. Listados obtenidos
 - 9.1- Ciclo mixto, expansión y compresión politrópicas

MANUAL DEL programa

1- Introducción

Como ya se comentó, en el apartado 1.4, se trata de un programa informático para calcular ciclos termodinámicos teóricos en motores alternativos de combustión interna, con el que podrá obtener:

- Propiedades más importantes del comburente (**aire estándar ISA**) en función de la **temperatura, presión y humedad relativa** en el ambiente.
- Propiedades más importantes del **combustible: poder calorífico** superior e inferior, **fórmula química, porcentaje** en masa, masa molecular...
- Resultados de la **combustión** en función del dosado relativo (Fr o )
- Diagramas **P-V, T-V, T-s, h-s**, para los ciclos teóricos **Mixto, Diesel y Otto**.
- **Tablas termodinámicas** del Ar, CO, CO₂, H₂O, N₂, O₂, aire (% humedad relativa) y gases de combustión.
- Guardar sus trabajos en una base de datos (*.mdb), en una página Web (*.htm, *.html) o como archivo de texto (*.rtf, *.txt, *.doc, *.lwp o en cualquier otro formato), para recuperarlos después desde fuera o desde dentro del programa.

2- Requisitos técnicos

Se requiere el siguiente hardware y software:

- Ordenador PC (o compatible) con microprocesador Pentium® 90 MHz o superior.
- Para visualizar todas las funciones de la aplicación se recomienda pantalla 1024 x 768 pixeles de resolución o superior.
- 24 MB de RAM para Windows 95, 32 MB para Windows NT.
- Sistema operativo Microsoft Windows NT 3.51, Microsoft Windows 95 o posteriores.
- Microsoft Internet Explorer versión 4.x o posteriores.
- CD-ROM..

3- Instalación

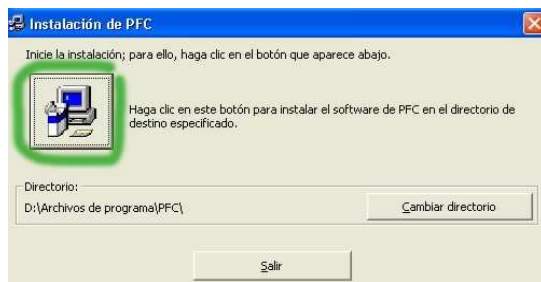
3.1- Instalación automática

En la carpeta "Instalación" del CD-ROM abrir la carpeta:

- "W9x" si su Sistema Operativo es Windows 95, 98 o Millennium.
- "W2000" si su Sistema Operativo es Windows NT o 2000.
- "Wxp" si su Sistema Operativo es Windows XP.

Abrir el archivo Setup.exe y seguir las indicaciones del programa de instalación.

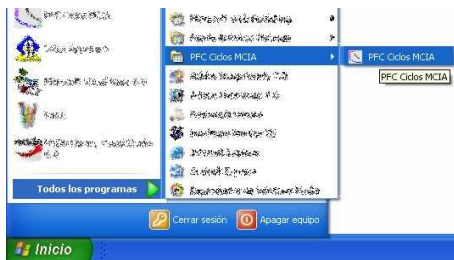
Nota: hay dos archivos Setup, uno con extensión .exe y otro .LST, si la configuración del sistema impide ver las extensiones, el archivo Setup.exe tiene un icono característico de instalaciones y es de mayor tamaño (aproximadamente 140 Kb).



Para comenzar la instalación haga clic en el botón (subrayar verde).

Se puede cambiar el directorio donde se instalará.

Una vez instalado es aconsejable reiniciar el equipo.



Una vez instalado puede abrirse desde el menú inicio.

3.2- Instalación manual

En la carpeta "Instalación" del CD-ROM abrir la carpeta:

- "W9x" si su Sistema Operativo es Windows 95, 98 o Millennium.
- "W2000" si su Sistema Operativo es Windows NT o 2000.
- "Wxp" si su Sistema Operativo es Windows XP.

Abrir la carpeta Support y arrastrar con el ratón o copiar los archivos PFC.exe y BD.mdb a escritorio u otra carpeta cualquiera. Para abrir el programa solo tendremos que abrir el archivo PFC_Ciclos_MCIA.exe.

Nota: con la instalación manual puede ocurrir, dependiendo de los programas instalados en PC, que no se pueda acceder a la base de datos desde el programa. Las demás funciones del programa funcionarán correctamente.

4- Cálculos de ciclos

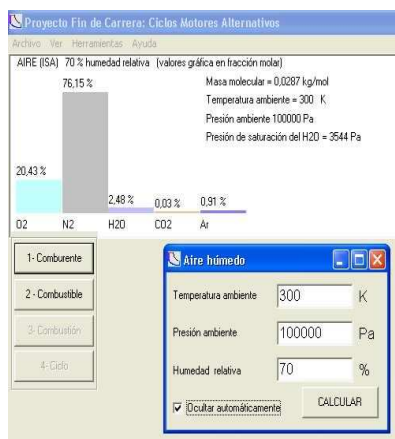
4.1- Generalidades

Siempre hay que comenzar presionando el botón "*1 comburente*", después hay que pulsar el botón "*2 combustible*", luego en el botón "*3 combustión*" y por último en el botón "*4 ciclos*". Debe seguirse este orden, por lo que el programa habilita los botones del paso anterior y del paso siguiente dejando deshabilitado los demás.

Introducción de números: Para separar la parte decimal puede introducirse indistintamente la coma o el punto, incluso en unos campos para números de la misma pantalla puede usarse la coma y en otros el punto. NO SE DEBE ESCRIBIR SEPARADAMENTE DE MILES.

Si al desplazarnos con el ratón sobre un objeto el cursor toma la forma de flecha hacia arriba, significa que al hacer clic en él cambiará de tamaño.

4.2- Método

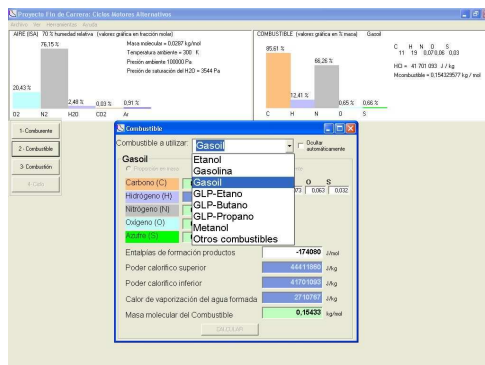


Primero: Al pulsar botón *1 Comburente* se abre una pantalla con tres campos, introducir en ellos los datos del ambiente donde opera el motor:

Temperatura: valor entre 300 y 5000 K, es la temperatura que marcaría un termómetro en los alrededores del motor.

Presión: presión absoluta donde se encuentra el motor.

Humedad relativa: puede medirse con un higrómetro calibrado.



Segundo: Al pulsar el botón *2 Combustible* se abre una pantalla que nos permite elegir un combustible de una lista. Si se elige "*otros combustibles*" se puede introducir la fórmula química o las proporciones en masa.

Entalpía de formación del combustible: en condiciones estándar de referencia (1 atm y 298, K).

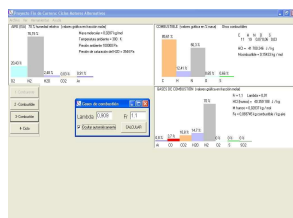
Masa molecular del combustible: debe introducirse cuando se quiera obtener la proporción correcta.

la fórmula química a partir de las proporciones en masa.

Tercero: Al pulsar el botón *3 Combustión* se abre una pantalla que nos permite introducir el dosado.

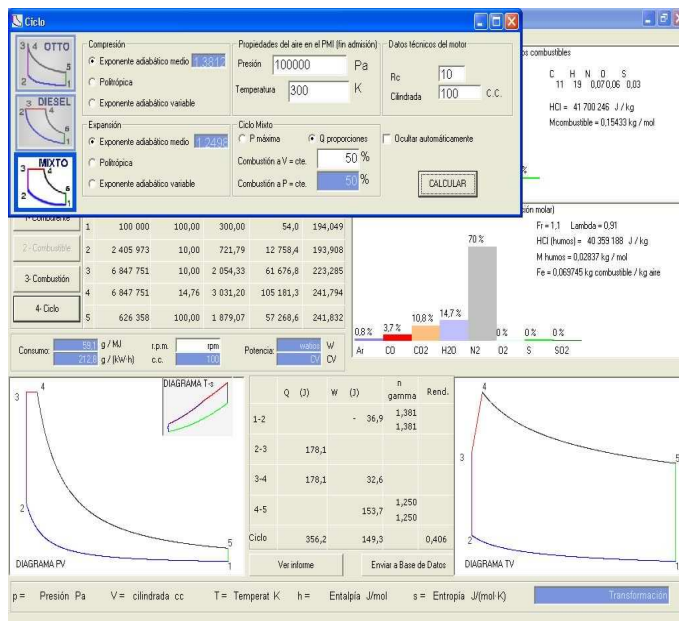
Fr: Cuando la mezcla es rica en combustible es > 1 .

Lambda: es el inverso de Fr.





Cuarto: El botón **Ciclo** abre una pantalla en la que se debe elegir el tipo de ciclo: Otto, Diesel o Mixto.



Opciones comunes al ciclo Otto, Diesel y Mixto:

Compresión: puede ser adiabática con gamma medio, politrópica o puede hacer que gamma varíe cada incremento de volumen.

Expansión: Ídem de la compresión.

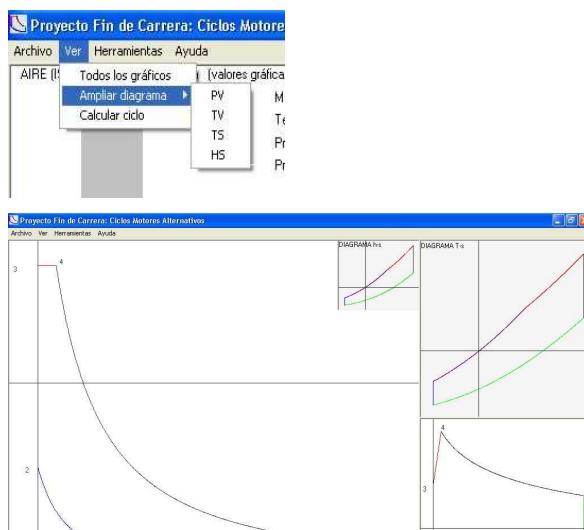
Propiedades del aire en el PMI (final admisión): En sus campos debe indicar: la temperatura y presión del aire en el interior del cilindro al terminar la admisión (por defecto toma los del ambiente).

Opciones del ciclo Mixto:

Podemos elegir entre indicar la presión máxima en el interior del motor o indicar las proporciones de combustión a volumen y pre constante.

4.3- Vista ampliada de los diagramas

Para ver un diagrama ampliado basta con hacer clic sobre el y aparecerá ampliado junto a los demás diagramas, para volver a la vista normal hacer clic en el diagrama ampliado. También puede hacerse desde la barra de menú en "Ver".

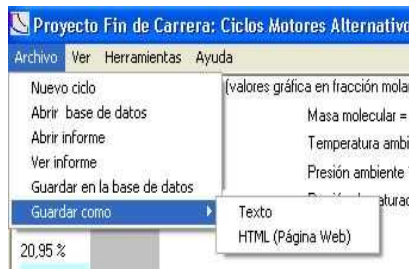


4.4- Propiedades de los diagramas PV y TV

Situando el curso del ratón sobre un diagrama PV o TV el programa dibujará una vert en ese punto, y por el punto de corte mas próximo con el ciclo dibujará una horizontal en todos los diagramas. También escribirá los valores de temperatura, presión, volumen entalpía, entropía y indicará el tipo de transformación.

Nota: en los diagramas h_s y T_s al situarnos sobre ellos con el cursor el programa no dibujará nada en ningún diagrama.

5- Barra de menú



Archivo:

Nuevo ciclo: Abandona el ciclo actual y empieza uno nuevo.

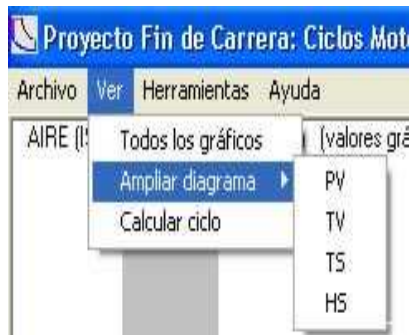
Abrir base de datos: Abre la base de datos del programa para que podamos consultar, en cualquier momento, los datos de otros ciclos que hayamos guardados en ella.

Abrir informe: Abre una pantalla en la que podremos abrir informes de textos o páginas Web, guardados anteriormente de otros ciclos.

Ver informe: Solo está disponible con el ciclo calculado. Muestra un archivo de texto en pantalla.

Guardar en base de datos: Envía el ciclo calculado a un registro de la base de datos adjunta al programa (BD.mdb).

Guardar como: Guarda el ciclo en archivo de texto (elegir entre varios formatos) o como una página Web con imágenes de los diagramas.

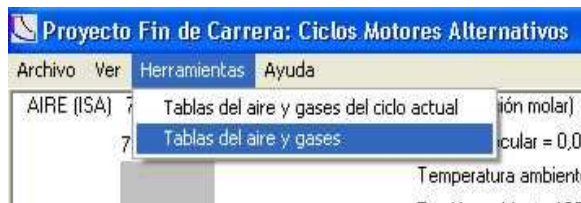


Ver:

Todos los gráficos: Si algún diagrama está ampliado hace que vuelva a la vista normal.

Ampliar diagrama: amplía el diagrama que se elija en el submenú que aparece.

Calcular ciclo: Aparece la pantalla que nos permite elegir el tipo de ciclo, relación de compresión, etc. Es equivalente a pulsar el botón "4- Ciclo".



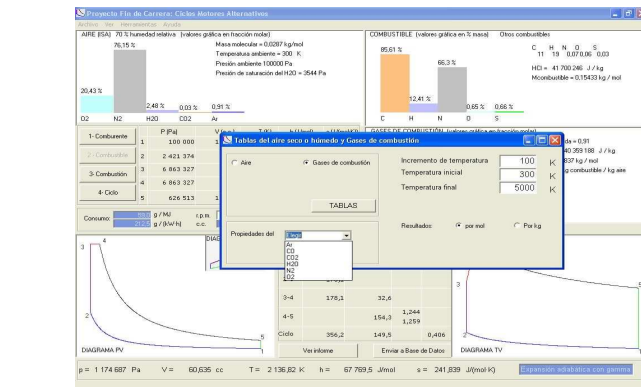
Herramientas:

Tablas del aire y gases del ciclo actual: disponible solo cuando se ha calculado el ciclo. Abre una pantalla en la que hay que indicar si nos interesa conocer las propiedades del aire o de los gases de alguno de sus elementos (Ar , CO , CO_2 , H_2O , N_2 , O_2), rango de temperatura y si muestra los resultados por mol o kg. Los resultados aparecen en pantalla y pueden guardarse y/o imprimirse. Después podemos cerrar la ventanas y continuar con el ciclo donde lo dejamos.

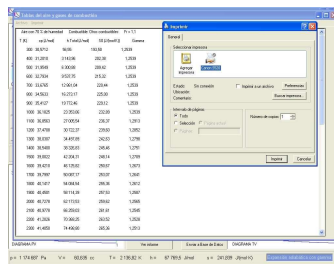
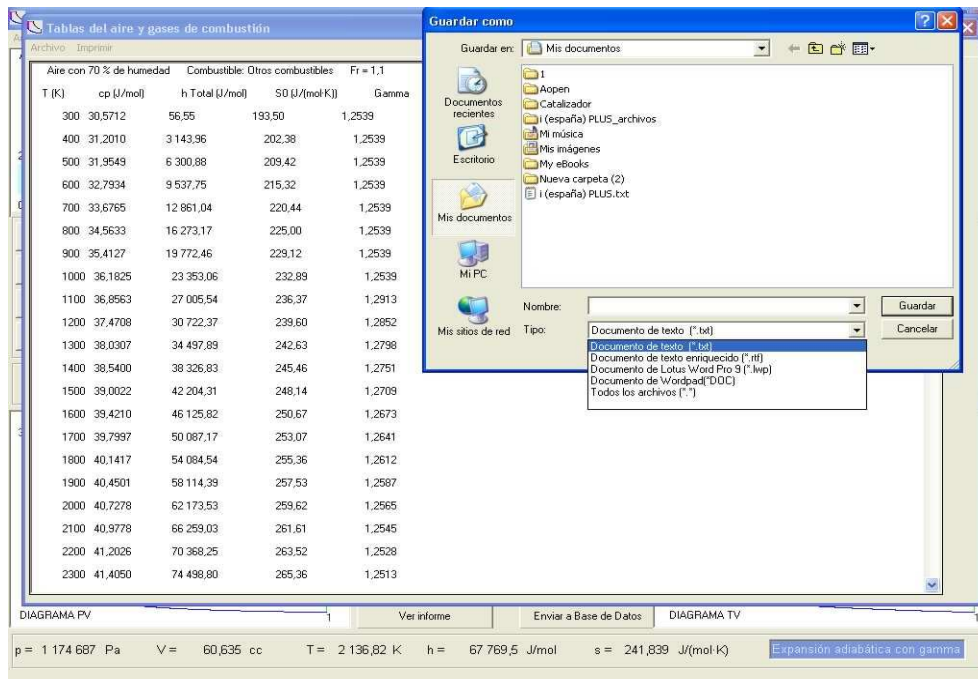
Tablas del aire y gases: Igual que el anterior, pero hay que indicar las características del aire para obtener sus propiedades. Para obtener las propiedades de los gases de combustión indicar además las características del combustible y de la combustión. Después, al cerrar estas ventanas, hay que empezar un nuevo ciclo.

Tablas del aire y gases: Igual que el anterior, pero hay que indicar las características del aire para obtener sus propiedades. Para obtener las propiedades de los gases de combustión indicar además las características del combustible y de la combustión. Después, al cerrar estas ventanas, hay que empezar un nuevo ciclo.

6- Herramientas adicionales



Además de obtener directamente propiedad del comburente (aire húmedo), del combustible y de los gases de combustión el menú herramientas se puede obtener en una tabla la entalpía, entropía, c_p , y γ para un intervalo de temperatura entre 30 5000 K.



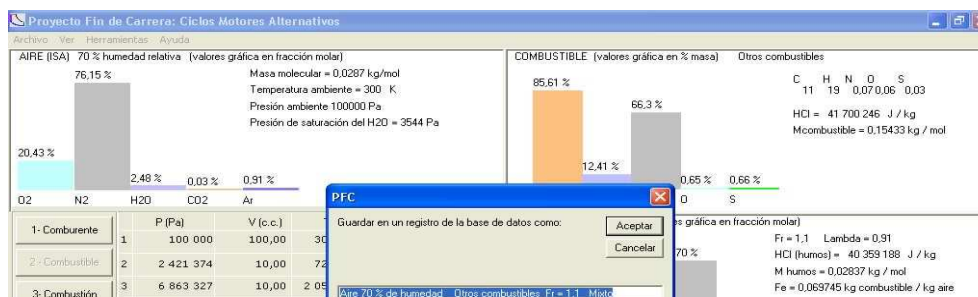
Los resultados se pueden imprimir o guardar como archivo de te:

7- Guardar los ciclos calculados

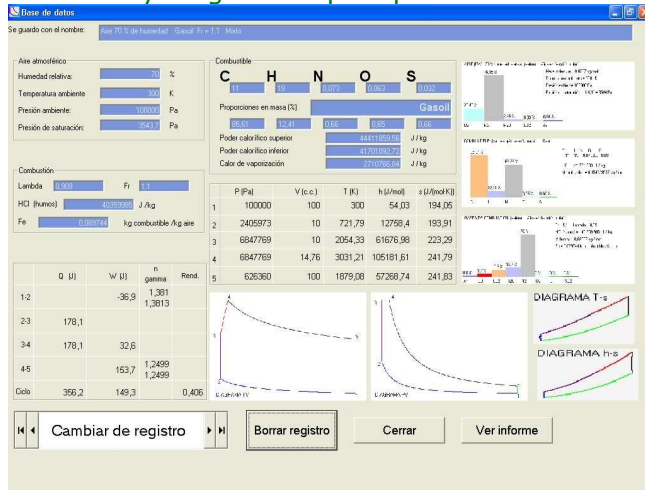
7.1- Guardar en la base de datos

El programa nos sugiere un nombre para guardar el ciclo calculado, que podemos cambiar por otro.

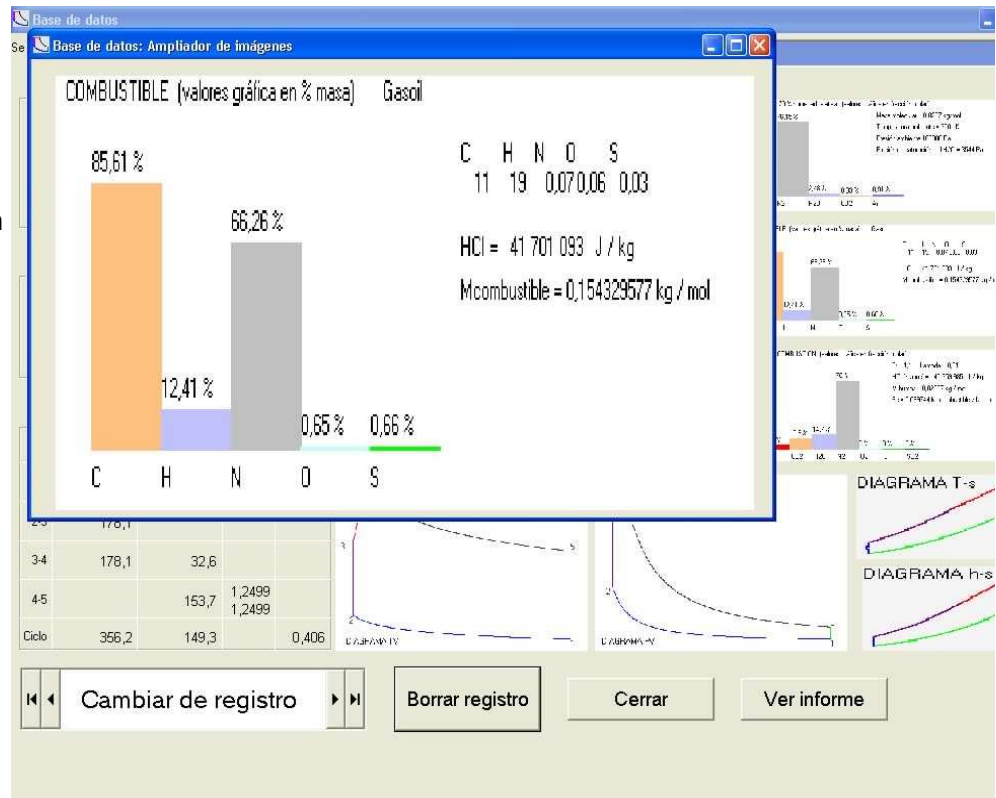
Nota: se pueden guardar dos ciclos diferentes con el mismo nombre.



Los datos y diagramas que aparecen en los campos de datos no son modificables.



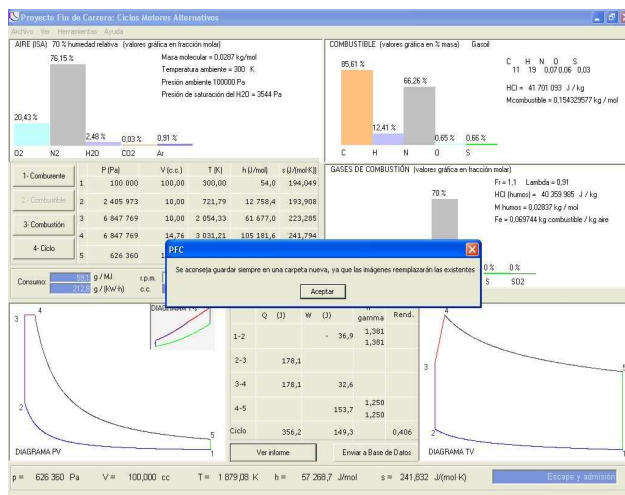
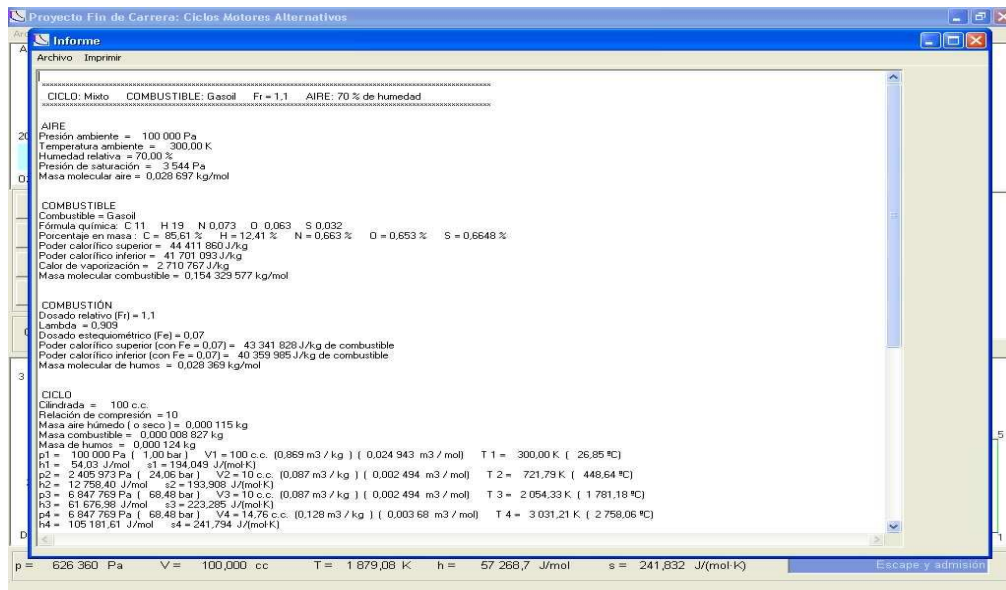
Al hacer clic en un diagrama de la base de datos aparece ampliado en una nueva ventana. Para cerrarla hacer clic en la nueva ventana.



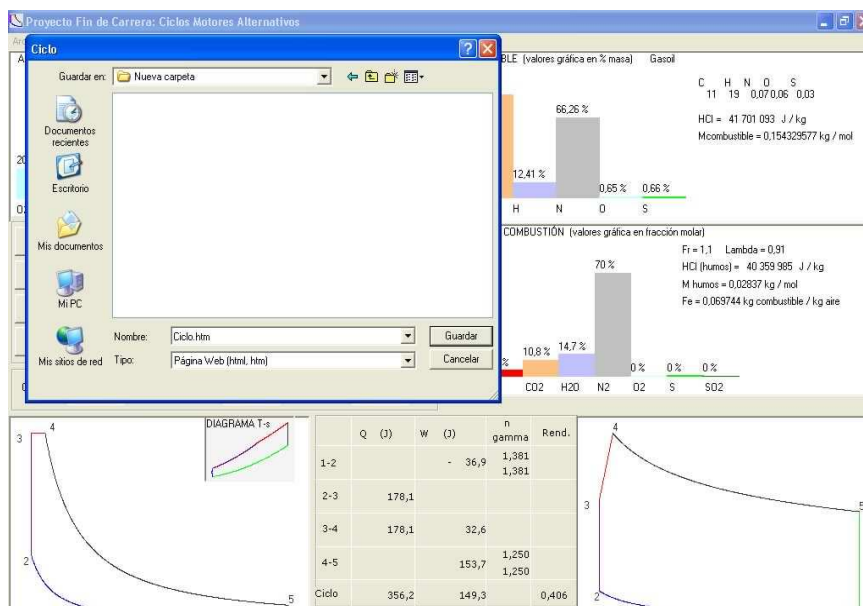
Para ver los datos guardados como informe de texto, hacer clic en el botón "Ver informe".

7.2- Guardar como informe de texto o página Web

Pueden guardarse los ciclos calculados como un informe de texto en cualquier carpet: del disco duro o de una red. El programa nos permite elegir entre varios formatos (o extensiones) *.txt, *.rtf, *.Doc, *.lwp o cualquier otro. Las extensiones se usan para indicar al sistema operativo con que programa debe abrir el archivo. Los informes de textos creados con el programa pueden abrirse con cualquier procesador de texto.



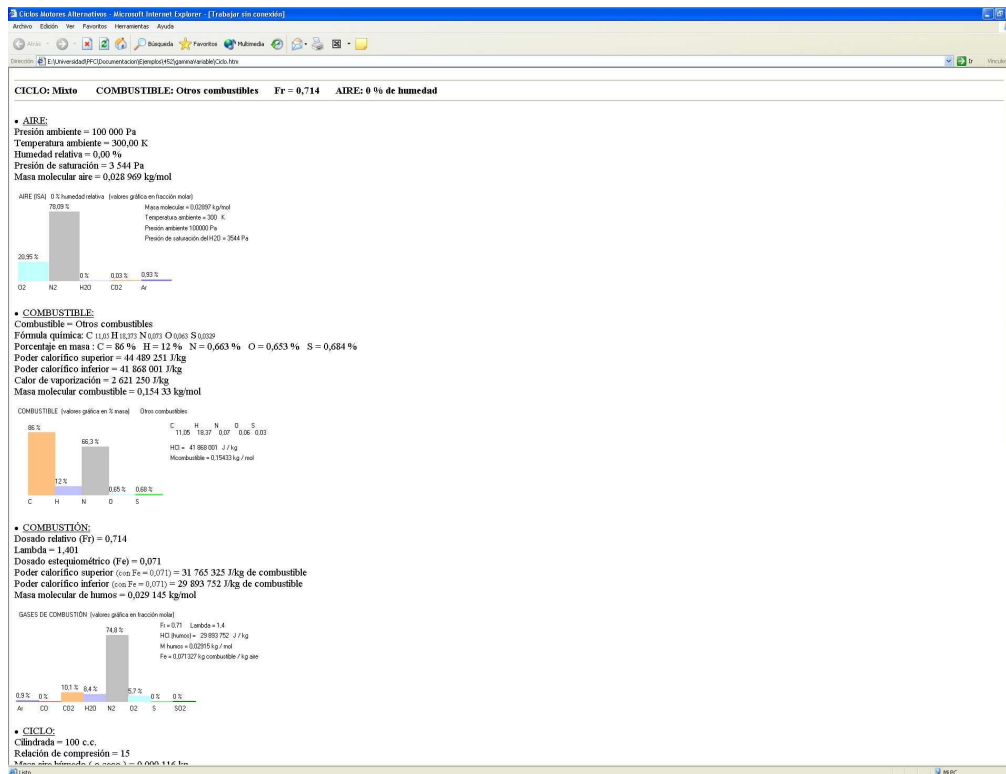
Al guardar como página Web con imágenes debe guardar cada ciclo en una carpeta diferente, debido a que el programa nombra las imágenes siempre igual. Las imágenes serían remplazadas si se guardan en la misma carpeta.



8- Abrir informes guardados

Cuando guardamos un informe solo tenemos que darle un nombre, elegir una carpeta y opcionalmente indicar el tipo de documento (*.txt, *.rtf, *.html, etc.). De esta forma se pueden abrir, desde fuera del programa, como se abriría cualquier otro documento (generalmente haciendo doble clic en el), lo que puede resultar útil si lo guardamos en una unidad extraíble o de red y después lo queremos abrir con otro ordenador que no tenga el programa instalado.

Para abrir un informe guardado anteriormente sin salir del programa: pulsar en el menú "Archivo" a continuación en "abrir informe", aparecerá una nueva pantalla y pulsaremos en uno de los dos botones "Abrir informe texto" o "Abrir informe Web", aparecerá el cuadro de diálogo "Abrir" del Sistema Operativo y elegiremos el archivo.



9- Ejemplos. Listados obtenidos

9.1- Ciclo mixto, expansión y compresión politrópicas

CICLO: Mixto COMBUSTIBLE: Otros combustibles $Fr = 0,714$ AIRE: 0 % de humedad

AIRE

Presión ambiente = 100 000 Pa

Temperatura ambiente = 300,00 K

Humedad relativa = 0,00 %

Presión de saturación = 3 544 Pa

Masa molecular aire = 0,028 969 kg/mol

COMBUSTIBLE

Combustible = Otros combustibles

Fórmula química: C 11,05 H 18,373 N 0,075 O 0,063 S 0,032

Porcentaje en masa : C = 86 % H = 12 % N = 0,682 % O = 0,653 % S = 0,665 %

Poder calorífico superior = 44 489 251 J/kg

Poder calorífico inferior = 41 868 001 J/kg

Calor de vaporización = 2 621 250 J/kg

Masa molecular combustible = 0,154 33 kg/mol

COMBUSTIÓN

Dosado relativo (Fr) = 0,714

Lambda = 1,401

Dosado estequiométrico (Fe) = 0,071

Poder calorífico superior (con Fe = 0,071) = 44 489 251 J/kg de combustible

Poder calorífico inferior (con Fe = 0,071) = 41 868 001 J/kg de combustible

Masa molecular de humos = 0,029 145 kg/mol

CICLO

Cilindrada = 100 c.c.

Relación de compresión = 15

Masa aire húmedo (o seco) = 0,000 116 kg

Masa combustible = 0,000 005 915 kg

Masa de humos = 0,000 122 kg

$p_1 = 100\,000\text{ Pa}$ (1,00 bar) $V_1 = 100\text{ c.c.}$ (0,861 m³ / kg) (0,024 943 m³ / mol) $T_1 = 300,00\text{ K}$ (26,85 °C)

$h_1 = 53,83\text{ J/mol}$ $s_1 = 194,18\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

$p_2 = 3\,870\,109\text{ Pa}$ (38,70 bar) $V_2 = 6,67\text{ c.c.}$ (0,057 m³ / kg) (0,001 663 m³ / mol) $T_2 = 774,02\text{ K}$ (500,87 °C)

$h_2 = 14\,344,14\text{ J/mol}$ $s_2 = 192,168\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

$p_3 = 7\,500\,000\text{ Pa}$ (75,00 bar) $V_3 = 6,67\text{ c.c.}$ (0,057 m³ / kg) (0,001 663 m³ / mol) $T_3 = 1\,500,00\text{ K}$ (1 226,85 °C)

$h_3 = 39\,780,98\text{ J/mol}$ $s_3 = 209,999\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

$p_4 = 7\,500\,000\text{ Pa}$ (75,00 bar) $V_4 = 10,82\text{ c.c.}$ (0,093 m³ / kg) (0,002 7 m³ / mol) $T_4 = 2\,435,31\text{ K}$ (2 162,16 °C)

$h_4 = 78\,537,63\text{ J/mol}$ $s_4 = 231,184\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

$p_5 = 465\,614\text{ Pa}$ (4,66 bar) $V_5 = 100\text{ c.c.}$ (0,861 m³ / kg) (0,024 943 m³ / mol) $T_5 = 1\,396,84\text{ K}$ (1 123,69 °C)

$h_5 = 37\,635,70\text{ J/mol}$ $s_5 = 232,47\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

PROCESO 1-2 (COMPRESIÓN)

$\gamma_1 = 1,350$

$\gamma_2 = 1,350$

Trabajo 1-2 = -45,1 J Trabajo molar 1-2 = - 11 260,456 J/(mol aire)

$h_2 - h_1 = 14\,290,31$ J/mol

PROCESO 2-3 (COMBUSTIÓN $V = \text{Cte.}$)

$Q_{2-3} = 92,758$ J Q_{2-3} molar = 23 136,6 J/(mol aire)

$h_3 - h_2 = 25\,436,83$ J/mol

PROCESO 3-4 (COMBUSTIÓN $p = \text{Cte.}$)

$Q_{3-4} = 154,893$ J Q_{3-4} molar = 6 1772 J/(mol aire)

Trabajo 3-4 = 31,2 Trabajo molar 3-4 = 7 782,2 J/(mol aire)

$h_4 - h_3 = 38\,756,65$ J/mol

PROCESO 4-5 (EXPANSIÓN ADIABÁTICA)

$\gamma_4 = 1,250$

$\gamma_5 = 1,250$

Trabajo 4-5 = 138,5 Trabajo molar 4-5 = 34 545,916 J/(mol aire)

$h_5 - h_4 = -40\,901,92$ J/mol

CALOR IDEAL QUE APORTARÍA EL COMBUSTIBLE AL CICLO = 247,652 J 61 771,5 J / mol de aire

CALOR APORTADO AL CICLO = 247,652 J 61 771,5 J / mol de aire

TRABAJO DEL CICLO = 124,494 J 31 052,5 J / mol de aire

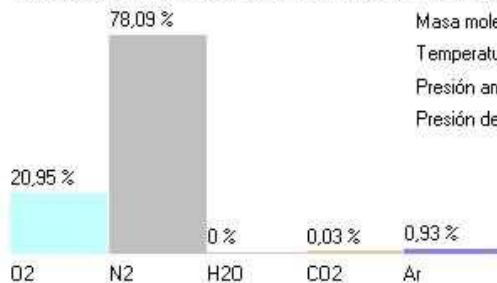
RENDIMIENTO = 0,503

CICLO: Mixto COMBUSTIBLE: Otros combustibles Fr = 0,714 AIRE: 0 % de humedad

- AIRE:**

Presión ambiente = 100 000 Pa
Temperatura ambiente = 300,00 K
Humedad relativa = 0,00 %
Presión de saturación = 3 544 Pa

AIRE (ISA) 0 % humedad relativa (valores gráfica en fracción molar)



Masa molecular = 0,02897 kg/mol
Temperatura ambiente = 300 K
Presión ambiente 100000 Pa
Presión de saturación del H₂O = 3544 Pa

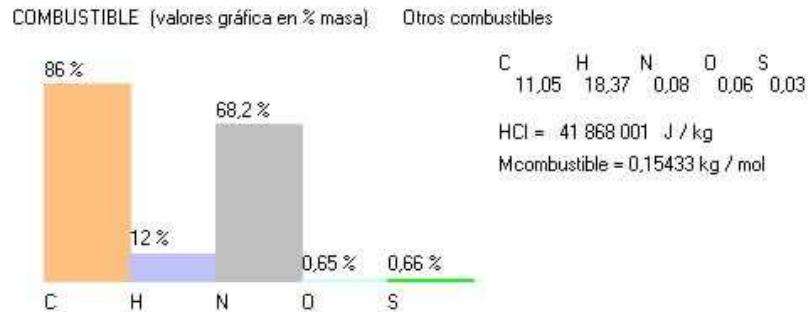
Masa molecular aire = 0,028 969 kg/mol

- COMBUSTIBLE:**

Combustible = Otros combustibles

Fórmula química: C ^{11,05} H ^{18,373} N ^{0,075} O ^{0,063} S ^{0,032}

Porcentaje en masa : C = 86 % H = 12 % N = 0,682 % O = 0,653 % S = 0,665 %
Poder calorífico superior = 44 489 251 J/kg
Poder calorífico inferior = 41 868 001 J/kg
Calor de vaporización = 2 621 250 J/kg



Masa molecular combustible = 0,154 33 kg/mol

● **COMBUSTIÓN:**

Dosado relativo (Fr) = 0,714

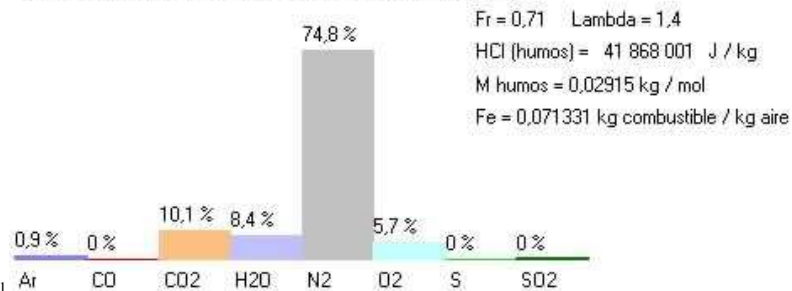
Lambda = 1,401

Dosado estequiométrico (Fe) = 0,071

Poder calorífico superior (con Fe = 0,071) = 44 489 251 J/kg de combustible

Poder calorífico inferior (con Fe = 0,071) = 41 868 001 J/kg de combustible

GASES DE COMBUSTIÓN (valores gráfica en fracción molar)



Masa molecular de humos = 0,029 145 kg/mol

● **CICLO:**

Cilindrada = 100 c.c.

Relación de compresión = 15

Masa aire húmedo (o seco) = 0,000 116 kg

Masa combustible = 0,000 005 915 kg

Masa de humos = 0,000 122 kg

$p_1 = 100\,000 \text{ Pa (1,00 bar)}$ $V_1 = 100 \text{ c.c. (0,861 m}^3 \text{ / kg) (0,024 943 m}^3 \text{ / mol)}$

$T_1 = 300,00 \text{ K (26,85 °C)}$ $h_1 = 53,83 \text{ J/mol}$ $s_1 = 194,18 \text{ J/(mol·K)}$

$p_2 = 3\,870\,109 \text{ Pa (38,70 bar)}$ $V_2 = 6,67 \text{ c.c. (0,057 m}^3 \text{ / kg) (0,001 663 m}^3 \text{ / mol)}$

$T_2 = 774,02 \text{ K (500,87 °C)}$ $h_2 = 14\,344,14 \text{ J/mol}$ $s_2 = 192,168 \text{ J/(mol·K)}$

$p_3 = 7\,500\,000 \text{ Pa (75,00 bar)}$ $V_3 = 6,67 \text{ c.c. (0,057 m}^3 \text{ / kg) (0,001 663 m}^3 \text{ / mol)}$

$T_3 = 1\,500,00 \text{ K (1\,226,85 °C)}$ $h_3 = 39\,780,98 \text{ J/mol}$ $s_3 = 209,999 \text{ J/(mol·K)}$

$p_4 = 7\,500\,000 \text{ Pa (75,00 bar)}$ $V_4 = 10,82 \text{ c.c. (0,093 m}^3 \text{ / kg) (0,002 7 m}^3 \text{ / mol)}$

$T_4 = 2\,435,31 \text{ K (2\,162,16 °C)}$ $h_4 = 78\,537,63 \text{ J/mol}$ $s_4 = 231,184 \text{ J/(mol·K)}$

$p_5 = 465\,614 \text{ Pa (4,66 bar)}$ $V_5 = 100 \text{ c.c. (0,861 m}^3 \text{ / kg) (0,024 943 m}^3 \text{ / mol)}$

$T_5 = 1\,396,84 \text{ K (1\,123,69 °C)}$ $h_5 = 37\,635,70 \text{ J/mol}$ $s_5 = 232,47 \text{ J/(mol·K)}$

● **PROCESO 1-2 (COMPRESIÓN):**

$\gamma_1 = 1,350$

$\gamma_2 = 1,350$

Trabajo 1-2 = -45,1 J Trabajo molar 1-2 = -11 260,456 J/(mol aire)

$h_2 - h_1 = 14\,290,31 \text{ J/mol}$

● **PROCESO 2-3 (COMBUSTIÓN $V = \text{Cte.}$):**

$Q_{2-3} = 92,758 \text{ J}$ $Q_{2-3} \text{ molar} = 23\,136,6 \text{ J/(mol aire)}$

$h_3 - h_2 = 25\,436,83 \text{ J/mol}$

● **PROCESO 3-4 (COMBUSTIÓN $p = \text{Cte.}$):**

$Q_{3-4} = 154,893 \text{ J}$ $Q_{3-4} \text{ molar} = 6\,1772 \text{ J/(mol aire)}$

Trabajo 3-4 = 31,2 Trabajo molar 3-4 = 7 782,2 J/(mol aire)

$h_4 - h_3 = 38\,756,65 \text{ J/mol}$

● **PROCESO 4-5 (EXPANSIÓN):**

$\gamma_4 = 1,250$

$\gamma_5 = 1,250$

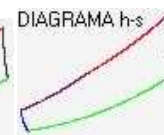
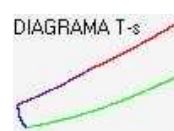
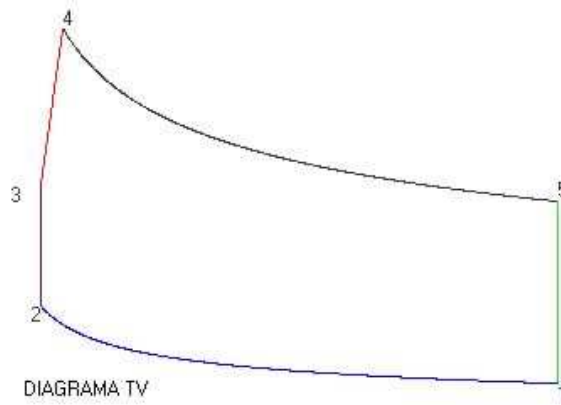
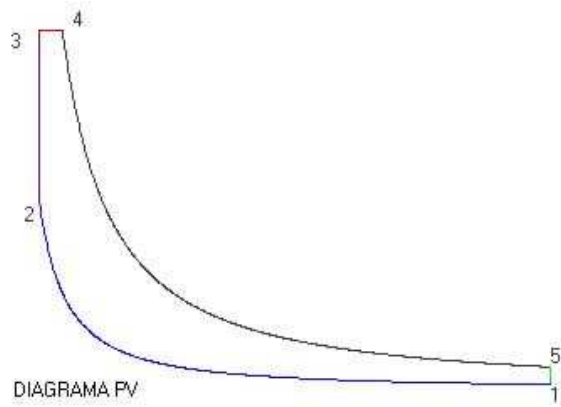
Trabajo 4-5 = 138,5 Trabajo molar 4-5 = 34 545,916 J/(mol aire)

$h_5 - h_4 = -40\,901,92 \text{ J/mol}$

● **CALOR APORTADO AL CICLO = 247,652 J 61 771,5 J / mol de comburente**

● **TRABAJO DEL CICLO = 124,494 J 31 052,5 J / mol de comburente**

● **RENDIMIENTO = 0,503**



Málaga, 9 de junio de 2003

Francisco Javier López Fernández

Ingeniero Técnico Industrial