

INTRODUCCIÓN

EES pronunciado 'ease' son las siglas de Resolutor de Ecuaciones de Ingeniería (Engineering Equations Solver). La función principal suministrada por EES es la solución de un grupo de ecuaciones algebraicas. EES también puede resolver la estructuración inicial de ecuaciones diferenciales, hace la optimización, suministra regresiones lineales y no lineales y genera la publicación de calidad de argumentos. Se han desarrollado versiones de EES para Apple Macintosh y para los sistemas operativos de DOS y Windows en ordenadores IBM/compatibles. Se encuentra en desarrollo una versión UNIX. Este manual describe la versión EES desarrollada para los sistemas operativos de Windows Microsoft, incluidas Windows 3.1, Windows 95, y Windows NT.

Existen dos diferencias principales entre EES y los programas numéricos existentes de resolución de ecuaciones. Primero, EES identifica automáticamente y agrupa ecuaciones que deben ser resueltas simultáneamente. Este rasgo simplifica el proceso para el usuario y asegura que el resolutor siempre operará con la eficiencia óptima. Segundo, EES suministra muchas estructuras útiles para el cálculo ingenieril de propiedades termofísicas y matemáticas. Por ejemplo, las tablas de vapor son ejecutadas de tal forma que cualquier propiedad termodinámica puede ser obtenida de una función construida citada en los términos de otras dos propiedades. Similar posibilidad es suministrada por los refrigerantes (CFC, amoníaco, metano, dióxido de carbono y muchos otros fluidos). Las tablas de aire están construidas como lo están las funciones psicométricas y las tablas de datos JANAF para la mayoría de los gases más comunes. Las propiedades de transferencia también son suministradas para todas las sustancias. La biblioteca de propiedades matemáticas y termofísicas dentro de EES es extensa, pero no es posible anticiparse a la necesidad de cada usuario. EES permite al usuario introducir sus propias relaciones funcionales de tres formas: primero, la facilidad para interpolar datos de las tablas es suministrada de manera que los datos tabulares puedan ser usados directamente en la resolución del sistema de ecuaciones.

Segundo, el lenguaje EES apoya los procedimientos y funciones escritas por el usuario, similares a ellas en Pascal y FORTRAN. Las funciones y procedimientos pueden ser guardados en el archivo, que se leen automáticamente cuando comienza EES. Tercero, procedimientos y funciones recopiladas escritas en lenguajes de alto nivel como Pascal, C ó FORTRAN, se pueden unir en EES usando la capacidad de unión dinámica incorporada en el sistema operativo de Windows. Estos tres métodos de agregar relaciones funcionales proveen de medios muy poderosos de extender capacidades de EES.

La finalidad de EES surgió de la experiencia en la enseñanza de termodinámica en ingeniería mecánica y de la transferencia de calor. Para aprender la materia de estos cursos, es necesario para el estudiante, el trabajar los problemas. De cualquier modo, la mayor parte del tiempo y el esfuerzo requeridos para la resolución de los problemas son debidos a la búsqueda de información sobre las propiedades y la resolución de las ecuaciones adecuadas. Una vez que el estudiante se familiariza con el uso de las tablas de propiedades, el uso más adelantado de las tablas, no contribuye al dominio de la materia por el estudiante, tampoco lo hace el álgebra. El tiempo y el esfuerzo requeridos para resolver los problemas de la forma convencional disminuye realmente el aprendizaje de la materia, porque el alumno se ve forzado a preocuparse por el orden en el que deben resolverse las ecuaciones (que realmente no importa) y hace los parámetros de estudio demasiado complicados. Interesantes problemas prácticos que pueden llevar las soluciones implícitas, como estas que abarcan las consideraciones de termodinámica y transferencia de calor, a menudo no son asignados debido a su complejidad matemática. EES permite al usuario concentrarse más en el diseño para librarte de los quehaceres mundanos.

EES es particularmente útil para diseñar problemas en los cuales los resultados de uno o más parámetros necesiten ser determinados.

El programa proporciona esta capacidad con su tabla paramétrica, que es similar a una hoja de cálculo. El usuario identifica las variables independientes entrando con sus valores en las celdas de la tabla. EES calculará los valores de las variables dependientes en la tabla. La relación de variables en la tabla puede ser desplegada en parcelas.

Con EES, no es más difícil realizar el diseño de problemas que resolver un problema fijando un grupo de variables independientes.

EES ofrece las ventajas de un simple juego de órdenes que un principiante puede aprender a utilizar rápidamente para resolver cualquier problema algebraico. De cualquier modo, las posibilidades de este programa son muchas y más útiles también para cualquier experto. La gran cantidad de datos sobre propiedades termodinámicas y de transferencia que contiene EES son de gran ayuda en la resolución de problemas de Termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor. EES puede utilizarse para muchas aplicaciones ingenieriles; es muy conveniente para la formación, cursos de ingeniería mecánica y para el ingeniero con la necesidad de resolver problemas prácticos.

El manual está organizado en siete capítulos y cuatro apéndices. El nuevo usuario debería leer el capítulo I en el cual se ilustra la resolución de un problema simple desde al principio al final.

El capítulo 2 informa acerca de las funciones y controles específicos de cada "ventana" del EES.

El capítulo 3 es una sección de referencia que informa detalladamente sobre cada comando del menú.

El capítulo 4 describe la construcción matemática y las propiedades termodinámicas y el uso de la tabla-guía para entrar a la tabla de datos.

El capítulo 5 suministra instrucciones para escribir las funciones en EES y los procedimientos y guardarlos a salvo en el archivo.

El capítulo 6 describe cómo funciones y procedimientos recopilados, escritos en Windows (DLL) (Dynamic-Link Library) pueden ser integrados con EES.

El capítulo 7 describe un número de rasgos avanzados en EES, como el uso de variables de orden, la solución de integrales inmediatas y ecuaciones algebraicas, y parcelas de propiedad.

El Apéndice A contiene una pequeña lista de sugerencias/consejos.

El Apéndice B describe los métodos numéricos utilizados por EES.

El Apéndice C aporta información acerca del grado de utilidad, exactitud, y las fuentes de información para las relaciones entre las propiedades termofísicas introducidas.

El Apéndice D muestra cómo se incorporan datos sobre propiedades en EES.

Nota para el usuario en español:

Los signos empleados para trabajar con EES en el programa original pudieran no coincidir con los del teclado en español, por lo que se aconseja operar con el teclado en inglés o tener en cuenta las substituciones. Ejemplo: , en español en lugar de . en inglés, | en español en lugar de ; en inglés, así como . en español, cuando se escribe , en inglés.

CAPÍTULO I

COMENZANDO

Instalar EES en su ordenador

Esta versión de EES está diseñada para operar con cualquiera de los sistemas operativos de Windows Microsoft. EES se distribuye en un disco de alta densidad de 3.5. de forma comprimida.

Para empezar la instalación del programa de Windows 3.1. escoger el comando *Ejecutar* del menú *Archivo* en el directorio del programa de Windows 3.1.

En Windows 95, seleccionar el comando *Ejecutar* del menú *Inicio*. En el cajetín bajo las palabras "Command Line" introducir *A:\Setup*.

(gráfico)

donde A designará tu unidad.

La instalación del programa puede proporcionar una serie de sugerencias que te llevarán a través de la instalación completa del programa EES y de sus archivos asociados.

Iniciando EES

La instalación por defecto del programa creará un "Windows Group" llamado EES Group en el que se coloca la imagen EES. Presionando sobre esta imagen dos veces comenzará el programa. Si desea, también se puede trasladar la imagen EES a otra ventana diferente de Windows Group. EES o cualquier otro archivo creado por EES puede ser puesto en marcha utilizando el "Windows File Manager".

Nota: EES está siendo mejorado continuamente. El archivo README.EES dentro de la carpeta \EESW\ puede describir características añadidas después de que este manual fue terminado.

Información de Fondo

EES comenzará desplegando una ventana que muestra la información del registro, la versión numérica y la cantidad disponible de memoria real y virtual que EES puede utilizar para almacenar la información del problema. La información del registro será requerida si el usuario necesita apoyo técnico. Presionar el botón OK para terminar con esta ventana.

Existe ayuda detallada en cualquier punto de EES. Presionando la tecla F1 subirá hacia una ventana de ayuda referente a la ventana principal. Presionando el botón Contents (contenido) se presentará el índice de ayuda mostrado abajo. Pulsando sobre una palabra subrayada (que aparece de color verde en los monitores de color) proporcionará la ayuda relativa a esa materia).

(gráfico)

Los comando de EES están ordenados en nueve "pull-down menús". A continuación, sigue un resumen del informe acerca de sus funciones. Las descripciones detalladas sobre los comandos aparecen en el capítulo 3.

(gráfico)

El menú del Sistema aparece sobre el menú archivo. (En Windows 95, este menú aparece como una versión reducida de la imagen EES). El menú del Sistema no es parte de EES, sino una característica del sistema operativo de Windows. Soporta los comandos que permiten el movimiento de ventanas, reajustando y cambiando a otras aplicaciones.

El menú *Files* proporciona comandos de carga, unión y guarda de carpetas y archivos de impresión.

El menú *Edit* proporciona los comandos de búsqueda y reemplazo para utilizar en la ventana *Equations*.

El menú *Options* proporciona comandos para señalar la estimación y limita variables, la unidad del sistema, la carencia de información y preferencias del programa. El comando también proporciona información sobre las propiedades programadas.

El menú *Calculate* contiene los comandos de comprobación, forma y resolución de sistemas.

El menú *Tables* contiene comandos para presentar, modificar los contenidos de las tablas paramétricas y de búsqueda y hacer regresiones lineales sobre los datos de estas tablas. La tabla de Parámetros, parecida a una hoja de cálculo, permite que el sistema de ecuaciones sea resuelto de forma repetida mientras se van variando los valores de una o más variables. La tabla de búsqueda suministra al usuario datos que puedan ser interpolados y utilizados en la solución de sistemas de ecuaciones.

El menú *Plot* proporciona comandos para modificar una parcela existente o preparar una nueva de datos en las tablas de Parámetros, Búsqueda u Orden (clasificación). También proporciona la capacidad de ajuste de curvas.

El menú *Windows* proporciona un método adecuado para "traer" cualquiera de las ventanas de EES a la parte frontal u organizar las ventanas.

El menú *Help* proporciona comandos para acceder a la documentación de ayuda "On Line".

La capacidad principal suministrada por EES es la solución de un grupo de ecuaciones algebraicas no lineales. Para demostrar esta capacidad, arrancar EES e introducir este simple ejercicio en la ventana *Equations*. Tener en cuenta que EES no distingue entre minúsculas y mayúsculas y el signo $^$ (ó **) es utilizado para elevar un número.

(gráfico)

Si lo desea puede visualizar las ecuaciones en notación matemática seleccionando el comando *Formatted Equations* del menú *Windows*.

(gráfico)

Seleccione el menú *Solve* del menú *Calculate*. Aparecerá una ventana indicando el desarrollo de la solución. Cuando los cálculos estén determinados, el botón cambiará desde *Abort* a *Continue*.

(gráfico)

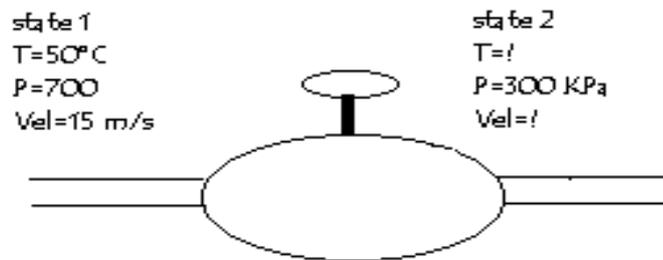
Pulsar el botón *Continue*.
La solución de la ecuación será mostrada entonces.

(gráfico)

Ejemplo de problema de Termodinámica.

En esta sección se mostrará y resolverá un problema simple de termodinámica para ilustrar el acceso o propiedades funcionales y capacidad de resolución de EES. El problema es típico y similar al que el alumno puede encontrarse a lo largo del curso.

Ex: R-12 entra en una válvula a 700 Kpa, 50°C con una velocidad de 15 m/s. A la salida de la válvula, la presión es de 300 Kpa. Las áreas interior y exterior del fluido son de 0.0110 m². Determinar la temperatura, flujo másico y velocidad a la salida de la válvula.



Para resolver el problema, es necesario elegir un sistema y aplicar balances de masa y energía.

El volumen de control es la válvula. El flujo másico es constante, por tanto el balance de masa es:

$$m_1 = m_2$$

donde

$$m_1 = A_1 \text{Vel}_1 / v_1$$

$$m_2 = A_2 \text{Vel}_2 / v_2$$

m= flujo másico (Kg/s)

A=Area de la sección (m²)

Vel=Velocidad (m/s)

v=volumen específico(m³/Kg)

Sabemos que

$$A_1 = A_2$$

Asumimos que la válvula esté bien aislada sin partes móviles. El efecto de calor y trabajo son cero. Un estado constante de energía en la válvula es:

$$m_1 \left[h_1 + \text{Vel} / (2 * 1000) \right] = m_2 \left[h_2 + \text{Vel} / (2 * 1000) \right]$$

donde h= entalpía [KJ/Kg.]. El factor "1000" resulta de la conversión de m²/s² en KJ/Kg.

De las relaciones entre propiedades de R12:

$$v_1=v(T_1,P_1)$$

$$h_1=h(T_1,P_1)$$

$$v_2=v(T_2,P_2)$$

$$h_2=h(T_2,P_2)$$

Normalmente, los términos que contienen la velocidad se desprecian, porque la energía cinética, por lo general, es muy pequeña y estos términos hacen el problema difícil de resolver. De cualquier modo, con EES la dificultad de cálculo no es un factor. El usuario puede resolver el problema contando con la ecuación y sopesar su importancia.

Los valores de T_1 , P_1 , A_1 y P_2 son conocidos. Existen nueve desconocidos: A_2 , m_1, m_2 , vel_2 , h_1 , v_1 , h_2 , T_2 . Por tanto, hay 9 ecuaciones, la resolución del problema ya está planteado. Ahora sólo hay que resolver las ecuaciones. Es aquí donde EES puede ayudar.

Poner en marcha EES o seleccionar el comando New del menú File si ya ha estado utilizando el programa. Aparecerá un espacio en blanco en la ventana Equations. De cualquier forma, antes de introducir las ecuaciones, fijar el sistema de unidades para las funciones de las propiedades termodinámicas programadas. Para visualizar o cambiar el sistema de unidades, seleccionar Unit System del menú Options.

EES está configurado inicialmente para funcionar en las unidades del S.I. con la temperatura en °C, Presión en Kpa, y los valores de las propiedades específicas en las unidades acostumbradas del balance de masa. Estas premisas pueden ser modificadas previamente. Pulsar sobre los controles para seleccionar las unidades mostradas arriba. Presionar sobre el botón OK (o sobre la tecla Return) para aceptar el sistema de unidades elegido.

Ahora se pueden introducir las ecuaciones dentro de la ventana Equations. El texto se introduce de la misma manera que en cualquier procesador de textos. Las reglas de asignación de formato son las siguientes:

1. No se distinguen las mayúsculas y minúsculas. EES cambiará la situación de todas las variables en la forma en que ellas aparezcan primero.
2. Pueden introducirse líneas y espacios en blanco.
3. Los comentarios conviene/ deben escribirse entre llaves {} o dentro de comillas"". Pueden ocupar tantas líneas como se necesiten. Los comentarios de entre corchetes pueden estar insertados en cuyo caso sólo el extremo de los corchetes serán reconocidos. Los textos entre comillas también serán expuestos en la ventana "Formatted Equations".
4. Los nombres de variables deben empezar con una letra y consiste en cualquier carácter del teclado excepto los siguientes: () * / + - ^ { }; ó ; . Las variables de orden son identificadas con "equis" antes del índice o índices de orden, por ejemplo X[5,3]. La máxima longitud de las variables es de 30 caracteres.
5. Las ecuaciones múltiples pueden ser introducidas en línea si están separadas por punto y coma (;). La longitud máxima de la línea es de 255 caracteres.
6. Los símbolos (^) o ** se utilizan para destacar.
7. No importa el orden en el que se introduzcan las ecuaciones.
8. La posición de las incógnitas y lo conocido dentro de la ecuación no importa.

Después de introducir las ecuaciones del problema y (opcional) verificando la sintaxis utilizando el comando *Check/Format* en el menú *Calculate*, la ventana *Equations* aparecerá como se muestra a continuación. Los textos o comentarios aparecen normalmente en color azul en un monitor a color. Existen otras opciones de formato con el comando *Preferences* dentro del menú *Options*.

(cuadro)

Las funciones de las propiedades termodinámicas, como entalpía y volumen, requieren un formato especial.

El primer argumento de la función, es el nombre de la sustancia, en este caso R12.

Las siguientes condiciones, son las variables independientes precedidas por una letra identificativa y un signo "igual". Las letras que se aceptan son T, P, H, U, S, V, y X, correspondientes a temperatura, presión, entalpía específica, energía interna específica, entropía específica, volumen específico, y calidad (Título). (Para funciones psicrométricas, otras letras aceptadas son W, R, D, y B, correspondientes a humedad absoluta, humedad relativa, temperatura de punto de rocío, y temperatura de bulbo húmedo.

Una forma fácil para introducir funciones, sin tener que "hacer volver" el formato, es utilizar el comando Function Information en el menú Options. Este comando hará regresar la ventana ("dialog-window"), mostrada abajo. Con el ratón pulsar sobre el punto de "Termophysical Props" (Propiedades termofísicas). La lista de las funciones de las propiedades termofísicas programadas aparecerá a la izquierda y la lista de sustancias a la derecha.

Seleccionar la propiedad funcional presionando sobre el nombre elegido, utilizando la barra-cursor si es necesario, para trasladarla dentro de la ventana. Seleccionar una sustancia de la misma manera.

Un ejemplo de la función mostrando el formato aparecerá en el rectángulo Example en la esquina. La información dentro del rectángulo puede ser cambiada, si fuera necesario. Presionando el botón Paste se copiará el Example dentro de la ventana Equations sobre la posición del cursor.

(gráfico)

Suele ser una buena idea fijar de antemano los posibles valores y los límites más altos y más bajos para las variables antes de intentar resolver la ecuación. Esto se hace con el comando Variable Information en el menú Options. Antes de aparecer "Variable Inform.dialog" EES comprueba la sintaxis y recopila las ecuaciones introducidas y/o cambiadas recientemente. Entonces resuelve todas las ecuaciones con una sola incógnita.

Una vez ocurrido esto, aparecerá el diálogo de Variable Information.

(gráfico)

La ventana *Variable Information* contiene una fila para cada variable aparecida en la ventana de *Equations*. Por defecto, cada variable tendrá un valor estimado de 1,0 con los límites superior e inferior de más y menos infinito. (Los límites superiores e inferiores aparecerán en cursiva si EES ha calculado previamente el valor de la variable). En este caso, la columna de valor aproximado mostrará el valor calculado. Estos valores en cursiva, pueden ser editados, lo que obligará a EES el recalculando el valor de la variable).

La F en la columna *Display* indica que el número será mostrado con un número fijado de dígitos a la derecha del punto decimal. La otra alternativa en que puede aparecer es con E, indicando la notación exponencial. El formato por defecto de visualización es F3. Sin ninguna unidad. Estos defectos pueden ser fácilmente cambiados con el comando *Default Information* en el menú *Options*, descrito en el Capítulo 3. La tercera opción de columna perteneciente a *Display* controla los efectos de realce (o que hacen destacar) (como los caracteres en negrita, en cursiva, encasillados...), cuando la variable sea mostrada en la ventana *Solution*. Las unidades de las variables pueden ser especificadas, si se desea; éstas, pueden ser visualizadas con la variable en la ventana *Solution* y/o en la tabla de valores paramétricos (*Parametric Table*). EES no hace la conversión automática de unidades. La información de las unidades es sólo para los propósitos/intenciones/...visualizados.

Con las ecuaciones no lineales, a veces es necesario proporcionar valores estimados razonables y límites para poder determinar la solución deseada. (Para este problema no es necesario). Los límites de algunas variables son conocidos por la física del problema.

En el problema del ejemplo, la entalpía en la salida de la válvula (h_2), debería estar cercano al valor h_1 . Fijado este valor estimado en 100 y su límite inferior en 0, fijamos el valor del volumen específico a la salida (V_2) en 0,1 y su límite inferior en 0. Nos desplazamos en la lista de *Variable Information* hasta visualizar Vel_2 . El límite inferior de Vel_2 debería ser también cero. Para mejorar la muestra, introducir las unidades de las variables y fijar el número de decimales desde 1 para $h_1, h_2, T_1, T_2, Vel_1$ y Vel_2 .

Para resolver el grupo de ecuaciones, seleccionar el comando Solve, del menú Calculate. Aparecerá una información-diálogo indicando el tiempo transcurrido ("elapsed time"), el residuo máximo ("maximum residual") (por ejemplo, la diferencia entre el extremo de la derecha y el de la izquierda en una ecuación) y el cambio máximo (maximum variable change) en los valores de las variables desde la última repetición. Cuando los cálculos estén completos, EES mostrará el número total de ecuaciones del problema y el número de bloques (sistema). Un bloque ("block") es un subgrupo o sistema de ecuaciones que pueden ser resueltos independientemente. EES agrupa automáticamente el grupo de ecuaciones cuando es posible, para mejorar la eficiencia de cálculo, como se describe en el Apéndice B. Cuando los cálculos estén completos, el botón cambiará desde "Abort" a "Continue".

(gráfico)

Por defecto, los cálculos se pararán cuando hayan ocurrido 100 repeticiones, el tiempo haya sobrepasado de los 3600 segundos, el residuo máximo sea menor que 10^{-6} o el máximo sea que $e10^{-9}$. Estos defectos pueden ser cambiados con el comando Stop Criteria en el menú Options. Si el residuo máximo es mayor que el valor aproximado de Stop Criteria (para criterios), las ecuaciones no se resolverán correctamente, seguramente porque los límites de una o más variables restringen la solución.

Presionando sobre el botón "Continue" retira la information-dialog, y presenta la ventana "solution" mostrada en la página siguiente.

El problema es completado con los valores ya determinados de T2, m2 y Vel2.

(gráfico)

Una de las características más utilizadas de EES es la capacidad de proporcionar estudios de parámetros. Por ejemplo, en este problema, puede resultar de interés, ver cómo la T^a de salida de la válvula y la velocidad de salida varía con la presión de salida. Una serie de cálculos pueden ser automatizados y trazados utilizando los comandos del menú *Tables*.

Seleccionar el comando *New Table*. Una ventana de diálogo será mostrada apareciendo un listado de variables en la ventana Equations.

(Dibujo)

En este caso, podemos construir una tabla que contenga las variables P2, T2, Vel2 y h2. Pulsar con el ratón sobre P2 en la lista de variables a la izquierda. Esto hace que P2 se subraye y se active el botón "Add".

Pulsar ahora sobre el botón "Add" para trasladar P2 de la lista de variables a la derecha. Repetir con T2, h2, y Ve2, utilizando los cursores para trasladarse dentro de la ventana si fuera necesario. (Como "atajo" se puede pulsar con el ratón dos veces sobre el nombre de la variable de la lista de la izquierda para trasladarlo a la lista de la derecha). La tabla creada aparecerá como se muestra en la parte de arriba.

Pulsar sobre el botón OK para crear la tabla.

La Tabla Paramétrica trabaja de forma muy similar a una hoja de cálculo. Se puede escribir números directamente dentro de las casillas.

Los números introducidos serán mostrados en negro y producen el mismo efecto que si se hubiera elegido la variable de ese valor en la ventana "Equations".

Suprimir la ecuación actual $P2=300$ en la ventana "Equations" o introducirlo entre corchetes $\{\}$. Esta ecuación no será necesaria por que el valor de P2 será fijado en la tabla.

Ahora, introducir los valores de P2 por los cuales T2 será determinado. Valores entre 100 a 550 han sido cambiados para este ejemplo. (Los valores podrían ser también cambiados automáticamente utilizando *Alter Values* en el menú *Tables* o utilizando el control "Alter Values" en la parte superior en el encabezamiento de cada columna, como se describe en el capítulo 2).

La Tabla Paramétrica (Parametric Table) aparecería como se muestra a continuación.

(Tabla-dibujo)

Ahora seleccionar Solve Table del menú Calculate. La ventana de diálogo "Solve Table" aparecerá permitiéndote cambiar las ejecuciones por las que los cálculos se harán.

(Tabla)

Cuando el control Update Guess Values es seleccionado, como se muestra, la solución de la última ejecución proporcionará valores estimados para la siguiente ejecución. Presionar el botón OK. Una ventana de condición será presentada indicando el desarrollo de la resolución. Cuando los cálculos estén completos, los valores de T2, Vel2 y h2 serán introducidos en la tabla. Los valores calculados por EES aparecerán en azul, negrita o cursiva dependiendo de la composición elegida en la tecla "Screen Display" de la ventana "Preferences" perteneciente al menú Options.

(Tabla)

Las relaciones entre variables como P2 y T2 aparecen ahora; pero pueden ser vistas más claramente con un cuadro. Seleccionar *New Plot Window* del menú *Plot*. Aparecerá la ventana mostrada en la parte de abajo. Elegir P2 como la incógnita-"eje" presionando con el ratón sobre T2 en la tabla de la izquierda "x-axis". Seleccionar los límites de escala para P2 y T2, y fijar el número de divisiones para la escala.

Presionar sobre el control "Grid Lines" pero los ejes X e Y. Cuando presiones sobre el botón OK, se construirá el gráfico y la ventana aparecerá como se muestra.

Una vez creado, existen varias formas en las que puede cambiarse la apariencia del gráfico (descritas en "Plot Windows" del Capítulo 2 y en la sección "Plot menú" del capítulo 3).

Gráficos

CAPÍTULO 2

ESS WINDOWS.-

INFORMACIÓN GENERAL

La información que concierne a un problema se presenta en una serie de ventanas. Las ecuaciones y textos (comentarios) son introducidos dentro de la ventana "Equations". Después de que las ecuaciones están resueltas, los valores de las variables se presentan en las ventanas "Solution" y "Arrays". Los "Residuales" de las ecuaciones y el orden de cálculo puede visualizarse de la ventana *Residuals*. Ventanas adicionales son proporcionadas por "Parametric and Lookup Tables", un diagrama y hasta 5 cuadros. También hay una ventana "depuradora" (Debug Window).

En esta sección se da más detalladamente explicación sobre capacidades e información de cada tipo de ventana. Todas las ventanas pueden abrirse inmediatamente. La ventana del frente (frontal) es la activa y se identifica por su barra de título destacada en negro. La figura que está debajo muestra como aparecerían las ventanas EES en Microsoft Windows 95, que difieren levemente de otras ventanas de Windows.

(gráfico)

Merece la pena que se mencione otra diferencia entre EES y otras aplicaciones. El control *Close* (cerrar) sólo oculta una ventana, no la cancela o suprime. Una vez cerrada, la ventana puede volverse a abrir seleccionando la opción correcta en el menú "Windows".

Cada ventana tiene un número de controles.

1. Para mover una ventana a otra posición en la pantalla, mover el cursor hasta la posición encima de la barra del título ("title bar") presionar sobre ella y mantener el botón en esta posición mientras deslizamos el ratón hasta la posición en que deseemos situar la ventana.
2. Para ocultar o cerrar la ventana, seleccionar el comando "Close" (o presionar Ctrl-F4) del cajetín del menú de control en la parte superior izquierda de la barra de título de la ventana (Windows 95 proporciona, además, un símbolo "Close" en la esquina superior derecha de la barra del título). Se puede restablecer una ventana oculta seleccionando el comando en el menú Windows.
3. El cajetín maximizador en la parte superior derecha de la barra de título hace que la ventana se extienda a fin de que llene completamente la pantalla. El cajetín "Restore" (restablecer) con una flecha hacia abajo y hacia arriba puede aparecer debajo del cajetín Maximice (maximizador). Presionando sobre él (o seleccionando Restore del cajetín de menú "Control") la ventana volverá a adquirir su forma original.
4. El tamaño de cualquier ventana puede ser ajustado utilizando los controles de tamaño de la ventana de cualquier esquina de la misma. Para cambiar el tamaño, mover el cursor hacia el borde de la ventana. Cuando estemos encima del borde, el cursor se transformará hacia abajo y hacia arriba. Entonces presionamos la tecla del ratón y la mantenemos presionada mientras movemos el ratón para hacer la ventana mayor o menor. Los cursores pueden ser utilizados si la ventana es demasiado pequeña, para ajustar toda la información.

Ventana de Ecuaciones ("Equations Windows")

La ventana de Equations opera de forma muy similar a un procesador de textos. Las ecuaciones que EES va a resolver se introducen en esta ventana. Los comandos de edición, por ejemplo: "Cut, Copy, Paste..." se localizan en el menú "Edit" y pueden ser utilizados de la forma habitual. A continuación se cita alguna información de importancia sobre la ventana "Equations":

1. Las líneas en blanco se pueden utilizar para hacer la ventana " Equations" más legible. Los textos o comentarios son encerrados entre corchetes {Texto} o entre comillas "otro comentario" y puede ocupar muchas líneas. Se permiten los campos de texto entre corchetes. Pero los textos entre comillas aparecerán en la ventana "Formatted Equations".
2. Las ecuaciones pueden introducirse en cualquier orden. El orden de introducción no tiene ningún efecto sobre la solución, ya que EES bloquea las ecuaciones y las reordena para una mejor resolución como se describe en el Apéndice 3.
3. Los símbolos matemáticos se utilizan en las ecuaciones conforme a las reglas usadas en FORTRAN o Pascal.

Por ejemplo, la ecuación $x=3+4*5$

cuyo resultado en x tendrá un valor de 23.

El símbolo (^) o ** puede utilizarse para indicar multiplicación.

Los miembros de las funciones se encierran entre paréntesis. EES no requiere que

aparezca una variable en el miembro de la izquierda de la ecuación, como ocurre en otros lenguajes de programación.

La ecuación que hubiéramos introducido aparecería como

$$(x-3)^4=5$$

4. No se distinguen las letras mayúsculas y minúsculas. EES podrá cambiar opcionalmente, el tipo de letra en la cual queramos que aparezca dentro de la ventana "Equations" dependiendo de la opción seleccionada en "Preferences" dentro del menú "Options". De cualquier modo, este cambio se hace sólo cuando una ecuación primero es recopilada o modificada o cuando el comando "Check/Format" es emitido en el menú "Calculate".
5. Los nombres de variables deben comenzar con una letra de cualquier carácter perteneciente al teclado excepto (`()*/+^-{}";:`). La longitud máxima de caracteres de variables es de 30. Las variables de tablas se identifican con corchetes cuadrados alrededor del índice o índices de orden, por ejemplo: `X[5,3]`. La cantidad entre corchetes deberá ser un número, excepto con el campo de aplicación de los comandos de suma, producto o multiplicación ("Sum", "Product" o "Duplicate"). Como regla general, las variables no deberán de llevar nombres que correspondan a algunas de las funciones programadas Ej.: pi, sin, enthalphy, etc.
6. EES tiene un límite máximo de 2.500 variables, pero la memoria disponible puede reducirlo.
7. Normalmente se introduce una ecuación por línea, y presionando las teclas de "Return" o "Enter" al terminar. Las ecuaciones múltiples pueden introducirse en una línea si están separadas por punto y coma. Las ecuaciones largas se pueden adaptar con la ayuda de una barra de desplazamiento horizontal que aparece si alguna de las ecuaciones es más ancha que la ventana. De todas formas, cada ecuación debe tener menos de 255 caracteres.
8. EES recopila ecuaciones en una base compacta. La forma recopilada se guarda en la memoria de manera que una ecuación solo necesita recopilarse cuando se utilizada por primera vez o cuando es modificada. Cualquier error detectado durante la recopilación o el proceso de resolución tendrá como resultado un mensaje explicatorio del error y el subrayado de la línea en la que se haya descubierto.
9. Las ecuaciones pueden ser trasladadas desde o hacia otras aplicaciones utilizando el comando "Cut, Copy y Paste" en el menú "Edit". El comando "Merge" puede trasladar las ecuaciones desde EES o un archivo de texto y colocarlas dentro de la ventana "Equations" en la posición del cursor. Las ecuaciones trasladadas con el directorio \$INCLUDE no aparecerán en la ventana "Equations".
10. Pulsando el botón del ratón en la ventana "Equations" puede insertar o trasladar los textos entre corchetes a través del texto seleccionado. Si el texto seleccionado está comentado ya, por ejemplo, comienza con un corchete a la izquierda y termina con un corchete a la derecha, los comentarios serán trasladados pues si no, los corchetes serán insertados.

Formatted Equations Window (Ventana de Formateo de Ecuaciones)

La ventana Formatted Equations despliega las ecuaciones introducidas en la ventana Equations en un formato matemático fácil de leer como se muestra en la ventana mostrada a continuación.

Dibujo

Tener en cuenta que los comentarios que aparecerán entre comillas en la ventana Equations serán desplegados en la ventana Formatted Equations, pero aquellos que aparezcan entre llaves, no serán mostrados en Formatted Equations.

Una revisión de la ventana Formatted Equations revelará varios de los cambios que EES ha hecho para perfeccionar el despliegue, además de la notación matemática.

Las variables de orden, como B[1] son mostradas como variables de subíndices (opcionalmente).

Los signos de suma e integración son mostrados.

Si un nombre de variable contiene un subrayado, éste significará el comienzo de un subíndice, como ocurre en la variable G_2 . De cualquier modo, tener en cuenta que aunque $G[2]$ y G_2 se muestren de la misma manera en la ventana Formatted Equations, son diferentes variables con propiedades distintas. El índice de las variables de orden, por ejemplo $G[2]$ pueden utilizarse en el campo en el campo de aplicación de "Dobles Sentencias", o en las funciones de Suma y Producto. Además, el valor calculado de $G[2]$ puede mostrarse en la ventana Arrays, como se describe con más detalle en este capítulo.

Las variables que tienen nombre de alfabeto griego, son mostradas con la letra griega equivalente. Por ejemplo, la variable Beta, se mostrará como β y "mu" se mostrará como μ . Si el nombre de la variable es introducido en la ventana Equations completamente en mayúsculas, y si la letra griega mayúscula es distinta del alfabeto inglés, se utilizará la mayúscula griega. Por ejemplo, el nombre de la variable Delta será mostrado en la ventana Formatted Equations como Δ . La mayúscula Beta de parece a la B, así que EES mostrará la minúscula equivalente β .

Las ecuaciones formateadas son representadas internamente como número o imágenes de Windows MetaFile_Pict. Se pueden copiar una o más imágenes de ecuaciones desde esta ventana hasta otra aplicación (como un procesador de textos), pulsando el botón de la izquierda del ratón sobre la ecuación y seleccionando Copy del menú Edit. Las ecuaciones seleccionadas serán mostradas en "vídeo inverso". Mantener presionada la tecla Shift para seleccionar ecuaciones múltiples.

El texto en Formatted Equations puede no ser editado. De cualquier modo, presionando el botón derecho del ratón sobre una ecuación en la ventana "Formatted Equations", se traerá la ventana "Equations" al frente de la pantalla con aquella ecuación seleccionada donde pueda ser editada.

Solution Window (Ventana Solución)

La ventana "Solution" aparece automáticamente en el frente de todas las ventanas después de que los cálculos, iniciados con los comandos "Solve" or "Min/Max" en el menú "Calculate" estén completos. Las variables y unidades de todas las variables que aparecen en la ventana Equations serán mostradas en orden alfabético utilizando tantas columnas como quepan en la ventana.

El formato y unidades de las variables pueden ser cambiados utilizando el comando "Variables Info" en el menú "Options", o simplemente presionando en la variable dentro de la ventana Solution que hace subir la siguiente Formatted Equations

Dibujo

El formato numérico (dígitos y estilo) y las unidades de la variable pueden seleccionarse en esta Formatted Equations La variable también puede ser destacada (con subrayado, negrita, colores de fondo (BG) o de frente (FG) u ocultada de la ventana "Solution". Si la variable es ocultada, puede visualizarse otra vez con los controles "Display" en la "ventana de diálogo" "Variable Info".

A continuación, sigue la información perteneciente al funcionamiento de la ventana "Solution".

1. Sólo puede accederse a la ventana "Solution" cuando los cálculos estén terminados.
2. El ajuste (asignación) de unidades realizado con el comando "Unit System" del menú "Options" será visualizado en la parte superior de la ventana "Solution" si son utilizadas cualquiera de las propiedades termofísicas programadas o cualquier función trigonométrica.
3. La ventana "Solution" será normalmente despejada y escondida si se hace cualquier cambio en la ventana "Equations". De todas las formas, hay una opción en el diálogo "Preferences" del menú "Options" que permite que quede visible la ventana "Solution".
4. El número de columnas mostrado en pantalla puede ser alterado haciendo más grande o más pequeña la ventana.
5. Si EES es capaz de resolver el grupo de ecuaciones haciendo y termina con un error, el nombre de la ventana "Solution" puede cambiarse a "Last Iteration Values" y se visualizarán los valores de las variables de la última repetición ("iteration").

6. Los contenidos de la ventana Solution no pueden cambiarse por el usuario. De cualquier modo, puede copiarse la ventana completa al "Portapapeles" utilizando el comando "Copy" en el menú "Edit". La solución puede pegarse desde el "Portapapeles" a cualquiera aplicación o dentro de la ventana "EES Equations".

7. Si elegimos la opción de Símbolos Griegos y Subíndices de la Tabla General Display del diálogo "Preferences", EES visualizará subíndices y superíndices de unidades de variables. Por ejemplo, m^2 podría aparecer con el superíndice 2. Un carácter de subrayado se utiliza para indicar un subíndice como L_b .

Arrays Windows (Ventana de matrices, tablas).

EES permite el uso de variables tabulares (de orden). Estas variables aparecen con el índice de orden entre corchetes Ejemplo: X[5] y Y[6,2]. En la mayor parte de los casos, las variables de orden son como variables comunes. Cada variable de orden tiene su propio valor aproximado, límites superiores e inferiores y formato mostrado. De cualquier forma, operaciones simples de aritmética son apoyadas por índices de variables de orden pueden ser más convenientes en algunos problemas como se discute en el Capítulo 7.

El valor de todas las variables, incluyendo las de orden, son exhibidas normalmente en la ventana Solution después de terminados los cálculos. De cualquier modo, las variables de orden pueden visualizarse en una ventana separada "Arrays" en lugar de en la ventana "Solution". Esta opción se controla con el Place array variables en la ventana "Arrays" dentro del diálogo "Preferences" (Options). Si se selecciona esta opción, aparecerá la ventana "Arrays" (como la mostrada a continuación) una vez que se hayan completado los cálculos, mostrando todas las variables de orden del problema, en orden alfabético con el valor del índice de orden, en la primera columna.

Tabla

Los valores de la ventana "Arrays" pueden trazarse utilizando el comando "New Plot Window" del menú "Plot". Pueden copiarse una parte o todos los datos de la ventana "Arrays" a otra aplicación, seleccionando el rango de la celda de interés seguidas por el uso del comando "Copy" dentro del menú "Edit".

Puede cambiarse el formato de valores en cualquier columna de la ventana "Arrays" presionando el botón izquierdo del ratón sobre el nombre de variable de la parte superior de la columna.

La ventana de diálogo siguiente se mostrará de forma que las unidades, formato visualizado y posición de columnas puede cambiarse. Tener en cuenta que puede introducirse un número en el campo numérico de la columna o utilizar las flechas superior/inferior para cambiar su valor. Si el valor introducido es mayor que el número de columnas de la tabla, la columna se posicionará a la derecha de la tabla.

Tabla

RESIDUALS WINDOW

La ventana "Residuals" indica el bloque de ecuaciones y el orden de cálculo utilizado por EES, además de los valores relativos y absolutos residuales. El residual absoluto de una ecuación es la diferencia entre los valores de los miembros de la izquierda y de la derecha de la ecuación.

El residual relativo es la magnitud resultante del residual absoluto dividido entre el valor de la parte izquierda de la ecuación¹.

Los residuales relativos son supervisados durante los cálculos repetidos para determinar cuándo las ecuaciones han sido resueltas con la exactitud especificada con el comando "Stopping Criteria" del menú "Options".

Considerar, por ejemplo, el siguiente sistema de seis ecuaciones y seis incógnitas.

Tabla

EES reconocerá que esas seis ecuaciones pueden "bloquearse", es decir, dividirse en dos o más sistemas, como se describe con más detalle en el Apéndice B. La información en bloques se visualiza en la ventana "Residuals".

Tabla

Las variables poseedoras de valores que pueden determinarse directamente (por ejemplo, encontrando los valores a partir de otras variables), como ocurre con en el ejemplo superior, se determinan primero se asignan al Block 0².

¹ Si el valor de la parte izquierda de una ecuación es cero, los residuales absolutos y relativos toman el mismo valor.

² Las variables especificadas en la ventana Diagram son identificadas con una D antes que un bloque numérico. Ver la sección Diagram Window.

(Hay sólo una ecuación en el Block 0 en este ejemplo, pero si hubiera otros, el orden en el que se resuelven estas ecuaciones individuales, podría ser indicado por el orden de aparición en la ventana "Residuals").

Después de resolver todas las ecuaciones del Block 0, EES resolverá simultáneamente las ecuaciones del Block 1, Block 2, y así hasta que estén resueltas todas las ecuaciones. La primera y tercera ecuación pueden ser resueltas independientemente de otras ecuaciones para determinar X e Y, y en consecuencia situarlas en Block 1. De forma similar, la 2ª y 4ª ecuaciones que determinan A y B son situadas en el Block 2.

Con X, Y, A y B ahora conocidos, puede determinarse Z, para poder aparecer en Block 3.

La ventana "Residuals" normalmente se encuentra oculta cuando se hace cualquier cambio dentro de la ventana Equations. Esto puede desactivarse automáticamente con el comando "Display Options" del menú "Options".

PARAMETRIC TABLE WINDOW.-

Tabla

La ventana "Parametric Table" contiene la Tabla Paramétrica que opera como una hoja de cálculo. Los valores numéricos pueden introducirse dentro de cualquiera de las celdas.

Los valores introducidos, por ejemplo: los valores de la columna P2 de la tabla superior, se toman como variables independientes y se visualizan como hayamos elegido con el comando "Preferences" (menú "Options"). Introducir un valor en la Tabla Paramétrica produce el mismo efecto que fijar esa variable al valor con una ecuación de la ventana "Equations".

Las variables dependientes serán determinadas y visualizadas dentro de la tabla en azul, negrita o cursiva (dependiendo de la elección realizada con el comando "Preferences") cuando se seleccionan los comandos "Solve Table" o "Min/Max Table".

1. Una tabla se genera utilizando el comando "New Parametric Table" del menú "Tables". Las variables que van a aparecer en la tabla se seleccionan de una lista de variables que aparecen frecuentemente en la ventana "Equations".
2. Cada fila de "Parametric Table" es un cálculo separado. El número de filas se selecciona cuando se genera la tabla, pero puede alterarse utilizando el comando "Insert/Delete Runs" del menú "Tables".
3. Las variables pueden ser añadidas o suprimidas de una Tabla Paramétrica existente utilizando el comando "Insert/Delete Runs" del menú "Tables".
4. El orden inicial en el que aparecen las columnas dentro de la Tabla Paramétrica se determina por el orden en el que son seleccionadas las variables en el "diálogo" "New Parametric Table".

Para cambiar el número de columnas, presionar el botón de la izquierda del ratón en la celda de encabezamiento de columna (no en el control de alteración de valores del extremo superior derecho). Aparecerá una "ventana de diálogo" como la mostrada a continuación, en la que puede introducirse un número nuevo de columna. El formato exhibido y las unidades pueden ser introducidos o cambiados en este punto.

(Tabla)

5. Los valores pueden ser introducidos automáticamente dentro de la tabla paramétrica utilizando el comando "Alter Values" del menú "Tables". Alternativamente, presionando el ratón sobre el control del extremo superior derecho del encabezamiento de la celda de columna, traerá la "ventana de diálogo" mostrada en la parte inferior que proporciona la misma entrada automáticamente.

(Tabla)

6. Una fila Suma que muestra la suma de valores en cada columna puede ocultarse o hacerse visible utilizando el control "Include a Sum row in the Parametric Table" proporcionado en la ventana de diálogo "Preferences" (Options tab) del menú "Options".
7. Una tabla paramétrica se utiliza para resolver ecuaciones diferenciales o integrales. Ver el capítulo 7 para más información.
8. La función "Table Value" retorna el valor de una celda de la tabla a una columna o fila específica.
9. Las variables independientes de una Tabla Paramétrica pueden diferir de una fila a la siguiente. De cualquier modo, cuando las variables independientes son las mismas en todas las filas, EES no tiene que recalcular el Jacobiano y la información del factor bloqueo y puede hacer así los cálculos más rápidamente.

10. Los datos tabuladores pueden ser importados o exportados de la Tabla Paramétrica vía "Portapapeles" utilizando los comandos "Copy", "Paste " del menú "Edit".

Para copiar datos de cualquiera de las tablas EES, presionar con el ratón sobre la celda del extremo superior izquierdo. Mantener la tecla Shift presionada y presionar sobre el extremo inferior derecho utilizando los cursores si fuera necesario. Las celdas seleccionadas pueden ser mostradas en vídeo inverso.

Cuando se lleve a cabo la tecla Shift (inversa) la celda superior izquierda que tiene el foco (enfocado) vuelve a su forma normal. De cualquier forma, incluso si no fuera mostrado en vídeo inverso, la celda superior izquierda es seleccionada y puede ser localizada sobre el "Portapapeles" con otras celdas cuando es emitido el comando "Copy". Utilizar el comando "Select All" en el menú "Edit" para seleccionar todas las celdas de la tabla.

Los datos son situados en el "Portapapeles" con una tabulación entre cada número y el retorno del final de cada fila.

Con este formato, la tabla de datos puede pegarse directamente dentro de una aplicación de hoja de cálculo.

(Tabla)

LOOKUP TABLE WINDOW (Ventana de tabla de búsqueda)

Lookup Table proporciona medios de utilizar la información tabular en la solución de las ecuaciones. Este tipo de tabla se crea utilizando el comando "New Lookup Table" del menú "Table". El número de filas y columnas de la tabla se especifican cuando se crea la tabla, pero puede cambiarse con los comandos "Insert/Delete Rows" o "Insert/Delete Cols" del menú "Tables". Una "Lookup Table" puede ser guardada en un disco (separadamente del archivo EES) utilizando el comando "Save Lookup" del menú "Tables". La extensión de archivo .LKT se utiliza para designar los archivos "EES Lookup". Entonces se puede tener acceso desde otros programas EES hasta la "Lookup Table"

Las funciones "Lookup", "LookupCol" y "LookupRow" permiten a los datos de Lookup Table ser interpolados linealmente (hacia delante y hacia atrás) y en la solución de las ecuaciones. Lookup Table puede estar en la ventana Lookup Table o en el archivo guardado previamente "Lookup File" con la extensión de fichero .LKT, como se describe con más detalle en el capítulo 4.

(Tabla)

Una muestra de Lookup Table se muestra en la parte superior. El número de columnas es presentado en pequeño en la parte superior izquierda de la celda de encabezamiento de cada columna. Este número es necesario para utilizarse con las funciones "Lookup". De cualquier forma, también aceptarán #Column Name en lugar del número de columna donde ColumName es el nombre de la columna mostrada en el encabezamiento de la columna. Los nombres de las columnas son inicialmente Column1, Column2, etc., pero pueden ser combinadas pulsando el botón izquierdo del ratón en la celda de cabecera la cual trasladará la próxima ventana de diálogo.

Tabla

El título de columna puede cambiarse y las unidades de los valores se pueden especificar. Los controles "Format" permiten aparecer en el formato correcto a los datos de cada columna. También puede cambiarse la posición de columna.

Los datos pueden ser traídos o llevados de "Lookup Table" a través del "Portapapeles" de la misma manera que se describen en "Parametric Table". Los datos pueden introducirse automáticamente en "Lookup Table" presionando en el control de la parte superior derecha de la celda de encabezamiento de la columna, como se describe en "Parametric Table". Los datos pueden intercambiarse entre las ventanas "Parametric Table" y "Lookup Table". En particular, columnas de datos de "Parametric Table" pueden almacenarse en "Lookup Table" para que puedan ser trazados o reutilizados más tarde.

Una base de la memoria de "Lookup Table" puede ser suprimida si se desea, con la opción "Delete Lookup" del menú "Options". Los ficheros de "Lookup Table" guardados con la extensión .LKT no pueden anularse desde dentro de EES.

DIAGRAM WINDOW

"Diagram Window" puede utilizarse de 2 formas. La primera, proporciona un lugar para mostrar un diagrama (o texto) relativo al problema que esté resolviéndose. Por ejemplo, un diagrama esquemático que identifica las localizaciones de los diferentes estados pueden mostrarse en Diagram Window para ayudar a interpretar las ecuaciones de la ventana "Equations". Segundo, "Diagram Window" puede utilizarse para entrada y salida de información o para generar informes.

El diagrama mostrado abajo es un ejemplo de ello:

Diagrama

El diagrama por si mismo no se dibuja en EES, pero puede hacerse en cualquier programa de dibujo como Microsoft Draw (incluido e Word para Windows), Corel Draws, Designer o Power Point. Se copia el dibujo y se pega en Diagram Window. El diagrama puede guardarse con el resto de la información del problema.

El diagrama puede resituarse en Diagram Window presionando y sosteniendo el botón izquierdo del ratón dentro del rectángulo del diagrama mientras trasladamos el diagrama a su nueva localización. Cualquier texto que se encuentre en el diagrama puede ser trasladado con él.

El diagrama y todo el texto que esté asociado a él puede encajarse dentro de Diagram Window presionando dos veces el botón de la izquierda del ratón (o presionando el botón derecho) en cualquier sitio dentro de Diagram Window, a excepción del texto. El diagrama puede hacerse mayor o menor, cambiando primero el tamaño de Diagram Window y entonces presionando dos veces para cambiar el tamaño del diagrama en sí.

El comando "Add Diagram Text" del menú "Options" permite situar el texto en cualquier sitio dentro de "Diagram Window".

Pueden seleccionarse tres tipos de texto mediante los botones de la parte superior izquierda de la ventana de diagrama. Seleccionando el botón de texto puede hacer que la ventana aparezca como se muestra a continuación, en la que el texto y las características son especificadas.

El texto aparece inicialmente por defecto en una posición dentro de "Diagram Window" donde el diálogo es despedido. Puede arrastrarse a una nueva posición presionando y sosteniendo el botón izquierdo del ratón mientras deslizamos el texto al lugar deseado. El texto o cualquiera de sus características pueden cambiarse más tarde presionando dos veces el botón izquierdo del ratón (o presionando en el botón derecho) mientras posicionamos el cursor alrededor del texto.

Dibujo

Presionando los botones "Input" u "Output" se cambia la ventana de diálogo desplegada por una lista de variables definidas frecuentes, en la caja de adición del texto, tal como se muestra. Seleccionar la variable presionando sobre su nombre en la lista. Los valores de variables Input y Output son visualizados en el diagrama con la opción de mostrar también el nombre de la cadena de unidades de la variable. Una variable Output presenta el valor de la variable seleccionada calculada durante los cálculos previos. Una variable Input puede ser visualizada con el valor encerrado en un rectángulo. Este valor puede ser editado y proporciona la misma función que una ecuación dentro de Equations Window en la que se fija la variable al valor.

Cuando cualquiera de los comandos "Solve" o "Min/Max" son utilizados (menú "Calculate", EES primero examina Diagram Window para ver cuales son las variables, y si hay alguna, son fijadas. Un valor fijado en Diagram Window, no puede fijarse también en "Equations Windows".

Después de terminar los cálculos, los valores recientemente calculados de variables Output pueden visualizarse en Diagram Window.

Los valores Output aparecerán como ***** si el valor no está definido actualmente.

Diagrama

Se ignora la entrada de Diagram Window para los cálculos referentes a Parametric Table (por ejemplo, los comandos "Solve Table" o "Min/Max Table") o si Diagram Window está cerrada.

Utilizar el comando "Clear" del menú "Edit" para suprimir un diagrama y texto correspondiente ya existente.

PLOT WINDOW (Ventana de parcela)

Las variables que aparecen en "Parametric, Lookup o Array Tables" pueden trazarse con los comandos "New Plot Window" o "Overlay Pot" del menú "Plot". Además, pueden generarse estructuras de propiedades termodinámicas utilizando el comando "Property Plot". Pueden construirse más de cinco ventanas de parcela, y cada tener un número de parcelas superpuestas. Existen varias opciones "plotting" como elegir tipo de línea y tipo de símbolo de trazado, escala lineal o logarítmica, ajuste, frecuencia y control de cuadrícula. Estas opciones pueden fijarse inicialmente cuando se dibuja por primera vez la parcela o más tarde utilizando los controles Plot Window descritas abajo o los comandos "Modify Plot" y "Modify Axes" del menú "Plot".

Puede cambiarse el aspecto de la parcela de varias maneras utilizando los comandos del menú de parcelas (plot) y los controles de la ventana Plot, que son los que se describen a continuación:

1. **Moving the Plot** (Trasladando la parcela)

La parcela completa, incluyendo los ejes de escalas y todos los símbolos de texto, pueden trasladarse hasta una situación diferente dentro de la ventana "Plot", manteniendo presionado el botón del ratón en cualquier localización dentro del rectángulo de la parcela (pero no sobre un texto), mientras deslizamos el ratón hasta la nueva posición. El contorno de parcela se trasladará con el cursor y la parcela se trasladará hasta su nueva localización cuando el botón se suelte.

2. **Moving Text** (Trasladando el texto)

Los caracteres de texto, como los títulos de los ejes y cualquier texto adicional añadido con el comando "Add Text" del menú "Plot" puede trasladarse a cualquier localización dentro de "Plot Window" presionando y manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón mientras se sitúa el cursor sobre el carácter del texto y se arrastra hasta su nueva localización. Se proporciona una opción "snap-to-grid" en "Plot Window tab" del diálogo "Preferences". Cuando es seleccionada esta opción, carácter de texto se salta hasta la posición más próxima con los aumentos específicos horizontales y verticales.

3. **Moving Lines and Arrays** (Trasladando líneas y matrices)

Puede colocarse líneas y flechas dentro de la parcela utilizando el comando "Add Line" dentro del menú "Plot". La elección de la punta de flecha se hace presionando dos veces sobre la línea que traerá un a pequeña ventana de diálogo. Seleccionar el tipo deseado de punta de flecha presionando sobre el control adecuado. La línea puede rodearse o trasladarse a su nueva localización. Para rotar la línea, presionar el botón izquierdo del ratón y sostener, mientras se posiciona el cursor sobre el extremo de la línea. La línea girará para seguir el movimiento del cursor. Soltar el botón del ratón cuando la línea esté posicionada correctamente. Para trasladar la línea hasta una nueva posición, presionar el botón izquierdo del ratón y mantener presionado mientras el cursor está alrededor del centro de la línea; entonces arrastrar la línea hasta su nueva posición y soltar el botón del ratón.

(Tabla)

4. Resizing The Plot (Redimensionar la parcela)

El tamaño o proporción puede cambiarse fácilmente, presionando y sosteniendo el botón de la izquierda del ratón con el cursor en la esquina inferior derecha del rectángulo de la parcela. El cursor cambiará de una flecha a un indicador de reestructuración (como se muestra debajo), cuando pasa por el control de reclasificación. El tamaño de parcela puede cambiar si arrastras la esquina inferior derecha hasta una nueva posición. Cuando la parcela es reclasificada, el tamaño y posiciones de todos los caracteres de textos y líneas han sido cambiadas proporcionalmente.

Gráfico

5. Changing Text Characteristics. (Cambiando las características del texto)

Las características (Por ejemplo: fuente, tamaño, estilo, color, orientación) de cada signo del texto puede cambiarse individualmente presionando dos veces sobre el botón izquierdo del ratón mientras el cursor se posiciona dentro del rectángulo de texto. La ventana de diálogo "Format Text Item" mostrada abajo, aparecerá presentando el texto y sus características actuales. El texto puede editarse en el campo de edición de textos. Subíndices, superíndices, o características del subrayado pueden introducirse como se describe a continuación.

Primero, seleccionar el texto que va a ser cambiado dentro del cajetín de texto (text-box). Entonces presionar sobre X_Y (subíndice), X^Y (superíndice), Σ (griego), o N(normal) con el botón de velocidad.

Los caracteres de control se añadirán al texto en el campo de edición. El texto será mostrado como aparece en el recuadro del Cajetín superior de la ventana.

EES permite que cualquier signo de texto horizontal sea asociado con un símbolo de parcela para facilitar la construcción de una leyenda. Presionando en el cajetín "Legend Symbol" se producirá un goteo de la lista que contiene un descriptor de cada parcela. Si se selecciona una parcela, el tipo de línea y símbolo utilizado para esa parcela será exhibido a la izquierda del signo de texto y se trasladará cuando el signo del texto sea trasladado.

Gráfico

6. Modifying The Axis Information (Modificando la información de los ejes)

La escala del eje y su apariencia puede ser cambiado presionando dos veces el botón izquierdo del ratón sobre las escalas de ejes de abscisas u ordenadas o seleccionando "Modify Axes" dentro del menú "Plot". Cualquier acción traerá la ventana de diálogo "Modify Axes".

El eje en el que se ha hecho el cambio se indica por los controles superiores de la izquierda. El mínimo, máximo y campos de intervalo son los actuales valores iniciales para tal eje. Estos pueden cambiarse y la parcela puede recalcularse y dibujarse otra vez.

Los números de la escala se sitúan en la posición de cada intervalo, seleccionar la línea Zero produce una línea vertical (eje Y) u horizontal (eje X) que serán dibujadas para el valor de cero. El "No.Ticks/Division" es el número menor de instantes (señales) por ejemplo, el número de señales marcadas entre cada intervalo. Si se selecciona el control "Show Scale" (como se muestra a continuación), se visualizarán los números de escala. Las características de estos números son controladas por los campos de fijación, de la parte derecha de la ventana de diálogo.

(tabla)

7. Modifying the Plot Information (Modificando la información de la parcela)

El tipo de línea, color, símbolo de parcela (o tipo de barra para barras de parcelas), y otra información relativa a cada parcela puede verse o modificarse presionando dos veces sobre el botón izquierdo del ratón en cualquier lugar dentro del rectángulo de parcela (no sobre un signo de texto o línea). La ventana que aparecerá será como la mostrada debajo. Esta ventana también puede aparecer con el menú "Modify Plot" del menú "Plot". Todas las parcelas actuales serán listadas en el rectángulo en la parte superior izquierda en el orden en que hayan sido construidas. Una (R) a la derecha del nombre de la parcela indica que la parcela utiliza la parte derecha del eje Y. Seleccionar la parcela presionando sobre su nombre en esta lista.

(ventana)

Si se selecciona el control "Spline fit", puede provocar que EES parece la línea utilizando "Cubic Splines" para producir una suave curva a través de los datos. El control "Automatic Update" instala un eslabón directo entre la parcela y los datos de la Tabla Paramétrica. La parcela se volverá a dibujar automáticamente si se hace cualquier cambio en los datos de la Tabla Paramétrica.

Debug Window (Ventana diagnóstico)

Debug Window es una herramienta de diagnóstico que puede ser útil en la localización de errores en tus ecuaciones. Cada vez que se hace un intento para resolver un sistema de ecuaciones en el cual el número de ecuaciones es distinto al de variables, un cajetín de mensaje aparecerá como el mostrado a continuación:

Dibujo

Presionando el botón Yes traerá la "Debug Window" que aparecerá como sigue:

Dibujo

Esta ventana lista simplemente las variables que aparecerán solo en la ventana Equations en orden alfabético. A menudo, estas variables son deletreadas mal o no se integrarán propiamente con otras variables en tu análisis.

Por ejemplo, la variable m22 en la ventana superior querrá decir m2. La "Debug Window" lista la variable y la línea que aparece en la ventana "Equations". Presionando sobre el nombre de la variable en Debug Window traerá la ventana "Equations" al frente con el cursor posicionado sobre la línea que contiene esta variable.

CAPÍTULO 3

MENU COMMANDS.-

The File Menu.-

(dibujo)

La orden *Open* te permite acceder y continuar trabajando en cualquier archivo guardado previamente con los comandos "Save" o "Save as".

(gráfico)

La ventana de diálogo aparecerá como se muestra arriba. El directorio presente se indica en el campo Directorio y los ficheros EES existentes en ese directorio se muestran en la lista de la izquierda. Para seleccionar un fichero, presionar sobre el mismo en la lista o introducir el nombre en "*File Name*".

Puedes abrir ficheros en otro directorio introduciendo el nombre del directorio en "*File Name*": investigar el campo, o presionando con el ratón sobre los directorios que aparecen en la lista de directorios.

Presionando sobre la lista continua que aparece en "*Drivers*" se despliegan las designaciones disponibles. Pulsar sobre el nombre que queremos seleccionar.

Elegir el botón OK para seleccionar el fichero o directorio visualizado en el campo "*Filename*".

EES puede leer 4 tipos de ficheros identificados como **EES file**, **Import file**, **Text file** y **Library File**.

El formato se selecciona sobre la lista continua que aparece en la izquierda de la ventana. Lo normal es que aparezcan los ficheros EES con la extensión. EES

Import File con la extensión. XPT son los ficheros guardados con la opción "*Export*" desde un sistema operativo diferente, como Macintosh.

Text File con la extensión. TXT contiene texto ASCII que se lee dentro de la ventana "*Equations*"

Library File son archivos ESS que contienen una o más funciones o procedimientos que pueden cargarse automáticamente en arranque, como se describe en el capítulo 5.

New inicia una nueva versión de trabajo. Se aclaran todas las variables y ecuaciones. Si existe una definición del problema sin guardar, te preguntará si primero deseas guardar la información presente del problema.

Merge permite guardar previamente las ecuaciones en un fichero para unirlo con los contenidos existentes de la ventana Equations en la posición del cursor. La ventana *Merge* opera de la misma forma que el comando Open. Las ecuaciones también pueden introducirse desde un fichero de texto utilizando el directorio \$INCLUDE. Las funciones de ESS y sus procedimientos pueden introducirse utilizando el comando "

Save guarda la definición de tu problema con el mismo nombre de fichero (el que aparece después de *Save* en el menú File y en la barra del título en la ventana Equations) con el que fue guardado la última vez. Para una nueva sesión de en la que no ha sido nombrado todavía, será avisado para sustituir el nombre del fichero, como lo hiciera con el comando **Save As**. Se guarda toda la información relativa a la definición del problema, incluidas las ecuaciones, información sobre las variables, tablas, parcelas, y tamaño y situación de las ventanas. El fichero será almacenado en el formato estándar EES por defecto, con una extensión.EES.

Si deseas llevar el fichero a una versión de EES en un sistema operativo diferente, utiliza el formato Export dentro de las operaciones disponibles en el comando *Save As*.

Save As, proporciona la misma función que el comando Save salvo que primero te avisará para sustituir el nombre del fichero dentro de la ventana *Save File*. El comando *Save As* permite guardar la definición del problema con otro nombre de fichero o en la forma en que vaya a ser exportado a otras versiones de EES en otros sistemas operativos.

Introducir el nombre del fichero elegido en su lugar. Este nombre deberá ser un nombre permitido en DOS y debe incluir la información sobre manejo y directorio. De cualquier forma, no es necesario introducir la extensión del fichero, ya que la suministrará EES automáticamente.

EES reconoce 4 tipos de ficheros. Si EES se muestra en el cajetín Type en la parte inferior izquierda, la extensión en File Name: el campo será fijado como. EES y los ficheros que tengan la extensión serán mostrados en la lista de nombres de ficheros.

Export File suministrará la extensión .XPT y guardará el fichero en el formato genérico ASCII que puede ser transferido a otro sistema operativo como Macintosh.

El tipo *Text File* suministrará la extensión.TXT y guardará sólo el texto en la ventana Equations dentro de un fichero ASCII.

El tipo Library File cambiará la extensión a .LIB. Cada vez que EES comienza, abre todos los ficheros .LIB del subdirectorio USERLIB\ y automáticamente carga las funciones y procedimientos en estos ficheros. Library File es una de las características más utilizadas de EES porque el usuario puede desarrollar funciones especiales. Para ver más información, ver capítulo 5.

(dibujo)

Print imprimirá una o todas las ventanas EES en la impresora o a un fichero del disco. Cada ventana tiene una pequeña "check-box" que precede su nombre. Si la "check-box" se ensombrece (como en la ventana de diálogo de la ventana "Print" mostrada a continuación), la ventana no está disponible para imprimir. Si aparece una x en el cajetín, presionar el ratón mientras que el cursor se posiciona sobre el cajetín.

Si es seleccionado "Page Breaks" ocurrirá que se rompe forzosamente una página, a fin de que la salida impresa de cada ventana comience en una nueva página.

La salida impresa será enviada a la impresora seleccionada por defecto con la aplicación Printers dentro del grupo Windows Control Panel. Es posible dirigir la salida a un fichero mejor que a la impresora, con las opciones Connect dentro de las aplicaciones Printers. Para más información, mirar en el Manual Windows para selección de impresoras. Opciones de impresión como fuente, espacio entre líneas, formato de letra, etc. Serán fijadas en la ventana "Preferences" (Menu Options). El botón Preview dirigirá un facsímil de la salida impresa a la pantalla.

(dibujo)

Printed Setup proporciona una ventana en la que las opciones de impresión específicas pueden ser fijadas. Con este comando pueden fijarse el número de copias y la orientación del papel para la mayoría de las impresoras.

Load Library traerá la ventana abierta estándar mostrando los EES Library Files (que tienen una extensión .LIB) en el cajetín de selección de ficheros. Library Files contiene funciones para el usuario y procedimientos que funcionan igual que las funciones internas de EES descritas en el capítulo 5. Una vez cargados, estos "Library Files" quedan en la memoria hasta que EES es cerrado. Tener en cuenta que cuando comienza EES, se hace una pre-carga de todo el archivo y ficheros recopilados externamente que son encontrados en el subdirectorío USERLIB\ para el que el comando Load Library no es necesario en estos ficheros.

Load Library puede ser utilizado también para cargar funciones y procedimientos externos con extensiones de fichero como .DFL, .DLP y .FDL. Para más información ver en el capítulo 6.

Quit proporciona una forma fácil de cerrar el programa.

Los "ítems" que quedan en el menú "File" son nombres de ficheros que fueron accedidos recientemente. Seleccionando cualquiera de estos nombres se abre el fichero. Esta lista puede ser desactivada en el diálogo "*Preferences*"

The Edit Menu.-

(dibujo)

Undo restaura la ventana Equation a la condición en la que estuviera antes de la última operación de edición. Este comando está disponible sólo para la ventana Equations.

Cut anula el texto seleccionado. Este texto se pone en el Portapapeles donde puede pegarse en otra localización.

Copy funciona de una manera dependiente de la ventana principal. Copy situará el texto seleccionado de la ventana Equations del Portapapeles desde donde será restablecido con el comando *Paste*. Cuando las tablas Parametric, Lookup o Array son principales, el comando Copy copiará las celdas seleccionadas (mostradas en el vídeo inverso). Los datos copiados de la tabla son restaurados en el Portapapeles en un formato estándar en el que los números dentro de una misma fila se separan con una tabulación.

Estos datos del formato estándar pueden pegarse sobre cualquier localización de las tablas paramétricas o de busca o en otras aplicaciones. Copy trasladará una ventana Plot o los gráficos de la ventana Diagram en el Portapapeles desde donde serán pegados en otras aplicaciones. La imagen trazada será almacenada en el formato Metafilepict. Para la ventana solution, cada variable se coloca sobre una línea separada. Las tabulaciones separan los diferentes signos de cada línea de las ventanas Residuals.

Paste se activa para las ventanas Equations, Parametric, Lookup y diagram. Traslada el texto (o gráficos de la ventana Diagram) previamente colocados sobre el Portapapeles con los comandos Cut o Copy dentro de EES o en otras aplicaciones. Cuando se utiliza Paste en las ventanas Parametric o Lookup Table, los valores almacenados en el Portapapeles serán copiados en la tabla comenzando en la celda donde el cursor está localizado actualmente. Los datos pueden moverse así entre las tablas Parametric y Lookup.

Clear se lleva el texto seleccionado sin colocar una copia en el Portapapeles. También puede utilizarse para suprimir contenidos de la ventana Diagram.

Select All seleccionará todo el texto de la ventana Equations, o todas las celdas de cualquiera de las tres tablas, dependiendo de que ventana es la principal cuando se esté utilizando el comando.

The Search Menu.-

(dibujo)

Find buscará la ventana Equations para el primer caso/acontecimiento introducido en "Find What". La búsqueda no se producirá a menos que se selecciona la opción "Match case". Si la opción "Match whole word only" está seleccionada, el texto será encontrado sólo si está delimitado por espacios u operadores matemáticos.

(dibujo)

Replace buscará la ventana Equations para el primer caso dentro de "Find What": campo y resituación con el texto en "Replace what": campo. Las opciones de búsqueda están descritas para el comando "Find". El botón "Replace All" sustituirá cada acontecimiento de la búsqueda de texto con el texto reemplazado.

(dibujo)

Next encontrará el caso siguiente del texto previamente introducido con el comando Find o Replace. Las opciones de búsqueda pueden quedarse en efecto si estaban fijadas en el comando Find.

The Menu Options

(dibujo)

Variable Info: proporciona una ventana, como la mostrada, en la que el valor aproximado, límites superior e inferior, formato desplegado y unidades de todas las variables que aparecen actualmente en la ventana Equations pueden visualizarse o cambiarse. Estos datos son fijados inicialmente por valores defectuosos. Los errores, seleccionados basándose en la primera letra del nombre de la variable, pueden ser fijado con el comando **Default Info**.

(dibujo)

Utilizar la barra cursor de la parte derecha de la ventana para poder visualizar información sobre las variables. Todos los campos, que incluyan el nombre de variables, se pueden cambiar si fuera necesario. Si el nombre de la variable se cambia, EES cambiará cada acontecimiento del nombre de la variable original en las ventanas Equations y Parametric Table a su nuevo nombre.

Las palabras -infinity e infinity pueden usarse para indicar los límites inferior y superior respectivamente. El valor de las secciones Guess, Upper y Lower aceptará tanto cualquier nombre de variable como un número. Cuando se proporciona un nombre de variable, EES utiliza el valor actualmente de esa variable como el valor aproximado o límite,

EES intenta resolver las ecuaciones que tienen una incógnita antes de que aparezca este despliegue. Variables para las cuales el valor ha sido calculado previamente son identificadas con sus límites en cursiva.

El valor precalculado aparece en la columna Guess. Estos valores aproximados y límites pueden ser editados lo que hará que EES recalcule el valor.

El formato desplegado de una variable en la ventana Solutions o Table se controla mediante tres apartados en las columnas de Display. Presionar en estos apartados producirá que aparezca un inesperado menú para el estilo desplegado, número de dígitos significativos y efectos de subrayado.

Las unidades de la variable (cualquier información deseada) debe introducirse en la columna de unidades. Las unidades son utilizadas por EES sólo para propósitos de visualización en las ventanas Solution y Parametric Table. Tener en cuenta que el formato desplegado y las unidades de cada variable pueden ser cambiadas también presionando sobre la variable en la ventana Solution,

Cuando el botón OK esté presionado, todas los cambios producidos en la variable serán aceptados. El botón Update reemplaza el valor aproximado de cada variable por su valor actual, el determinado en el último cálculo. El botón Print dirigirá una copia de la información de esta tabla a la impresora seleccionada. El botón Cancel restablecerá todos los campos a la condición inicial que tenían cuando apareció por primera vez la ventana Variable Info.

Function Info: presentará la siguiente ventana

(dibujo)

Los cinco botones de la parte superior de la ventana indican la información que será proporcionada, Match functions y Thermophysical props se refieren a las funciones programadas para las relaciones matemáticas y propiedades termofísicas, respectivamente. El botón User Library proporciona una lista de las funciones y procedimientos del usuario cargados desde Library files (Ver Capítulo 5 para más información sobre Library files). Los botones Compiled Functions y Compiled Procedures se refieren a las rutinas recopiladas que pueden ser unidas a EES como se descubre en el capítulo 6. Las funciones correspondientes al botón seleccionado serán mostradas en la lista sobre funciones a la izquierda. Para seleccionar una función, presionar sobre el nombre en la lista. Presionar el botón Info para obtener más información específica relativa a la información que hayas seleccionado.

Las unidades de las funciones de propiedades termofísicas se muestran en el cajetín de lista de funciones. Estas propiedades requieren la especificación de una sustancia. Las sustancias para las cuales los datos de las propiedades son válidos se muestran en la lista de sustancias a la derecha. Presionar sobre el nombre que nos interesa para seleccionar la sustancia.

"Ideal gas" aparecerá sobre la lista de sustancias si las propiedades de la sustancia seleccionada están calculadas utilizando aproximaciones de las leyes de los gases ideales.

"Real Substances " aparecerá si son determinados estados líquidos o de vapor.

Las sustancias representadas por su fórmula química (Ej.: CO₂) son modelos de gases ideales y utilizan los valores de entropía y entalpía de las tablas JANAF. Sustancias con su nombre completo deletreado (ej.: Carbon Dioxide) son modelos de fluidos reales y no utilizan los valores de referencia de la tabla JANAF. El aire es una excepción a esta regla, se considera como un gas ideal. Las funciones psicométricas son aplicables sólo a la sustancia H₂O.

En el capítulo 4 se proporciona más información referente a todas las funciones programadas.

Un ejemplo de la función será mostrado en el rectángulo del Ejemplo de la parte inferior. Tú puedes editar esta información de la manera habitual. Si presionas sobre el botón Paste, los contenidos del Ejemplo (Ex) serán pegados dentro de la ventana Equations sobre la posición en que se halle el cursor.

Unit System proporciona una ventana mostrada en la parte de abajo, en la que las unidades de las variables utilizadas en las funciones matemáticas y termofísicas programadas deben ser fijadas. Esto se realizará en la ventana solution. El sistema de unidades sólo es necesario para las citadas funciones programadas. EES no proporciona una conversión automática de unidades. Las unidades serán combinadas para lo que queda de la sesión de trabajo si se presiona el botón OK.

Las unidades seleccionadas serán guardadas con el resto de la información sobre el problema utilizando el comando Save del menú File. Estas unidades entonces serán reestablecidas con el problema utilizando el comando Open. Si desea cambiar de forma permanente los valores por defecto, presionar el botón Store.

(Dibujo)

Stop Criteria permite la especificación de criterios que finalizarán la solución determinante de las ecuaciones.

(dibujo)

Los criterios son el número de repeticiones, el máximo relativo residual, el máximo cambio en el valor de una variable desde una repetición hasta el siguiente y el tiempo transcurrido. Todos los cálculos en EES se hacen con una extensión de 21 dígitos significativos. La pérdida de precisión no es probable que sea un problema incluso cuando valores muy pequeños son fijados para el máximo residual o cambio de variable. De cualquier modo, valores pequeños de estas cantidades incrementan el número de repeticiones requeridas para una solución y por lo tanto el cómputo del tiempo. Stopping criteria se fija como desplegado por el resto de la información del problema cuando se emite la orden Save del menú File y se restablece utilizando el comando Open. Para cambiar Stopping criteria que presenta EES al comienzo de la sesión, presionar el botón Store.

Default Info proporciona un medio para especificar los valores estimados por defecto, límites, formato desplegado y unidades de variables nuevas o ya existentes dependiendo de la primera letra del nombre de la variable. Existen 2 maneras de utilizar esta orden. Si los problemas tienden a tener la misma nomenclatura, lo mejor es fijar la información de la variable por defecto y guardarla presionando el botón Store para ser guardados de forma permanente a fin de que estos defectos aparezcan al comienzo del programa la próxima vez que se ponga en marcha EES.

La orden Default Variable Information también puede ser utilizada para cambiar selectivamente la información para las variables existentes. Por ej., si cambias las unidades de las variables que comiencen por la letra T a [k] y presionas el botón OK, todas las variables que empiecen por la letra T llenarán las nuevas unidades. No podrán hacerse otros cambios en las variables existentes. Cada nueva variable que comience por la letra T llevará también las unidades de [k]. El botón OK fija el defecto existente sólo para esta sesión de problema.

(diagrama)

Add Diagram Text proporciona una ventana de diálogo en la que el texto de tres tipos pueden situarse en Diagram Windows. Los tres tipos son textos sencillos, variables de entrada y variables de salida. Una variable de entrada proporciona en cajetín de edición (edit box) en el que puede ser introducido el valor de la variable.

Una variable de salida presenta el valor calculado más recientemente de una selección de variables EES en la ventana Diagram. Para más detalles, ver la sección Diagram Windows del capítulo 2.

Preferences proporciona cinco opciones para las elecciones del usuario que conciernen a las operaciones del programa, (program options), opciones generales (General display Options), desplegando en pantalla (screen display), desplegando en impresora (printer display) y opciones de parcela de ventana (plot Windows options). Estas operaciones se muestran y describen a continuación. Si se presiona el botón OK, las preferencias seleccionadas se quedan para el resto de la sesión de trabajo. El botón Store, guarda las preferencias de modo que están presentes al comienzo del programa la próxima vez que se ponga en funcionamiento EES.

(dibujo)

Γ Allow = in function/ procedure equations suprime el error de mensaje que ocurriría normalmente si no se utilizara el símbolo ($:=$) en EES Functions and Procedures. EES Functions and Procedures trabajan como las sentencias asignadas en FORTRAN y PASCAL, en lugar de las ecuaciones utilizadas en el cuerpo principal de los programas EES. Una sentencia asignada fija la variable identificada en la izquierda de la sentencia al valor numérico de la derecha. $X:=x+1$ es una sentencia asignada válida, pero no es una igualdad. El signo: = se utiliza para significar sentencias, pero si este control se selecciona, EES también aceptará $x=x+1$.

Γ Show Local function/ procedure value permitirá mostrar en la ventana Solution los valores más recientes de las variables en las funciones y procedimientos EES. Normalmente los valores de estas variables locales no son de interés, pero si podrían interesar conocerlas, sobre todo para propuestas de puesta a punto.

Γ Hide Solution Windows after change origina que las ventanas Solution, Arrays y Residual sean trasladadas desde la presentación o despliegue de pantalla si se hace algún cambio en la ventana Equations. Si no se selecciona esta opción y el cambio se hace en la ventana Equations, el título de la ventana Solution cambiará a Last solution.

Γ Include a Sum row in the ParametricTable será el resultado de la adición de una fila extra a la Tabla Paramétrica que muestra la suma de los valores en cada columna.

Γ Place array variables in The Arrays Windows enseñan a EES a mostrar todas las variables de orden en la ventana Arrays mejor que en la ventana Solution después de que se hayan finalizado los cálculos. Los valores de la ventana Arrays pueden trazarse y copiarse como los valores de las Tablas Paramétricas y Lookup. Para más información, ver la sección de Arrays Windows en el capítulo 2. La existencia de la ventana Arrays se destruirá si no se selecciona esta opción.

Γ Display Warning Messages permitirá desactivar los mensajes de advertencia durante los cálculos. Las advertencias son emitidas si las correlaciones de propiedades termofísicas son aplicadas fuera de su rango de aplicación.

Γ Maintain a list of recent files in the File menu permite o desactiva una lista de más de 8 archivos recientes en el fondo del menú archivo. Esta lista es una conveniencia que podrías tener normalmente. De todas formas, si EES se sitúa en un servidor en el que puedan acceder al programa muchos usuarios, es mejor desactivar esta opción.

(Dibujo)

La primera de las dos opciones situadas debajo de General Display permite que nombres de funciones (como ENTHALPY, SIN, etc.) y claves (como FUNCTION, DUPLICATE, fluid names, etc.) se muestren en mayúscula, minúscula o como se ha tecleado.

Γ Display uniform case for variables names provoca que cada variable aparezca con el orden de letra en mayúscula y en minúscula fijado en la primera aparición de la variable dentro de la ventana Equations. Si cambia la primera aparición de la variable, el comando Check/Format del menú Calculate cambiará todas las demás apariciones.

Γ Display subscripts and Greek Symbols afecta a la aparición de variables EES dentro de las ventanas Solution y Formatted Equations. Cuando se selecciona esta opción, las variables de orden serán mostradas con un índice de variable como un subíndice. Los caracteres siguientes a un subrayado en un nombre de variable también serán mostrados como un subíndice.³

³ Aunque la variable de orden, por ej. A [1], y variables que contengan un subrayado, por ej. A₁, sean mostradas como A₁ ambos en la ventana Formatted Equations, se trata de diferentes variables con características distintas. El índice de variables de orden puede utilizarse dentro de Sentencias Dobles, o con funciones de suma y producto. Además, los valores calculados de variables de orden pueden visualizarse en la ventana Arrays.

Los nombres de las variables que son parte del alfabeto griego se mostrarán en la fuente de símbolos. Si el nombre de la variable está todo en mayúsculas se utilizará un símbolo griego de la casilla superior; en cualquier otro caso se utilizará la casilla inferior.

(dibujo)

Variando "Font" y "Size" en la tabla de Screen Display cambiará la apariencia de todas las ventanas de EES excepto las de "Plot" y "Diagram" que tienen controles separados.

Γ Display equation comments in blue originará que EES muestre en azul los comentarios. Debido a la limitación de Windows 3.1 no es posible tener una barra tabuladora horizontal y los comentarios en azul. Seleccionando los comentarios en azul, se seleccionará automáticamente el modo Wrap en Windows 3.1. En Windows 95 estas opciones son independientes. Tener en cuenta que esta opción reducirá la velocidad con la que se mostrará la ventana Equations. Esta opción puede ser recomendable cuando se trabaja con ficheros extensos o con ordenadores lentos.

Γ Wrap long lines in the Equations window ocultará la barra tabuladora horizontal. Las líneas que sean demasiado largas se mostrarán dentro de la ventana Equations fraccionadas (continuando en la línea siguiente). El símbolo rojo > se mostrará en el margen izquierdo de las líneas de continuación si se selecciona el indicador Display line-break.

Γ Display line-break indicator sólo es aplicable si se selecciona la opción anterior. Esta opción controla si los caracteres de descanso aparecen en el margen izquierdo o en la línea que hay a continuación.

Γ Display calculated table values in (same font, italics, blue, bold) controla la apariencia de celdas en la tabla Paramétrica que han sido calculadas por EES. Los valores introducidos para el mismo usuario son mostrados siempre en el estilo normal en la fuente seleccionada y en tamaño.

(dibujo)

Las opciones dentro de Printer Display Tab sólo afectan a la apariencia de la salida imprimida (printed output). Printed Output puede visualizarse utilizando Printer Preview dentro del Printer.

(dibujo)

Snap to grid when moving text afecta sólo a los signos del texto en Plot Windows. Si se elige esta opción, los signos del texto saltarán de las coordenadas X e Y a los incrementos de valores mostrados en los cajetines. Cuando aceptamos esta opción, es más fácil alinear las opciones de texto utilizadas en formar una leyenda de parcela.

The Calculate Menu

(dibujo)

Check/format recopilará todas las ecuaciones y aplicará las opciones de formato seleccionadas con el comando Preferences del menú Options. Cualquier error sintáctico será indicado con un mensaje. Si no se encuentra ninguno, EES indicará el número de ecuaciones y variables en la ventana Equations.

Solve será el primero que compruebe la sintaxis de ecuaciones dentro de la ventana Equations. Si no se encuentra ningún error y el número de ecuaciones es igual al número de variables se tratará de resolver la solución del sistema. Los métodos que utiliza EES para resolver ecuaciones se describen en el Apéndice B. Una ventana de diálogo resumirá el desarrollo de la solución. Cuando los cálculos estén completos, la ventana de diálogo informará sobre el tiempo transcurrido, el número de bloques (grupos), el máximo residual (diferencia entre los miembros izquierdo y derecho de la ecuación), y el máximo cambio de valor de una variable desde la repetición nueva.

Solve Table iniciará los cálculos utilizando los valores especificados de la Tabla Paramétrica. (Ver en la descripción de las ordenes del menú Parametric en las páginas siguientes para información sobre el uso). Aparecerá la ventana siguiente:

(dibujo)

Cada fila de la tabla es un problema diferente. Los valores de las variables independientes se muestra en tipo de letra normal.

Las celdas blancas (o en negrita, azul o cursiva de la orden previa Solve Table) son variables dependientes. Los valores de estas variables serán despejados y los valores calculados recientemente se introducirán en la tabla.

Si se selecciona el control Update Guess Values, se fijarán los valores aproximados de cada ejecución previa; por otra parte, cada ejecución se iniciará con los valores aproximados especificados con el comando Variable Info.

Min/max se utiliza para hallar el máximo o el mínimo de una variable no determinada de un sistema de ecuaciones para el cual hay uno o más grados de libertad (Límite de 10).

EES primero comprobará la sintaxis de las ecuaciones en la ventana Equations. Si no se encuentran errores, aparecerá un ventana de diálogo presentando en dos listas las variables no determinadas.

(dibujo)

Presionar sobre el botón Minimice o Maximice. La variable que va a ser minimizada/maximizada se selecciona presionando sobre su nombre en la lista de la izquierda. La variable/s independiente/s cuyo valor/es será cambiado durante la búsqueda del valor óptimo en la lista de la derecha. Es necesario seleccionar tantas variables independientes como grados de libertad existentes haya en la ventana Equations. El número de variables independientes que deben seleccionarse se indican sobre la lista de la derecha. Para seleccionar la variable, presionar sobre su nombre en la lista.

Si existe un grado de libertad, EES minimizará/maximizará la variable seleccionada utilizando o una búsqueda Golden Section o el método de curva de aproximación de los mínimos cuadrados, dependiendo de la elección que hayamos hecho en la ventana (mirar el apéndice B para más información sobre la optimización de algoritmos). El método de la curva de aproximación de los mínimos cuadrados es más rápido normalmente, pero el método Golden Section es más fiable. La optimización multidimensional puede hacerse utilizando Direct Search (Búsqueda directa) o el algoritmo métrico variable (variable Metric). Este método, que utiliza derivadas numéricas, normalmente se ejecuta mucho mejor que el método Direct Search, pero puede ser confundido si el óptimo se obliga a estar en el límite.

EES requiere que los límites finitos inferior y superior se fijen para cada variable independiente. Una selección cuidadosa de los límites y valores aproximados de las variables independientes mejorarán la probabilidad de hallar un óptimo. Puedes visualizar o cambiar los límites y el valor aproximado de cada variable independiente seleccionada, presionando sobre el botón Bounds. Este te llevará hasta un versión abreviada del diálogo variable Info que sólo contiene las variables independientes seleccionadas. Ver la descripción del comando variable Info en el menú Options para más información sobre la fijación de límites.

El número máximo de veces en las que las ecuaciones se resuelven (Ej. : número de llamadas de función) pueden ser especificadas, con un tolerancia relativa.

Los cálculos se interrumpirán si:

1. El cambio relativo en las variables independientes entre dos etapas sucesivas es menor que la tolerancia especificada.
2. El número de etapas (pasos) excede al máximo especificado. EES también interrumpirá los cálculos si las ecuaciones no pueden resolverse con los valores especificados de las variables independientes dentro de la tolerancia y del número de repeticiones permitidas especificadas con el comando Stopping Criteria del menú Options.

Min/max Table proporciona la misma capacidad que el comando Min/max, excepto que los cálculos se repetirán para cada fila en la Tabla Paramétrica. (Ver la descripción de los comandos del Menú Parametric en las páginas siguientes para ver más información sobre la utilización de la Tabla Paramétrica). Aparecerá una ventana de diálogo, como en el comando Min/max, en la cual la variable que va a ser optimizada y todas las variables independientes (cuyos valores serán variables en la búsqueda del óptimo) deben aparecer en la Tabla Paramétrica. El comienzo y parada de ejecuciones en la Tabla Paramétrica para la que se harán los cálculos, han de ser especificadas. Los valores de la Tabla Paramétrica que son mostrados en tipo normal, son fijados y se tratan como si se hubiera decidido que tuvieran ese valor con una ecuación de la ventana Equations.

La variable que va a optimizarse y la/s variable/s independiente/s deben ser las mismas para cada ejecución. Si no se encuentra ningún error, el óptimo es computado y los valores de las columnas que quedan en la tabla son introducidos para cada ejecución.

Update Guesses sustituye el valor aproximado de cada variable en la ventana Equations con el valor determinado en el último cálculo. Se puede acceder a este comando una vez que los cálculos se hayan completado satisfactoriamente. Update Guesses mejora la eficiencia computacional de un cálculo EES lo que asegura que un sistema de valores aproximados está disponible para el cálculo siguiente. El botón Update de la ventana Variable Info proporciona exactamente la misma función, pero el comando Update Guesses es más accesible.

Reset Guesses sustituye el valor aproximado de cada variable en la ventana Equations con el valor aproximado por defecto para esa variable. EES asume que el valor aproximado de todos los valores es 1,0, a menos que se especifique por otra parte. Puedes cambiar los valores aproximados por defecto con el comando Default Info del menú Options. Se debería restablecer los valores aproximados sólo si aparecen dificultades y has cambiado los valores aproximados para intentar hallar la solución.

The Tables Menu

(dibujo)

New Parametric Table crea una nueva Tabla Paramétrica después de suprimir cualquier otra Tabla Paramétrica. Las Tablas Paramétricas son utilizadas por EES para automatizar cálculos repetitivos y resolver ecuaciones diferenciales. Aparecerá una ventana de diálogo en la que se debe introducir la información para crear la tabla, como en este ejemplo.

(dibujo)

El número de ejecuciones, correspondientes a las filas de la tabla, se introduce en el campo de la parte superior. Todas las variables (dependientes o independientes) que van a aparecer en la tabla, son seleccionadas de la lista alfabética de variables a la izquierda. Pueden seleccionarse multitud de nombres. Presionar el botón Add para ir pasando los nombres subrayados que serán los que puedan seleccionarse. (Se añade automáticamente una variable a la lista de la derecha si se presionan dos veces con el ratón sobre su nombre en la lista de la izquierda). Las variables de la lista de la derecha aparecerán en las columnas de la tabla en el mismo orden en que aparezcan en la lista. Una variable puede trasladarse desde la tabla, presionando su nombre en la lista de la derecha y a continuación haciendo sobre el botón Remove, o presionando dos veces sobre el nombre de la variable. Pulsando el botón OK se creará la Tabla Paramétrica, sobreescribiendo cualquier tabla existente.

La Tabla Paramétrica trabaja de la misma forma que un hoja de cálculo. Los valores numéricos pueden introducirse en cualquiera de las celdas. Los valores introducidos son asumidos como variables independientes y se muestran en tipo normal. Introducir un valor en la tabla produce el mismo efecto que fijar ese valor a la variable dentro de la ventana Equations. Las variables dependientes serán determinadas e introducidas en la tabla en azul, negrita o cursiva (dependiendo de la elección hecha en Preferences) cuando se emiten las órdenes Solve Table o Min/max Table. Si se fija una variable en la tabla, puede que no se fije en la ventana Equations; por otra parte, el problema será especificado. Cada fila de la tabla en un cálculo separado. Las variables independientes, pueden diferir de una fila a la siguiente. De cualquier manera, para cada fila el número de variables independientes más el número de ecuaciones deben ser igual al número de variables del problema.

Alter Values proporciona una forma automática de introducir o despejar los valores de un variable para múltiples ejecuciones. Existen otras dos formas de cambiar los datos en la tabla Paramétrica. Presionando sobre el control en la parte superior derecha de cada encabezamiento de columna, presentará una ventana que opera igual que la ventana After Values mostrada abajo. También se pueden escribir los valores directamente en la Tabla Paramétrica.

(dibujo)

Las ejecuciones (Ej. filas) afectadas se especifican en la parte superior izquierda de la ventana. La variable sobre la que se harán los cambios, se selecciona de la lista presionando sobre su nombre. La columna, en la que está la variable, se despejará si se selecciona el control Clear Values. Si se selecciona Set Values, los valores de la variable seleccionada serán introducidos automáticamente en la tabla comenzando por el valor fijado en First Value. El cajetín de la lista debajo de First Value controla la forma en la que son generados los sucesivos valores en la tabla. Las opciones son Last Value, Increment y Multiplier. El valor resultante de Increment o Multiplier es determinado en la tabla por adición o multiplicando respectivamente. Si se selecciona Last Value (como se muestra), el incremento será seleccionado como la última ejecución con valor especificado.

El botón Apply cambiará la Tabla Paramétrica como se ha señalado, pero el control quedará en la ventana Alter Table Values para que puedan hacerse cambios adicionales. El botón OK acepta y finaliza todos los cambios hechos en la Tabla Paramétrica.

Los valores numéricos introducidos en la tabla directamente o a través del comando Alter Values, identifica variables independientes en el sistema de ecuaciones; son mostradas en tipo normal. Las variables independientes se fijan a una constante para cada ejecución, como si hubiera una ecuación en la ventana Equations fijando la variable a la constante.

Las variables dependientes son mostradas en cursiva, azul o negrita dependiendo de la elección realizada en Preferences. Estos valores se introducen automáticamente en la tabla con los comandos Solve Table y Min/Max Table. Si un valor se fija en la tabla, no debe hacerse en la ventana Equations; por otra parte, se mostraría un mensaje de error.

Insert/Delete Runs permite cambiar el número de ejecuciones dentro de la Tabla Paramétrica existente, insertando o suprimiendo una o más líneas de la tabla en la posición especificada.

(dibujo)

Insert/Delete Variables permite que las variables de una Tabla Paramétrica existente sean añadidas o trasladadas. Aparecerá la siguiente ventana:

(dibujo)

La lista de la derecha muestra las variables que aparecen en la actualidad dentro de la Tabla Paramétrica, las cuales pueden añadirse a la tabla que aparece en la lista de la izquierda. Para añadir un o más variables a la tabla, presionar con el ratón sobre el nombre/s de variable/s. Presionar el botón Add para trasladar los nombres de las variables destacadas (también se puede añadir la variable, presionando dos veces sobre el nombre de la variable). Las variables pueden anularse de la tabla seleccionándolas en la lista de la derecha y seguidamente presionando sobre el botón Remove.

Las variables aparecerán en la Tabla Paramétrica en el mismo orden que han aparecido en la lista de la derecha. El orden de la columna o una Tabla Paramétrica existente puede cambiarse presionando en la celda del encabezamiento de la columna como se describe en el Capítulo 2.

Delete Parametric Table suprimirá la Tabla Paramétrica (después de confirmar la orden) y recobrará la memoria que hubo requerido.

New Lookup crea una tabla con un número específico de filas y columnas en la que puedan introducirse datos numéricos tabulares. Si existe una Lookup Table, puede sobrescribirse cuando se complete esta orden. Los datos tabulares pueden ser interpolados automáticamente y utilizados en la solución del problema, usando las funciones Lookup, LookupRow y LookupCol, descritas en el Capítulo 4.

Sólo puede aparecer una LookTable. De cualquier modo, los datos en la ventana Lookup pueden guardarse en un Lookup File (con la extensión archivo.LKT); a este tipo de archivos se puede acceder mediante las funciones Lookup, LookupRow y LookupCol, de igual modo. Las tablas y archivos Lookup proporcionan una gran cantidad de poder a EES por permitir cualquier relación funcional entre variables que pueden representarse por información tabular que va a ser introducida y utilizada en la solución de ecuaciones.

OpenLookup leerá dentro de la ventana LookupTable y Lookup File que previamente fue almacenada con el comando Save Lookup. Los archivos Lookup son almacenados en un formato binario con una extensión .LKT. Alternativamente un texto de archivo con la extensión .TXT puede convertirse dentro de la ventana LookupTable. Si se lee un archivo .TXT, la primera línea debe de tener el número de filas y columnas de la tabla separadas por un espacio o tabulación. Las líneas siguientes del archivo deben contener los valores de cada fila en Lookup Table, separados por uno o más espacios o por una tabulación.

Save Lookup copia los datos de la ventana Lookup a Lookup File. Los archivos Lookup tienen una extensión .LKT, y pueden ser leídos más tarde con los comandos Open Lookup Table o utilizados directamente desde el disco en las funciones Lookup, LookupRow y LookupCol. La información dentro de la ventana Lookup Table, también es almacenada con información del problema cuando se accionan Save o Save As.

Insert/Delete Rows e Insert/Delete Cols permiten anular un o más filas o columnas en una determinada posición dentro de una Lookup Table existente.

(Dibujo)

Delete Lookup suprimirá la tabla Lookup existente y recuperará la memoria que ella requirió.

Linear Regression proporciona capacidad de regresión a los datos de las tablas Paramétricas, Lookup o Arrays. Tener en cuenta que el comando Curve Fit del menú Plot también proporciona capacidad de regresión pero sólo a una de las variables independientes. Con el comando Linear Regression, los datos de cualquier columna pueden regresar como función de los datos en más de 6 columnas .

La ventana de diálogo mostrada a continuación aparecerá después de haber sido elegido el comando. Seleccionar la tabla sobre la que se quiera operar de los botones en la parte superior a la derecha y las columnas inicial y final de esa tabla. Especificar la variable dependiente presionando sobre el nombre de la variable de la lista de la izquierda. Las variables independientes se seleccionan presionando sobre los nombres de la lista de la derecha. Para anular un artículo, presionar una segunda vez

(Dibujo)

La variable dependiente se representará como una función de las variables independientes. El orden del polinomio está fijado entre 0 y 6, habiendo presionado sobre las flechas hacia arriba o hacia abajo en "sprin button".

Si se selecciona el cajetín "cross-terms", entonces, los términos que envuelven el producto de las variables independientes serán incluidas en la correlación. Para cualquier información relativa a la forma en la que la ecuación es introducida, una representación de la ecuación está lista para ser desplegada en el cajetín inferior como hemos visto en el ejemplo.

Se pueden excluir algunos términos de la regresión, presionando sobre el término. Esto desplegará un cajetín sobre el término seleccionado y habilitará el botón Exclude. Presionar el botón Exclude para quitar el término considerado. Este término será representado dentro de un cajetín con un aspa roja como se muestra en el ejemplo.

Si se desea incluir más tarde un término excluido, presionar sobre él. Presionar el botón Exclude que ahora se llamará include.

Cuando se halla conseguido la forma de la ecuación que queremos ajustar, presionar el botón Fit. Si el proceso de ajuste transcurre satisfactoriamente, aparecerá la forma ajustada de la ecuación en el cajetín "display". El botón Stats será habilitado; presionando sobre éste, se proporciona una tabla que listará todos los coeficientes, sus errores estándar asociados, y otros datos estadísticos como: error del método de raíces cuadradas (rms), error de diagonales, y el valor R^2 , como se muestra a continuación. Los coeficientes que hayan sido excluidos, representados en la tabla con asteriscos. Los coeficientes pueden ser copiados al portapapeles, compulsando Copy al cajetín portapapeles.

Tras un óptimo proceso de ajuste, podrá cambiarse el botón Fit en la ventana Lineal Regression a Copy, y el botón Cancel se cambiará por Done; o el botón puede despedir la ventana.

El botón Copy será aquel que copiará primero la ecuación ajustada al portapapeles. Después, esta ecuación podrá pegarse en la ventana EES Equations o en cualquier otra aplicación que acepte el texto. Tener en cuenta, que de cualquier modo, el proceso Copy sobrescribirá cualquier otra información en el portapapeles, como los coeficientes copiados de la ventana Linear Regression Coefficients.

(dibujo)

(DIBUJO)

The Plot Menu

New Plot Window permite que cualquier variable definida en Parametric, Lookup o Array Tables sea trazada como una función de cualquier otra variable en esa tabla. Puede haber más de cinco plot window (ventanas de parcelación o trazado). Utilizar el comando Overland Plot si se desea trazar dentro de otra ventana parcelada ya existente. La información necesaria para realizar el trazado se especifica en la ventana New Plot. Toda la información proporcionada en esta ventana podrá ser cambiada más tarde utilizando los comandos Modify Axes y Modify Plot y los controles de Plot Window descritos en el capítulo 2.

(dibujo)

primeramente, seleccionar la tabla desde la que se quiera trazar utilizando los controles de la parte superior derecha de la ventana. Las tablas que no estén definidas serán exhibidas en sombreado.

Las variables que serán trazadas en los ejes "x" e "y" son seleccionados presionando sobre sus nombres en las listas de los ejes "x" e "y". EES seleccionará automáticamente los valores apropiados para el número de dígitos desplegados, los valores máximos y mínimos de los ejes, y el intervalo en el que es seleccionada la variable. Todas estas características pueden ser cambiadas.

Las dos parcelas a la derecha del Formato de palabras contienen menús que aparecen inesperadamente que controlan el formato de los números que aparecen en la escala de cada eje. F y E formatean los números con un número de notación decimal o exponencial, respectivamente. El número de la segunda parcela es el número de lugares decimales (para una notación fija) o cifras significativas (para una notación exponencial).

Las líneas sombreadas serán mostradas si se selecciona el control "Grid Lines". El número de líneas sombreadas y la escala se determinarán por el valor especificado de intervalo.

El tipo de línea, símbolo y color de la curva trazada puede seleccionarse desde sus respectivas listas. El control "Spline fit" proporciona una curva trazada a través de puntos generados.

Si se selecciona "Add Legend item", un signo de texto que tenga el nombre de la variable del eje "y" será colocado en la esquina superior izquierda de la parcela, precedida por el tipo de línea y tipo de símbolo utilizado en la trazada. El texto de la leyenda puede cambiarse, moverse o suprimirse como un signo de la ventana de trazado, como se describe en la sección Plot Window del capítulo 2.

Cuando el control "Automatic Update" se seleccione, el trazado será generado utilizando los datos existentes en la Tabla Paramétrica, en lugar de los datos que existían cuando se dibujo por primera vez con el trazado.

Overlay Plot permite el trazado de una nueva curva sobre las trazadas ya existentes. El uso de este comando es idéntico al del comando Nex Plot descrito anteriormente excepto que no despeja primero la ventana Plot. Todos los trazos superpuestos deberían compartir la misma escala de eje-x. Si la escala especificada para un trazo superpuesto difiere de otra trazada primero, se desplegará un control para seleccionar la escala existente en la parte izquierda del eje-y o una nueva escala en la derecha del eje-x. Los siguientes trazos superpuestos pueden utilizar las escalas a la izquierda o derecha del eje-y, dependiendo de la opción escogida en el control de selección de eje.

Modify Plot permitan cambiar las características de curvas existentes trazadas por manipulación de información en la ventana siguiente. También se puede invocar esta orden pulsando dos veces el botón del ratón dentro del rectángulo de trazado.

La parcela para la que se harán los cambios, se selecciona de la lista superior izquierda. Las parcelas aparecerán en esta lista en el mismo orden en el que han sido creadas. Una (R) siguiendo el descriptor de la parcela quiere decir que la parcela utiliza la parte derecha de la escala del eje-y.

El tipo de línea, símbolo y color de la curva pueden cambiarse utilizando la lista continua de la parte inferior izquierda. Las opciones "Spline fit" y "Automatic Update" pueden cambiarse. (Para consultar las descripciones de estas opciones, ver en comando New Plot Window).

(dibujo)

Se pueden cambiar el tamaño y características del borde de la parcela y la líneas de parrilla/cuadrícula utilizando los controles.

Se puede suprimir una traza de curva solamente, si utilizamos el botón Delete. También suprimirá el texto de la leyenda de la parcela. El comando Delete Plot Window anulará una ventana de parcela completa incluyendo las superpuestas.

Modify Axes permite cambiar la apariencia de los ejes de una parcela ya existente. También puede ejecutarse este comando si se pulsa dos veces con el ratón sobre la escale del eje que queremos modificar. Aparecerá una ventana de diálogo como la que se presenta a continuación. El eje sobre el que vamos a hacer los cambios lo seleccionamos con los botones de control de la parte superior izquierda. El mínimo, máximo y los intervalos de valor existentes de lo seleccionado serán mostrados. Estos valores pueden cambiarse de modo que en la parcela volverá a ser trazada la escala con los mismos valores.

El No Ticks/ Divisions es el número del menor número de señales en cada intervalo. El formato mostrado, fuente, tamaño, estilo, y color de escala numérica puede cambiarse utilizando los menús que aparecen a la derecha de la ventana de diálogo. Estos campos pueden ocultarse si no se selecciona el cajetín Show Scale, en cuyo caso la escala no será dibujada.

Presionando sobre el control de ejes se aplicarán los cambios de modo que puedan visualizarse en la ventana Plot.

Pulsando el botón OK, los cambios se harán permanentes.

El botón Cancel restablecerá la condición de parcela que existía antes de ser emitida esta orden.

(dibujo)

Add Text permite colocar una línea de texto en la ventana existente de parcela. Se asigna con la serie "New Text" y con las características del último texto asignado. Aparecerá el diálogo Format Text, mostrado a continuación, en el que el texto puede ser editado y formateado.

(dibujo)

La fuente, tamaño, estilo y color del Texto pueden ser seleccionados de la lista que aparecerá en la parte inferior. La orientación del texto puede ser horizontal o rotar 90° en sentido contrario. La última opción es la más útil en la rotulación de los ejes-y. El control Opaque despliega el texto con un fondo blanco de modo que no interfiera con el texto. Textos encuadrados colocan un borde alrededor del texto.

Las capacidades de formatos son muy extensas y se facilitan con cuatro rápidos botones para subíndices, superíndices, simbología de fuente y fuente normal. Para crear un subíndice, por ejemplo seleccionar texto y pulsar sobre el botón Subscript. El texto formateado aparecerá en la ventana de diálogo como se ha mostrado. Tener en cuenta que EES coloca caracteres dentro de la serie para generar el subíndice y otras opciones de formateado. El carácter (\) se utiliza para formateado y no puede mostrarse en el texto. Se puede introducir para cancelar una opción de formateado.

EES permite asociar cualquier signo horizontal de texto a un signo de leyenda. La lista continua Legend descubrirá cada traza existente. Si se selecciona una parcela, el tipo de línea y símbolo utilizado para ello será desplegado a la izquierda del texto y se moverá cuando lo haga el signo del texto. Si la parcela es suprimida, el signo de texto también lo será.

Todos los signos de texto pueden moverse arrastrándose con el ratón como se describe en la sección Plot Windows del Capítulo 2. Las características de cualquier signo de texto, incluyendo los rótulos de los ejes y título de parcela, pueden alterarse presionando dos veces con el ratón dentro del rectángulo del texto que traerá la ventana de diálogo Format Text.

Add Lines permite colocar una línea o fila en cualquier lugar dentro de la ventana Plot. Después de ejecutar esta orden, el cursor aparece como una cruz. Presionar y sostener el botón del ratón abajo en la posición donde quieres que comience la línea. Sostener el botón abajo mientras mueves el ratón hasta la posición final deseada y entonces soltar el botón.

Puedes mover, redimensionar o rotar la línea después de crearlo. Para moverla, presionar y sostener el botón del ratón abajo en cualquier sitio cerca del centro de la línea mientras se arrastra hasta la nueva posición. Para rotar la línea y/o cambiar su longitud, presionar y sostener hasta llevarla al final. Trasladar el final de línea hasta su nueva posición y soltar el botón del ratón.

Inicialmente una línea será creada con las características por defecto de la línea previa. Si quieres cambiar las características, presiona dos veces sobre la línea. Aparecerá una ventana de diálogo en la cual la línea y características podrán ser seleccionadas.

Delete Plot Window suprimirá los contenidos completos de Plot Window seleccionados. Utilizar el botón Delete en la ventana de diálogo Modify Plot si quieres anular sólo algunas de las parcelas superpuestas.

Property Plot crea una nueva ventana de parcela con datos de propiedades termodinámicas para una sustancia seleccionada. Una vez creada, pueden sobreponerse datos adicionales de propiedades o puntos de estado de ciclos termodinámicos en la parcela, utilizando el comando Overlay Plot. También, las características de la parcela y escalas de los ejes pueden modificarse de la manera habitual, con los comandos Modify Axes y Modify Plot.

Seleccionar la sustancia de la lista de la izquierda. El tipo de sustancia, fluido real o gas ideal, se muestra en la lista a continuación. La regla general es que la sustancia se toma como un fluido real si su nombre se escribe completo (Ej. Oxígeno) y como gas ideal, si su nombre es una fórmula química (Ej.: O_2). El aire (air) es la excepción de la regla.

Para todas las sustancias, a excepción de AIRH₂O (mezcla psicométrica de aire y agua), existen cuatro botones que permiten la especificación de sistemas de coordinación de Temperatura-entropía (T-S), Temperatura-volumen (T-V), Presión- volumen (P-V) o Presión- entalpía (P-h).

La sustancia AIRH₂O proporciona un apartado en el que se especifica la presión total.

(Dibujo)

A la derecha se encuentran los controles que permiten la especificación de cuatro isothermas o isobaras. Será superpuesta en la parcela, una línea de presión constante o Teoría constante con su valor especificado. Se proporcionan los valores indicados. Si no quieres que se muestren la isobara o isoterma, presionar sobre el cajetín que precede al valor.

Curve Fit proporciona el mejor ajuste de una curva a través de un sistema fijado de puntos correspondientes a los datos. El diálogo Curve Fit proporciona un ajuste con una sola variable independiente. El comando Linear Regression de la tabla del menú permite ajustar una variable hasta con 6 variables independientes. Aparecerá la siguiente ventana de diálogo:

Dibujo

Elegir el dato que vaya a ser ajustado de la lista de la izquierda. Tener en cuenta que los datos serán trazados de las tablas Parametric, Lookup o Arrays con los comandos New Plot o Overlay Plot. Seleccionar la forma de ajuste de la curva presionando el botón apropiado. Aparecerá una muestra de la ecuación en azul, en la parte inferior de la ventana de diálogo. Los cuatro primeros botones corresponden a las formas de ecuación más comúnmente utilizadas para las cuales los mínimos cuadrados lineales se utilizarán para determinar los coeficientes desconocidos. El botón de ecuación Enter/Edit te permite entrar cualquier forma de ecuación o editar una ecuación previamente introducida. La ecuación que introduces puede ser lineal o no lineal en los parámetros desconocidos. Puedes avisar, suministrando los valores aproximados de los límites los parámetros desconocidos.

Presionar el botón Fit (o presionar la tecla Enter). Se mostrará la ecuación ajustada en el cajetín de la parte inferior de la ventana de diálogo. Aparecerá el botón Stats; presionándolo, se mostrará la siguiente información estadística relativa al ajuste de la curva.

Dibujo

Std. Error es el error estándar de los valores paramétricos de la curva ajustada; rms (root mean square) es el error de la raíz cuadrada de ajuste; bias es el error diagonal.

R^2 es la relación de la suma de cuadrados acerca del significado de los datos.

El botón Fit se habrá cambiado ahora a botón Plot. Presionar este botón si deseas tener la curva ajustada sobreimpresa en tu parcela. Si se selecciona el cajetín Plot Legend, será creado una leyenda que contiene la ecuación y desplegada sobre la parcela. La ecuación de ajuste de la curva será copiada en el Portapapeles si es seleccionado en el cajetín To Clipboard cuando se selecciona cualquiera de los botones Plot o Cancel.

THE WINDOWS MENU

- **Equations** provoca la activación de las ventanas en Equations windows, trasladándolas al frente del resto de las ventanas y haciéndolas visibles si estaban ocultas previamente.
- **Formatted Equations** primero verifica la sintaxis de la ecuaciones y después traslada a la ventana Formatted Equations mostrando los contenidos de Equations Window en formato matemático.
- **Solution, arrays y Residuals** originan que las ventanas Solution, Arrays y Residual sean trasladadas al frente del resto de la ventanas. Estas ventanas son normalmente visualizadas después de que los comandos Solve o Min/Max hayan sido completados. Cualquier cambio hecho a la ventana Equations trasladará estas ventanas desde la pantalla, si se selecciona Hide Solution después de Change Option en el diálogo Preferences. Si EES no es capaz de solucionar el sistema de ecuaciones y finaliza con un error, el nombre de la ventana Solution cambiará a Last Iteration Values y los valores de las variables de la última repetición serán mostrados en la ventana Solution; los residuales de la última repetición se mostrarán en la ventana Residuals.
- **Parametric Table y Lookup Table** trae las ventanas Parametric y Lookup Table respectivamente, al frente del resto de las ventanas y las activa. Las ventanas Parametric y Lookup Table pueden ocultarse eligiendo close del menú control Windows o presionando Ctrl-F4.

- **Diagram** trasladará el diagrama al frente del resto de las ventanas. Éste se introduce en EES desde un programa de dibujo. Copiar el diagrama en el programa de dibujo, encender EES y trasladar la ventana diagram al frente. Entonces, utilizar el comando Paste para pegar el diagrama dentro de la ventana.
- **Plot Window** trasladará al frente del resto de las ventanas, la ventana de parcela seleccionada. Los comandos de Plot Menú (Ej.: Modify Plot y Modify Axes), operarán sin preguntar por la designación de una ventana de parcela cuando una de las ventanas de parcela es principal. El signo del menú aparecerá sombreado si la ventana de parcela correspondiente no está definida. Los gráficos en cualquiera de estas ventanas podrán ser copiados el Portapapeles seleccionando Copy del menú Edit.
- **Tile** organiza todas las ventanas abiertas que llenan la pantalla de forma que sólo sea visible una porción de cada una.
- **Cascade** organiza las ventanas actualmente visibles de modo que sólo muestre el título.

THE HELP MENU

Dibujo

- **Help Index** activará el procesador Help que proporciona información específica sobre el uso de EES. Este procesador abrirá el índice de EES Information que lista las materias para las que es posible la ayuda. Presionando sobre el tema a tratar, se abre la ventana Help que muestra la información. También puede accederse a Help, presionando la tecla F1 que llama la atención sobre la información específica en la ventana de diálogo que sea principal. Se proporciona la mayoría de la información contenida en este manual.
- **Using Help** muestra la información proporcionada por el procesador Windows Help sobre cómo utilizar las características en el programa Help.
- **About EES** trasladará la cabecera de la ventana EES. Indica la información registrada, la versión de tu programa EES y la cantidad de memoria disponible. Esta información puede ser necesaria para cualquier correspondencia con F.Chart Software.

CAPÍTULO 4

BUILT IN FUNCTIONS (funciones programadas)

Al igual que la mayoría de los programas de resolución de ecuaciones, EES posee un archivo de funciones matemáticas programadas. La mayor parte de ellas (Ej: Hiperbólicas, funciones de error, etc.)son particularmente útiles en aplicaciones de ingeniería. La principal característica que distingue EES de otros programas de resolución de ecuaciones, es su extenso archivo de funciones programadas sobre propiedades termofísicas. Las propiedades de transporte y termodinámicas del vapor, R12, R34a, aire, amoníaco, dióxido de carbono y muchos otros, se llevan a cabo de manera tal que cualquier sistema independiente puede utilizarse para determinar las propiedades desconocidas sobrantes. EES proporciona, además, una Lookup Table que permite introducir datos tabuladores y que estos sean utilizados en la solución del sistema de ecuaciones.

Las primeras dos secciones que forman este capítulo, proporcionan información de referencia acerca de las funciones matemáticas y termofísicas programadas. La tercera sección proporciona información sobre el uso de Lookup Table. La mayoría de la información del capítulo puede obtenerse también del mismo programa utilizando el botón Info del diálogo Function Info

MATHEMATICAL FUNCTIONS.-(Funciones matemáticas)

Las funciones matemáticas programadas en EES son listadas en orden alfabético.(Las funciones que operan en Lookup Table están descritas en la sección del final de este capítulo Using The Lookup Table). Todas las funciones (excepto "pi" y TableRun#) requieren uno o más argumentos que deberán encerrarse entre paréntesis y separarse con comas. El argumento puede ser un valor numérico, un nombre de variable o una expresión algebraica que incluye valores y variables.

abs (Arg) restituye el valor absoluto del argumento.

arcCos (Arg) restituye el ángulo que posee un coseno igual al valor del argumento. Las unidades del ángulo (grados o radianes) dependerán de la elección de unidades hecho para las funciones trigonométricas con el comando UnitSystem.

arcCosh (Arg) corresponde al valor que tiene un coseno hiperbólico igual al valor del argumento.

arcSin (Arg) corresponde al ángulo que tiene un seno igual al valor del argumento. Las unidades del ángulo (grados o radianes) dependerán de la elección de unidades realizada con el comando Unit System para las funciones trigonométricas.

arcsinh (Arg) corresponde al valor que posee un seno hiperbólico e igual al valor del argumento.

arcTan (Arg) corresponde al ángulo que tiene una tangente igual al valor del argumento. Las unidades dependerán de la elección realizada con el comando Unit System para las funciones trigonométricas.

arctanh (Arg) corresponde al valor que posee una tangente hiperbólica igual al valor del argumento.

Bessel-I0(x) corresponde al valor de la función del primer tipo de orden cero Modified Bessel para el valor del argumento x donde $-3,75 \leq x < \infty$.

Bessel-I1(x) corresponde al valor de la función del primer tipo Modified Bessel de primer orden para el valor del argumento x donde $-3,75 \leq x < \infty$.

Bessel-J0(x) corresponde al valor de la función Bessel del primer tipo de orden cero para el valor del argumento x donde $-3 \leq x < \infty$.

Bessel-J1(x) corresponde al valor de la función Bessel de primer orden del segundo tipo para el valor del argumento x donde $0 \leq x < \infty$.

Bessel-K1(x) corresponde al valor de la función Modified Bessel del segundo tipo de primer orden para el valor del argumento x donde $0 \leq x < \infty$.

Bessel-Y0(x) corresponde al valor de la función Bessel del segundo tipo de orden 0 para el valor del argumento x donde $0 \leq x < \infty$.

Bessel-Y1(x) corresponde al valor de la función Bessel del segundo tipo de primer orden para el valor del argumento x donde $0 \leq x < \infty$.

Cosh (Arg) corresponderá al coseno hiperbólico igual del valor proporcionado por el argumento.

erf (Arg) corresponde a la función Error Gaussiano del Arg.

exp (Arg) corresponde al valor elevado al argumento.

if (A,B,X,Y,Z) permite la asignación de sentencias condicionales.

Sí $A < B$; la función corresponderá a un valor igual al valor sustituido por X.

Sí $A = B$; la función corresponderá a un valor igual al valor sustituido por Y.

Sí $A > B$; la función corresponderá a un valor igual al valor sustituido por Z.

En algunos problemas, el uso de la función if puede causar oscilaciones numéricas. Es preferible utilizar las sentencias "if then else", "repeat until" y "goto" en una función o procedimiento para sentencias condicionales. Ver capítulo 5.

Integral (Integrand, Var Name)corresponde a la integral de la expresión representada por Integrand respecto a la variable Var Name, por ej.: \int (Integrand) d(Var Name).

La función "integral" puede utilizarse sólo junto con Parametric Table. Var Name debe ser un nombre legal de variable que tenga valores definidos en una de las columnas, de la tabla. El integrando "Integrand" puede ser una variable o cualquier expresión algebraica incluyendo variables o valores. La función "integrand" puede utilizarse para resolver ecuaciones diferenciales de valor inicial. Ver capítulo 6 para más información.

In (Arg) corresponderá al logaritmo natural del argumento.

Log 10 (Arg) corresponderá al logaritmo de base 10 del argumento.

Máx (Arg1, Arg 2) corresponderá al valor del mayor de estos dos argumentos.

Mín (Arg1, Arg 2) corresponderá al valor del menor de estos dos argumentos.

pi es el nombre de la variable cuyo valor es 3,1415927

Product (Arg, Series_info) corresponde al producto de series de términos. Arg puede ser cualquier expresión algebraica. Series_info proporciona el nombre del índice de variable y los límites superior e inferior que deben ser enteros o variables que han sido fijados previamente a los valores enteros.**product** (j,j=4) corresponderá a $1*2*3*4$ o 24, que es el factorial de 4. La función más utilizada "produc" es la función más utilizada cuando se trabaja con variables de orden Ej. X [j]. Por ejemplo, el producto del cuadrado de los 10 elementos en el vector X puede ser obtenido como producto (X [j].* X [j], j=1,10)

Round (Arg) corresponderá a un valor igual al valor entero más próximo del argumento.

Sin(Arg) corresponderá al seno del ángulo proporcionado por el argumento. Las unidades del ángulo, corresponden a las elegidas con el comando Unit Sistem para funciones trigonométricas.

Sinh (Arg) corresponderá al seno hiperbólico del valor proporcionado por el argumento.

Sqrt (Arg)_corresponderá a la raíz cuadrada del valor proporcionado por el argumento. El argumento deberá ser mayor o igual a cero. Puede ser una expresión algebraica.

Step (Arg) corresponderá al valor 1 si el argumento es mayor o igual a cero; de otro modo, la función Step corresponderá a cero.

Esta función puede utilizarse para proporcionar asignaciones condicionales, similares al función "if". Estas dos funciones son proporcionadas para mantener la compatibilidad con versiones anteriores. Las asignaciones condicionales se llevan a cabo más fácilmente y más claramente con la sentencia IF THEN ELSE en los procedimientos o funciones descritos en el capítulo 5.

Sum (Arg, Series_info) corresponde a la suma de una serie de términos Ej.: $\sum \text{Arg}$. Arg puede ser cualquier expresión algebraica. Series_info proporciona el nombre del índice de variable y los límites superior e inferior. Estos límites deben ser enteros o variables que han sido fijados previamente a valores enteros. **Product** (j,j=4) corresponderá a $1*2*3*4$ o 24, que es el factorial de 4. La función se explica mejor con ejemplos:

$\text{Sum}(j,j=4)$ corresponderá a $1+2+3+4$ ó 10

La función sum es la más útil cuando se trabaja con variables de orden Ej.: X [j]. Por ejemplo, el producto escalar de dos vectores X e Y con 10 elementos cada uno será obtenido como $\text{sum}(X [j].* XY[j], j=1,10)$. Ver capítulo 7 para información sobre cómo utilizar la función sum con variables de orden para manipular matrices.

Table run#_ corresponde el número de ejecución de Parametric Table, es decir, la línea existente en la tabla Paramétrica o cero, la Tabla Paramétrica no se está utilizando en los cálculos. Esta función sólo deberá utilizarse con los comandos Solve Table o Min/max Table en el menú Calculate.

TableValue (Row, Colum) o **TableValue** (Row,#Variable Name) corresponde al valor almacenado en una línea y columna específica de Parametric Table. El número de columna puede introducirse directamente como un número entero o indirectamente sustituyendo el nombre de la variable por la columna deseada, precedida por el símbolo #. Ej. TableValue (6,#ABC)

Se desplegará un mensaje de error si la fila o columna (o su nombre de variable correspondiente) no existe en Parametric Table o si la celda referida no posee ningún valor. La función TableValue es útil en la solución de algunos tipos de problema "marching-solution" en los que el valor existente de una variable depende de su valor en los cálculos previos.

Tan_(arg)corresponderá a la tangente del ángulo proporcional por el argumento. Las unidades del ángulo son determinadas por la elección, previa realizada con el comando Unit System, para las funciones trigonométricas.

Tanh (Arg) corresponderá a la tangente hiperbólica proporcionada por el argumento.

Trunc (Arg) corresponderá al valor igual al valor entero correspondiente el argumento redondeado sobre el valor cero.

UnitSystem ("Unittype") es una función que permite al programa EES conocer que unidades fijadas han sido seleccionadas con el comando UnitSystem. Esta función toma un argumento que deberá colocarse entre comillas. Argumentos válidos son "SI", "Eng", "Mass", "Molar", "Deg", "Rad", "Kpa", "bar", "psia", "atm", "C", "K", "F" y "R". La función utiliza también 1 (para verdadero) ó 0 (para falso). A modo de ejemplo: $g = \text{UNITSYSTEM}(\text{"SI"})$ será fijado de g a 1 si el usuario ha seleccionado el sistema de unidades SI.

Thermophysical Property Functions.-(Funciones de las propiedades termofísicas)

El primer argumento de todas las funciones programadas de propiedades termofísicas es el nombre de la sustancia. Los nombres de sustancias reconocidas por EES son:

(cuadro)

En la lista pueden aparecer sustancias como NZ y Nitrogen, CO₂ y CarbonDioxide, H₂O y Steam (o Water), como si estuvieran duplicados, pero no es así. Siempre que se utiliza una notación de un símbolo químico (Ej.: N₂ O, CO₂, CH₄, etc.), la sustancia se toma como si fuera un gas ideal, y los valores de entropía y entalpía se basan en los valores de referencia de la tabla JANAF. Las referencias de la tabla JANAF para entalpía se basan en que los elementos tienen un valor de entalpía de 0 a 298 K (537°R)

La entropía de estas sustancias se basan en la Tercera Ley de la Termodinámica. Cada vez que el nombre de una sustancia se escribe completo (Ej.: Steam, (ó Water), Nitrogen, RIZ, CarbonDioxide, Methane,etc), la sustancia se toma como un fluido real con fases de subenfriamiento, saturación y sobrecalentamiento. Las excepciones a esta regla aparecen para Air y Air H₂O, los cuales se toman como gases ideales. Air H₂O es la notación para mezclas de vapor aire-agua (Ej. Psicometría). Para más información relativa a estos métodos, estados de referencia, y rangos de aplicación de muchos fluidos, mirar en Apéndice C. Información sobre propiedades de más de 150 fluidos adicionales se pueden agregar por el usuario como se explica en el apéndice D.

Las claves de propiedades Water y Steam son tratadas igual. Cada clave proporciona acceso para aproximar las funciones de propiedad del agua, basados en las correlaciones empíricas desarrolladas mediante cálculos rápidos. Las correlaciones de propiedad Steam/Water no se extienden dentro de la zona de subenfriamiento; tampoco son precisas para presiones superiores a 350 atm y para estados cercanos al punto crítico. Se proporciona información precisa sobre estas correlaciones en el Apéndice C. La clave Steam_NBS utiliza las correlaciones de propiedad publicadas por Harr, Gallager y Kell (Hemisphere, 1984). Estas correlaciones son extremadamente precisas en cualquier condición y son aplicables en la zona de subenfriamiento. De cualquier modo, requieren un esfuerzo bastante más considerable que las relaciones Steam/Water.

Muchas de las funciones termodinámicas pueden tomar grupos alternativos de argumentos. Por ejemplo, a la función **enthalpy** para vapor puede accederse con las condiciones de temperatura y presión. Otra forma de acceder a esa función es con las condiciones de entropía y calidad (título). En general, cualquier grupo válido de argumentos o condiciones puede sustituirse por funciones termodinámicas. Las funciones de transporte (**conductivity** y **viscosity**), requieren como condición la temperatura (para gases ideales) o temperatura y presión (para funciones reales).

Todos los argumentos en funciones de propiedades termofísicas, aparte del nombre de la sustancia, son identificados por una letra seguida de un signo "igual". El valor o expresión algebraica representa el valor del argumento seguido de un signo igual.

Las letras reconocidas como representantes de argumentos y sus significados son los siguientes.

(cuadro)

Los argumentos deben separarse con comas y pueden estar en cualquier orden, con la condición de que se coloque primero el nombre de la sustancia, como en los ejemplos mostrados a continuación. EES muestra el nombre de la función en el formato seleccionado por Function dentro de la ventana de diálogo Display Options. El nombre de la sustancia es una clave EES y será mostrada en el formato seleccionado por Keywords dentro de la ventana de diálogo Display Options.

EES no requiere que el argumento de una función tenga valor conocido. Por ejemplo:

`h1=enthalpy (STEAM, T=T1,P=P1)`

representará el valor `h1` correspondiente a la temperatura y presión conocidas `T1` y `P1`. Si el valor de `h1` fuera conocido, pero `T1` fuera desconocido, la misma ecuación dará el valor apropiado a la temperatura.

Alternativamente, la temperatura podría ser hallada por:

`T1=temperature (STEAM, h=h1 ,P=P1)`

El último método es preferible en que en los cálculos repetidos llevados a cabo para el vapor es menos probable la aparición de dificultades.

Las propiedades de funciones termodinámicas son listadas en orden alfabético. Las unidades dependerán de las elecciones realizadas con el comando `Unit System` en el menú `Options`. Serán también mostrados uno o más formatos posibles.

Conductivity (W/m-k, Btu/hr-ft-R) corresponde a la conductividad térmica de la sustancia especificada. Para sustancias consideradas como fases ideales, la función de conductividad toma como único argumento la temperatura, además del nombre de la sustancia. Los fluidos reales requieren temperatura y presión como argumentos. `Steam`, `Water` y `Steam_NBS` aceptarán volumen específico como alternativa a la presión. Para `Air H2O` (aire húmedo), la temperatura, presión y humedad relativa deberá suministrarse

Ejemplos:

`K1=conductivity (AIR,T=200)`

`K2=conductivity (AMMONIA,T=100,P=200)`

`K3=conductivity (STEAM_NBS,T=100,v=0,345)`

`K4=conductivity (AIRH2O,T=80,P=14,7,R=0,5)`

Density (Kg/m³, Kgmol/ m³,Lb/ft³, Lbmole/ft³) corresponde a la densidad de la sustancia especificada. Se requieren dos argumentos para todas las sustancias puras; y tres son necesarias para el aire húmedo.

Ejemplos:

`d1=Density (AIR,T=300,P=100)`

`d2=Density (STEAM h =850,P=400)`

`d3=Density (AIRH2O,T=70,P=14,7,R=0,5)`

DewPoint (° F, ° C, R, K) corresponde a la temperatura de punto de rocío para mezclas gas aire-agua. Esta función sólo puede utilizarse con el nombre de sustancia `AIRH2O`. Siguen al nombre tres argumentos (pueden ir en cualquier orden): temperatura, presión total, y humedad relativa.(o radio de humedad o temperatura de bulbo húmedo).

Ejemplos:

`D1=Dewpoint (AIRH2O,T=70,P=14,7,W=0,010)`

`D2=Dewpoint (AIRH2O, T=70,P=14,7,R=0,5)`

`D3=Dewpoint (AIRH2O, T=70,P=14,7,B=50)`

Enthalpy (Kj/Kg.; Kj/Kmol;Btu/Lb; Btu/Lbmol) corresponde a la entalpía específica de una sustancia especificada. La forma exacta de la función entalpía depende de la sustancia y de la variable/s independiente/s seleccionadas. Las sustancias que cumplen la ley de los gases ideales, como el aire, requieren además del nombre de la sustancia un argumento simple (temperatura o energía interna) considerando a las sustancias fluidos reales. Ej.:STEAM y CARBONDIOXIDE, requieren siempre dos variables independientes. Para AIRH₂O se requieren tres argumentos.

Ejemplo:

h1=enthalpy (AIR,T=100)
h2=enthalpy (STEAM, T=900,P=300)
h3=enthalpy (AIRH₂O, T=70,P=14,7,R=50)

Entropy (Kj/Kg* °K; Kj/Kmol* °K;Btu/Lb*R; Btu/Lbmol*R) corresponde a la entropía específica de una sustancia especificada. Para todas las sustancias puras, la función entropía requiere siempre dos argumentos además del nombre de la sustancia. Para AIRH₂O, se requieren tres argumentos.

Ejemplo:

S1=entropy (O₂,T=400,P=100)
S2=entropy (AIRH₂O, T=70,P=14,7,R=50)

Humrat (adimensional) corresponde a la humedad absoluta para las mezclas gaseosas aire-agua. Sólo es aplicable a la sustancia AIRH₂O. La función requiere tres argumentos que deben incluir presión y otras dos variables independientes como temperatura, humedad relativa, entalpía, o punto de rocío.

Ejemplos:

w1=humrat (AIRH₂O, T=70,P=14,7,R=50)
w2=humrat (AIRH₂O, T=70,P=14,7,h=50)

IntEnergy (Kj/Kg; Kj/Kmol;Btu/lb; Btu/lbmol) corresponde a la energía interna especificada de una sustancia determinada. La forma exacta de la función **IntEnergy** depende de la sustancia y variable/s independiente/s seleccionada/s. Las sustancias que obedecen a la ley de gas ideal, como el aire, requieren sólo un argumento (temperatura o entalpía) considerando que fluidos reales sustancias puras, como vapor, requerirán siempre dos argumentos además del nombre de la sustancia. AIRH₂O requiere tres argumentos adicionales.

Ejemplo:

n1=intEnergy (AIR,T=300)
n2=intEnergy (STEAM, T=1320,P=300)
n3=intEnergy (AIRH₂O, T=70,P=14,7,R=50)

MolarMass corresponde a la masa molar o peso molecular del fluido proporcionado como parámetro.

Ejemplo:

M_CO₂=MolarMass (Carbon Dioxide)

Pressure (Kpa, bar, psia, atm) corresponde a la presión de una sustancia determinada. La función presión requiere siempre el nombre de la sustancia seguido por dos argumentos, separados por comas. La función presión no es ejecutada por AIRH₂O; de cualquier forma una presión desconocida puede determinarse utilizando cualquiera de las funciones. Las cuales son aplicables al aire húmedo y que toman la presión como argumento.

Ejemplo:

$$P1=\text{pressure}(\text{STEAM}, h=1450, P=900)$$

Quality (adimensional) corresponde a la calidad (fracción de vapor) de las sustancias que se corresponde a los fluidos reales como WATER y R12. Se requieren dos argumentos independientes para los estados saturados.

Si el estado de una sustancia se encuentra subenfriado, la calidad corresponde a 100. Si es sobrecalentado, corresponde a 100.

Ejemplo:

$$x1=\text{quality}(\text{R12}, h=50, T=80)$$

Relhum (adimensional) corresponde a la humedad relativa como un número porcentual para mezclas de gas aire-agua. Existen tres argumentos en la función, además del nombre de la sustancia, AIRH₂O; éstos pueden ser temperatura, temperatura de húmedo, punto de rocío, entalpía, ó humedad absoluta.

Ejemplo:

$$R1=\text{relhum}(\text{AIRH}_2\text{O}, T=70, P=14,7, W=0,01)$$

$$R2=\text{relhum}(\text{AIRH}_2\text{O}, T=70, P=14,7, h=25)$$

$$R3=\text{relhum}(\text{AIRH}_2\text{O}, T=70, P=14,7, B=55)$$

Specheat (Kj/Kg* °K; Kj/Kmol* °K; Btn/Lb*R; Btn/Lbmol*R) corresponde al calor específico o presión constante de la sustancia determinada. Para sustancias puras que obedecen a la ley de gas ideal, la función calor específico tiene temperatura como único argumento, además, del nombre de la sustancia. Sustancias consideradas como fluidos reales llevan los argumentos de presión y temperatura. El calor específico de liquido o vapor puede ser devuelto, dependiendo de los valores proporcionados de presión y temperatura.

Ejemplo:

$$Cp1=\text{specheat}(\text{AIR}, T=350)$$

$$Cp2=\text{specheat}(\text{AMMONIA}, T=100, P=30)$$

Temperature (° F, ° C, R, K) corresponde a la temperatura de la sustancia. La forma exacta de la función depende de la sustancia y argumento/s seleccionados. Las sustancias que obedecen a la ley de gas ideal, como el aire, pueden requerir uno o dos argumentos, considerando que las sustancias fluidos puros, como STEAM, requerirán dos argumentos.

Ejemplo:

$$T1=\text{temperature}(\text{AIR}, h=300)$$

$$T2=\text{temperature}(\text{AIR}, s=1,75, P=100)$$

Volume (m^3/Kg , m^3/Kgmol ; $\text{ft}^3/\text{lbmole}$) corresponde al volumen específico de una sustancia especificada. Se requieren dos argumentos para todas las sustancias puras; serán necesarias tres, para el aire húmedo.

Ejemplo:

v1=volume (AIR,T=300, P100)
v2=volume (STEAM,h=650, P=400)
v3=volume (AIRH₂O, T=70, R=0,5, P=14,7)

Wetbulb ($^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$, R, K) corresponde a la temperatura de bulbo húmedo para mezclas gaseosas aire-agua. Esta función se aplica sólo a la sustancia AIRH₂O. Existen tres argumentos para esta función, además del nombre de la sustancia; éstas son temperaturas (ó entalpía, presión total, y humedad relativa (ó humedad absoluta o punto de rocío)).

Ejemplo:

B1=wetbulb (AIRH₂O,T=70,P=14,7, W=0,01)
B2=wetbulb (AIRH₂O, h=25, P=14,7, W=0,01)
B3=wetbulb (AIRH₂O, h=25, P=14,7, D=30)

Viscosity ($\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}^2$, $\text{Lbm}/\text{ft}\cdot\text{hr}$) corresponde a la necesidad dinámica de la sustancia especificada. Para sustancias que se toman como gas ideal, la función viscosidad toma como único argumento, además del nombre de la sustancia, a la temperatura. Los argumentos presión y temperatura son requeridos por los fluidos reales. STEAM y STEAM_NBS aceptarán temperatura y volumen específico. Para AIRH₂O deben facilitarse humedad relativa o humedad absoluta.

Ejemplo:

v1=viscosity (AIR,T=300)
v2=viscosity (R12, T=40,P=30)
v3=viscosity (STEAM_NBS, T=100,v=0,035)
v4=viscosity (AIRH₂O, T=80,P=14,7,R=0,5)

UTILIZACIÓN DE "LOOKUP FILES" Y " LOOKTABLE"

Lookup File es un sistema rectangular de datos con un número específico de filas y columnas. Proporciona un medio para introducir relaciones funcionales con datos tabuladores y utilizar estas relaciones en la solución de las ecuaciones. Lookup Files pueden ser almacenados en un archivo de disco. Alternativamente, un Lookup File individual, llamado Lookup Table, puede existir en Lookup Table Window. Los seis comandos de menú que pertenecen a Lookup Table Window aparecen al fondo del menú Options y son resumidas aquí.

New Lookup crea una nueva lookup Table vacía, con un número específico de filas y columnas en Lookup Table Window. Si ya existe una Lookup Table en la ventana, será sobrescrita.

Open Lookup lee un Lookup File del disco en Lookup Table Window. Si ya existiera una Lookup Table en la ventana, será sobrescrita. Lookup Files son creados normalmente con el comando Save Lookup e identificados con la extensión .LKT. De cualquier modo, también puede leerse un archivo ASCII.

Un archivo ASCII puede tener cualquier extensión, aunque se tome .TXT normalmente. En general, la primera línea del archivo ASCII debe contener un número filas y columnas en la tabla separada por un espacio o tabulador. Las líneas siguientes del texto del fichero deben contener los valores de cada fila en Lookup Table, separada por uno o más espacios o por un carácter tabulador. De cualquier modo, si un número negativo es proporcionado por el número de filas, EES determinará el número de filas de datos en el archivo y utilizar ese número para crear la tabla.

Si el número de columnas es un número negativo, EES utilizará el valor absoluto de este número para el número de columnas y espera encontrar una especificación del formato seguido por un espacio, a continuación el encabezamiento de la columna y las unidades de cada columna en las líneas siguientes.

Las unidades se encuentran encerradas entre corchetes.

El ejemplo siguiente creará una tabla con dos filas y tres columnas. Las columnas serán formateadas con las especificaciones de formato E4,FO y F3 y el nombre las columnas serán ColA,ColB y ColC.

-1 -3

E4 Col A [Btu]

FO Col B

F3 Col C

1.23E-12 2 4.56

2.32E-11 4 7.89

Save Lookup guarda Lookup Table dentro del Lookup Table Window como un archivo Lookup en el disco. Se puede acceder a estos ficheros con las funciones Lookup descritas a continuación. Normalmente el archivo Lookup se salva como un archivo binario con la extensión .LKT. De cualquier modo, EES también permite salvar los datos del archivo Lookup como texto de archivo ASCII de forma que puedan ser trasladados a otra aplicación. Tener en cuenta que el contenido de Lookup Table Window también es salvado con otra información del problema cuando se utiliza el comando Save. No es necesario guardar por separado Lookup Table a menos que vaya a ser utilizado por más de un programa EES.

Insert/Delete Rows permite cambiar el número de filas en Lookup Table.

Insert/Delete Cols permite cambiar el número de columnas en Lookup Table.

Delete Lookup anula Lookup Table y recupera la memoria que hubo de ser requerida por la tabla.

Puede accederse a los datos de Lookup Table mediante tres funciones programadas. Estas funciones pueden operar sobre los datos, bien en Lookup Table Window o bien en un Lookup File del disco. En el último caso, el nombre del archivo debe ser proporcionado como primer argumento de la función y rodeado por comas. El nombre de la extensión deberá ser .LKT. De cualquier modo, no es necesario especificar la extensión de archivo.

Lookup(Row,Column) ó **Lookup**("Filename", Row, Column) corresponde al valor dentro de Lookup Table ó Lookup File en la columna o fila especificada. Tener en cuenta que la columna puede ser especificada bien proporcionando un valor numérico (o expresión) para el número de columna, o bien proporcionando el nombre de la columna precedido por el símbolo #. Si proporcionamos un nombre al archivo, EES comprobará primero la existencia del Lookup File (Archivo Lookup) y entonces, carga los datos de Lookup File en la memoria.

Los argumentos de filas y columnas no necesitan ser integrados. El valor correspondiente será interpolado entre filas y columnas como sea necesario. Por ejemplo, Lookup (2.5,3) corresponderá a un valor situado en la mitad entre la segunda y tercera fila, dentro de la tercera columna. Si la fila o columnas especificadas son menores a 1, el valor en la primera fila o columna será recalculado. De forma similar, si la columna o la fila es mayor que el número de filas o columnas en la tabla Lookup, el valor en la última fila o columna será recalculado. La función Lookup puede ser utilizada con las funciones LookupCol y LookupRow para proporcionar valores interpolados sobre información tabular.

Ejemplos:

X=Lookup(1,2) {Set X to the value in row 1, column 2 of the Lookup Table}

X=Lookup(1,#x) {Set X to the value in row 1 of the column in the Lookup Table}

X=Lookup('C:\abc\CopperK,R,#T'){Set X to the value in row R and the column which is named T in Lookup File C:\abc\Copper K.LKT }

LookupCol (Row, Value) ó **LookupCol** ("Filename", Row, Value) utiliza los datos en la fila especificada de Lookup Table ó Lookup File para determinar la columna que corresponde al valor suministrado por el segundo argumento. El valor de la columna puede no ser un entero. La interpolación se llevaría a cabo si fuera necesario. El propósito de la función LookupCol es proveer de un medio de relaciones información tabular en las diferentes filas de Lookup Table o Lookup File.

Ejemplos:

```
C=LookupCol(2,100) {Set C to the column number in row 2 of the Lookup Table which has a value of 100}
```

```
C=LookupCol('C: \abc\CopperK',R,X){Set C to the value in row R of \Lookup File C:\abc\Copper K.LKT having the value x }
```

LookupRow (Colum, Value) ó **Lookup Row** ("Filename", Column, Value) utiliza los datos en las columnas especificadas de Lookup Table o Lookup File para determinar la fila correspondiente al valor suministrado por el segundo argumento. Tener en cuenta que la columna puede ser indicada por un valor numérico o por el nombre precedente del símbolo #. El valor de la fila puede no ser un número entero. La interpolación entre filas se haría, si fuera necesario. El propósito de la función LookupRow es proporcionar un medio de relacionar información tabular en las diferentes columnas de Lookup Table.

Ejemplos:

```
R=LookupRow(2,100) {Set R to the row number in row 2 of the Lookup Table which has a value of 100}
```

```
R=LookupRow('C: \abc\CopperK',C,X){Set R to the row number in the column C Lookup File C:\abc\Copper K.LKT which has a value of x }
```

Cuando se crea una nueva tabla Lookup, las columnas son nombradas inicialmente **Column1**, **Column 2**, etc. Estos nombres por defecto y el formato desplegado de la tabla, pueden ser cambiados presionando el botón izquierdo del ratón en la celda de la cabecera como se indica en la sección Lookup Window del capítulo 2.

La información puede ser copiada hacia o desde Lookup Table por el "Portapapeles". De esta forma, los datos pueden ser transferidos entre Lookup Table y Parametric Table o entre otras aplicaciones como un programa de hoja de cálculo. Utilizar el comando Copy en el menú Edit para copiar un rango seleccionado de celdas al "Portapapeles". Los datos pueden copiarse desde el "Portapapeles". Presionando sobre la celda superior izquierda dentro de la cual van a ser pegados los datos, seguido por el comando Paste. Los datos en el "Portapapeles" serán pegados dentro de Lookup Table, comenzando por la celda seleccionada.

CAPÍTULO 5

EES FUNCTIONS AND PROCEDURES

La mayoría de los lenguajes de programación de alto nivel permite escribir al usuario sus propias funciones y procedimientos. EES también ofrece esta posibilidad. EES soporta las funciones internas y recopiladas y los procedimientos. Las funciones internas y los procedimientos son introducidos directamente en la ventana Equations utilizando el procesador de ecuaciones de EES. Las funciones y los procedimientos recopilados (ver capítulo 6) son escritas a EES desde el exterior, en Pascal, C o FORTRAN y situados en el subdirectorío USERLIB\ .Los procedimientos difieren de las funciones en que pueden recalcular más de una variable calculada.

El uso de los procedimientos y funciones de EES ofrecen varias ventajas. Primero, hacer más fácil la formulación de la solución para un sistema complicado, separando el problema en pequeñas partes. Los programas que cuentan con funciones y procedimientos de EES permiten utilizar las sentencias "if then else", "repeat until" y "goto". Las sentencias que aparecen en las funciones y procedimientos difieren de ellas en el cuerpo principal de EES, en que son sentencias en la mayoría de los lenguajes de programación de alto nivel, en lugar de igualdades.

La combinación de ambos tipos de sentencias ofrece una gran flexibilidad en la manera en la cual el problema puede ser formulado en EES.

Las funciones y procedimientos pueden ser escritas de una forma general en que puedan ser reutilizadas en otros programas. El comando Merge dentro del menú File o el directorío \$INCLUDE pueden utilizarse para introducir funciones y procedimientos desde un programa dentro de otro programa EES. De cualquier forma, EES permite también guardar funciones o procedimientos que han sido guardados con el formato Library en el comando Save As. Las funciones y procedimientos en el archivo de ficheros que residen en el subdirectorío USERLIB\ son automática y transparentemente cargados cuando comienza EES. También pueden ser cargados con el comando Load Library en el menú File. Las funciones y procedimientos en el archivo de ficheros actúan igual que las funciones internas de EES. También pueden proporcionar ayuda cuando se requerida. El procedimiento para crear archivos de ficheros se describe al final de este capítulo.

EES FUNCTIONS.-

EES proporciona la capacidad para el usuario de escribir directamente dentro de la ventana Equations utilizando el procesador de ecuaciones EES. Las funciones EES son similares a aquellas en **Pascal**. Las reglas de estas funciones son las siguientes:

1. Las funciones deben aparecer en la parte superior de la ventana Equations, antes de que aparezcan las funciones.
2. Las funciones deben aparecer con la clave FUNCTION. El nombre de la función y los argumentos, encerrados entre paréntesis y separados por comas, seguidos en la misma línea.
3. La función se termina con la claven END.
4. Las ecuaciones que aparecen en las funciones y procedimientos EES son diferentes fundamentalmente en la aparición de esas en el cuerpo principal de EES. Las ecuaciones son nombradas más propiamente como sentencias asignadas, similares a aquellas utilizadas en FORTRAN y Pascal. Una sentencia asignada fija la variable identificada a la izquierda de la sentencia, al valor numérico de la derecha.
X := X+1 es una sentencia asignada válida pero, obviamente, no puede ser una igualdad, como es asumida por todas las ecuaciones en el cuerpo principal de EES.
El signo := (en lugar del signo =) es utilizado para significar asignaciones. De cualquier modo, EES aceptará un signo igual, en las sentencias asignadas si el control **Allow = in functions/Procedures** es seleccionado dentro de la ventana de diálogo Display Options en el menú Options.
5. EES normalmente procesa las sentencias asignadas, en una función o procedimiento en el orden en que ellos aparecen. De cualquier modo, las sentencias "if then else", "repeat until" y "goto" pueden ser utilizadas en funciones y procedimientos para alterar el orden de cálculo. El formato de estas sentencias lógicas de control es descrito a continuación.
6. Las funciones se llaman utilizando sus nombres en una ecuación. Los argumentos deben seguir al nombre, encerrados entre paréntesis. La función debe nombrarse con el mismo número de argumentos que aparezcan en la sentencia FUNCTION.
7. Las ecuaciones en las funciones de uso pueden nombrar cualquiera de las funciones programadas. Además, pueden nombrar cualquier función o procedimiento previamente definidos. Las funciones recursivas que se nombran por si solas no son permitidas.
8. Todas las variables utilizadas en el cuerpo de la función son locales a la función excepto aquellas variables definidas en el campo de aplicación del directorio \$COMMON. La función retorna al valor al cual se asigna el nombre.

Las funciones pueden llevar a cabo una relación analítica entre dos o más variables. Por ejemplo, la disponibilidad específica de una caudal, a menudo llamado Ψ , es:

$$\Psi = (h - h_0) - T_0(S - S_0) + V^2/2 + g*z$$

donde h y S son entalpía y entropía específicas del estado, respectivamente.

h_0 y S_0 son la entalpía y entropía específicas en las condiciones iniciales, T_0 y P_0 .

V es la velocidad.

g es la aceleración de la gravedad.

z es la elevación del estado, relativa al punto cero seleccionado.

Una vez seleccionados la temperatura y presión del estado inicial, h_0 y S_0 son constantes. Una función de uso para la disponibilidad del vapor, con $T_0 = 530^\circ$ y $P_0 = 1$ atm., se podría llevar a cabo situando las siguientes sentencias en la parte superior de la ventana de ecuaciones. Una referencia a PSI(T1,P1,V1,Z1) desde una ecuación podría regresar la disponibilidad específica del vapor en Btu/LB.

```
FUNCTION psi(T,P,V,Z)
```

```
h := enthalpy ( STEAM,T=T, P=P)
```

```
s := entropy (STEAM, T=T, P=P)
```

```
psi := (h-38.05)-530*(S-0.0745)+ V2/2(2*32.17*778)+Z/778
```

```
END
```

Las funciones también pueden ser utilizadas para cambiar el nombre de cualquier función y/o acortar la lista de argumentos. Por ejemplo, la siguiente función cambiará el nombre de **humrat**, la función programa para la humedad absoluta, a **w**, eliminando la necesidad de especificar la sustancia AIR H₂O como argumento y fijando la presión total en 100 Kpa para cada caso.

```
FUNCTION w(T,RH)
```

```
    w:= humrat (AIR H2O,T=T,P=100,R=RH)
```

```
END
```

EES PROCEDURES.-

EES procedures (Procedimientos) se parecen mucho a EES Functions(Funciones), exceptuando que permiten múltiples entradas y salidas. El formato de un "procedimiento" es:

```
PROCEDURE test (A,B,C: X,Y)
```

```
...
```

```
...
```

```
X: =...
```

```
Y: =...
```

```
END
```

Los "procedimientos" deben ser situados en la parte superior de la ventana de Ecuaciones, antes de la no-función y las ecuaciones de no-procedimientos. El nombre del procedimiento, TEST (en el ejemplo anterior) puede ser cualquier nombre de variable EES válido. La lista de argumentos consiste en una lista de entrada y una lista de salidas separadas por dos puntos. En el ejemplo anterior, A,B y C son entradas y X e Y son salidas. Cada procedimiento deberá tener al menos una entrada y una salida. Cada variable de salida debe ser definida por una ecuación con el nombre de las variables de entrada a la izquierda del signo igual. La sentencia END cerrará el procedimiento.

Para utilizar el procedimiento, situar una sentencia CALL en cualquier lugar dentro de tus ecuaciones. La sentencia CALL aparece como

```
...
```

```
CALL test (1,2,3:X,Y)
```

```
...
```

El número de entradas y salidas en la lista de argumentos de la sentencia CALL deben ser iguales a la sentencia de declaración PROCEDURE. Los argumentos deben ser constantes, variables o expresiones algebraicas. EES evaluará las salidas utilizando las variables de entrada proporcionadas en la lista de argumentos. Las funciones y los procedimientos también pueden "llamar" a otros teniendo en cuenta que el procedimiento haya sido definido previamente.

Las ecuaciones dentro de un procedimiento difieren de las ecuaciones ordinarias EES que no estén en funciones o procedimientos.

Primeramente, todas las variables, excepto las de las entradas y salidas, son locales al procedimiento. Segundo, las ecuaciones son realmente sentencias asignadas, en lugar de igualdades, y para hacer esta distinción más clara, se utiliza el símbolo de asignación (\equiv) en vez del signo igual. Se puede anular esta convención, habilitando el control Allow=in Functions/Procedures dentro de la ventana de diálogo Preferences en el menú Options.

Tercero, las sentencias "if then else", "repeat until" y "goto" pueden ser utilizadas. El formato de éstas, se describe en la próxima lección.

Las ecuaciones implícitas no pueden ser resueltas directamente en un procedimiento o en una función, como ocurre en el cuerpo principal de la ecuación. Utilizando las sentencias "if then else", "repeat until" y "goto", es posible programar tu propio Bucle interactivo. De cualquier modo, es posible hacer que EES resuelva ecuaciones implícitas dentro de un procedimiento. Por ejemplo, considerar las siguientes ecuaciones no-lineales.

$$X^3+Y^2=66$$

$$X/Y=1.23456$$

Para resolver la X y la Y en un procedimiento, restar la parte derecha de la izquierda de cada ecuación y fijarlo a los residuales R1 y R2, respectivamente. Ahora utilizar EES para resolver la X y la Y como si los residuales fueran 0. Aquí está el programa que hace esto.

```
PROCEDURE Solve (X,Y:R1,R2)
```

```
R1:= X^3+Y^2-66
```

```
R2:=X/Y-1.23456
```

```
END
```

```
CALL Solve (X,Y:0,0) {X=3.834,Y=3.106 when executed}
```

Los "procedimientos" ofrecen un gran número de ventajas al usuario. Los procedimientos más comúnmente utilizados pueden guardarse de forma separada y fusionarse en la ventana Equations con el comando Merge dentro del menú File. Alternativamente, el procedimiento podría guardarse como un archivo de ficheros de forma que fuera cargado automáticamente cuando EES comenzara. Por ejemplo, las ecuaciones que describen una turbina pueden ser introducidas una vez y guardadas. Cada vez que se calculara una turbina, la sentencia CALL Turbine podría ser utilizada para determinar el trabajo de la turbina y las variables de estado en la salida.

EES soporta procedimientos recopilados internos y externos. Los procedimientos internos son introducidos directamente en la parte superior de la ventana Equations, como se ha descrito en esta sección. Los procedimientos recopilados están descritos en un lenguaje de alto nivel como C, Pascal o FORTRAN y ser llamados por EES. La sentencia CALL es idéntica para ambos tipos de procedimientos. Ver Capítulo 6 para una descripción más detallada sobre la escritura y uso de las funciones y procedimientos recopilados.

Single-Line If Then Else Statements

EES Functions y Procedure apoyan varios tipos de sentencias condicionales. La más común es la sentencia "If Then Else". Los formatos single-line y multiple-line son permitidos por las sentencias "If Then Else". El formato single-line tiene la forma siguiente.

If (conditional Test) *Then* Statement 1 *Else* Statement 2

La prueba (test) condicional ofrece un resultado verdadero o falso. El formato es muy similar al utilizado en Pascal. Los operadores reconocidos son =, <, >, <=, >=, y <> ("distinto"). El paréntesis alrededor de la prueba condicional es opcional. Son requeridos la clave "Then" y la sentencia 1. Esta puede ser, bien una asignación o una sentencia "Goto". La clave "Else" y la sentencia 2, son opcionales. En el formato single-line, la sentencia completa "If Then Else" deberá ser colocada sobre una línea con un máximo de 255 caracteres. El ejemplo siguiente utiliza sentencias "If Then Else" para restituir el mínimo de sus tres argumentos.

```
Function MIN3 (X, Y, Z) {returns smallest of tree values}
If (X<Y) Then m:=X Else m:=Y
If (X>Y) Then m:=Z
MIN3:=m
End
Y=MIN3 (5,4,6) {Y will be set to 4 when this statement executes}
```

Los operadores lógicos AND y OR pueden utilizarse también en la prueba condicional de una sentencia "If Then Else". EES procesa las operaciones lógicas desde la izquierda a la derecha a menos que los paréntesis sean suministrados por cambiar el orden gramatical. Tener en cuenta que los paréntesis alrededor de (X>0) y (Y<>3) se requieren en el ejemplo siguiente para enderezar el proceso lógico de la izquierda a la derecha y producir el efecto lógico deseado.

If (X<Y) *or* X<0) *and* (Y<>3)*Then* Z:=X/Y *Else* Z:=X

Multiple-Line If Then Else Statements.-

Las sentencias de líneas múltiples "If Then Else" permite ejecutar un grupo de sentencias condicionalmente. El formato es el siguiente:

```
If (Conditional Test) Then
```

```
Statement
```

```
Statement
```

```
.....
```

```
Else
```

```
Statement
```

```
Statement
```

```
.....
```

```
End If
```

La clave "If ", la prueba condicional (Test), y la clave Then deben estar en la misma línea. El paréntesis alrededor de la prueba condicional es opcional. Las sentencias que vayan a ser ejecutadas aparecen en las líneas siguientes, si la prueba condicional es verdadera. Estas sentencias pueden incluir de forma adicional otras sentencias "If Then Else" para tener condicionales encajadas. La clave "Else" podría aparecer sola en una línea, seguida por las sentencias que serán ejecutadas si la prueba condicional es falsa. La clave "End If" que terminará el grupo de sentencias, es necesaria y deberá aparecer sola en una línea. El formato se ilustra a continuación. El sangrado se utiliza para clarificar el flujo lógico. De cualquier modo, el programa EES ignora los espacios en blanco.

```
Function IFTest (X,Y)
```

```
If (X<Y) and (Y<>0) Then
```

```
A:=X*Y
```

```
B:=X/Y
```

```
EndIf
```

```
IFTest:=A+B
```

```
End
```

```
G= IFTest(-3,4) {G will be set to 12.75 when this statement executes}
```

GoTo Statements

EES normalmente procesará las sentencias asignadas en una función o procedimiento en el orden en que ellas aparezcan, comenzando con la primera sentencia. De cualquier modo, el control de flujo puede alterarse utilizando las sentencias GoTo. El formato de una sentencia así es muy simple:

GoTo #

Donde # es un número de sentencia que debe ser un número entero entre 1 y 30000. Estos números preceden a las sentencias asignadas separadas por dos puntos (:). La sentencia GoTo será utilizada con sentencias "If Then Else" para lograr una mayor utilidad.

La función siguiente ilustra el uso de las sentencias "Cpto" y "If Then Else2" en el cálculo del factorial de un valor facilitado como el argumento.

Function **FACTORIAL** (N)

F:=1

I:=1

10:i:i+1

F:F=F*i

If (i<N) Then GoTo 10

Factorial:=F

End

Y= **FACTORIAL** (5){Y will be set to 120 when this statement executes}

Repeat Until Statement.-

La realización de Bucles (looping) dentro de funciones y procedimientos se puede llevar a cabo con sentencias "If Then Else" y "Goto" descritas a continuación, pero es más conveniente utilizar construcciones "Repeat until", generalmente. La sentencia Repeat Until tiene el formato siguiente:

Repeat

Statement

Statement

...

Until (Conditional test)

Las pruebas condicionales dan un resultado "true" or "false" utilizando uno de las siguientes operadores :=,<,>,<=,> =, y <>(para "distinto"). El formato es idéntico al utilizado en Pascal.

Aquí se presenta un ejemplo factorial de la sección anterior, ejecutado con una construcción "Repeat Until".

```

Function Factorial (N)
F:=1
Repeat
F:=F*N
N:=N-1
Until (N=1)
Factorial:=F
End
Y= FACTORIAL (5){Y will be set to 120 when this statement executes}

```

Error Procedure.-

El Error de Procedimiento permite al usuario detener los cálculos si un valor proporcionado por una función o procedimiento se encuentra fuera del rango. El formato es el siguiente:

```
Call Error ('error message',X) ó Call Error(X)
```

donde "error message" es un carácter opcional encerrado dentro de comillas simples, y X es el valor del parámetro que causa el error. Si el mensaje de error no es proporcionado, EES generará el siguiente mensaje de error cuando se ejecute el procedimiento ERROR.

Los cálculos han sido detenidos porque un parámetro se encuentra fuera del rango. El valor del parámetro es XXX.

El valor de X proporcionado por el Procedimiento de Error sustituye a XXX. Si aparece un error de cadena, EES desplegará esa cadena, insertando el valor de X en el lugar de los caracteres XXX. Si una opción de formato, como F1 ó E4 seguidas por XXX, como se muestra en el siguiente ejemplo, el valor de X será formateado de acuerdo, de otro modo se aplicará un formato por defecto. El procedimiento ERROR será el más utilizado probablemente con una sentencia IF-THEN-ELSE, como el ejemplo siguiente.

```

Function abc (X,Y)
If (X<=0) Then CALL ERROR ('X must be greater than 0. A value of XXXE4 was
supplied',X)
abc :=Y/X
end

g:=abc (-3,4)

```

Cuando se nombra esta función, se desplegará el siguiente mensaje y los cálculos se detendrán: *X must be greater than 0. A value of -3000E0 was supplied.*

Library Files.-

EES permite que los ficheros que contienen uno o más funciones o procedimientos sean grabados como Archivo de ficheros (Library Files), con una extensión de fichero .LIB. Cuando comienza EES, éste automáticamente cargará todas las funciones y procedimientos en el archivo de ficheros que se encuentra en el subdirectorio de EES, USERLIB\.

El Archivo de ficheros también puede cargarse manualmente con el comando Load Library dentro del menú File.

Estas funciones son transparentes así que no aparecen en la ventana Equations, pero pueden utilizarse como funciones programadas de EES. Para crear un Archivo de ficheros, introducir una o más funciones o procedimientos dentro de la ventana Equations. Recopilar las ecuaciones utilizando Check, Solve ó Solve Table. Después, guardar el fichero con la extensión .LIB utilizando el comando Save As.

Las funciones y procedimientos de los Archivos de fichero, pueden proporcionar información de ayuda dentro de la ventana de diálogo Function Info, como ocurre con las funciones programadas. El texto de ayuda es sitúa en el fichero como un comentario entre corchetes. El primer carácter, que sigue al corchete de inicio, es \$ seguido por el nombre de la función o procedimiento. Las líneas siguientes, encima del corchete de cierre, son el texto de ayuda que será desplegado cuando el usuario seleccione el botón Info dentro de la ventana de diálogo Function Info.

El concepto de Archivo de ficheros es uno de las características más importantes de EES porque permite al usuario escribir fácilmente funciones personalizadas para el uso personal o para el uso de otros. El ejemplo siguiente utiliza un archivo de ficheros para proporcionar una integración numérica de funciones de cuarto orden Runge-Kutta dentro de EES.

El algoritmo Runge-Kutta se utiliza para resolver numéricamente una ecuación diferencial de la forma:

$$\frac{dY}{dX} = f(X,Y)$$

donde $f(X,Y)$ es cualquier función que incluya la variable dependiente Y y la variable independiente X .

" Y " debe tener un valor inicial conocido, Y_0 , correspondiente al valor inicial de X .

El algoritmo Runge-Kutta se ha llevado a cabo como un propósito general de la función de archivo llamada RK4. RK4 requiere cuatro parámetros: el valor inicial de X (Low X), el valor final de X (High X), el tamaño de paso (Step X), y el valor de Y en $X=Low(Y_0)$. La función corresponde al valor de Y en $X=High X$.

Las funciones RK4 nombran otra función, $fRK4(X,Y)$, para proporcionar el valor de dY/dX para los valores dados de X e Y .

Se proporciona una función de prueba $fRK4$ en el fichero RK4.LIB.

Actualmente el usuario anula la función de ensayo $fRK4$ introduciendo otra función RK4 dentro de la ventana Equations.

Las funciones RK4 y $fRK4$ han sido guardadas en un archivo de ficheros llamado RK4.LIB dentro de subdirectorio USERLIB\.. EES cargará estas funciones, cuando arranque. Si quieres abrir el fichero RK4.LIB dentro de EES, deberías ver las siguientes sentencias. Tener en cuenta cómo las funciones proporcionan un texto de ayuda como un comentario precedido por la clave \$.

```
FUNCTION fRK4(X,Y)
```

```
{ $fRK4
```

fRK4 es a user-supplied function to evaluate dY/dX. This function is used with the RK4 function to solve differential equations with the Runge-Kutta method. Enter a fRK4(X,Y) function in the Equation window to evaluate dY/dX for your problem. See the RK4 function for additional information.}

```
fRK4:=(Y+X)^2
```

```
END
```

```
FUNCTION RK4 (LowX, HighX,StepX,Y0)
```

```
{ $RK4
```

RK4 is a general purpose function which solves a first-order differential equation of the form dY/dX= fRK4(X,Y) using the Runge-Kutta 4th order algorithm. The RK4 function calls function fRK4(X,Y) supplied by the user to evaluate dY/dX at specified values of X and Y. The user must supply the fRK4 function.

RK4 requires four input parameters. LowX is the initial value of independent variable X and StepX is the step size. Y0 is the value of Y when X is equal to LowX.}

```
X:=LowX
```

```
Y:=Y0;
```

```
Tol:=0.1*StepX
```

```
10:
```

```
IF (X>HighX-tol) THEN GOTO 20
```

```
k1:=fRK4(X,Y)*StepX
```

```
k2:=Step X*Frk4(X+0.5*StepX,Y+0.5*k1)
```

```
k3:=Step X*Frk4(X+0.5*StepX,Y+0.5*k2)
```

```
k4:=Step X*Frk4(X+StepX,k3)
```

```
Y:= Y+k1/6 + (k2+k3)/3 + k4/6
```

```
X:=X+StepX;
```

```
20:
```

```
RK4:=Y
```

```
END
```

Suponer que deseas resolver numéricamente la ecuación utilizando la función RK4.

$$\int_0^2 X^2 dx$$

Debes proporcionar una función fRK4 para evaluar el integrando (en este caso es X^2). Teniendo en cuenta que RK4 estaba en el subdirectorio USERLIB\ cuando EES arrancó, sería necesario lo siguiente:

```
FUNCTION fRK4(X,Y)
```

```
fRK4: = X^2
```

```
end
```

```
V=RK4(0,2,0.1,0)
```

```
k2:=Step X*Frk4(X+0.5*StepX,Y+0.5*k1)
```

cuando resuelvas este problema, EES desplegará V=2,667 en la ventana Solution.

\$ Common Directive.-

El directorio \$ COMMOM proporciona un medio pasar información del programa principal a las funciones y procedimientos internos. El uso de \$ COMMOM Proporciona un a alternativa para trasladar valores como argumentos. Este directorio es similar en concepto, a la sentencia COMMOM de FORTRAN. Difiere de él en que el flujo de información es de un solo camino. Los valores variables pueden pasarse desde el programa principal a la función o procedimiento. De cualquier modo, la función o procedimiento puede que no asigne o altere estos valores.

El directorio \$ COMMOM debe seguir directamente a la declaración FUNCTION ó PROCEDURE dentro de la línea. Las variables que aparecen en la sentencia \$ COMMOM se separan entre comas, como en el ejemplo siguiente:

```
FUNCTION TESCOMMOM (X)
$ COMMOM B,C, D {variables B,C y D pertenecen al programa principal}
    TESTCOMMOM:= X+B+C+D
END
B=4; C=5; D=6
G=TESTCOMMOM (3)
```

\$ COMMOM debe utilizarse sólo con funciones y procedimientos que aparezcan en la ventana Equations. No deben utilizarse con funciones de archivo.

CAPÍTULO 6

COMPILED FUNCTIONS AND PROCEDURES.

EES proporciona un extenso archivo de funciones programadas, pero no es posible anticiparse a las necesidades de todos los usuarios. Una característica notable de EES es que es que el usuario puede añadir (y más tarde cambiar) funciones y procedimientos escritos en cualquier lenguaje, como Pascal, C o FORTRAN. Estas rutinas pueden tener cualquier número de argumentos. Las funciones corresponden a un valor sencillo, mientras que los procedimientos pueden corresponder a múltiples valores. Las rutinas recopiladas se utilizan exactamente de la misma forma que las funciones y procedimientos internos de EES. Esta capacidad da a EES una flexibilidad sin límites y constituye su característica más importante.

Las funciones recopiladas y los procedimientos son escritos como rutinas 16-bit dynamic Link Library (DLL) bajo el sistema operativo de Windows. Las funciones recopiladas se identifican con la extensión .DLF. Existen dos formatos para procedimientos recopilados identificados por las extensiones .DLP y.FDL. Cuando EES comienza, examina los ficheros existentes en el subdirectorio EES USERLIB\. Cualquier fichero que posea las extensiones .DLF, .DLP, ó .FDL son asumidos como funciones o procedimientos recopilados y son cargados automáticamente.

Las rutinas externas pueden cargarse también utilizando el comando Load Library dentro del menú File. El nombre de la función referido en EES es el nombre de fichero (sin la extensión).

Las funciones y procedimientos recopilados puede ponerse a funcionar con el comando Function Info (menú Options) para proporcionar un ejemplo y ayuda detallada cuando sea necesario. Las siguientes secciones de este capítulo proporcionan información detallada y ejemplos de funciones y procedimientos recopilados.

EES Compiled Functions(. DLF files)

Las funciones recopiladas pueden escribirse en C, en Pascal, o en cualquier lenguaje que pueda producir 16-bit DLL. La función de encabezamiento, de cualquier forma, tendrá un formato específico. Evitar tener que fijar un límite superior sobre el número de entradas, la información de entrada de una función recopilada se lleva a cabo como una lista relacionada. Éste consiste en un valor de extensión preciso y un indicador de la próxima entrada. La última entrada no indica nada. La función recopilada debería comprobar que el número de entradas proporcionadas en la lista es igual al número de funciones esperadas. (La función PWF del ejemplo de la sección siguiente muestra cómo puede hacerse esta comprobación). Aunque los valores de las entradas pueden cambiarse en la función, estos cambios son locales y EES hace caso omiso de ellos. La lista esquemática de una función recopilada en Borlans's Turbo Pascal es la que sigue:

```

Library XTRNFUNC;
{ $N+}

type
  ParamRecPtr=`ParamRec;
  ParamRec= record {defines structure of the linked list of inputs}
    Value: extended;
    next :ParamRecPtr;
end;

function FuncName (var Pstring: string; Mode: integer; Inputs;
  ParamRecPtr): extended; export
begin
...
...
  FuncName:=Value;{FuncName must be extended precision}
end;

exports FuncName;

begin
end.

```

El interés principal es la función del título. Para poder ser reconocido por EES, el nombre de la función, denominada FuncName en el ejemplo anterior, deberá ser igual al nombre de fichero. La sentencia de la función posee tres argumentos.

PString es una serie Pascal de 225 caracteres. El primer carácter contiene la longitud actual de la serie. PString puede utilizarse para las entradas y salidas. Si el primer parámetro proporcionado en la función de EES es una serie (dentro de comillas simples), Ees pasará esta serie a la rutina externa. Si se hallara un error PString deberá insertar un mensaje de error en la rutina externa. Si la longitud de PString no es cero, EES determinará los cálculos y mostrará un mensaje de error.

"Mode" es un número entero fijado por EES. Si Mode =-1 EES solicita que la función corresponda a un ejemplo en PString de la función mencionada. Si Mode ≥0, la función corresponderá simplemente al valor de la función. Normalmente, EES no utiliza el valor que corresponde a Mode.

"Inputs" son indicadores del título de la lista de relaciones de los valores de entrada proporcionados por EES. Cada entrada consiste en un valor y un indicador de la siguiente entrada, como se indica en la estructura ParamRec. La función puede tener una o más entradas. La parcela siguiente de la última entrada será un indicador nulo. La función debería contabilizar las entradas para asegurarse que el número proporcionado es como se esperaba, y para poder utilizar un mensaje de error en PString si no fuera el caso.

The Pwf Compiled Function.-

EES no posee ninguna función económica interna. La función económica denominada PWF (Present Worth Factor)⁴, ha sido añadida como una función recopilada PWF es el valor presente de una serie de N futuros pagos que aumentan de un modo excesivo en un interés **i** por periodo para el tiempo del valor del dinero con un descuento comercial de interés por periodo **d**.

La ecuación PWF es:

$$PWF(N,i,d) = \sum_{j=1}^N \frac{(1+i)^{j-1}}{(1+d)^j} = \begin{cases} \frac{1}{d-i} \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^N \right] & \text{si } i \neq d \\ \frac{N}{1+i} & \text{si } i = d \end{cases}$$

donde:

N es el número de periodos (Ej. años)

i es el interés por periodo, expresado como fracción.

d es el descuento comercial por periodo, expresado como una fracción.

Una función recopilada, denominada PWF se ha escrito para realizar este cálculo económico. Esta función se almacena en el fichero PWF.DLF dentro del disco EES.

EES trata esta función recopilada como cualquiera de sus funciones internas.

A continuación, en la páginas siguientes, se muestra la lista completa para la función recopilada PWF escrita en Turbo Pascal para Windows, versión 7.0.

Además se incluyen otras tres funciones recopiladas en EES. Estas funciones llevan a cabo una ecuación de estado generalizada utilizando la "Ecuación Redlich-Kwong-Soave"⁵.

Compressibility (Tr,Pr, W) corresponde a la compresibilidad de un gas, es decir, la proporción entre el volumen específico del gas y el volumen de un gas ideal en las mismas condiciones.

Tr es la temperatura reducida

Pr es la presión reducida

W es el factor acéntrico

El tercer parámetro es opcional.

EnthalpyDep (Tr, Pr,W) corresponde al valor: $d(h[\text{ideal}]-h)/(R T_c)$. El numerador de la fracción corresponde a la desviación de entalpía, es decir, la diferencia de entalpía entre un gas ideal y un gas real a la misma presión y temperatura.

R es la constante del gas y Tc es la temperatura crítica.

El valor correspondiente es adimensional.

⁴ Duffie, J.A. and Beckman, W.A., "Solar Engineering of Thermal Processes", 2nd edition, J. Wiley and Sons, 1992, Chapter 11.

⁵ G. Soave, Chem. Eng. Science, Vol.27, pp. 1197-1203, 1972.

EntropyDep (Tr, Pr,W) corresponde al valor adimensional de: $(s[\text{ideal}]-s)/R$ donde el numerador corresponde a la desviación de entropía, es decir, la diferencia de entropía entre un gas ideal y un gas real a la misma temperatura y presión. R es la constante del gas.

Listing of the PWF Compiled Function in Borland's Turbo Pascal.-

(copiar)

Cuando se recopila este código Pascal con el "Turbo Pascal Compiler" para Windows, se crea una rutina de archivo dinámico de relación. El compilador genera automáticamente una extensión de ficheros .DLL para el código recopilado. EES debe distinguir las funciones recopiladas de los procedimientos recopilados, mediante la extensión del fichero.

Las funciones recopiladas deben tener una extensión de fichero .DLF. Utilizar "Windows File Manager" o regresar a DOS para volver a nombrar el fichero recopilado de modo que tenga extensión .DLF.

Acceder a la función externa PWF mediante un sentencia de la siguiente forma en tu programa EES.

P=PWF (Periods,Interest,Discount)

EES Compiled Procedures (.FDL and .DLP Files) (procedimientos recopilados en EES)

Los procedimientos recopilados en EES son muy similares a las funciones recopiladas en EES. En cualquiera de los casos, el usuario suministra la función o procedimiento de la forma recopilada como se hace en una rutina de archivo dinámico de relación en Windows.

La diferencia principal entre funciones y procedimientos es que a los procedimientos le pueden corresponder uno o más valores, mientras que a una función sólo le puede corresponder un valor. Los procedimientos son útiles, por ejemplo, en las evaluaciones de las propiedades termodinámicas donde van a determinarse muchas propiedades (Ej. : volumen, entalpía, entropía, etc.), donde un grupo de variables independientes (Ej. : temperatura y presión).

Los procedimientos externos son escritos como "16-bit dynamic Link Libraries" (DLL'S) en el sistema operativo de Windows. Existen dos formatos de procedimientos externos; ambos difieren en la manera en que EES intercambia información con la rutina externa. El formato .FDL pasa entradas y salidas con una doble precisión de puntos de orden flotantes que puede contener más de 25 elementos.

El formato .DLP pasa entradas y salidas como listas de relación de modo que no existen límites en el número de entradas y salidas.

EES identifica el formato mediante la extensión de ficheros que debe ser .FDL ó .DLP. Los procedimientos externos escritos en FORTRAN estándar deberán tener una extensión de fichero .FDL desde el que no es posible ejecutar una lista de relación en FORTRAN. Los procedimientos en C y Pascal pueden utilizar cualquier formato.

Desde EES se accede a los procedimientos recopilados con la sentencia CALL que posee el siguiente formato:

```
CALL procname('text', A,B:X,Y,Z)
```

donde :

"procname" es el nombre del procedimiento

'text' es un texto opcional entre simples comillas que será trasladado al procedimiento.

"A y B" son entradas. Pueden existir una o más entradas separadas por comas, que aparecen a la izquierda de los dos puntos. Las entradas pueden ser constantes numéricas, nombres de variables EES o expresiones algebraicas.

"X, Y y Z " son salidas determinadas por el procedimiento. Habrá una o más salidas a la derecha de los dos puntos, separadas por comas. Pueden ser nombres de variables EES.

Tener en cuenta que la sentencia CALL utilizada para acceder a las funciones recopiladas es idéntica en formato a la sentencia CALL utilizada para los Procedimientos Internos EES.

Las dos siguientes secciones describen los formatos del procedimiento externo .FDL y .DLP y proporciona un ejemplo simple que puede servir como modelo.

Compiled Procedures With The .FDL Format. (Procedimientos recopilados con el formato .FDL)
A FORTRAN Example (Un ejemplo de FORTRAN)

El formato .FDL se ilustra con el siguiente fragmento de subrutina de FORTRAN.

```
SUBROUTINE MDASF (S,MODE, NINPUTS, INPUTS, NOUTPUTS,OUTPUTS)
INTEGER*G MODE, NINPUTS, NOUTPUTS
REAL*8 INPUTS (25), OUTPUTS(25)
CHARACTER*255 S
...
RETURN
END
```

S es una terminación nula del carácter de la serie C-Style que contiene 225 caracteres. Si el primer parámetro en la sentencia de llamada (Call) es un texto en serie (entre simples comillas), EES pasará esta serie al programa FORTRAN. Cuando EES llame la subrutina con MODE=-1, se preguntará por un ejemplo de la secuencia nombrada de este procedimiento perteneciente a EES para situarlo en S de modo que pueda ser mostrado en la ventana Function Info Dialog. S también se utiliza para regresar los mensajes de error proporcionados por el usuario, si fuera necesario. Si se detectará un error en la subrutina, MODE debería fijar un valor mayor que 0 para señalar a EES donde terminará los cálculos. Si S es definido, será mostrado en el mensaje de error EES. En una operación normal, MODE=0 y S no se necesita definir.

NINPUTS Y NOUPUTS son el número de entradas y salidas proporcionadas por EES. La rutina debería comprobar si se corresponden con el número esperado de entradas y salidas y corresponde una condición de error (MODE>0). INPUTS y OUTPUTS son matrices de valores de 25REAL*8. EES proporciona los valores en la matriz de INPUTS. Los resultados calculados por la subrutina son situados en OUTPUTS.

El programa externo debe ser recopilado relacionado como una rutina DLL (Dynamic Link Library). El procedimiento de compilación difiere entre diferentes lenguajes y compiladores. Para recopilar y relacionar un procedimiento externo FORTRAN llamado MDASF como un DLL en el entorno de Microsoft FORTRAN 5.1, para producir un procedimiento externo EES llamado MDASF.FDL, deberías introducir:

```
Fl/c/Aw/Gw MDASF.FOR
Link MDASF, MDASF.FDL, NUL,/NOD LDLLFEW, MADSF.DEF
```

Las opciones de compilación y relación están definidas en los manuales Microsoft FORTRAN. Se requiere una definición de fichero MDASF.DEF. Este tiene el siguiente formato:

```
LIBRARY MDASF
DESCRIPTION 'MDASF TEST FDL'
APPLoader '__MSLANGLOAD'
EXETYPE WINDOWS 3.0
CODE PRELOAD MOVEABLE DISCARDABLE
DATA PRELOAD MOVEABLE SINGLE
HEAPSIZE 1024
EXPORTS MDASF @1
        WEP @2 RESIDENTNAME
```

El programa simple FORTRAN listado a continuación proporciona el producto, división, suma y diferencia entre dos variables de entrada. Este programa deberá proporcionar un modelo para la escritura de los procedimientos externos EES en FORTRAN.

```
        SUBROUTINE MDASF (S,MODE, NINPUTS, INPUTS,
        NOUTPUTS,OUTPUTS)
        INTEGER*G MODE, NINPUTS, NOUTPUTS
        REAL*8 INPUTS (25), OUTPUTS(25)
        CHARACTER*255 S
C.
        IF (MODE.EQ.-1) GOTO 900
        IF (NINPUTS.NE.2) GOTO 100
        IF (NOUTPUTS.NE.4) GOTO 200
C. DO CALCULATIONS
        X=INPUTS(1)
        Y=INPUTS(2)
        IF (ABS(Y).LE.1E-9) GOTO 300
        OUTPUTS(1)=X*Y
        OUTPUTS(2)=X/Y
        OUTPUTS(3)=X+Y
        OUTPUTS(4)=X-Y
        MODE=0
        S=' ' C
        RETURN
100 CONTINUE
C. ERROR: THE NUMBER OF INPUTS ISN'T WHAT THIS SUBROUTINE
EXPECTS.
C. NOTE: SET MODE >0 IF AN ERROR IS DETECTED. IF S IS EQUAL TO A
C. NULL STRING, THEN EES WILL DISPLAY THE MODE NUMBER IN AN
ERROR
C. MESSAGE. IF S IS DEFINED, EES WILL DISPLAY THE STRING IN THE
C. ERROR MESSAGE. THE C AT THE END OF THE STRING INDICATES C-
STYLE
C. S='MDASF REQUIRES 2 INPUTS' C
        MODE=1
```

```
S='MDASF EXPECTS TO PROVIDE 4 OUTPUTS' C
MODE=2
RETURN
300 CONTINUE
S='DIVISION BY ZERO IN MDASF ' C
MODE=3
RETURN
900 CONTINUE
C. PROVIDE AN EXAMPLE OF THE CALLING FORMAT WHEN MODE=-1
S='CALL MDASF(X,Y:A,B,C,D)' C
RETURN
END
```

Compiled Procedures With The .DLP Format. A Pascal Example.-(Ejemplo Pascal)

El formato .FDL descrito anteriormente fue ilustrado en FORTRAN, pero puede ser ejecutado en cualquier lenguaje recopilado. El formato denominado .DLP descrito en esta sección utiliza listas de relación para entradas y salidas, y por ello no es recomendable su uso con FORTRAN. No existe esencialmente diferencias de eficiencia entre ambos formatos. Los dos son proporcionados para la compatibilidad y completa flexibilidad.

Los procedimientos recopilados utilizando el formato .DLP son muy similares a las funciones recopiladas (Ficheros .DLF) descritos previamente. La única diferencia es que el procedimiento debe poseer, además de una lista de relación de valores de entrada, una lista de relación de valores de salida.

La secuencia nombrada por un procedimiento recopilado Pascal con el formato .DLP posee el siguiente formato:

```
procedure procname (varPString):string;Mode:integer; Inputs.Outputs:ParamRecPtr);  
PString, Mode e Inputs son idénticos a sus partes correspondientes para las funciones  
recopiladas EES. Outputs es una lista de relación de valores extendidos que  
proporcionan los resultados de los cálculos a EES en el orden en el que ellos aparecen  
dentro de la sentencia CALL.
```

A continuación se muestra un listado completo de un procedimiento recopilado EES, denominado MDAS (un acrónimo de MyDearAuntSally) que proporciona el producto, división, suma y diferencia entre dos valores de entrada. (Se trata del mismo programa utilizado en el ejemplo .FDL). El código comprueba que le número de entradas y salidas suministradas por la sentencia CALL son las esperadas por la rutina antes de que se realicen los cálculos, y fijar PString a un mensaje de error si éste no fuera el caso.

Example Compiled Procedure (.DLP) in Borland's Turbo Pascal

```
library USERPROC;  
{ $N+ }  
cons Example =-1;  
  
type  
    ParamRecPtr=^ParamRec;  
    ParamRec=record  
        Value:extended;  
        Next:ParamRecPtr;  
    end;  
  
function Count Values (P:ParamRecPtr): integer;  
    var N: integer;  
    begin  
        N:=0;  
        while (P<>nil) do begin  
            N:=N+1;P:=P^.next  
        end;  
        Count Values:=N;  
    end;{Count Values}
```

```

procedure MDAS (varPString: string; Mode:integer;Inputs,Outputs:ParamRecPtr);export;

procedure MyDearAuntSally;
  var P1,P2:extended;P:ParamRecPtr;
  begin
    PString :=";
    P := Inputs;
    P1 :=P^.Value;
    P :=P^.next;
    P2:=P^.Value;
    P := Outputs;
    P^.Value:=P1*P2;
    P :=P^.next;
    P^.Value:= P1/P2;
    P :=P^.next;
    P^.Value:=P1+P2;
    P :=P^.next;
    P^.Value:=P1-P2;
  end;{doCall}

begin {MDAS}
if (Mode=Example) then
  Pstring:='MDAS (In1,In2:Out1,Out2, Out3,Out4)'
else begin
  if (Count Values (Inputs)<>2) then begin
    PString:='Wrong number of outputs for MDAS.';exit;
  end;
MyDearAuntSally
  end;
end; {MDAS}

exports MDAS;
begin { no initiation code needed}
end.

```

Help for Compiled Functions and Procedures (Ayuda)

El diálogo Function Info (menú Options) tiene un botón INFO, el cual cuando se utiliza proporciona una ventana de texto explicando el uso de la función seleccionada. La información de este tipo puede ser proporcionada opcionalmente por funciones y procedimientos recopilados de la misma manera que las funciones programadas. Cuando el usuario pulsa el botón INFO, EES buscará un fichero con el nombre de la rutina recopilada y la extensión .HLP. Este fichero deberá contener el texto ASCII explicando la operación de la función. Este texto será mostrado si el fichero se encuentra en el directorio en el que se localizan la aplicación EES; por otra parte, aparecerá un mensaje que explicará que la ayuda no está disponible para este artículo.

El texto ASCII dentro del fichero .HLP deberá ser formateado. Las líneas que debido a su longitud no encajen dentro de la ventana Help, se partirán y serán adaptadas si fuera necesario. Pueden utilizarse líneas y espacios en blanco para hacer más claro el texto.

CAPÍTULO 7

ADVANCED FEATURES.- (Características avanzadas)

Las características avanzadas en EES, permiten al programa trabajar con variables de orden y resolver simultáneamente ecuaciones algebraicas y diferenciales. Los comandos y funciones que ejecutan estas características son descritas en este capítulo e ilustradas con ejemplos.

Array Variables.- (Variables de orden)

EES reconoce una variable de orden situando el índice matricial o de orden entre corchetes, Ej. X[5]. Las variables de orden multidimensional pueden utilizarse también, con los índices separados por comas, Ej.: Z[1,2,3]. Los requerimientos especiales que requieren estas variables son:

1. Un índice matricial puede ser un número entero, una variable EES que haya sido previamente fijada a un valor constante, la función Table Run #, o una expresión algebraica que relacione estas cantidades con los operadores +, -, * y /.
El índice aritmético se realiza de izquierda a derecha. Por ejemplo, X[2*3+1] será transformada en X[7]. X[1+2*3] será transformado en X[9]. El índice de variable para la orden DUPLICATE o las funciones suma o producto, pueden utilizarse en cualquier expresión matricial como se ha mostrado anteriormente.
2. El rango válido de valores de índice se encuentra entre -32766 y +32767, incluido el cero.
3. El paréntesis derecho deberá ser el último carácter en el nombre de la variable.
4. La longitud total en el nombre de la variable, incluidos los paréntesis y el valor entero del índice, no deberá exceder de los 30 caracteres.

EES trata a las variables de orden ó matriciales de forma diferente a lo que hace FORTRAN o Pascal. En EES, cada variable, tiene un solo nombre de variable. El valor estimado y los límites pueden especificarse para X[99] con el comando Variable Info, al igual que para cualquier otra variable. Se puede (pero no es aconsejable) tener nombres de variables EES de X, X[1], X[2,3] todas dentro del mismo sistema de ecuaciones. El hecho de que X[99] aparezca en la ventana Equations, no quiere decir que EES reserve la memoria de 99 elementos. La memoria se asigna sólo a los elementos que aparezcan en las ecuaciones.

Las variables de orden pueden ser muy útiles de varias formas. Proporcionan un medio de agrupar variables del mismo tipo. Por ejemplo, las temperaturas en el mismo estado en un sistema, puede escribirse como T[1], T[2], etc.

De cualquier modo es importante que las variables de orden puedan utilizarse con el comando DUPLICATE y las funciones suma y producto para proporcionar capacidad matricial, y por tanto, reducir significativamente la "cantidad de mecanografía" necesaria en algunos problemas.

The DUPLICATE Comand.-(La orden "DUPLICATE")

Esta orden proporciona una forma muy abreviada (taquigrafía) de introducir ecuaciones dentro de EES. Las ecuaciones que vayan a ser duplicadas están encerradas entre las palabras de comando DUPLICATE y END.

DUPLICATE es útil sólo cuando se utiliza con variables de orden o matriciales. Por ejemplo, en las sentencias siguientes:

```
N=5
X[1]=1
DUPLICATE J=2,N
X[J]= X[J-1]+J
END
```

Son equivalentes a:

```
X[1]=1
X[2]=X[1]+2
X[3]=X[2]+3
X[4]=X[3]+4
X[5]=X[4]+5
```

Tener en cuenta que dentro del alcance del comando DUPLICATE, el índice de variable correspondiente (j en el ejemplo anterior) puede utilizarse en una expresión algebraica para el índice de orden o matricial.

Los requerimientos del formato especial pertenecientes al comando DUPLICATE son los siguientes:

1. El comando DUPLICATE debe estar sobre su propia línea en la ventana Equations o separada de otras ecuaciones con un punto y coma.
2. Los límites superior e inferior especificados para el índice variable en el comando DUPLICATE deben ser enteros, variables EES previamente asignadas a valores constantes, o la función TableRun #.
3. Los comandos DUPLICATE pueden encajarse dentro de otros con la profundidad que se desee. De cualquier modo, cada comando DUPLICATE deberá utilizar un nombre de variable de índice diferente y deberá terminar con el comando END. El límite superior y el inferior de un DUPLICATE interno puede ser el valor de índice de un DUPLICATE externo, por ejemplo:

```
DUPLICATE i=1,5; DUPLICATE J=I,6; X[i,j]=i*j; END; END
```

4. El comando END finaliza el último comando DUPLICATE abierto.

Matrix Capabilities.- (Capacidades de la matriz)

Muchos problemas de ingeniería pueden formularse dentro de un sistema lineal de ecuaciones algebraicas de la forma:

$$[A] [X] = [B]$$

donde [A] es una matriz cuadrada de coeficientes, y [X] y [B] son vectores. Normalmente, la ecuación matricial se resuelve para determinar los elementos en el vector [X] para los conocidos [A] y [B]. En este caso,

$$[X] = [A]^{-1}[B]$$

EES puede resolver directamente las ecuaciones representadas por $[A] [X] = [B]$ introduciendo cada ecuación directamente en la ventana Equations, en cualquier formato n orden. De cualquier modo, un método conveniente para resolver estas ecuaciones en EES es hacer uso de la capacidad matricial. EES puede resolver ecuaciones matriciales, formuladas con variables de orden, utilizando el comando DUPLICATE y la función "sum".

Por ejemplo, considerar el siguiente problema de transferencia de calor por radiación, en el que [A] y [B] se dan a continuación, y se va a determinar el vector [X]⁶.

$$[A] = \begin{bmatrix} 10 & -1 & -1 \\ -1 & 333 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad [B] = \begin{bmatrix} 940584 \\ 4725 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Las ecuaciones requeridas en EES para resolver este problema son las siguientes:

Gráfico

Los elementos calculados a la matriz X aparecerán en la ventana Arrays.

⁶ Incropera, F.P. and De Witt, D.P., "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", 2nd edition, John Wiley and Sons, 1985, Chapter 13.

Gráfico

Tener en cuenta que no va a ser necesario determinar la inversa de $[A]$ para obtener la solución. En efecto, EES calcula la matriz inversa internamente, si fuera necesario resolver estas y otras ecuaciones simultáneas. De cualquier modo, la matriz inversa $[A]^{-1}$ puede determinarse, si se desea, fijando el producto matricial $[A] [A]^{-1}$ a la matriz identidad de la manera siguiente:

Gráfico

La matriz inversa A_{inv} aparecerá en columnas en la ventana Arrays.

Gráfico

Los dos ejemplos anteriores proporcionan un procedimiento general para determinar el producto de una matriz y un vector, o el producto de dos matrices. Utilizando el comando DUPLICATE con variables de orden en EES, no resulta más eficiente que la alternativa de introducir cada ecuación separadamente con nombres de variables no-matriciales; de cualquier modo, las capacidades matriciales en EES pueden reducir significativamente la cantidad de mecanografía requerida para introducir el problema y hacen las ecuaciones más fáciles de seguir.

\$INCLUDE Directive.-

El directorio \$INCLUDE permite incluir y recopilar los contenidos de un texto especificado de fichero, con las ecuaciones dentro de la ventana Equations. El formato es:

\$INCLUDE Filename.txt

El \$ debe situarse en la primera columna de la línea. Filename.txt puede ser cualquier nombre de fichero permitido en DOS, incluyendo las especificaciones de disco y directorio. Este fichero debe ser un fichero de texto ASCII. Las ecuaciones serán recopiladas, pero no se mostrarán en la ventana Equations. Las variables en estas ecuaciones también se ocultarán a menos que su formato se cambie explícitamente.

El directorio \$INCLUDE puede utilizarse para cargar un sistema de constantes comúnmente utilizadas o factores de conversión o partes ocultas a la vista de problemas muy extensos. Las ecuaciones pueden ser cargadas también desde un fichero, con la orden Merge (menú File), pero en este caso, las ecuaciones serán situadas en la ventana Equations.

Using The Property Plot.-

El artículo del menú "Property Plot" en el menú "Plot", genera diagramas T-S, T-V, P-V, ó P-h para cualquiera de los fluidos de la base de datos. Se genera una carta psicrométrica si se selecciona la sustancia AIRH₂O.

La propiedad de gráfico o trazado se sitúa en una de las ventanas de gráfico o trazado. Esto es lo más conveniente si se utilizan variables de orden para variables termodinámicas. Otro beneficio del uso de variables de orden es que los datos de propiedad de estado aparecen dentro de Arrays Tables en forma tabular.

El gráfico P-h que aparece a continuación, muestra los puntos de estado para un ciclo simple de refrigeración operando entre la temperatura del evaporador de 10°C y la temperatura del condensador de 48°C, con una eficiencia isoentrópica en el compresor de 0.70. El gráfico se preparó produciendo primero una gráfica P-h para R12 con isothermas en 10°C y 48°C utilizando el comando "Property Plot", y a continuación, sobreponer los órdenes o matrices P[i] y h[i] para los cuatro puntos de estado en el análisis del ciclo de refrigeración. Las ecuaciones pueden encontrarse dentro del fichero REFRIG.EES en el subdirectorio Examples.

Gráfico

Solving Differential Equations.- (Resolviendo ecuaciones diferenciales)

El valor inicial de las ecuaciones diferenciales puede resolverse de varias formas con EES. El capítulo 5 describe una función "Library" incluida con EES en el subdirectorio que incluye un algoritmo de 4º orden Runge-Kutta. Este método se utiliza sólo si la derivada puede ser expresada explícitamente como una función de variables dependientes e independientes. Esta sección demuestra dos formas de resolver ecuaciones algebraicas simultáneas y ecuaciones diferenciales utilizando la función "Integral" ó la función "Table Value" en conjunción con "ParametricTable".

Method 1: Solving Differential Equations with the Integral Function.-

El formato es
$$\int_{t_1}^{t_2} f dt = \text{Integral}(f, t)$$

"f" puede ser cualquier variables o expresión, y "t" es un nombre de variable que tenga valores definidos en una de las columnas de la Tabla Paramétrica. Los límites inferior y superior de integración son los valores "First" y "Last" (Primero y Último), respectivamente. Cuando se resuelve una ecuación diferencial, "f" es la primera derivada de una variable como X con respecto a "t"; por ejemplo: $f = dX/dt$. Los valores especificados de t, se calculan introduciendo:

$$X = X_i + \text{Integral}(f, t)$$

donde X_i es el valor inicial de X.

Como ejemplo, considerar el problema de determinación tiempo-temperatura uniforme de 400°C. La esfera es expuesta a aire con una temperatura de 20°C y un coeficiente de convección de $h = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$. Las propiedades termofísicas del material son:

$$\begin{aligned} \rho &= \text{density} = 3000 \text{ Kg/m}^3 \\ k &= \text{Thermal conductivity} = 20 \text{ W/m} \cdot \text{k} \\ c &= \text{specific heat} = 1000 \text{ J/kg} \cdot \text{k} \end{aligned}$$

El cálculo del número Biot indicará que la esfera puede ser tratada como un sistema global y por ello puede asumir una temperatura uniforme en cualquier instante⁷. La relación entre la temperatura de la esfera y el tiempo se da por un balance energético en la esfera, que resulta de la siguiente ecuación diferencial:

$$-h \cdot A \cdot (T - T_\infty) = \rho \cdot V \cdot \frac{dT}{dt}$$

⁷ Incropera, F.P. and De Witt, D.P., "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", 2nd edition, John Wiley and Sons, 1985, Chapter 5.

Donde:

T es la temperatura uniforme de la esfera en cualquier instante.

T_{∞} es la temperatura del flujo del aire=20°C

A es el área de superficie de la esfera= $4\pi r^2$

V es el volumen de la esfera= $4/3\pi r^3$

t es el tiempo

Esta ecuación diferencial tiene la siguiente solución analítica que puede utilizarse para comprobar la exactitud de la solución numérica proporcionada por EES.

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = \exp \left[\frac{-h \cdot A}{\rho \cdot V} \cdot t \right]$$

Para resolver numéricamente la ecuación diferencial en EES, se introducen las siguientes ecuaciones.

Gráfico

Después, se genera una Tabla Paramétrica con el comando New Table en el menú Parametrics. Selecciona: T, Time y Textact, como las tres variables a incluir en la tabla. Introducir 11 ejecuciones que permitirán la creación de la historia tiempo-temperatura para los 100 segundos comenzando en 0 con intervalos de 10 segundos. Aparecerá la ventana de diálogo New Table como se muestra a continuación.

Presionar el botón OK. Es necesario introducir en la tabla los valores de Tiempo para los que van a ser calculados los de Temperatura. Se ha elegido un periodo de 100 segundos. Con un periodo fijado, los valores de Tiempo pueden introducirse más fácilmente presionando sobre el control en la parte superior derecha de la columna Tiempo. Introducir 0 como primer valor. Fijar el control de la lista continua en 'Increment' e introducir 100 para 'Increment', como se muestra.

Gráfico
Gráfico

El valor de Tiempo desde 0 a 100 será introducido automáticamente en la tabla cuando pulses el botón OK y se mostrará en tipo normal. Ahora, seleccionar Solve Table del menú Calculate para calcular los valores analíticos y numéricos de temperatura, correspondientes a cada valor de Tiempo de la tabla. Cuando se completen los cálculos, la ventana Parametric Table mostrará las soluciones. Los valores calculados serán mostrados en negrita. (El formato de los valores calculados en Parametric Table pueden fijarse utilizando el comando Preferences dentro del menú Options). El gráfico muestra que la temperatura determinada numéricamente, corresponde exactamente a la solución analítica.

gráfico
gráfico

Method 2: Solving Differential Equations with the Table Value Function.-

En esta sección, resolveremos la misma ecuación diferencial de 1^{er} orden descrita en el Método 1.

$$-h \cdot A \cdot (T - T_{\infty}) = \rho \cdot V \cdot \frac{dT}{dt}$$

La diferencial se aproxima a:

$$\frac{dT}{dt} \approx \frac{T^{\text{new}} - T^{\text{old}}}{\Delta}$$

T^{new} es la temperatura actual que va a ser calculada.

T^{old} es la temperatura de un tiempo anterior que puede hallarse en la fila previa de Parametric Table utilizando la función TableValue. Esta función corresponde al valor de la columna y fila especificadas en Parametric Table, como se describe en el Capítulo 4. Con esta función, es posible acceder a los valores de variables calculados en ejecuciones previas durante los cálculos de Solve Table.

Δ es el incremento de tiempo que pertenece a la diferencia entre los valores actuales y previos de la variable Tiempo.

Los métodos explícito (Enter's method) e implícito (Crank-Nicolson), son utilizados para resolver estas ecuaciones diferenciales de 1^{er} orden y compararlas con la solución exacta. En el método Enter, sólo se utilizan las temperaturas anteriores para evaluar la parte derecha de la ecuación diferencial. En el método Crank-Nicolson, se utiliza la media entre las temperaturas anterior y actual. Este método es implícito porque la temperatura actual no ha sido determinada todavía. El método implícito no es más difícil de ejecutar desde que EES se designa para resolver ecuaciones implícitas. A continuación se muestran todas las ecuaciones listadas, necesarias para resolver este problema.

La mayoría de las ecuaciones son idénticas de las utilizadas en el Método 1.

T-Euler es la temperatura calculada por el método Euler.

T-CN es la temperatura calculada por el método Crank-Nicolson.

(En las ventanas Formatted Equations y Solutions, estas variables se visualizarán como T_{Euler} y T_{CN} , respectivamente). Para proceder, deberá definirse una Tabla Paramétrica, como en el Método 1. Los valores de T_{Euler} , T_{CN} y T_{exact} en la primera línea de la tabla, correspondientes a Tiempo=0, son las condiciones iniciales, y sus valores deben introducirse (400°C).

Después se utiliza el comando Solve Table para completar la tabla, con los cálculos comenzando en Run 2.

La variable llamada Row, se utiliza aquí para convertir los valores de tiempo introducidos, en incrementos iguales en la tabla a un número de fila.

Alternativamente, la variable Row podría ser incluida dentro de una columna de la Tabla Paramétrica, o podría utilizarse la función programada TableRun#⁸.

⁸ El uso de la clave TableRun# obliga a comprobar a EES las ecuaciones después de los cálculos de cada fila completa en Parametric Table, para ver si cambian las ecuaciones por el uso TableRun#.

Consecuentemente, es preferible utilizar una variable, por ej. Row, definida en Parametric Table con números secuenciales, el número de fila en la tabla.

gráfico

A continuación se muestra la tabla completa con las soluciones analíticas y numéricas. Los valores calculados se muestran en negrita. Es evidente que el Método Euler no proporciona con seguridad una solución como la obtenida con el Método 1 o con el Método Crank-Nicolson. Puede obtenerse una seguridad mayor, reduciendo el intervalo de tiempo, pero esto requeriría un esfuerzo computacional adicional y espacio de almacenamiento.

Gráfico

APÉNDICE A

HINTS FOR USING EES (Consejos para el uso de EES)

1. El comando Variable Info dentro de la ventana del menú Options produce un listado alfabético de todas las variables que aparecen dentro de la ventana Equations. Comprobar esta lista para asegurarte no se haya deletreado ningún nombre de variable.
2. La ventana Residuals proporciona una indicación sobre la seguridad en la que se han resuelto cada ecuación importante dentro de la ventana Equations y el orden de resolución. Un examen de los residuales indica las ecuaciones que no se resolvieron, cuando EES indica que no se ha encontrado alguna solución.
3. Si tus ecuaciones no convergen, puede que los valores estimados sean pobres. En este caso, el problema puede resolverse introduciendo ecuaciones que fijen valores estimados para una o más variables desconocidas y modificando las ecuaciones que fijen para una o más variables desconocidas y modificando las ecuaciones si es necesario asegurar el mismo número de ecuaciones y variables. Si se obtuviera una solución, utilizar Update Guesses (en el menú Calculate) para fijar el valor estimado de todas las variables a sus valores actuales. Después, hacer regresar a su forma original la ventana Equations y resolver de nuevo.
4. Si EES no es capaz de resolver tu sistema de ecuaciones no lineales, intenta intercambiar variables dependientes e independientes para conseguir un sistema de ecuaciones más fácil de resolver.

Por ejemplo, EES puede que no sea capaz de resolver las siguientes ecuaciones de intercambio de calor para determinar NTU con los valores y límites estimados por defecto.

```
Eff=9
Cmax=432
Cmin=251
Eff=(1-exp(-NTU*(1-Cmin/CMAX)))/(1-(Cmin/Cmax)*exp(-Ntu*(1-
Cmin/Cmax)))
```

De cualquier modo, las ecuaciones podrían resolverse más fácilmente si el valor de NTU fuera especificado en lugar de Eff.

```
NTU=5
Cmax=435
Cmin=251
Eff=1-exp(-NTU*(1-(Cmin/Cmax)))/(1-(Cmin/Cmax)*Exp(-NTU*(1-
Cmin/Cmax)))
```

Una serie de ensayos indicarán que NTU debe estar entre 3 y 5 para Eff=0.9. Fijando el valor aproximado para NTU de 4, permitirá a EES determinar más rápidamente el valor final de 3.729.

5. Una forma segura de resolver problemas difíciles con EES, es añadir una variable adicional de forma que el problema tenga un grado más de libertad. Después, utilizar Parametric Table para variar los valores de una de las variables implícitas para poder encontrar la solución en la que la variable adicional tenga un valor cero. Por ejemplo, considerar el siguiente cálculo de radiación en el que va a determinarse el valor de T. Las primeras tres ecuaciones deben resolverse simultáneamente, no son lineales porque T se eleva a una potencia cuarta. EES puede tener dificultades para determinar la solución, dependiendo de los valores estimados supuestos.

$$\begin{aligned} QL &= AL * \text{Sigma} * (T^4 - TL^4) \\ QB &= AH * \text{Sigma} * (TH^4 - T^4) \\ QL &= QB \\ \text{Sigma} &= 0.1718E-8 \\ AL &= .5; AH = 1; TL = 300; TH = 1000 \end{aligned}$$

De forma alternativa, añadir otra variable, "Delta", tal que:

$$\begin{aligned} QL &= AL * \text{Sigma} * (T^4 - TL^4) \\ QB &= AH * \text{Sigma} * (TH^4 - T^4) + \text{Delta} \\ QL &= QB \\ \text{Sigma} &= 0.1718E-8 \\ AL &= .5; AH = 1; TL = 300; TH = 1000 \end{aligned}$$

Ahora, se presenta una Tabla Paramétrica que contiene las variables T y Delta. Utilizar el comando Alter Values para fijar un rango de valores de T, y utilizar el comando Solve Table para calcular los valores correspondientes de Delta. El valor (es) de T para los que Delta es cero constituyen una solución del sistema de ecuaciones. Con el comando New Plot Window se visualiza cómodamente la relación entre T y Delta. Si los valores de Delta no atraviesan el cero, no existe solución al sistema de ecuaciones para el rango de valores investigados de T. Este quizá sea el método más útil de resolución de un difícil sistema de ecuaciones no lineales.

6. El botón Save dentro del diálogo Default Info particularmente puede convenir si posees un sistema normal de nomenclatura para los nombres de tus variables. Por ejemplo, si las variables comienzan con la letra T,C a menudo designan temperaturas), fijar los límites, desplegar el formato y unidades para la letra T, y entonces, guardar la información por defecto. EES fijará siempre esta información para tus siguientes problemas.
7. Las teclas de flecha pueden ayudar a moverse más rápidamente dentro de Equations, Parametric y Lookup Tables. En la ventana Equations, las flechas superior e inferior, mueven el cursor arriba y debajo de una línea; las flechas derecha e izquierda mueven el cursor a la derecha e izquierda de un carácter. En las tablas, las teclas de flecha mueven a la celda siguiente en la dirección de la flecha. Las teclas Return y Tab, producen los mismos efectos que las teclas de la flecha hacia abajo y hacia la derecha respectivamente.

8. Utilizar la tecla Tab dentro de la ventana Equations para aportar las ecuaciones debido a su interés mejorado.
9. Excepto para la sustancia Steam-NB, las correlaciones de propiedades EES no son específicamente aplicables en el rango de líquido comprimido (subenfriado). En cambio, se asume que el líquido subenfriado es incompresible y las propiedades son llevadas a ser las del líquido saturado. Así en la región de subenfriamiento, $V(T,P)=V(T,P_{sat})$, $U(T,P)=U(T,P_{sat})$ y $S(T,P)=S(T,P_{sat})$. Para calcular el trabajo ideal de una bomba, por ejemplo, recordar que: $h_2 - h_1 = -W_{pump} = \int v dP = v \cdot (P_2 - P_1)$, para una sustancia incompresible, v es independiente de P .
10. La ventana Arrays puede ser un poco más útil para organizar la información sobre las propiedades en un problema termodinámico que tenga múltiples estados. Utilizar variables de orden, como $T[1]$, $P[1]$ y $h[1]$ (mejor que T_1, P_1 y h_1) para las propiedades de cada estado. Las propiedades de estado aparecerán en una tabla dentro de la ventana Arrays. Asegurarse de haber seleccionado la opción Use Arrays dentro del diálogo Display Options.
11. Se ha empleado un esfuerzo considerable en diseñar EES para que no quede por debajo de lo que se espera. De cualquier modo, esto podría ocurrir. En este caso, EES guardará tu trabajo en un fichero denominado EESERROR antes de finalizar. Puedes volver a arrancar EES y cargar el fichero EESERROR para que no se pierda nada de tu trabajo.
12. Utilizar el directorio \$INCLUDE para cargar las constantes más comúnmente utilizadas, conversiones de unidad, u otras ecuaciones dentro de la ventana Equations. No estarán a la vista, pero quedan guardadas disponibles para su utilización.
13. Si quieres escribir un EES Library Function que llame cualquiera de las funciones trigonométricas o termodinámicas programadas, utilizar el comando UnitSystem para determinar el sistema actual de unidades fijado. Entonces, puedes utilizar las sentencias If Then Else para asegurarte que los argumentos proporcionados a las funciones termodinámicas o trigonométricas tienen los valores correctos.

APÉNDICE B

NUMERICAL METHODS USED IN EES.- (Métodos numéricos utilizados en EES)

EES utiliza una nueva variante del método de Newton [1-4] para resolver sistemas de ecuaciones algebraicas no lineales. La matriz Jacobiana necesaria en el método Newton es evaluado numéricamente en cada repetición. Las técnicas de la matriz dispersa [5-7] se emplean en mejorar los cálculos y permiten resolver problemas bastante extensos dentro de la limitada memoria de una microcomputadora. La eficacia y propiedades de convergencia del método de la solución están más perfeccionados por la alteración del tamaño de intervalo y la ejecución del algoritmo de bloqueo de Tarjan [8] que parte el problema en un número menor de problemas más fáciles de resolver. Se llevan a cabo una serie de algoritmos para determinar los valores máximos y mínimos de una variable específica [9-10]. A continuación, se presenta un resumen de estos métodos, para intentar proporcionar a los usuarios un mejor entendimiento de los procesos que utiliza EES en la obtención de sus soluciones.

Solution to Algebraic Equations.- (Solución a las ecuaciones algebraicas)

Considerar la siguiente ecuación como una sola incógnita:

$$x^3 - 3,5x^2 + 2x = 10$$

Para aplicar el método Newton a la solución de la ecuación, es mejor reescribir la ecuación en términos del residual ξ , donde:

$$\xi = x^3 - 3,5x^2 + 2x - 10$$

La función descrita por esta ecuación se muestra en la Figura 1. Sólo existe una solución real (es decir, el valor de X para que $\xi=0$) en el rango ilustrado en $x=3,69193$

(gráfico)

El método Newton requiere una estimación de la derivada total del residual, J. Para esta ecuación, la derivada es:

$$J=d\xi/dx= 3x^2-7x+2$$

Para resolver esta ecuación, el método Newton procede de la manera siguiente:

1. Se hace una estimación inicial para la x (por ejemplo, 3).
2. Se evalúa el valor ξ utilizando el valor estimado de x. Con $x=3$, $\xi=-8.5$.
3. Se evalúa la derivada J. Con $x=3$, $J=8$.
4. Se calcula el cambio del valor estimado para x (es decir, Δx).
5. Normalmente se obtiene un resultado mejor como $x-\Delta x$. En el ejemplo, el valor mejorado para x es 4,0625 (que resulta en $\xi= 7,4084$).

Los pasos 2 a 5 son repetidos hasta que el valor absoluto de ξ ó $-\Delta x$ llegue a ser menor que las tolerancias específicas en el diálogo Stop Criteria. Cuando el método converge, lo hace rápidamente. De cualquier modo, un valor inicial estimado defectuoso puede ser la causa de que el método converja o diverja lentamente. Por ejemplo, intentarlo con un valor inicial de y ver lo que sucede.

El método Newton puede extenderse a la resolución simultánea de ecuaciones no lineales. En este caso, el concepto de "derivada" se generaliza dentro del concepto "matriz Jacobiana". Considerar las siguientes de ecuaciones simultáneas en dos incógnitas:

$$\begin{aligned} x_1^2+x_2^2-18=0 \\ x_1-x_2=0 \end{aligned}$$

Las ecuaciones pueden reescribirse en términos de los residuales ξ_1 y ξ_2 :

$$\begin{aligned} \xi_1= x_1^2+x_2^2-18=0 \\ \xi_2= x_1-x_2=0 \end{aligned}$$

El Jacobiano para esta matriz, es una matriz de 2 por 2. La primera fila contiene la derivada de la primera ecuación respecto a cada variable. En el ejemplo anterior, la derivada ξ_1 con respecto a x_2 es $2x_2$. La matriz Jacobiana sería:

El método de Newton, como se ha visto, es aplicable a sistemas lineales y no lineales de

$$J= \begin{bmatrix} 2 \cdot x_1 & 2 \cdot x_2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

ecuaciones. Si las ecuaciones son lineales, la convergencia se asegura en una repetición, incluso si se realiza algún error en la estimación inicial. Las ecuaciones no lineales requieren cálculos repetitivos. Considerar la siguiente estimación inicial:

$$x = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Los valores de ξ y J para su estimación inicial son:

$$\xi = \begin{bmatrix} -10 \\ 0 \end{bmatrix} \quad J = \begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Los valores mejorados para el vector x se obtienen resolviendo el siguiente problema matricial, incluyendo el Jacobiano y el vector residual

$$\begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Resolviendo esta ecuación lineal resulta:

$$\begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,25 \\ -1,25 \end{bmatrix}$$

Las estimaciones mejoradas de x_1 y x_2 se obtienen mediante la resta Δx_1 y Δx_2 , respectivamente, desde los valores aproximados:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 3,25 \end{bmatrix}$$

La solución correcta al problema es $x_1=x_2=3,0$. Los valores calculados de x_1 y x_2 se aproximan más a la solución correcta que cuando eran valores estimados. Los cálculos se repiten ahora utilizando los valores más recientemente calculados de x_1 y x_2 como valores estimados. Este proceso se repite hasta que se obtenga la convergencia.

La matriz Jacobiana realiza un papel clave en la solución de ecuaciones algebraicas; puede obtenerse simbólicamente o numéricamente. La evaluación simbólica de la Jacobiana es más exacta, pero requiere un proceso mayor. La seguridad de la Jacobiana, de cualquier modo, no lleva mayor exactitud en la solución, sólo en algunas (pocas) repeticiones.

EES evalúa la Jacobiana numéricamente. Debido a que EES realiza todos los cálculos con una precisión de 96 bit (alrededor de 20 lugares decimales), la evaluación numérica de la Jacobiana raramente resulta en problemas por pérdidas de precisión.

En la mayoría de los sistemas de ecuaciones, muchos de los elementos de la matriz Jacobiana son cero, se denomina matriz dispersa. Las técnicas especiales de orden y procesamiento hacen que la manipulación de matrices dispersas sea bastante eficiente. De hecho, sin las técnicas de la matriz dispersa, el número de ecuaciones simultáneas que

pudieran ser resueltas por EES sería menor que 2500, el número actual que puede ejecutarse en EES.

Se dispone de referencias más amplias sobre la dispersión y manipulación de matrices dispersas en [5-6].

En [7] se describen una serie de rutinas diseñadas para manipular matrices dispersas muy extensas.

El método de Newton no siempre trabaja, sobre todo si se proporciona un valor estimado inicial erróneo para el vector x . La solución obtenida después de aplicar la corrección Δx al vector previo x sería más correcta que la solución obtenida antes de la corrección. EES siempre comprueba esta condición. Si esto no es verdadero, EES partirá por la mitad el intervalo Δx y evaluará los residuales de nuevo. Si esto no mejora la solución, el intervalo será reducido a la mitad otra vez (hasta 20 veces). Si la solución resultante todavía no es mejor que la solución anterior a la corrección, EES volverá a evaluar la Jacobiana e intentará que uno de los "stopping criteria" fuerce a la detención de los cálculos. La reducción a la mitad del intervalo Δx es muy útil cuando partimos de una estimación inicial errónea. La figura 2 ilustra el proceso que sigue la solución de una simple ecuación en el primer ejemplo, partiendo de la estimación $x=2,5$. En este caso, la reducción a la mitad del intervalo trabaja bastante bien.

(gráfico)

Blocking Equation Sets.-

Incluso aunque puedas tener lo que parece un sistema de ecuaciones simultáneas, a menudo es posible resolver estas ecuaciones en grupos (a veces uno a la vez) en vez hacerlo todo como un solo sistema. La resolución de ecuaciones en grupos hace que el método Newton trabaje de una manera más fiable. Por esta razón, EES organiza las ecuaciones en grupos (o bloques) antes de resolver.

Por ejemplo, considerar el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}x_1+x_2+3x_3&=11 \\5x_3&=10 \\3x_2+2x_3&=7\end{aligned}$$

Estas ecuaciones pueden resolverse como un sistema simultáneo. De cualquier modo, pueden resolverse más fácilmente si se reordenan y hacen bloques. Es mejor reordenarlas primero. Una vez hecho esto, la ecuación 3 puede resolverse por x_2 .

Finalmente, la ecuación 1 puede resolverse por x_1 . Esto resulta en tres bloques de ecuaciones, cada uno con una ecuación y una variable que son resueltas directamente. Debido a que las ecuaciones en este ejemplo son lineales y pueden desacoplarse totalmente, el proceso parece trivial. Las cosas pueden ponerse un poco más interesantes si los bloques son un poco más interesantes si los bloques son un poco menos obvios.

Considerar el ejemplo siguiente con 8 ecuaciones lineales y 8 incógnitas:

$$\begin{array}{rccccccc} & & x_3 & & & & + x_8 = 11 \\ & & & & & & x_7 = 7 \\ & & x_5 & & - x_6 - x_7 & & = -8 \\ x_1 & & + x_4 & & - x_6 & & = -1 \\ & x_2 & & & & & + x_8 = 10 \\ & & x_3 & & - x_5 & & + x_8 = 6 \\ & & & x_4 & & & = 4 \\ x_1 & & & & + x_6 + x_7 & & = 14\end{array}$$

Estas ecuaciones y variables pueden reenumerarse y ponerse en bloques. Cada bloque se resuelve por turnos. En el caso siguiente permiten resolver ecuaciones en 6 bloques:

Bloque 1: ecuación 7

$$x_4 = 4$$

Bloque 2: ecuación 2

$$x_7 = 7$$

Bloque 3: ecuación 4 y 8

$$x_1 + x_4 - x_6 = -1$$

$$x_1 + x_6 + x_7 = 14$$

$$\text{Donde } x_1 = 1$$

$$x_6 = 6$$

Bloque 4: ecuación 3

$$x_5 - x_6 - x_7 = -8$$

$$\text{Donde } x_5 = -5$$

Bloque 5: ecuación 1 y 6

$$x_3 + x_8 = 11$$

$$x_3 - x_5 + x_8 = 6$$

$$\text{Donde } x_3 = 3$$

$$x_8 = 8$$

Bloque 6: ecuación 5

$$x_2 + x_8 = 10$$

$$\text{Donde } x_2 = 2$$

Los dos primeros bloques contienen una sola ecuación con una sola variable. Aquí sólo se definen constantes. EES reconoce que las ecuaciones que dependen desde el comienzo de una sola variable, son en realidad parámetros o definiciones constantes. Estos parámetros se determinan antes que tome lugar la solución de cualquiera de las ecuaciones que queden. No son necesarios los límites superior e inferior sobre las aproximaciones en los parámetros, ya que los valores de estos parámetros se determinan inmediatamente. La solución de las ecuaciones restantes es muy simple ahora, aunque no lo hubiera parecido al inicio del proceso.

El agrupamiento de ecuaciones es muy útil cuando las ecuaciones son lineales, pero no es esencial. Cuando las ecuaciones no son lineales, el agrupamiento de ecuaciones es casi indispensable. El resultado, es a menudo divergente. EES es capaz de reconocer grupos de ecuaciones antes de la solución, por inspección de la matriz Jacobiana utilizando el algoritmo de Tarjan [8]. Ver referencia [6] para más detalles sobre este algoritmo.

Determination of Minimum or Maximum Values (Determinación de los valores máximos y mínimos)

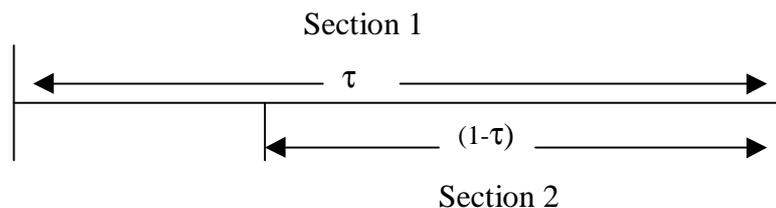
EES tiene la capacidad de encontrar el valor máximo o mínimo de una variable cuando existen de uno a diez grados de libertad (es decir, número de variables, número de ecuaciones). Para problemas con un solo grado de libertad, EES puede utilizar cualquiera de los algoritmos básicos para encontrar un mínimo o un máximo: una aproximación cuadrática recursiva conocida como método Brent o una búsqueda Golden Section [9]. El usuario especifica el método, la variable que va a ser optimizada y una variable independiente cuyo valor será manipulado entre los límites especificados superior e inferior. Cuando existan dos o más grados de libertad, EES utilizará el método Brent repetidamente para determinar el mínimo o el máximo de una dirección particular. La dirección se determina mediante un algoritmo de búsqueda directa, conocido como método Powell, o mediante el método del gradiente conjugado [9,10].

El algoritmo de aproximación recursiva cuadrática procede mediante la determinación del valor de la variable que va a ser optimizada por tres valores diferentes a la variable independiente. La función cuadrática se encaja a través de estos tres puntos. Entonces, la función se encuentra diferenciada analíticamente para poder localizar una estimación del punto extremo. Si la relación entre la variable que estamos optimizando y la variable independiente es realmente cuadrática, el óptimo se halla directamente. Si éste no es el caso, el algoritmo utilizará la nueva estimación obtenida del punto óptimo y dos (de los tres) puntos, que son los que más cerca están para repetir el ajuste cuadrático.

El proceso se continúa hasta que se cumpla el criterio fijado de convergencia, para la minimización/maximización del mismo.

El método de búsqueda "Golden Section", es un método eliminatorio de la zona en la que los límites superior e inferior para la variable independiente especificada por el usuario, se aproxima entre sí con cada repetición. La región comprendida entre ambos límites se divide en dos partes, como se muestra en la Figura 3. Se determinará el valor de la variable dependiente en cada uno de las partes.

Los límites para la sección que contiene a menor (para minimización) o mayor (para maximización) variable dependiente, reemplazan en la siguiente repetición, el intervalo de los límites. Cada repetición reduce la distancia entre los dos límites en un factor $(1-\tau)$ donde $\tau=0,61803$ se denomina "radio de Golden Section".



Numerical Integration.-(Integración numérica)

EES integra funciones y resuelve ecuaciones diferenciales utilizando una variante de la regla del trapecoide con el algoritmo predictor-corrector. Para explicar este método, es útil comparar el esquema numérico con la manera en la que se pudiera determinar gráficamente el valor de una integral.

Considerar el problema de la estimación gráfica de la integral de la función:

$$f=5- 5x + 10x^2$$

Para x entre 0 y 1. En la integración gráfica, se preparará una gráfica de x respecto a f , la abscisa de la gráfica se dividiría en un número de partes como se muestra a continuación. El área bajo la curva en cada sección, se estima como el valor medio de un rectángulo cuya base es igual a la anchura de la sección, y cuya altura es igual al valor medio de la ordenada de la sección, y cuya altura es igual al valor medio de la ordenada de la sección. Por ejemplo, los valores de la ordenada en 0 y 0,2 de la gráfica, son 5 y 4,4 respectivamente. El área de la primera sección es entonces $0,2 * (5+4,4)/2$ ó 0,94. El valor estimado de la integral entre 0 y 1, es la suma de las áreas en las cinco secciones. La seguridad de este método mejora cuando se incrementa el número de secciones.

Gráfica

La integración en EES tiene lugar de una forma análoga a la representación gráfica. La variable de la abscisa, x , en el ejemplo, se sitúa en la Tabla Paramétrica. Los valores de x introducidos en la tabla, corresponden a la anchura de cada sección. EES no requiere que ésta sea igual en cada una de las secciones. El valor numérico de la función, f , que va a ser integrada, se evalúa para cada valor de x y se suministra a EES a través de la función "Integrate" (por ejemplo, Integral (f,x)).

En algunos casos, como en la resolución de ecuaciones diferenciales, el valor de f puede que no se especifique como valor particular de X . El valor de f puede depender de la solución a ecuaciones algebraicas no lineales que no hayan convergido todavía. Es más, el valor de f , podría depender del valor de la integral hasta ese punto. En este caso, la repetición es necesaria. EES evaluará repetidamente el área de la sección, utilizando la última estimación de f en el valor actual de x para el que la estimación de la integral realizada sobre el primer cálculo se corrige con la última información, se refiere al algoritmo predictor-corrector.

Bibliografía

1. A.W. Al-khafaji and J. R. Tooley, **Numerical Methods In Engineering Practice**, holt, rinehart and wiston, 1986,pp.190 & ff.
2. C.F.Gerald and P.O. Wheatley, **Applied Numerical Analysis**, Addison Wesley 1984, pp.135 &ff.
3. J.H Ferziger, **Numerical Methods for Engineering Application**, Wiley-Intercience 1981, Appendix B.
4. F. S. Acton, **Numerical Methods that Usually Work**, Harper and Row 1970.
5. I.S. Duff, A.M. Erisman and J.K.Reid, **Direct Methods for Sparse Matrices**, 1986 Oxford Scienca Publications, Clarendon Press.
6. S. Pissanetky, "**Sparse Matrix Technology**," Academic Press 1984.
7. F.L. Alvarado, "The Sparse Matrix Manipulation System", **Report ECE-89-1**, Department of Electric and Computer Engineerig , The University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, Janury 1989.
8. Tarjan, R. "Depth-First Search and Linear Graph Algorithms,"**SIAM J. Comput. 1**, 146-160,(1972)
9. Powell´s Method of Sucessive Quadratic Approximations. Ref. Reklaits, Ravindran and Radsdell, **Engineering Optimization**, John Wiley, New York (1983)
10. W.H. Press, B.P.Flannery and S.A. Teukolsky, and Vettering, Vetterling, W.T., **Numerical Recipes in Pascal**, Cambridge University Press, Chapter 10, (1989)

APÉNDICE C

THERMOPHISICAL PROPERTY DATA

INFORMATIONS.-(Información sobre los datos de las propiedades termofísicas)

EES utiliza una ecuación de estado aproximada, en lugar de datos internos tabulares para calcular las propiedades de los fluidos reales. Normalmente, EES utiliza la ecuación de estado Martin-Hon [8] para todos los fluidos excepto el agua. Se proporcionarán varias ecuaciones de estado para el agua; la más exacta es la ecuación de estado publicada por Harr, Gallager y Kell [17]. Las propiedades del hielo cuentan con las correlaciones descubiertas por Hyland y Wexler [18]. Las propiedades termodinámicas se utilizan para determinar los valores de la entalpía, energía interna y entropía, basados en la ecuación de estado y las correlaciones adicionales para la densidad del líquido, presión de vapor y calor específico para presión cero, como una función de la temperatura. La tabla de datos JANAF [15] proporciona la entalpía de formación y la entropía absoluta para la combustión de gases como CH₄, CO₂, H₂, H₂O, N₂ y NO en el estado de referencia 298°K y 1 atm. Las correlaciones del calor específico entre gases y la ley de gases ideales, se utilizan para calcular las propiedades termodinámicas en condiciones diferentes a las del estado de referencia. La viscosidad y conductividad de líquidos y gases a baja presión se correlacionan como polinomios en temperatura. El efecto de la presión sobre las propiedades de transporte de los gases se estima utilizando las correlaciones de Reid y Sherwood [19].

Este Apéndice proporciona información concerniente al modelo, estados de referencia y exactitud de la mayoría de las relaciones de las propiedades termodinámicas y de transporte programadas en EES. Los números de referencia que aparecen entre corchetes siguiendo al nombre de la propiedad indican las fuentes de información utilizadas para desarrollar las relaciones de propiedades. La lista de referencia aparecerá al final del Apéndice. Las propiedades termodinámicas se modelan como un gas ideal o como un fluido real con zonas de líquido y vapor. Para todos los fluidos reales, las propiedades de subenfriamiento se aproximan a las del líquido saturado. Las sustancias representadas por su símbolo químico (Ej.:N₂) se modelan con la ley de gas ideal, mientras que las sustancias cuyo nombre se deletrea completo corresponden a fluidos reales (Ej.:Nitrogen). Air y H₂O son las excepciones a esta regla. Para la mayoría de las sustancias se proporcionará una tabla que muestra el error RMS (Root Mean Square) de las propiedades seleccionadas. La comparación entre la fuente de datos tabulares y los valores EES, se indican entre corchetes siguiendo el error RMS en la tabla.

Air [1,2] (Gas ideal)

Estados de referencia: $h=300.19\text{kJ/Kg}$

$s=2.5153\text{kJ/Kg-K}$ a 300 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 250-1050K

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	70-1485	0.378
s° (Btu/lbm-°R)	0.459-1.219	0.00017

AirH₂O [1] [2] (relaciones psicrométricas, gas ideal)

Estados de referencia: vapor de agua: algunas referencias como el vapor.

Aire seco: $h=0$ a 0°C y 0°F

$s=2.5153\text{kJ/Kg-K}$ a 300 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 250-1050 K

Ammonia [5] [8] (fluido real)

Estados de referencia: $h=0$ kJ/Kg a 233.16K para líquido saturado

$s=0\text{kJ/Kg-K}$ a 233.16K para líquido saturado

Propiedades de líquido subenfriado aproximadas a las del líquido saturado.

Rango de aplicación para funciones de transporte 200-1000 K

Propiedad	Rango T (°F)	Rango de propiedad	Error RMS [13]
h_f (Btu/lbm)	-100--260	-465--35	2.712
h_g (Btu/lbm)	-100--260	165-130	1.494
s_f (Btu/lbm-R)	-100--260	1.045-1.830	0.00400
s_g (Btu/lbm-R)	-100--260	2.795-2.060	0.00212
d_f (lbm/ft ³)	-100--260	45.280-29.365	0.77587
V_g (ft ³ / lbm)	-100--260	181.420-0.115	0.14227
μ (lbm/ft-h) atP=1 atm	-20--300	(2.020e-2)-- (3.565e-2)	1.84e-5
K (Btu/h-ft-°F) AtP=1 atm	-20--300	(1.105e-2)-- (2.295e-2)	3.95e-5

CH₄ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-74.870$ kJ/Kgmole a 298 K

$s=2.5153\text{kJ/Kg-K}$ a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 200-1000 K

200<T<3600°K	Rango de propiedades	Error en RMS [15]
h (Kcal/mol)	-25-65	0.132
s° (cal/mol-K)	41.0-86.0	0.038

C₂H₆ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-84.667$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=229.602$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 200-1000 K

C₃H₈ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-103.847$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=270.019$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 270-600 K

C₄H₁₀ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-126.148$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=310.227$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 270-520 K

CarbonDioxide [5] [8] [13] (fluido real)

Estados de referencia: $h=0$ kJ/Kg a 233.16K para líquido saturado
 $s=0$ kJ/Kg-K a 233.16K para líquido saturado

Rango de aplicación para funciones de transporte 200-600 K

Propiedad	Rango T (°F)	Rango de propiedad	Error RMS [13]
h_f (Btu/lbm)	-60--80	170-255	0.23891
h_g (Btu/lbm)	-60--80	315-300	0.20931
s_f (Btu/lbm-R)	-60--80	0.645-0.815	0.00040
s_g (Btu/lbm-R)	-60--80	1.000-0.900	0.00036
d_f (lbm/ft ³)	-60--80	72.350-42.620	0.01514
V_g (ft ³ / lbm)	-60--80	0.930-0.060	0.00037
μ (lbm/ft-h) atP=1 atm	-80-500	(2.600e-2)-- (5.985e-2)	1.12e-3
K(Btu/h-ft-°F) AtP=1 atm	-80-500	(6.070e-3)-- (1.735e-2)	1.57e-4

CO [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-110.530$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=197.543$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 250-1050

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	2020-43080	4.289
s° (Btu/lbm-°R)	43-65	0.00804

CO₂ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-393.520$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=213.685$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 200-1000

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	2170-68250	3.250
s°(Btu/lbm-°R)	46-80	0.00545

H₂ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=0$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=130.684$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 250-1050 K

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	2230-40880	6.945
s°(Btu/lbm-°R)	28-48	0.01855

H₂O[2] (gas ideal) (Tener en cuenta que el vapor se toma como un fluido real)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-241.820$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=188.720$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 270-700 K

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	2385-57320	8.320
s°(Btu/lbm-°R)	40-70	0.00459

Helium [8] [13] (fluido real)

Estados de referencia: $h=0$ kJ/Kg a 2.177 K para líquido saturado
 $s=0$ kJ/Kg-K a 2.177 K para líquido saturado

Rango de aplicación para funciones de transporte 3-600 K

Methane [8] [13] (fluido real)

Estados de referencia: $h=-340.548$ kJ/Kg a 96 K para líquido saturado
 $s=4.478$ kJ/Kg-K a 96 K para líquido saturado

Rango de aplicación para funciones de transporte 50-500 K

N₂ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=0$ kJ/Kgmole a 298 K
 $s=191.502$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 250-1050 K

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	2305-42700	9.207
s°(Btu/lbm-°R)	42-65	0.02561

Nitrogen [2] [3] [8] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=0$ kJ/Kg a 63.15 K para líquido saturado

$s=0$ kJ/Kg-K a 63.15 K para líquido saturado

Rango de aplicación para funciones de transporte 65-350 K

Propiedad	Rango T (°F)	Rango de propiedad	Error RMS [13]
h_f (Btu/lbm)	114---210	-65-- -15	0.51714
h_g (Btu/lbm)	114---210	27--32	0.78427
s_f (Btu/lbm-R)	114---210	0.580-0.885	0.00344
s_g (Btu/lbm-R)	114---210	1.385-1.105	0.00512
d_f (lbm/ft ³)	114---210	54.140-35.125	0.01439
V_g (ft ³ / lbm)	114---210	22.910-0.165	0.01191
μ (lbm/ft-h) atP=1 atm	144--612	(5.695e-6)-- (1.965e-5)	1.62 e-8
K(Btu/h-ft-°F) AtP=1 atm	144--612	(7.460 e-3)-- (2.845e-2)	2.84 e-5

NO[1] [2] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-90590$ kJ/Kgmole a 298 K

$s=210.76$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte: (no está disponible)

200<T<6000°K	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	28-95	0.030
s° (Btu/lbm-°R)	48-75	0.013

NO₂[1] [2] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=-33900$ kJ/Kgmole a 298 K

$s=361.08$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte: (no está disponible)

200<T<6000°K	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	9.5-110	0.027
s° (Btu/lbm-°R)	54-94	0.023

O₂ [2] [3] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=\Delta h_f=0$ kJ/Kgmole a 298 K

$s=205.033$ kJ/Kg-K a 298 K, 100kPa

Rango de aplicación para funciones de transporte 250-1050 K

300<T<5300°R	Rango de propiedades	Error en RMS [14]
h (Btu/lbm)	1910-44940	8.011
s° (Btu/lbm-°R)	45-68	0.01879

Oxygen [8] [13] (gas ideal)

Estados de referencia: $h=-193.5$ kJ/Kg a 54.36 K para líquido saturado
 $s=2.0931$ kJ/Kg-K a 54.36 K para líquido saturado

Rango de aplicación para funciones de transporte 80-700 K

Propiedad	Rango T (°F)	Rango de propiedad	Error RMS [13]
h_f (Btu/lbm)	-100--260	-82-- 14	0.20972
h_g (Btu/lbm)	-100--260	20--35	0.29043
s_f (Btu/lbm-R)	-100--260	0.510--0.905	0.00098
s_g (Btu/lbm-R)	-100--260	1.540--1.090	0.00176
d_f (lbm/ft ³)	-100--260	81.235--47.585	0.00236
V_g (ft ³ / lbm)	-100--260	1.082--0.1055	0.70632
μ (lbm/ft-h) atP=1 atm	180--1260	(7.730e-6)-- (3.850e-5)	7.84 e-9
K(Btu/h-ft-°F) AtP=1 atm	180--1260	(9.145 e-3)-- (5.440e-2)	1.80 e-5

Propane [8] [13] (fluido real)

Estados de referencia: $h=0$ kJ/Kg a 233.16 K para líquido saturado
 $s=0$ kJ/Kg-K a 233.16 K para líquido saturado

Rango de aplicación para funciones de transporte 210-530 K

R11,R12,R13,R14,R22,R114,R500,R502 [4] [5] (fluido real)

Rango de aplicación para funciones termodinámicas: régimen de saturación y sobrecalentamiento.

Estados de referencia: $h=0$ kJ/Kg a 233.16 K para líquido saturado
 $s=0$ kJ/Kg-K a 233.16 K para líquido saturado

P (psia)	Rango T (°F)	Rango h (Btu/lbm)	Error RMS
4	-40--100	75--95	0.0901
8	-40--100	75--95	0.0981
30	40--210	85--110	0.1039
50	40--210	80-110	0.1321
100	110--250	90--115	0.1220
140	110--250	90--115	0.1543
180	140--300	90--120	0.1353
220	140--300	90--120	0.1581
300	190-330	95-125	0.1068
350	190-330	95-125	0.1216

APÉNDICE D

ADDING PROPERTY DATA TO EES.- (Añadiendo datos de propiedades a EES)

EES ha sido diseñado para permitir añadir fluidos adicionales a la base de datos de las propiedades. El usuario debe suministrar los parámetros necesarios para las relaciones entre las propiedades termodinámicas y las propiedades de transporte. Los parámetros se localizan en un fichero de texto ASCII que deberá estar incluido en el subdirectorio EES\ USERLIB. EES cargará el arrancar todos los ficheros de fluidos hallados en EES\USERLIB. Los fluidos reales y los gases ideales (tabla JANAF), pueden añadirse como se explica en las secciones siguientes.

Ficheros De Fluidos Reales

Un fluido real se identifica con la extensión de fichero .MHE(por "Martín Hou Equation"). En las páginas siguientes se lista una muestra del fichero llamado XFLUID.MHE, que ilustra el formato requerido. (El fichero de la muestra contiene los parámetros utilizados para n-butano)

El fichero consiste en 75 líneas. La primera de ellas proporciona el nombre del fluido que EES reconocerá en las sentencias de las propiedades funcionales. Por ejemplo, la primera línea del ejemplo contiene UserFluid. La entalpía para esta sustancia podría obtenerse de la forma siguiente:

$h = \text{Enthalpy}(\text{UserFluid}, T=T1, P=P1)$

El nombre del fluido aparecerá en orden alfabético dentro de la ventana de diálogo Function Information, junto con otros nombres de fluidos. Las siguientes 74 líneas contienen un número; a continuación, en la misma línea sigue un comentario que identifica el número.

Las formas de todas las correlaciones se indican en el fichero XFLUID.MHE, excepto para la relación presión-volumen-temperatura. Esta última se relaciona mediante la ecuación de estado. Martin-Hou, de la forma siguiente. El método de obtención de los coeficientes se describe en: Martin and Hou, A.I.Ch E Journal, 1:142, (1955).

Martin-Hou Equation of State (parámetros en líneas 18-36)

$$P = RT/(v-b) + (A_2 + B_2T + C_2e^{-\beta T/T_c})/(v-b)^2 + (A_3 + B_3T + C_3e^{-\beta T/T_c})/(v-b)^3 + (A_4 + B_4T + C_4e^{-\beta T/T_c})/(v-b)^4 + (A_5 + B_5T + C_5e^{-\beta T/T_c})/(v-b)^5 + (A_6 + B_6T + C_6e^{-\beta T/T_c})/e^{\alpha v} (1 + C^* e^{\alpha v})$$

Donde:

$P [=]$ psia, $T [=]$ R y $V [=]$ ft³/Lbm

Puedes necesitar una curva de datos sobre las propiedades u obtener datos de una correlación de manera diferente a la obtención de los parámetros apropiados. La mayoría de las correlaciones son lineales respecto a los parámetros, por lo que pueden ser determinados mediante una regresión lineal. Un parámetro fijado, que mejore el ajuste resultante del método "Martin and Hon", puede determinarse mediante regresión no lineal. Utilizar EES para realizar este tipo de regresiones.

Sample Xfluid.Mhe File

(Copiar)

152

(Copiar)

FICHEROS JANAF DE GASES IDEALES

Este tipo de ficheros deben tener la extensión .IDG. Al contrario de los ficheros de fluidos reales .MHE, la ecuación de estado no es necesaria ya que se asume que el fluido obedece a la ecuación de estado del gas ideal. De cualquier modo, hay que poner especial atención a los estados de referencia si el gas suele utilizarse en cálculos que incluyan reacciones químicas. Los valores de la entalpía de formación y de la Tercera ley de entropía para la Tª referencia=298°K y Preferencia=1 bar (ambos son valores utilizados normalmente como referencia) deben ser proporcionados.

A continuación se muestra un ejemplo de fichero para CO₂ que proporciona los parámetros necesarios.

SAMPLE TESTCO2.IDG File

(Copiar)