

# Uso de EES para la solución de problemas de ingeniería

## Objetivo:

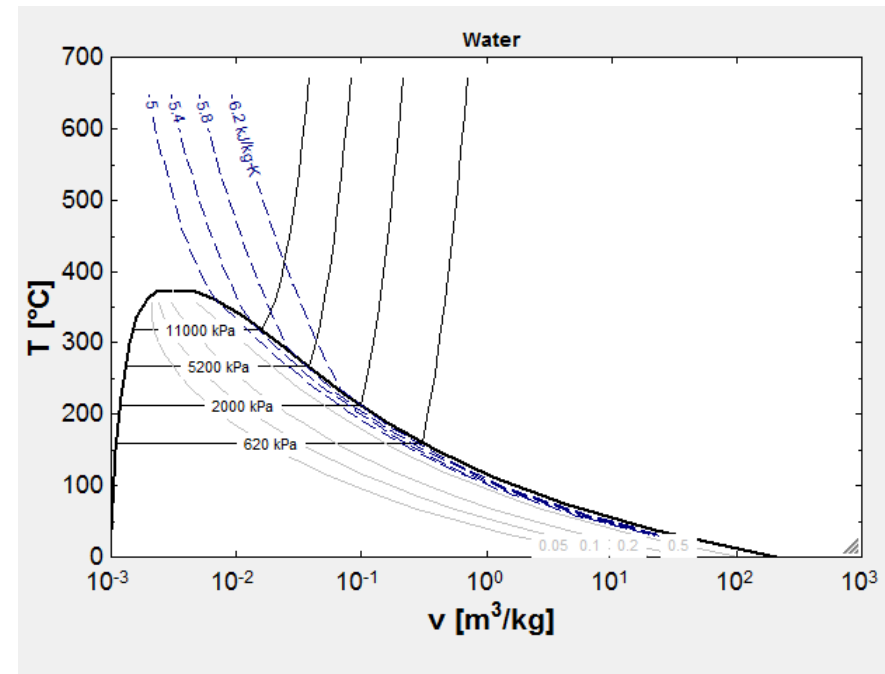
1. Dar al estudiante una idea general acerca de como pueden utilizar el programa EES para la resolución de problemas de ingeniería.



## ¿Qué es EES (Engineering Equation Solver)?

EES es una herramienta computacional que permite al usuario la resolución de conjuntos de ecuaciones algebraicas y demás sistemas de ecuaciones simultaneas (lineales o no) de forma numérica.

Para comenzar EES, solo requiere hacer doble clic en el icono del programa.

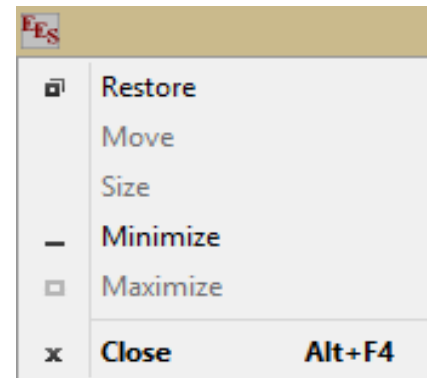


# Menús desplegables del EES

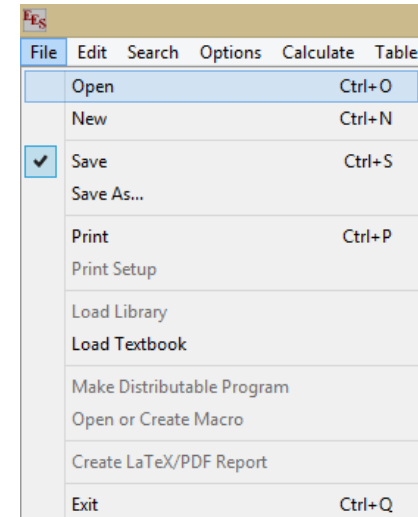
Los comandos de EES están distribuidos en 10 menús desplegables. A continuación se dará una breve descripción de sus funciones.

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

**1. El menú del sistema (*System menu*).** Es accesible al apretar el icono de EES arriba del menú de archivos. El menú del sistema no es parte del EES, sino más bien del sistema operativo. Permite cambiar mover la ventana, cambiar su tamaño y cambiar a otras aplicaciones.



**2. El menú de archivos (*File menu*).** Proporciona los comandos para abrir, imprimir y salvar archivos. Esto último solo lo permite la versión académica y no la de demostración (DEMO).

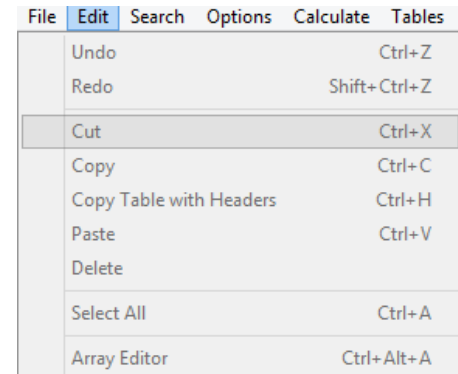


# Menús desplegables del EES

**3. El menú de edición (*Edit menu*).** Proporciona los comandos de edición para hacer, deshacer, y para cortar, copiar o pegar información. Este menú solo está disponible en la versión académica y no en la de demostración (DEMO).

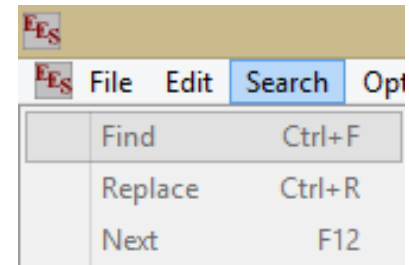
**4. El menú de búsqueda (*Search menu*).** Contiene los comandos *Find* y *Replace* que pueden ser empleados en la ventana de ecuaciones (*Equations windows*). Este menú solo está disponible en la versión académica y no en la de demostración (DEMO).

**5. El menú de opciones (*Options menu*).** Proporciona los comandos para establecer los valores supuestos (*guess values*) y los límites (*bounds*) para las variables. De igual forma permite establecer el sistema de unidades, muestra información de algunas funciones integradas en EES y permite acceder a las preferencias del programa que han sido establecidas por *default*.



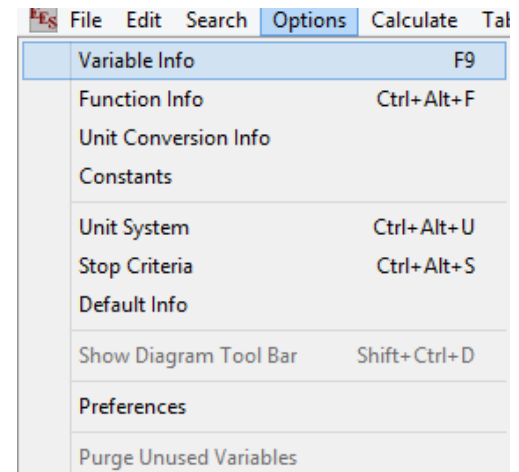
A screenshot of the 'Edit' menu in EES. The menu items and their keyboard shortcuts are as follows:

Menu Item	Keyboard Shortcut
Undo	Ctrl+Z
Redo	Shift+Ctrl+Z
Cut	Ctrl+X
Copy	Ctrl+C
Copy Table with Headers	Ctrl+H
Paste	Ctrl+V
Delete	
Select All	Ctrl+A
Array Editor	Ctrl+Alt+A



A screenshot of the 'Search' menu in EES. The menu items and their keyboard shortcuts are as follows:

Menu Item	Keyboard Shortcut
Find	Ctrl+F
Replace	Ctrl+R
Next	F12

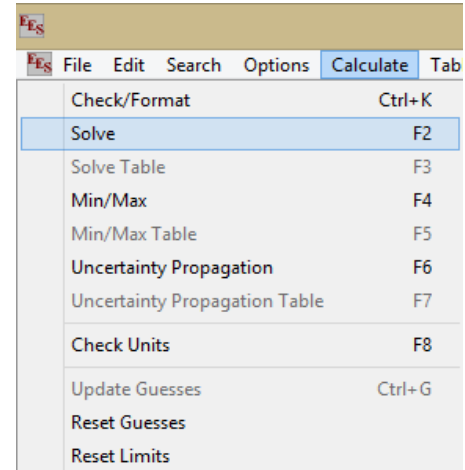


A screenshot of the 'Options' menu in EES. The menu items and their keyboard shortcuts are as follows:

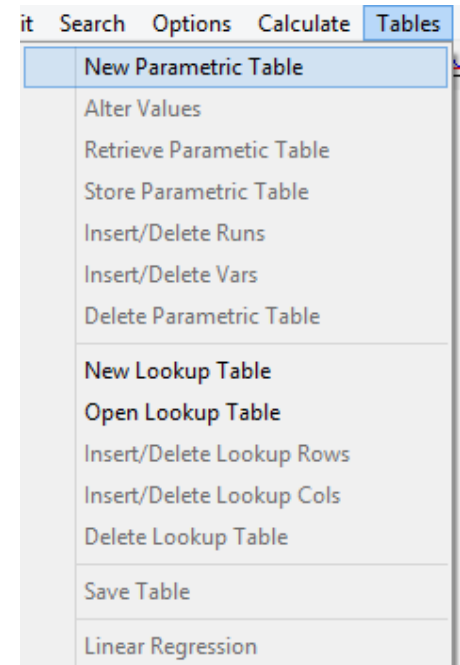
Menu Item	Keyboard Shortcut
Variable Info	F9
Function Info	Ctrl+Alt+F
Unit Conversion Info	
Constants	
Unit System	Ctrl+Alt+U
Stop Criteria	Ctrl+Alt+S
Default Info	
Show Diagram Tool Bar	Shift+Ctrl+D
Preferences	
Purge Unused Variables	

# Menús desplegables del EES

**6. El menú de cálculo (*Calculate menu*).** Contiene los comandos para comprobar, dar formato y resolver el set de ecuaciones. También tiene un comando para comprobar las unidades de las ecuaciones.

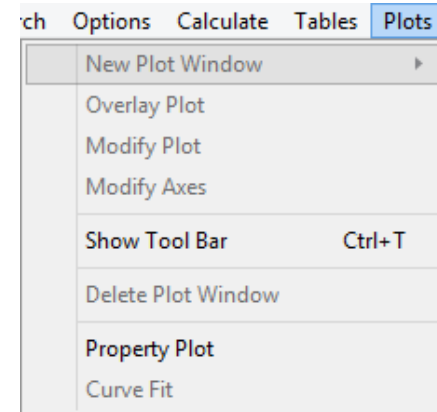


**7. El menú de las tablas (*Table menu*).** Contiene los comandos para configurar y alterar el contenido de *Parametric and Lookup Tables*. Las *Parametric Tables*, son similares a una hoja de cálculo y permiten que un conjunto de ecuaciones sean resueltas repetitivamente al ir variando el valor de una o más variables dentro del sistema. Las *Lookup Tables* contienen data proporcionada por el usuario que puede ser interpolada y usada posteriormente.

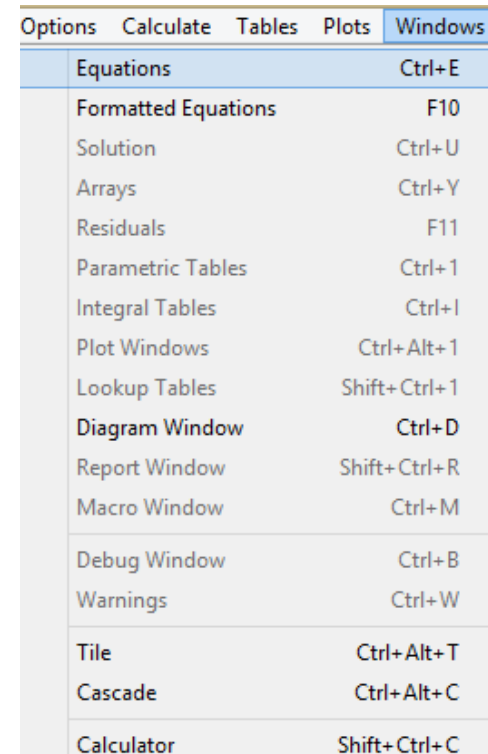


# Menús desplegables del EES

**8. El menú de gráficos (*Plot menu*).** Proporciona comandos para preparar un nuevo gráfico de data existente en las *Parametric o Lookup Tables*; o bien modificar un gráfico existente. Presenta también la capacidad de ajustar curvas (*Curve fitting*) y permite graficar diagramas termodinámicos, como el de temperatura vs entropía por ejemplo, para una gama de sustancias por medio del comando *Property Plot*.

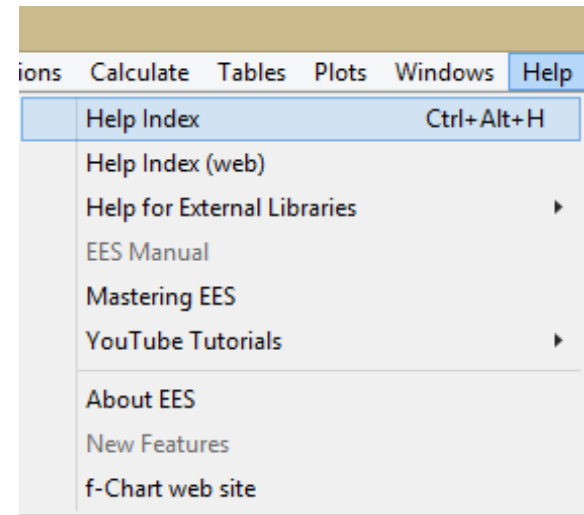


**9. El menú de ventanas (*Windows menu*).** Facilita el acceso rápido a cualquiera de las ventanas existentes en EES (ventana de ecuaciones, de diagrama o de soluciones, por ejemplo).

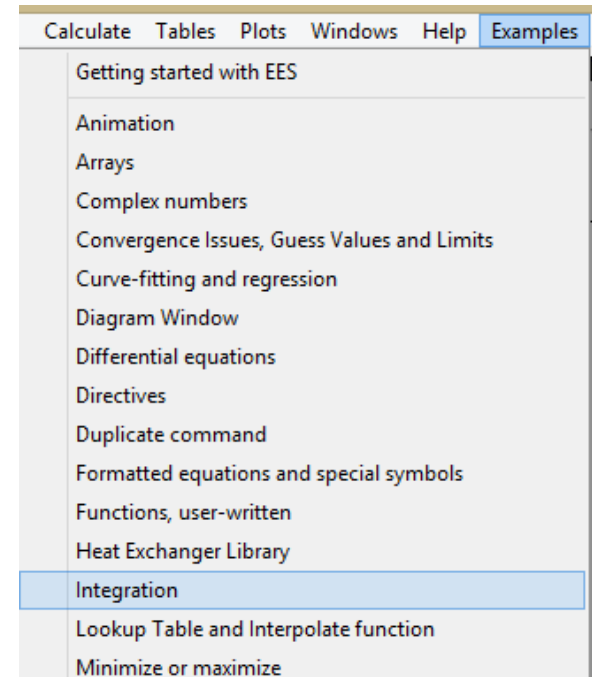


# Menús desplegables del EES

**10. El menú de ayuda (*Help menu*).** Permite el acceso a documentos de ayuda acerca de EES. También puede acceder al *Help Index* apretando F1. Para obtener ayuda adicional acerca de cómo usar el programa, puede emplear el manual de usuario proporcionado.



**11. El menú de ejemplos (*Examples menu*).** Permite el acceso a algunos ejemplos de problemas de ingeniería resueltos por medio de EES.



# Observaciones a tomar en cuenta a la hora de emplear la ventana de ecuaciones

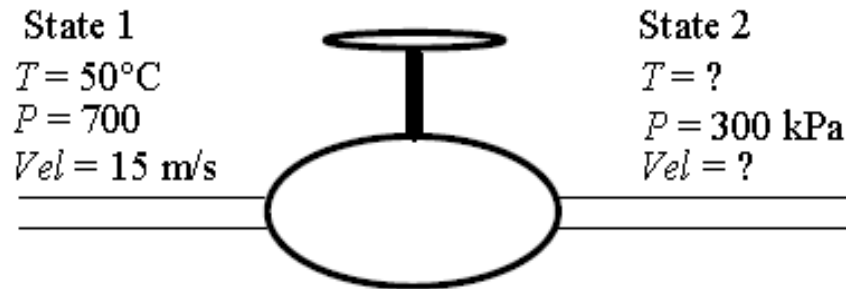
Algunas observaciones importantes con respecto a cómo se ingresan las ecuaciones en la ventana de ecuaciones:

- ✓ EES funciona de forma similar a cualquier procesador de palabras.
- ✓ EES no hace distinción entre letras mayúsculas y minúsculas.
- ✓ Líneas en blanco y espacios puede ser ingresados sí así se desea en vista de que EES los ignorará.
- ✓ Pueden ingresarse comentarios en la ventana de ecuaciones. Los comentarios deben estar encerrados por medio de corchetes { } o entre comillas " ". Los comentarios entre comillas también serán desplegados en la ventana de formato de ecuaciones (*Formatted Equations window*).
- ✓ Nombres de variables deben comenzar con una letra y pueden consistir de cualquier carácter con excepción de ( ) ' | \* / + - ^ { } : " ; . La longitud máxima que puede tener el nombre de una variables es de 30 caracteres.
- ✓ Múltiples ecuaciones pueden ser ingresadas en una solo línea si son separadas por un punto y coma ;
- ✓ El símbolo ^ o el \*\* son usados para indicar una potencia.
- ✓ El orden en que son ingresadas las ecuaciones no es relevante.
- ✓ La posición de variables conocidas y desconocidas en una ecuación no es importante.
- ✓ Nombres de símbolos griegos son remplazados por el símbolo correspondiente en la ventana de formato de ecuaciones y en la ventana de soluciones.
- ✓ \_ Es empleado para subíndices.
- ✓ \_dot es empleado para colocar un punto encima de la variable ( $\dot{m}$ , por ejemplo).
- ✓ | es empleado para indicar superíndices.
- ✓ |star es empleado para colocar como superíndice un asterisco ( $A^*$ , por ejemplo).
- ✓ La unidades se colocan en medio de corchetes después del valor de la variable ( $A= 4[N]$  por ejemplo).
- ✓ El comando para convertir unidades tiene el siguiente formato: convert (unidad original, unidad deseada).

# Ejemplo

A continuación se presenta un problema de termodinámica presente en el manual de usuario.

*Refrigerante R-134a entra a una válvula a 700 kPa, 50°C y a una velocidad de 15 m/s. A la salida de la válvula, la presión es de 300 kPa. Tanto el área de entrada como el área de salida es de 0.0110 m<sup>2</sup>. Determine la presión, el flujo másicos y la velocidad a la salida de la válvula.*



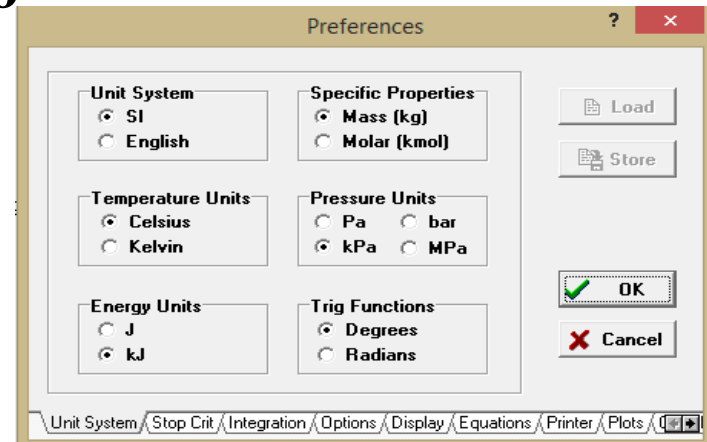
Suposiciones: Estado estable, flujo estable, energía potencial despreciable, proceso adiabático, sin dispositivos de transferencia o extracción de potencia.

Las dos ecuaciones fundamentales requeridas son las de conservación de masa y de energía. Adicionalmente se requiere de las ecuaciones termodinámicas de estado, ya integradas en el programa.

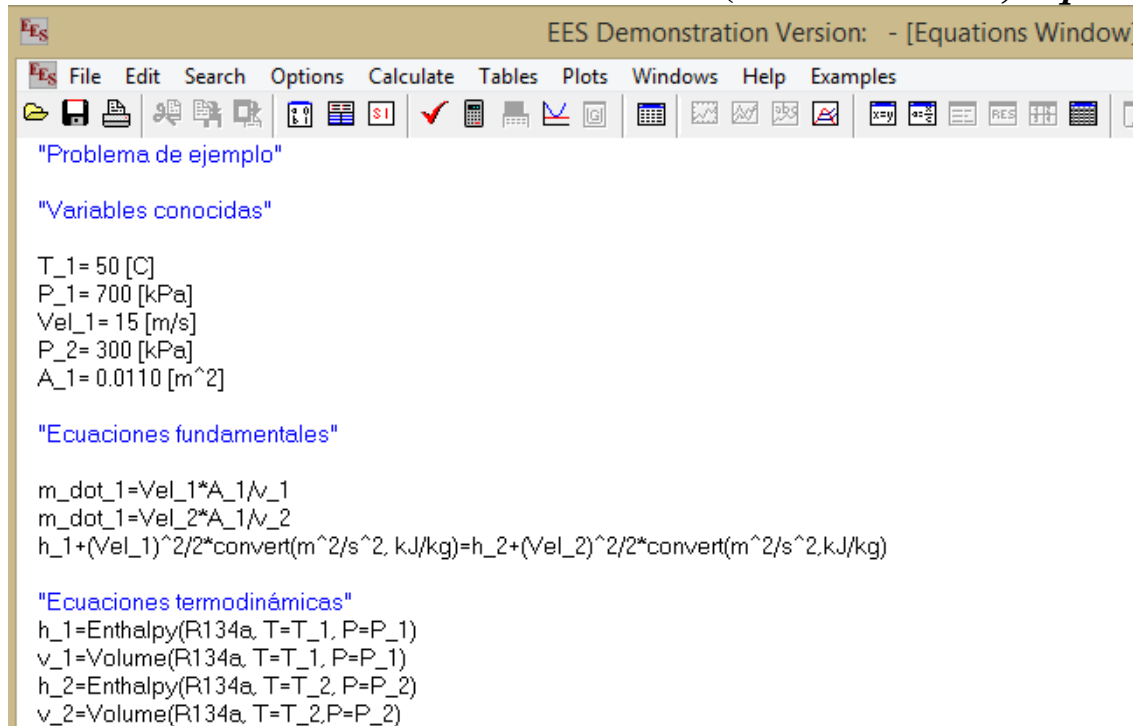


# Ejemplo

1. Especificar el sistema de unidades (*Option menu, Unit System*).

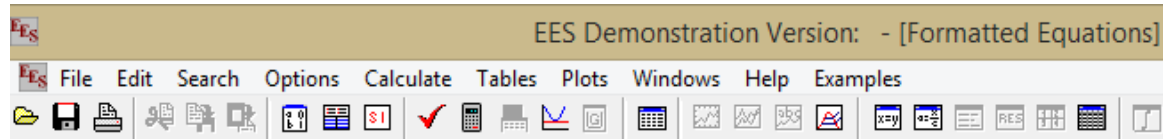


2. Escribir las ecuaciones en la ventana de ecuaciones (*Windows menu, Equations*).



# Ejemplo

Sí desea también puede ver esta información en la ventana de formato de ecuaciones (*Windows menu, Formatted Equations*).



Problema de ejemplo

Variables conocidas

$$T_1 = 50 \text{ [C]}$$

$$P_1 = 700 \text{ [kPa]}$$

$$\text{Vel}_1 = 15 \text{ [m/s]}$$

$$P_2 = 300 \text{ [kPa]}$$

$$A_1 = 0.011 \text{ [m}^2\text{]}$$

Ecuaciones fundamentales

$$\dot{m}_1 = \text{Vel}_1 \cdot \frac{A_1}{v_1}$$

$$\dot{m}_1 = \text{Vel}_2 \cdot \frac{A_1}{v_2}$$

$$h_1 + \frac{\text{Vel}_1^2}{2} \cdot \left| 0.001 \cdot \frac{\text{kJ/kg}}{\text{m}^2/\text{s}^2} \right| = h_2 + \frac{\text{Vel}_2^2}{2} \cdot \left| 0.001 \cdot \frac{\text{kJ/kg}}{\text{m}^2/\text{s}^2} \right|$$

Ecuaciones termodinámicas

$$h_1 = h (\text{R134a}, T=T_1, P=P_1)$$

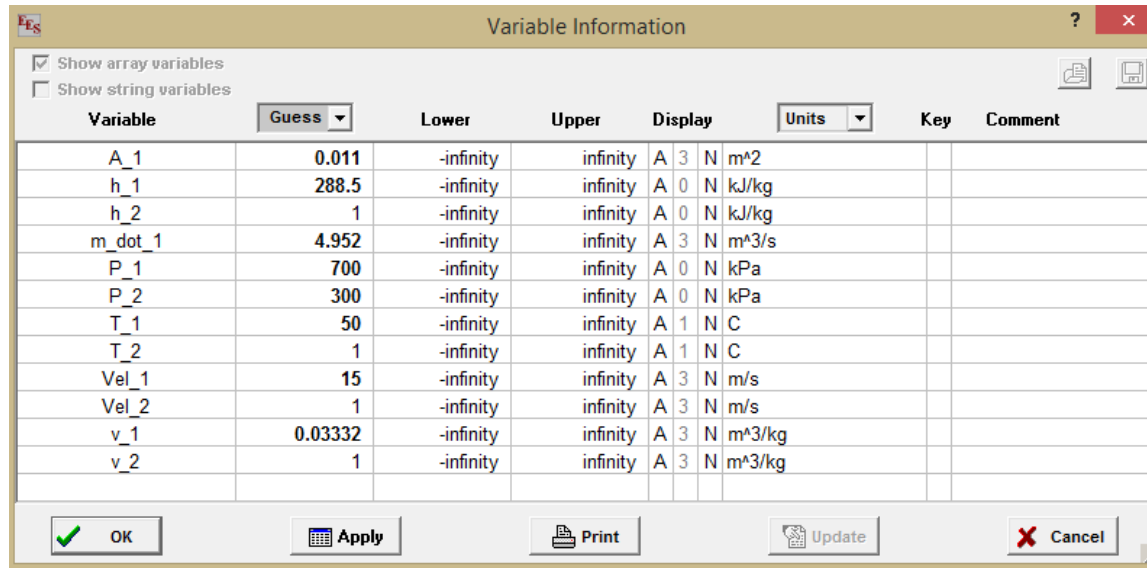
$$v_1 = v (\text{R134a}, T=T_1, P=P_1)$$

$$h_2 = h (\text{R134a}, T=T_2, P=P_2)$$

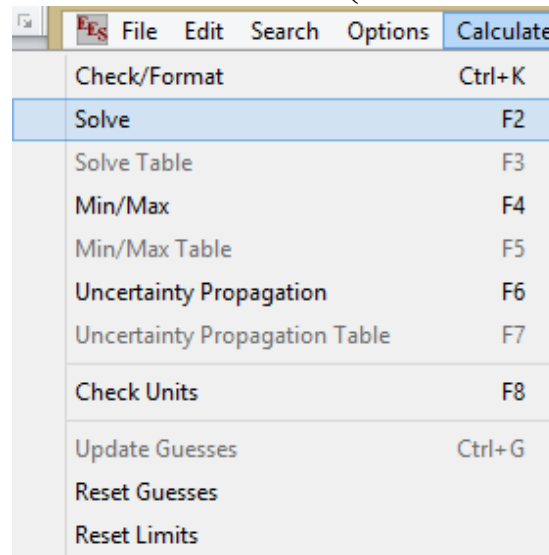
$$v_2 = v (\text{R134a}, T=T_2, P=P_2)$$

# Ejemplo

3. Asignar unidades al resto de las variables no conocidas (*Option menu, Variables Info*).

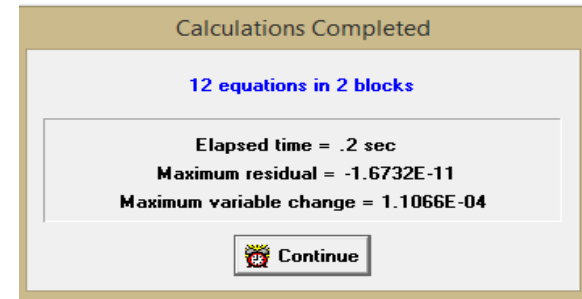


4. Ir al menú de cálculo y hacer click a resolver (*Calculate menu, Solve*).



# Ejemplo

5. Una vez resuelto el sistema de ecuaciones, le saldrá una ventana indicándole que han finalizado los cálculos, debe hacer click en continuar.

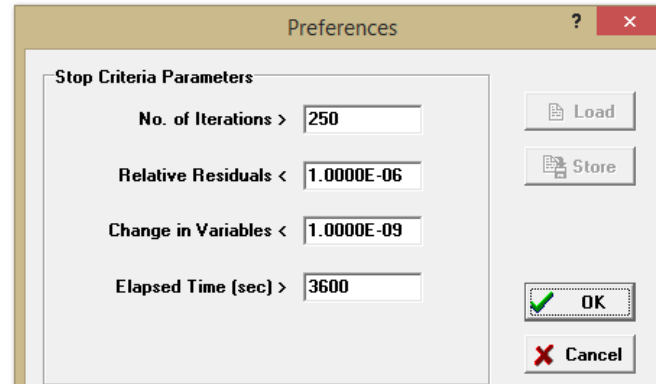


6. Comprobar en la ventana de residuos (*Windows menu, Residual*) que el máximo residuo (el mayor entre el *Relative residual* y el *Absolute residual*) es menor que el criterio para detener las iteraciones realizadas por EES (*Options menu, Stop Criteria*). Para mayor información vea la guía se usuario.

There are a total of 12 equations in the Main program.

Block	Rel. Res.	Abs. Res.	Units	Calls	Time(ms)	Equations
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	1	0	<b>T_1</b> =50[C]
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	1	0	<b>P_1</b> =700[kPa]
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	1	0	<b>Vel_1</b> =15[m/s]
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	1	0	<b>P_2</b> =300[kPa]
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	1	0	<b>A_1</b> =0.0110[m <sup>2</sup> ]
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	4	0	<b>h_1</b> =Enthalpy(R134a,T= <b>T_1</b> ,P= <b>P_1</b> )
0	0.000E+00	0.000E+00	OK	4	16	<b>v_1</b> =Volume(R134a,T= <b>T_1</b> ,P= <b>P_1</b> )
0	0.000E+00	0.000E+00	?	4	0	<b>m_dot_1</b> =Vel_1*A_1/v_1
1	3.379E-12	-1.673E-11	?	19	0	<b>m_dot_1</b> = <b>Vel_2</b> *A_1/v_2
1	4.893E-14	1.412E-11	OK	19	0	<b>h_1</b> +(Vel_1) <sup>2</sup> /2*convert(m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ,kJ/kg)= <b>h_2</b> +( <b>Vel_2</b> ) <sup>2</sup> /2*convert(m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ,kJ/kg)
1	5.438E-14	-1.566E-11	OK	19	16	<b>h_2</b> =Enthalpy(R134a,T= <b>T_2</b> ,P= <b>P_2</b> )
1	1.008E-13	8.197E-15	OK	19	0	<b>v_2</b> =Volume(R134a,T= <b>T_2</b> ,P= <b>P_2</b> )

Variables shown in bold font are determined by the equation(s) in each block.



# Ejemplo

7. Observar las soluciones en la ventana de soluciones (*Windows menu, Solution*).

