

CoolPack

- colección de herramientas de simulación para refrigeración -

Tutorial 1.46

Versión en Español



Autores:

Arne Jakobsen
Bjarne Dindler Rasmussen
Morten Juel Skovrup
Simon Engedal Andersen

Department of Energy Engineering
Technical University of Denmark (DTU)

Versión en Español:

José A. Muñoz Valero
Universidad Politécnica de Madrid

CoolPack@et.dtu.dk

www.et.dtu.dk/CoolPack

INDICE

1 INTRODUCCIÓN	3
2 DESCRIPCIÓN DE COOLPACK.....	3
3 COOLPACK CONTACTO	6
4 INSTALACIÓN	7
5 EJERCICIOS	8
5.1 Descripción de ejercicios de este tutorial.....	8
Ejercicio 1: Conceptos Fundamentales en CoolPack	9
Ejercicio 2: Conceptos Fundamentales en Herramientas EESCoolS	11
Ejercicio 3: Conceptos Fundamentales en Utilidades de Refrigeración.....	16
Ejercicio 4: Breve ejercicio en Herramientas EESCoolS	20
Ejercicio 5: Breve ejercicio en Utilidades de Refrigeración.....	22
Ejercicio 6: Creación de listados de propiedades y diagramas de ciclos de refrigeración	24
Ejercicio 7: Ciclo de Una Etapa con Evaporador de Expansión Seca.	27
Ejercicio 8: Ciclo de Una Etapa con Evaporador Inundado	29
Ejercicio 9: Diseñando un Sistema de Refrigeración de Una Etapa.	31
Ejercicio 10: Análisis energético de un Sistema con control de capacidad tipo On/Off.	36
Ejercicio 11: Tuberías de líquidos (pérdida de presión y transferencia de calor)	38
Ejercicio 12: Enfriamiento transitorio de mercancías en un local refrigerado.	40
6 CONCEPTOS, ATAJOS, Y OTRAS SUGERENCIAS.....	42
7 DESCRIPCIÓN DE PROGRAMAS EN COOLPACK.....	43
7.1 Programas en Utilidades De Refrigeracion.....	43
7.2 Programas en Herramientas EescoolS : Analisis De Ciclos (C-Tools)	43
7.3 Programas en Herramientas EescoolS : Diseño	43
7.4 Programas en Herramientas EescoolS : Evaluacion (E-Tools)	44
7.5 Programas en Herramientas EescoolS : Herramientas Auxiliares (A-Tools)	44
7.6 Programas en Dinamica	44

El Listado de catálogos (utilizados en ejercicio 9) puede encontrarse en el apéndice.

1 INTRODUCCIÓN

Este tutorial expone una introducción general a CoolPack y contiene un número de ejercicios que muestran cómo debe usarse el programa.

Los ejercicios están organizados en grupos que representan las distintas aplicaciones en las que CoolPack puede usarse. El primer ejercicio es una introducción que se centra en cómo utilizar los distintos programas de CoolPack y como navegar entre ellos. Los siguientes ejercicios son más detallados y tienen como objetivo demostrar el uso de CoolPack para analizar los sistemas de refrigeración.

Una vez que se haya familiarizado con los programas en CoolPack, esperamos que lo utilice para resolver las tareas de refrigeración relacionados con su trabajo/docencia. Si tiene algún comentario o pregunta acerca de CoolPack le rogamos que contacte con nosotros; sus comentarios e ideas nos serán muy útiles para lograr que CoolPack sea incluso un mejor programa.

2 DESCRIPCIÓN DE COOLPACK

El desarrollo de CoolPack nace en la primavera de 1998 como parte de un proyecto de investigación. El objetivo de este proyecto era el desarrollo de modelos de simulación para ser usados en la optimización de sistemas de refrigeración. Los usuarios de estos modelos serían técnicos en refrigeración, ingenieros, estudiantes, etc., en definitiva todas aquellas personas con influencia en el presente y en el futuro sobre el consumo de energía en los sistemas de refrigeración.

La primera idea fue realizar un programa de simulación fácil y general que permitiese a los usuarios toda la flexibilidad que ellos podrían desear para el uso de diferentes sistemas de diseño y fines de investigación. Algunas de las características de elevada generalidad y flexibilidad del programa es lo que requiere muchas entradas/selecciones por parte del usuario y que su robustez numérica sea algo baja. La experiencia con este tipo de programas muestra que este tipo de simulación está lejos del ideal para la mayoría de los usuarios anteriormente mencionados. Puesto que la mayor parte de estos usuarios tienen un tiempo limitado para realizar investigación, los programas generales y fáciles serán en muchos casos, herramientas ineficaces de utilizar y por lo tanto son desechados a menudo por los usuarios.

La idea del desarrollo de CoolPack es diferente de la anteriormente descrita. En vez de crear un programa de simulación grande, general y comprensivo hemos optado por crear una colección de programas de simulación pequeños, fáciles de utilizar y numéricamente robustos.

El programa típico de simulación en CoolPack se ocupa solamente del tipo de sistema de refrigeración y tiene un propósito específico de investigación. Éste solo requiere del usuario las entradas/selecciones necesarias para describir las condiciones de operación y no las entradas para describir el diseño del sistema o para especificar la estructura de entrada/salida asociada con los fines de la simulación.

Al desarrollar los programas para CoolPack nos hemos centrado en la elaboración de los modelos subyacentes del sistema tan simples, relevantes y numéricamente robustos como sea posible. Hemos preservado una cierta flexibilidad para que el usuario pueda seleccionar el refrigerante y también especificar entradas (como la presión) por más de un camino (temperatura de saturación o presión).

Los programas de CoolPack abarcan los siguientes fines de simulación:

- Cálculo de las propiedades del refrigerante (diagramas, datos termodinámicos y termofísicos, comparación entre refrigerantes)
- Análisis del Ciclo, p.e. comparación entre ciclos de una y dos etapas
- Dimensionamiento de un sistema – cálculo de componentes bajo un criterio general de dimensionamiento
- Simulación de sistemas – cálculo y condiciones de operación en un sistema con componentes conocidos
- Evaluación de la operación – evaluación de la eficiencia del sistema y recomendaciones para reducir el consumo de energía
- Cálculo de componentes – cálculo de la eficiencia de los componentes
- Simulación transitoria del enfriamiento de un objeto – p.e. para la evaluación de períodos de enfriamiento

Para hacer más fácil la descripción de los programas en CoolPack los hemos dividido en tres grupos principales (Utilidades de Refrigeración, Herramientas EESCool y Dinámica). La figura 2.1. nos da una descripción del contenido de esos grupos.

CoolPack		
Utilidades de Refrigeración	Herramientas EESCool	Dinámica
• Propiedades de refrigerantes: dibujos y ciclos • Cálculo de refrigerantes • Cálculo de fluidos secundarios • Cartas psicrométricas	• Análisis del Ciclo • Dimensionamiento del Sistema • Simulación del Sistema • Análisis operacional • Cálculo de componentes • Propiedades de refrigerantes • Comparación de refrigerantes	• Enfriamiento de un producto o cámara (S^a de una etapa)

Figura 2.1. Descripción del contenido de los grupos en CoolPack

El grupo **Utilidades de Refrigeración** contiene 3 programas orientados al cálculo de las propiedades de los refrigerantes primarios y secundarios, la creación de diagramas de refrigerantes primarios (p-h, T-s y h-s) y para calcular la pérdida de presión de los refrigerantes secundarios en las conducciones. Además es posible crear diagramas para el aire húmedo (Cartas psicrométricas)

El programa del grupo de Utilidades de Refrigeración se ha realizado previamente como programas independientes. La primera versión del programa se lanzó en 1996 y se ha ampliado desde entonces sensiblemente con los nuevos refrigerantes, más diagramas etc. Aparte de la creación de funciones características la versión actual puede también utilizar funciones muy exactas usadas en el programa de RefProp. Si tiene RefProp ver. 6.01 podrá ahora crear diagramas de alta calidad basados en los datos de RefProp para los refrigerantes. Vea la ayuda en línea en los programas.

El grupo **Herramientas EESCool (EESCoolTools)** contiene una amplia colección de

programas tanto para sistemas de refrigeración como para componentes. Hemos dividido este grupo en cuatro subgrupos, como se muestra en la figura 2.2. Los grupos también representan las cuatro fases del diseño de un sistema de refrigeración.

Los programas en estos cuatro grupos casi tienen el mismo tipo de interfaz de usuario, haciendo más fácil combinar su uso y también utilizarlos para comparaciones.

El nombre Herramientas EESCool (EESCoolTools), contiene tres palabras Herramientas (Tools), EES y Frío (Cool):

- “Herramientas” se refiere a que los programas son herramientas que le permiten hacer un diseño y un análisis más rápido y más consistente (energéticamente).
- “EES” se refiere al nombre del programa implantado para el modelo de simulación (Engineering Equation Solver - EES). EES fue desarrollado por S.A. Klein y F.L. Alvarado, y es comercializado por F-Chart Software in Wisconsin, USA. Puede obtener más información acerca de EES y F-Chart Software en la dirección de internet: www.fchart.com
- “Cool (Frío)” se refiere a que el modelo de simulación abarca el área de la refrigeración.

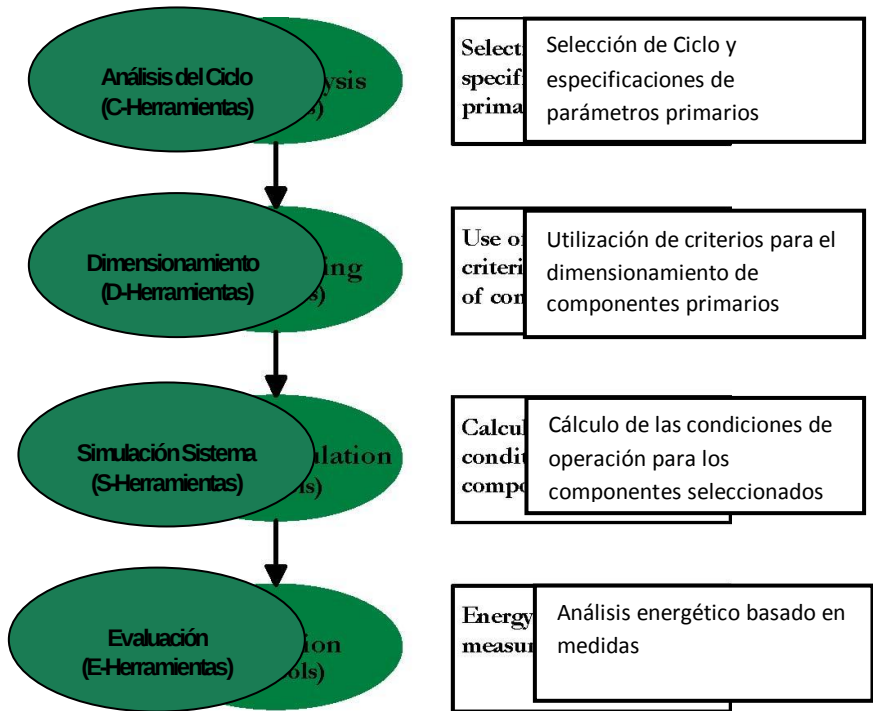


Figura 2.2: Subgrupos en Herramientas EESCool

El grupo denominado **Dinámica** contiene los programas dinámicos en CoolPack. Hasta ahora solamente está disponible un programa. Con este programa es posible simular el enfriamiento de un producto/cámara bajo varias condiciones y con el control On/Off de la capacidad del compresor.

El elemento dinámico es modelizado y resuelto usando una aplicación DAE llamada WinDALI,

basada en el programa DALI desarrollado en 1985 en el que entonces fue llamado Laboratorio de Refrigeración en la Universidad Técnica de Dinamarca (ahora una parte del Departamento de Ingeniería Energética). La versión actual de WinDALI es “freeware” y está bien documentada. Si está interesado en la elaboración de sus propios modelos de simulación dinámica, puede disponer de una copia de WinDALI; todo lo que debe hacer es contactar con nosotros.

Los programas individuales en CoolPack se describen más adelante en el capítulo 6 de este tutorial.

3 COOLPACK CONTACTO

CoolPack fue desarrollado como una parte del proyecto de investigación llamado SysSim (una abreviación de “Systematic Modeling and Simulation of Refrigeration Systems” (Modelización Sistemática y Simulación de Sistemas de Refrigeración). El proyecto fue financiado por La Agencia de la Energía de Dinamarca. El administrador del proyecto es Arne Jakobsen (aj@mek.dtu.dk).

CoolPack será puesto al día continuamente, y usted podrá disponer siempre de la última versión en www.et.dtu.dk/coolpack. Aquí puede también encontrar noticias sobre el programa y soporte técnico. CoolPack es “freeware” y puede disponer de él para pasar una copia a sus colegas y amigos. Animamos a todos los que utilicen CoolPack para que se registren con el fin de que podemos informarles sobre nuevas versiones y mejoras de CoolPack.

En el proceso de puesta al día y extensión de CoolPack necesitamos su colaboración. Todos los comentarios y sugerencias que nos realicen serán bienvenidas y muy apreciadas. Las preguntas generales, comentarios o las peticiones de soporte deben dirigirse a CoolPack@et.dtu.dk o pueden enviárnoslas por fax al +45 4593 5215.

El desarrollo de CoolPack se realiza por el Equipo CoolPack formado por los siguientes miembros:

Nombre	Teléfono	E-mail
Arne Jakobsen	+45 4525 4129	aj@mek.dtu.dk
Bjarne Dindler Rasmussen		
Morten Skovrup	+45 4525 4120	ms@mek.dtu.dk
Simon Engedal Andersen		

Los miembros del equipo también pueden ser contactados directamente por teléfono o e-mail, cuyos números y direcciones pueden encontrar en la tabla anterior.

Puede contactar con todos los miembros del equipo a través del mail: coolpack@et.dtu.dk

4 INSTALACIÓN

CoolPack puede funcionar con los siguientes sistemas operativos:

- Windows 95
- Windows 98
- Windows NT4.0
- Windows 2000 Professional

Su ajuste de pantalla debe ser de por lo menos en color de 16 bit - si usted elige 256 colores puede que algunos de los colores de fondo aparezcan “grumosos”.

Si baja CoolPack de internet tendrá un solo archivo llamado COOLPACK.EXE. Este archivo es autoextraíble y contiene todos los archivos necesarios para la instalación. Cuando usted arranque este archivo su contenido será ampliado en una carpeta temporal (por defecto es C:\TEMP). Por este comienzo temporal de la carpeta el archivo SETUP.EXE y el programa de instalación le guiará con el procedimiento de instalación.

Si usted recibió CoolPack en un CD-ROM, la instalación debe comenzar automáticamente cuando el CD se inserta en CD-drive. Si no sucede esto deberá iniciar el archivo SETUP.EXE en el CD-ROM. El programa de instalación le dirigirá con el procedimiento de instalación.

Nota 1: CoolPack y Windows 95:

Si no apareciese el icono de CoolPack en la barra de herramientas, debe poner al día su versión de Windows 95.

Si recibe CoolPack en CD-rom encontrará una carpeta llamada Win Upd en dicho CD-rom. En esta carpeta encontrará el archivo 401COMUPD.EXE que contiene el archivo de actualización necesario. Ejecute dicho archivo del CD-rom, el programa le guiará en el procedimiento de actualización. Necesitará reiniciar su PC antes del uso de CoolPack.

Si ha bajado CoolPack desde internet podrá encontrar el archivo de actualización necesario en la siguiente dirección: www.et.dtu.dk/coolpack.

Nota 2: CoolPack y Windows 95:/98

En PC con Windows 95 o 98 el número de programas EESCoolTool que puede activar simultáneamente, es limitado. El máximo número de programas activos depende de los recursos disponibles – normalmente solo tres Herramientas EESCools pueden ser activados al mismo tiempo. Si intenta tener más de tres programas abiertos corre el riesgo de que le aparezca el siguiente mensaje de error: “El programa ha realizado una operación ilegal y será cerrado”. Si sucede esto debe cerrar algunos de los programas activos (no utilizado) e intentar abrir el programa de nuevo.

Para Windows NT4.0 y Windows 2000 Profesional, esta limitación no existe.

El programa de instalación generará un atajo a CoolPack de modo que se puede comenzar CoolPack vía botón de arranque.

5 EJERCICIOS

Los ejercicios 1, 2 y 3 introducen a los diversos tipos de programas y demuestran como navegar en y entre los programas de CoolPack. Los ejercicios 4 y 5 hacen una demostración más detallada del uso de los modelos introducidos en los ejercicios 2 y 3.

El ejercicio 6 y posteriores pueden seleccionarse de acuerdo al interés y preferencias. Estos ejercicios están organizados de modo que primero se hace una descripción del ejercicio y en la página siguiente se encuentra la solución sugerida al problema.

Para algunos de los ejercicios puede ser que no consiga exactamente los mismos resultados indicados en la solución. La diferencia puede estar en el carácter “abierto” del programa, razón por la que tiene que asumir o evaluar temperaturas y/o diferencias de temperatura como una parte del ejercicio. En estos casos, probablemente, no haya elegido los mismos parámetros que nosotros y por lo tanto sus resultados pueden diferir levemente de la solución sugerida.

Para el ejercicio 9 necesitará el listado de catálogos del apéndice.

5.1 Descripción de ejercicios de este tutorial

Ejercicios introductorios

- 1 Conceptos fundamentales en CoolPack
- 2 Conceptos fundamentales en EESCoolTools (Herramientas)
- 3 Conceptos fundamentales en Utilidades de Refrigeración
- 4 Ejercicio breve de EESCoolTools
- 5 Ejercicio breve de Utilidades de Refrigeración

Ejercicio de Utilidades de Refrigeración

6. Creación de los diagramas de propiedades y de ciclos de refrigeración

Ejercicios para EESCoolTools - Análisis del Ciclo

- 7 Ciclo de Una Etapa de Evaporación Seca
- 8 Ciclo de Una Etapa de Evaporador Inundado

Ejercicio para EESCoolTools - Diseño y Dimensionamiento

9. Diseño, dimensionado y optimizado de un sistema de refrigeración de Una Etapa

Ejercicio para EESCoolTools - Análisis Energético

10. Análisis de energía de un sistema con control de la capacidad tipo On/Off

Ejercicios para EESCoolTools - Investigaciones Especiales

11. Flujo de líquido en tuberías (pérdida de presión e intercambio térmico)

Ejercicio para Dinámica

12. Enfriamiento transitorio de productos en una cámara

Ejercicio 1: Conceptos Fundamentales en CoolPack

Comience CoolPack según lo descrito en la sección de Instalación. Cuando el programa ha comenzado aparece una pantalla de bienvenida con una corta introducción a los programas principales en CoolPack.

Los programas en CoolPack se dividen en tres grupos principales: Utilidades de Refrigeración, EESCoolTools, y Dinámica. El grupo principal EESCoolTools se ha dividido más adelante en cuatro subgrupos: Análisis del Ciclo, Diseño, Evaluación y Auxiliar.

Estos seis grupos de programas tienen una pestaña en la barra de herramientas, en la parte superior de la pantalla, a la derecha de un grupo de botones, para el control del aspecto de esta pantalla. Pulsando en una pestaña se mostraran en la barra de herramientas los iconos para los programas de este grupo. Un programa de un grupo se inicia pulsando (simple click) en el icono del programa.

La figura 5.1 muestra los iconos para los tres programas del grupo de Utilidades de Refrigeración. Si lleva el ratón sobre uno de estos iconos (sin pulsarlo), aparece un pequeño texto con el título y características de este programa.



Figura 5.1: Pantalla principal en CoolPack

Cuando se comienza un programa, esta parte principal de CoolPack permanecerá activa, pero queda en segundo lugar. Podrá volver siempre a esta ventana pulsando en su icono en la barra de Windows. Puede tener activos varios programas de CoolPack al mismo tiempo. También puede intercambiar entre los programas activos presionando las teclas ALT-TAB simultáneamente.

Al comenzar por segunda vez EESCoolTools recibirá un mensaje que le indica que EES está funcionando ya y entonces le preguntará si desea abrir otra copia. Este mensaje es solo una

precaución para ayudar a los usuarios de Windows 95 y 98 a prevenir la apertura de demasiados EESCoolTools. Si el PC funciona con bajos recursos de RAM con muchas aperturas de EESCoolTools puede ocurrir que el sistema sea inestable.

Ejercicio 2: Conceptos Fundamentales en EESCoolTools (Herramientas)

Comience el primer programa en el grupo llamado “CoolTools: Cycle analysis (Análisis del Ciclo)”; Su icono es:



CoolTools empieza en la ventana principal con un diagrama log(p)-h, como se muestra en la figura 5.2. En la parte superior izquierda de la pantalla verá una columna con los botones de función; éstos se pueden utilizar para iniciar un cálculo, cargar y salvar entradas desde o a un archivo, o para tener acceso a la ayuda en línea. La ayuda contiene una descripción del programa y puede también contener otros diagramas.

Además de la ventana principal pueden existir ventanas específicas secundarias. Puede tener acceso a estas ventanas usando los botones grises en el lado izquierdo de la pantalla.

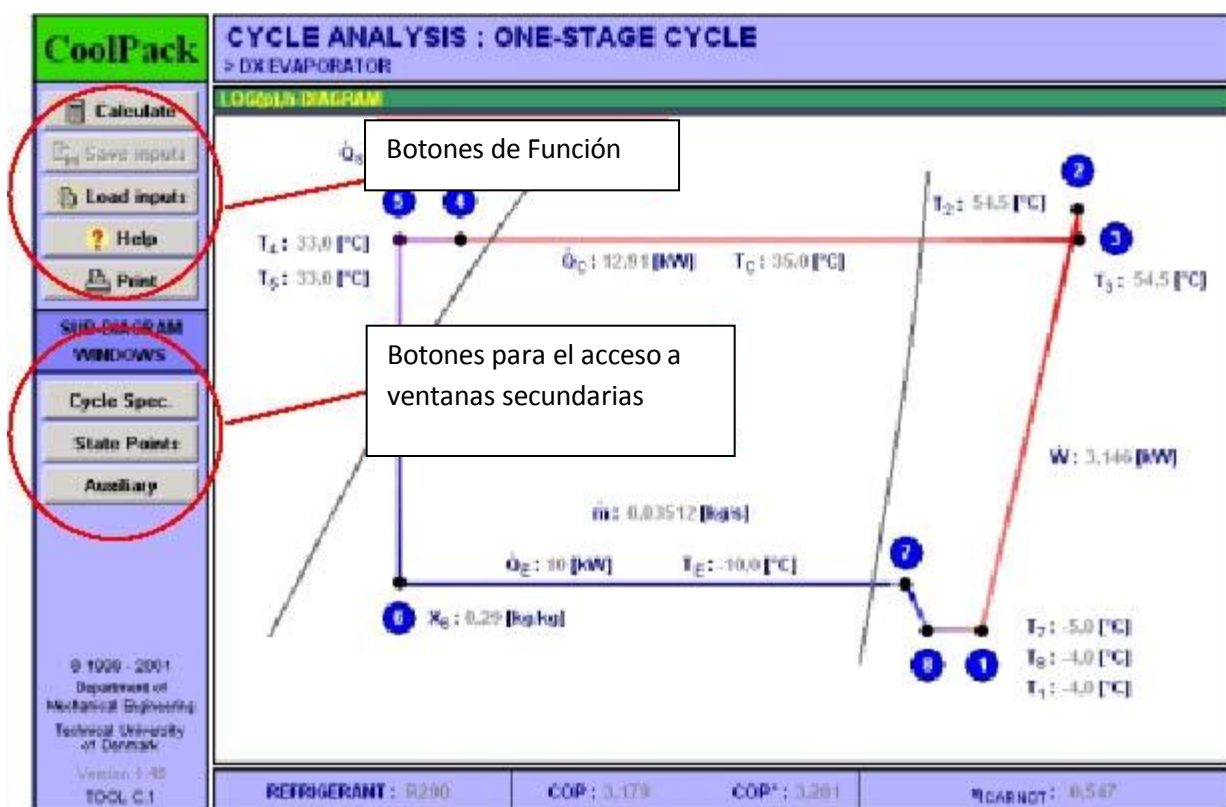


Figura 5.2: Ventana principal del diagrama para EESCoolTool (Herramientas)

Pulse sobre el botón “Cycle Spec. (Especificaciones del Ciclo)”

Ahora verá uno de los sub-diagramas o ventanas secundarias de este programa; la figura 5.3 muestra una de las ventanas secundarias de este programa. En esta ventana también encontrará los botones de función y los botones de la navegación para el acceso a las otras ventanas secundarias. Puede tener acceso a la ventana principal del diagrama pulsando en el botón con icono en la parte inferior de la pantalla. Alternativamente, puede también utilizar la combinación de las teclas Ctrl+D para volver a la ventana principal del diagrama.

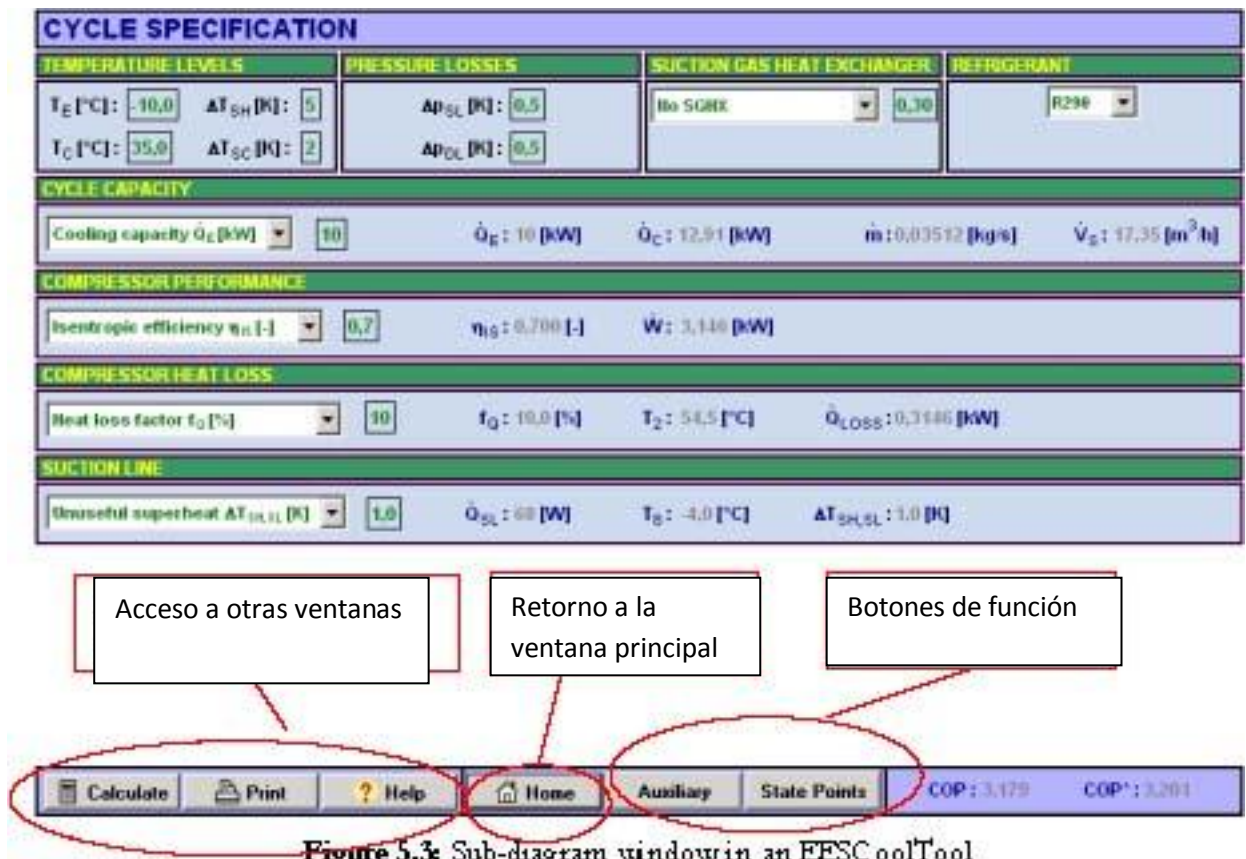


Figure 5.3: Sub-diagram window in an EESCoolTool

Fig 5.3 Sub-diagrama de EESCoolTool

El programa que ha abierto es un programa para el análisis de ciclos de refrigeración (en abreviatura *C-Herramientas*). En este tipo de herramientas todas las entradas primarias se realizan en la ventana secundaria con el título “*Cycle Esp. (Especificación del Ciclo)*”. Las entradas se agrupan según los parámetros que describen. Cada grupo tiene un título que da la conexión entre las entradas y las salidas encontradas para este grupo. En la figura 5.3 verá un grupo titulado “*Cycle Capacity (Capacidad del Ciclo)*” donde se encuentran las entradas y las salidas relacionadas con la capacidad, como caudal másico y volumétrico.

Las entradas están remarcadas con un pequeño cuadro con texto gris sobre fondo blanco. Hay dos tipos diferentes de entradas. En el primer tipo los números son introducidos desde el teclado.

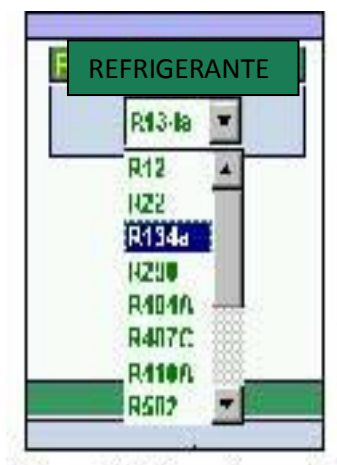


Figura 5.4: Lista desplegable

El segundo tipo contiene una lista seleccionable sobre la que debemos pulsar para elegir la opción deseada. La figura 5.4 muestra una lista desplegada en la que podemos seleccionar el refrigerante. Para las listas largas aparecerán barras deslizantes.

Seleccionamos R134a como refrigerante

Las salidas (texto y números) son normalmente de color azul marino. Si los cambios se realizan a las entradas, todas las salidas cambiarán su color al gris para indicar que las salidas en la pantalla pueden no representar la solución a las entradas en la pantalla. El cambio que realizó anteriormente cuando seleccionó un nuevo refrigerante hizo que todas las salidas cambiaran al color gris.

El cálculo se inicia cuando oprima en el botón “*CALC*” o bien presionando la tecla F2.

Comienzo del cálculo pulsando el botón “CALC” o presionando la tecla F2

Una pequeña ventana aparecerá para informarle del progreso del proceso de cálculo. Mientras se realicen los cálculos el botón en esta ventana se etiqueta con: “*Abort (Abortar)*”. Cuando se ha encontrado una solución el nombre cambiará a: “*Continue (Continuar)*”. Cuando vea el cambio de nombre a “*Continue*” es porque se ha realizado el primer cálculo en CoolPack - en este caso se han calculado los parámetros principales y todos los puntos del estado de un ciclo de refrigeración de una etapa - enhorabuena!!!

La ventana actual contiene un número de cajas de entrada en las que se pueden incorporar los valores de los parámetros típicos para la especificación del ciclo. En la parte superior de la ventana se especifican las condiciones para el evaporador y el condensador. Abajo, aparece un grupo de variables bajo el título “*Cycle Capacity (Capacidad del Ciclo)*”. La capacidad del ciclo se puede especificar de varias maneras. Directamente, la más simple, especificando la capacidad de refrigeración en kW, o indirectamente especificado la capacidad por medio del caudal másico en [kg/s] o el caudal volumétrico en [m³/h] de refrigerante. Puede elegir entre ambos modos diferentes de especificar la capacidad seleccionando una de las opciones de la lista desplegable. La selección por defecto es “*Ref. Capacity (Capacidad)*” en [kW]. A la derecha de estas entradas se repiten los valores de las diversas variables que especifican la capacidad del ciclo.

Seleccione “Volume Flow (Caudal volumétrico) [m³/h]” como opción y escriba en la caja de entrada, a la derecha, un valor de 15

Similarmente a la especificación de la capacidad del ciclo, se pueden especificar de distintas formas otros fenómenos (como el funcionamiento del compresor, la pérdida de calor del compresor y el sobrecalentamiento de la línea de aspiración). En todos los casos la especificación variable se elige de una lista desplegable y el valor real de la entrada se incorpora en el campo de entrada a la derecha de esta lista. Observe por favor que, en la mayoría de los casos, cuando cambie la variable de entrada requerirá entrar también un cambio del valor.

Calcule otra vez (presione F2 o presione el botón CALC).

Examine los nuevos resultados

Cambie algunas de las otras entradas y calcule otra vez (intente cualquier combinación de entradas que desee).

Si termina en una situación donde ha especificado una o más entradas a las cuales no encuentra ninguna solución, siempre puede cerrar el modelo y volver a cargarlo con las entradas por defecto. Pulse para ello el botón de la ventana gris (el que está con la X) en la barra de título de la ventana principal o pulse sobre el menú “*Archivo*”. Entonces verá una lista de comandos - en la parte inferior, donde están los nombres de otros programas y del programa actual. Pulse en el nombre del programa actual y el programa se recargará con las entradas por defecto.

Cuando crea que se ha familiarizado con el uso de este modelo puede volver a la ventana principal del diagrama. Para ello, pulse el botón “*Home*” en la esquina izquierda inferior de la ventana o pulse las teclas del “*Ctrl + D*” en el teclado.

Vaya a la ventana principal del diagrama

En la mayor parte de CoolTools existe más de una ventana secundaria. Puede abrir otra ventana secundaria pulsando en los botones grises en el lado izquierdo de la ventana principal.

Presione el botón “State Points (Estado de Puntos)” para entrar en otra de las ventanas secundarias.

Los valores de la temperatura, entalpía, presión y densidad de todos los puntos de estado se exponen en una tabla. La numeración del punto de estado puede verse en los diagramas log(p)-h en la ventana principal o en el diagrama de flujo situado en la *Ayuda*.

No es necesario volver a la ventana principal para moverse a partir de una ventana secundaria a otra. Utilice los botones grises en la parte inferior izquierda de la pantalla.

Pulse el botón gris titulado “Auxiliary (Auxiliar)”

En la ventana Auxiliar puede encontrar la información sobre las dimensiones necesarias de las tuberías principales del sistema, pudiendo calcular el desplazamiento requerido del compresor para la capacidad que ha especificado (usando un rendimiento volumétrico para el compresor) y puede calcular el posible calentamiento de un caudal de agua en un limitador de recalentamiento. Observe los resultados actuales y pruebe a cambiar algunas de las entradas en esta ventana - recalcule y evalúe los nuevos resultados.

Pueden imprimirse la ventana principal y todas las ventanas secundarias. En el menú “File (Archivo)” elija “Print (Imprimir)”. El ajuste de impresión imprime por defecto solamente la ventana principal. Si quiere imprimir otras ventanas entonces debe des-seleccionar “Diagram (Diagrama)” y reelegir de nuevo “Diagram”. Aparece entonces un menú en el que puede elegir para imprimir una o más de las ventanas del programa.

También puede copiar el diagrama activo (actual) a un procesador de textos usando el menú “Edit (Editar)”, o utilizando la posibilidad de Windows para descargas de pantalla mediante la tecla “Impresión de Pantalla – PrtSc”. En un procesador de textos puede insertar la descarga de pantalla presionando “Ctrl + V”.

Dentro de un programa hay atajos a otro CoolTools desde el CoolTool activo. Abra el menú “File” y mire la lista de Nombres-Herramientas en la parte inferior del menú. Pulsando sobre uno de estos nombres cerrará la herramienta activa y traerá directamente una nueva herramienta. Si no quiere comenzar un nuevo CoolTool sino que requiere otro tipo de herramienta (o cerrar CoolPack) elija “Exit (Salir)” del menú del “File” o utilice los botones de las ventanas estándar en la esquina superior derecha.

Indicamos seguidamente una lista de todos los atajos en CoolTools:

Atajos	<F2>	Resolución del modelo (cálculo)
	<Ctrl>+<G>	Actualización inicial
	<Ctrl>+<D>	Volver al diagrama principal
	<Ctrl>+<P>	Impresión de menú
	<Ctrl>+<Q>	Fin del programa (salir)
	<Ctrl>+<C>	Copiar el diagrama actual al portapapeles

Descripción de botones:

Descripción de las Funciones	Botones e Iconos
Volver al menú de la ventana principal	
Cálculo, equivalente a oprimir la tecla F2	 - CALC -
Salvar entradas en un archivo	 - SAVE -
Cargar entradas desde un archivo	 - LOAD -
Activar la función Ayuda	 - HELP -
Ir a la ventana secundaria “Especificación del Ciclo”	Cycle Spec.
Ir a la ventana secundaria de cálculos “Auxiliares”	Auxiliary
Ir a la ventana secundaria “Estado Puntos”	State Points

Ejercicio 3: Conceptos Fundamentales en Utilidades de Refrigeración

Pulse sobre la pestaña de las *Refrigeration Utilities* (Utilidades de Refrigeración)ⁱ en la ventana principal de CoolPack. Podrá ver tres iconos. El primero representa el programa principal de este grupo. Los otros dos representan los programas prácticos para el cálculo de las características específicas de los refrigerantes y los líquidos secundarios.

El programa principal en este grupo se puede utilizar para dibujar diagramas, en alta calidad, de las características de una gran cantidad de refrigerantes. Además, puede trazar ciclos de refrigeración en estos diagramas y hacer que el programa calcule diferencias de entalpía entre los puntos de estado, el COP, etc. Este programa tiene muchas posibilidades, especialmente cuando está en formato de diagramas de propiedades, no siendo práctico enumerarlos todos en este ejercicio introductorio. Recorra por favor a la ayuda del programa para más información sobre sus características y para la ayuda en general.

Empiece el programa pulsando en el icono: 

Si mueve el puntero del ratón a lo largo de los botones en la barra superior, aparece una breve descripción.

Pulse el botón:  para dibujar un diagrama $\log(p)$ - h

Aparecerá una lista de refrigerantes

Seleccione R290 (propano) y pulse en el botón OK

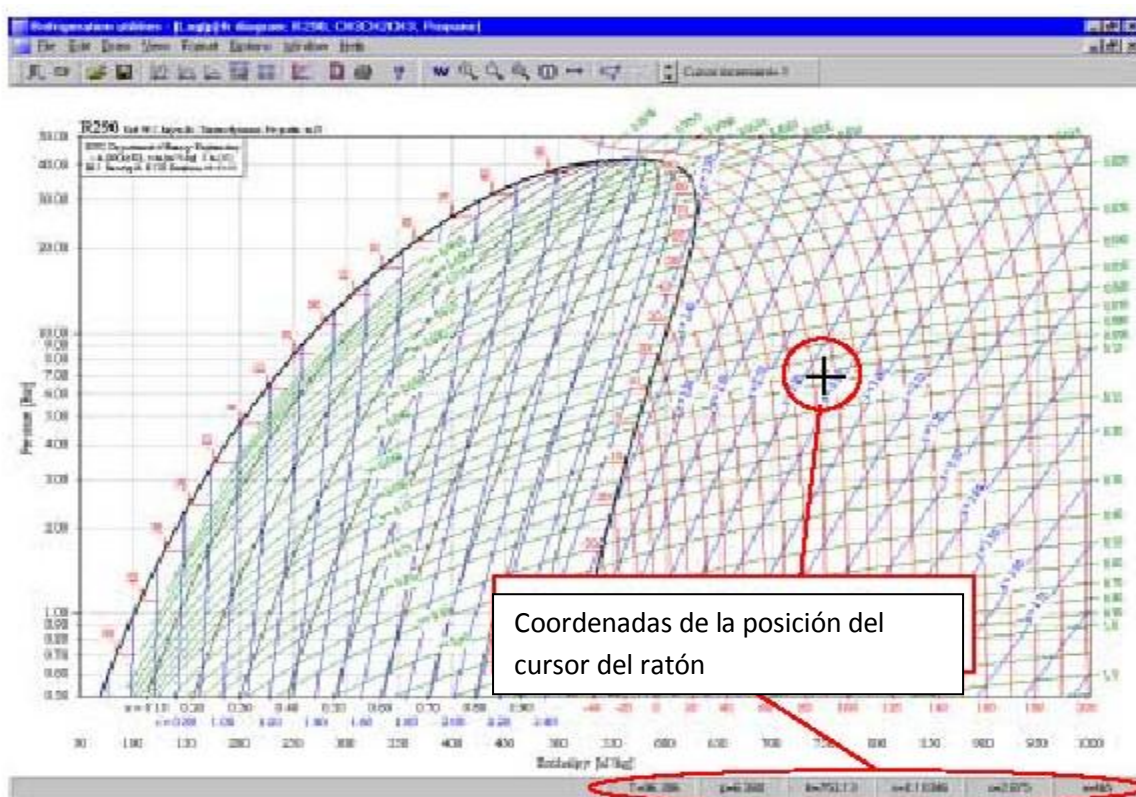


Figura 5.5 Diagrama: $\log(p)$ - h en Utilidades de Refrigeración

El diagrama $\log(p)$ - h del R290 se muestra en la pantalla con los valores prefijados de formato (isotermas, entropías, títulos, volúmenes específicos, etc., trazados en distintas líneas de colores). Note que a medida que mueve el puntero del ratón en el área del diagrama las coordenadas termodinámicas, como la presión, la temperatura, etc., de la posición del indicador del ratón se muestran en la esquina inferior izquierda. Si pulsa el botón del ratón cuando el puntero está dentro del área del diagrama, las coordenadas termodinámicas se copiarán a un portapapeles local. Utilice el menú de “Options (Opciones)”, “Show log. (Mostrar $\log(p)$ - h)” para ver estas coordenadas.

Para los refrigerantes-mezclas tales como los de la serie R400, el cálculo de las características del refrigerante en la región bifásica tarda más tiempo que los cálculos para una sustancia pura. Por lo tanto, cuando selecciona un refrigerante-mezcla, como el R404A, se le invitará a seleccionar las líneas requeridas de título, entropía e isotermas para la región bifásica. La no elección de las líneas de entropía y título acelera perceptiblemente el proceso de cálculo y trazado.

Sobre el diagrama $\log(p)$ - h , se puede especificar un ciclo de refrigeración y colocar los puntos de estado en el diagrama.

Elija el botón “Input Cycle (Entrada Ciclo)” en el menú “Options”

Normalmente, se puede elegir entre cuatro Ciclos de Refrigeración diferentes.

Elija “One-stage cycle (Ciclo de Una Etapa)”, e introduzca los valores apropiados de la temperatura de evaporación y condensación, etc. Olvide por ahora la pérdida de presión etc. Pulse el botón de “Update (Actualizar)”.

Cycle input

Select cycle type:

- ☒ One stage
- ☐ Two stage, closed intercooler
- ☐ Two stage, open intercooler
- ☐ Two stage, open intercooler, load at intermediate pressure

Cycle name: ☒ Draw cycle

Values:

Evaporating temperature: -10.00 °C	Condensing temperature: 35.00 °C
Superheat: 10.00 K	Subcooling: 2.00 K
Dp evaporator: 0.00 Bar	Dp condenser: 0.00 Bar
Dp suction line: 0.00 Bar	Dp liquid line: 0.00 Bar
Dp discharge line: 0.00 Bar	
Isentropic efficiency [0-1]: 0.70 <input <="" td="" type="button" value="Q loss..."/> <td></td>	

Cycle creation

☒ Create new

Calculated:

Qe [kJ/kg] 294.079

Qc [kJ/kg] 383.074

COP: 3.31

W [kJ/kg] 88.936

Figura 5.6: Ventana de entrada de datos del Ciclo

En la parte derecha de la pantalla se muestran los valores para el funcionamiento especificado.

Pulse en el botón “Show Info (Mostrar Información)”

En esta ventana se muestra más información sobre el ciclo y es posible indicar la capacidad del ciclo (Capacidad Frigorífica, caudal másico, potencia consumida, etc.). Debe elegirse una y solo una de esas variables. Los valores del resto de las variables se calcularán automáticamente.

Figura 5.7: Dimensionamiento de un ciclo de refrigeración

Entre un valor para la Potencia Frigorífica (Q_e) y pulse en el botón “Update”.
Pulse “OK” para dibujar el ciclo (puntos de estado) sobre el diagrama.

Siempre puede ver las especificaciones del ciclo dibujado eligiendo “Show cycle info (Mostrar información Ciclo)” en el menú “Options”. Para comparar múltiples ciclos, puede dibujarlos en el mismo diagrama.

A continuación se expone una lista de los atajos típicos en Utilidades de Refrigeración.

Ratón	Doble-click	Formato texto o curva
	Doble-click sobre el eje x	Formato eje x
	Doble-click a la izquierda del eje y	Formato eje y
	Click botón derecho	Para dibujo de polilínea
Teclado	Flechas abajo, izquierda, arriba y derecha	Mover cursor
	<Espacio>	Equivale a Click botón izquierdo
	<Enter>	equivale a doble-click
	<Esc>	Parar dibujo de polilínea (equivale a Click botón derecho)
	<+> en el teclado numérico	Incrementa el tamaño del paso al usar las flechas
	<-> en el teclado numérico	Decrece el tamaño del paso al usar las flechas
	<Ctrl> + botón izquierdo (o espacio)	Seleccionar curva

Teclado+Ratón (Teclado + Teclado)	<Shift> + botón izquierdo (o espacio)	Seleccionar texto
	<Ctrl> + <Shift> + botón izquierdo + Arrastrar	Mueve texto seleccionado
	<Alt> + Botón derecho en eje x o izquierda del eje y	Auto máx.-min coordenadas en ejes
	<Alt> + botón izquierdo + Arrastrar	Selecciona nuevo máx.-min de las coordenadas en ejes
Atajos al Menú de comandos	<Ctrl>+<S>	Guarda plano
	<Ctrl>+<I>	Guarda dibujo
	<Ctrl>+<P>	Imprime
	<Ctrl>+<X>	Fin
	<Ctrl>+<L>	Selecciona la curva-tipo siguiente que está más cercana a la posición del cursor
	<Ctrl>+<C>	Copia al portapapeles

Ejercicio 4: Breve ejercicio en EESCoolTools

Especificar el siguiente ciclo de una etapa con evaporador de expansión seca. La temperatura de evaporación es de -30°C , el recalentamiento de $10,0\text{ K}$, la temperatura de condensación es de 25°C , el subenfriamiento del líquido es de $2,0\text{ K}$, la potencia frigorífica es de 100 kW , el rendimiento isoentrópico es de $0,7$, la pérdida de calor del compresor es del 7% y no existe recalentamientos o pérdidas de presión en la línea de aspiración. Las pérdidas de presión en la línea de descarga no se consideran y no existe un intercambiador de calor interno. El refrigerante es R134a.

1. ¿Cuál es el valor del COP?

Haga los siguientes cambios: Considere una admisión de calor en la línea de aspiración de 1000 W , el caudal másico es de $0,4\text{ kg/s}$, la pérdida de calor en la compresión es de $1,0\text{ kW}$ y la eficiencia térmica del intercambiador es de $0,4$.

2. ¿Cuál es la relación de compresión y cuál es el nuevo valor del COP?

Ejercicio 4: - Solución Sugerida

Use el subprograma de CoolTool con el título “*One stage system – Dry expansion evaporators (S^a de Una Etapa-Evaporador Expansión Seca*”. Lo encontrará en el grupo del programa “*CoolTools: Cycle Analysis*”, representado por el siguiente icono:



Introduzca los valores anteriores en la ventana de *Cycle Especification*:

1. El COP debe ser de 2,451
2. Introduzca los nuevos valores. El COP será ahora de 2,439. La relación de compresión la encontrará en la ventana secundaria “*State points*” y debe ser de 7,864.

Ejercicio 5: Breve ejercicio en Utilidades de Refrigeración

Ejercicio para crear un diagrama $\log(p)$ -h

1. Dibuje un diagrama $\log(p)$ -h para el R717 (amoníaco)
2. Sobre este diagrama, dibuje un ciclo de una etapa utilizando los siguientes datos:

Temperatura de evaporación =	-35°C,
Recalentamiento =	8,0 K,
Rendimiento isoentrópico =	0,7,
Temperatura de condensación =	30°C,
Subenfriamiento =	2 K.
3. ¿El ciclo puede considerarse como ACEPTABLE?. Compruebe la temperatura del gas en la descarga, ¿está dentro de los límites aceptables?

Ejercicio 5: - Solución Sugerida

Utilize el programa de Utilidades de Refrigeración principal. Lo encontrará en el grupo de “Refrigeration Utilities” representado con el siguiente icono: 

1. Elija el menú “File” y seleccione “New (Nuevo)” y luego la opción “Log(p),h-diagram (Diagrama log(p)-h)” o pulse sobre el botón  Seleccione R717 y pulse “OK”
2. Para dibujar el ciclo, elija “Options” y “Input cycle (Entrar Ciclo)” o pulse en el botón . Introduzca los datos especificados y luego pulse en el botón “Draw cycle (Dibujar Ciclo)”.
3. El ciclo no es real – la temperatura de descarga del gas **está por encima de los 230°C** (coloque el puntero del ratón en el punto de estado y mire las coordenadas en la parte inferior izquierda). El R717 no es un refrigerante adecuado para trabajar en un ciclo de una etapa entre las temperaturas de -35° y 30°C.

Dibuje el diagrama log(p)-h para el R404A con estos mismos datos, obteniendo un nuevo dibujo. En este caso la temperatura del gas de descarga **es inferior a los 65°C**. Pruebe con otros refrigerantes; ¿cuál dará el COP más elevado?

Ejercicio 6: Creación de listados de propiedades y diagramas de ciclos de refrigeración.

Determinación de las preferencias del programa y de las propiedades en el dibujo de diagramas

A) Programas preferentes

Añadir nombre, empresa, dirección y número de teléfono

B) Diagramas log (p)-h

1. Dibuje un diagrama log(p)-h para el R290 (propano)
2. Trace un diagrama de un ciclo de refrigeración de una etapa con los datos siguientes:
Temperatura de evaporación = -20°C ,
Recalentamiento = 8 K
Pérdida de presión en la línea de aspiración = 1 K
Pérdida de presión en la línea de descarga = 2 K
Rendimiento isentrópico = 0,7
Pérdidas de calor en el compresor = 15% de la potencia consumida
Temperatura de condensación = 35°C .
Subenfriamiento = 2 K.
Pérdida de presión en el condensador = 0,1 bar
Pérdida de presión en la línea de líquido = 0,01 bar
3. Calcular el desplazamiento necesaria en el compresor si la potencia frigorífica es de 100 kW (asumiendo un rendimiento volumétrico de 0,85)
4. Copiar los resultados obtenidos en un procesador de texto (p.e. Word)
5. Borrar los números en las isocoras de la zona bifásica
6. Añadir números a los puntos de estado en el ciclo de refrigeración
7. Copiar el diagrama log(p)-h en Word
8. Copiar el ciclo de refrigeración a un diagrama log(p)-h para el R22
9. Guardar los diagramas dibujados
10. Guardar el diagrama como una imagen

C) Diagrama de Mollier (Aire Húmedo)

1. Dibujar un diagrama (I-x) de Mollier para un aire húmedo a la presión de 2 bares.
2. Defina las coordenadas (I-x) para el siguiente par de puntos (T, ϕ): (25°C , 70%) y (5°C , 100%)
3. Trace una línea entre los puntos anteriores
4. Dibuje el diagrama

D) Cálculos del Refrigerante

1. Encuentre el volumen específico, la entalpía y la entropía del R407C sobre la curva del punto de rocío para una temperatura de -10°C
2. Si la entropía es de $1900 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ y la presión de 4 bar, para un refrigerante R134a, ¿Cuál es el valor de su entalpía? (Vea en la ayuda en-línea el método de resolución)

Recomendaciones y ayudas

Use la ayuda en-línea

Lea el documento titulado “*Help – Version Info (Ayuda-Versión Info)*”

Ejercicio 6: - Solución Sugerida

Utilice el programa de Utilidades de Refrigeración principal. Lo encontrará en el grupo de “Refrigeration Utilitis” representado con el siguiente icono: 

A) Programas preferentes:

Elija “File – Preferences (Archivo-Preferencias)” y escriba la información del nombre, empresa, etc. Recuerde seleccionar toda la información que quiera que aparezca en los diagramas.

B) Diagramas log (p)-h:

1. Elija “File – New – Log(p),h-diagram” o pulse en el botón . Elija R290 (propano) y pulse en OK.
2. Elija “Options – Input cycle” o pulse sobre el botón  y escriba los datos del ciclo. Pulse en el botón “Draw cycle (Dibujar ciclo)”.
3. Elija “Options - Show cycle info”, escriba 100 para la Capacidad de refrigeración (Potencia Frigorífica) Q_e (kW) y 0,85 para el rendimiento volumétrico. Se calculará el caudal desplazado por el compresor.
4. Pulse en el botón “Copiar” y pulse OK para incluir los puntos de estado. Pulse de nuevo en OK para cerrar este dialogo. En Word elija la opción Pegar (fuente: Courier New).
5. Vuelva al programa de Utilidades de Refrigeración. Las isocoras (y todas las iso-líneas pueden formatearse por dos caminos diferentes:
 - Elija la curva que quiera formatear de entre las curvas tipo, presionando la tecla *Ctrl* y pulsando sobre dicha curva. Elija el menú “Format (Formato) – Selected curve type (Seleccionar Curva Tipo)” para formatear todas las curvas del mismo tipo que se ha seleccionado. Si elije el menú “Format – Curve” solo se formateará la curva que haya elegido.
 - Elija el menú “Format Twophase area – Isochores (Formato – Área Bifásica – Isocoras)”.
6. Elija “Draw Text (Dibujo – Texto)” y pulse en el diagrama en el que quiera cambiar texto. Repítalo para el resto de los puntos de estado. El texto puede moverse por:
 - Selección del texto mediante la tecla *Shift* y pulsando en el ratón
 - Pulsando en las teclas *Ctrl+Shift* y arrastrar el texto con el ratón
7. Elija “Editar – Copiar en portapapeles”, vaya a Word y elija “Pegar”
8. Elija “Options – Edit Cycle”, pulse en “Refrigeration Cycle” y pulse en el botón OK. Pulse en el botón “Copy cycle (Copiar ciclo)” y cierre el dialogo pulsando en el botón “Cancel (Cancelar)”. Dibuje el nuevo diagrama log(p)-h para el R22, pulse en el botón  y pulsar en “Paste Cycle (Pegar Ciclo)”. Con esto, los datos para el ciclo de refrigeración se copian en el nuevo diagrama log.(p)-h. Pulse en “Draw Cycle” para verlo.
9. Elija menú “File – Save Plot (Archivo – Guardar Dibujo)”
10. Elija menú “(File – Save Image (Archivo – Guardar Imagen))”

C) Diagrama de Mollier (Aire Húmedo)

1. Elija menú “File – New – I,x-diagram (Archivo – Nuevo – Diagrama I-x)” o pulse sobre el botón . Escriba 2 en “Total pressure (Presión Total)” y pulse OK.
2. Localice los dos puntos de estado pulsando con el ratón y leyendo las coordenadas en la parte inferior derecha de la pantalla. Cuando haya localizado un punto pulse sobre él - esto guardará las coordenadas en un archivo. Las coordenadas de los puntos pulsados se pueden leer/copiar eligiendo “Options – Show log. (Opciones – Mostrar log)”. Esta característica está también disponible en otros tipos de diagramas.
3. Hay dos formas de hacerlo:
 - a. Elegir el menú “Edit – Draw Polyline (Editar – Dibujar Poli-línea)”, pulsar en los dos puntos y en el botón derecho del ratón para terminar el comando.

- b. Elegir “*Options – Input curve data (Opciones – Entrar datos curvas)*” y escriba los datos para T y ϕ .
4. Imprima el diagrama pulsando sobre el botón .

D) Cálculos del Refrigerante

1. Elegimos el menú *Refrigeration Utilities, Saturation Table* (u oprimimos *Shift+Ctrl+S*) y en el cuadro de refrigerantes que aparece, elegimos R407C. Pulsamos en *OK* y aparece una tabla con los valores de saturación de dicho refrigerante. El Punto de Rocío está representado por los valores con subíndices “*l*”, pudiéndose leer, para la temperatura de -10°C , los valores siguientes:
 $v_g = 0,07511 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $h_g = 407,69 \text{ kJ/kg}$
 $s_g = 1,8027 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
2. Utilizamos el menú *Refrigeration Utilities, Log(p),h-diagram* y en el cuadro de refrigerantes que aparece, elegimos R134a. Pulsando *OK*, se dibuja el diagrama de dicho refrigerante. Colocando el cursor sobre el punto $p = 4 \text{ bar}$, $s = 1,90 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ podemos leer en la parte inferior derecha de la pantalla el valor de $h = 458,99 \text{ kJ/kg}$.

Ejercicio 7: Ciclo de Una Etapa con Evaporador de Expansión Seca.

Se va construir una nueva cámara frigorífica. Se ha estimado que la carga de enfriamiento es aproximadamente de 15 kW. La temperatura de evaporación es de $-6,0^{\circ}\text{C}$ con un sobrecalentamiento de 5,0 K. La temperatura de condensación es de $35,0^{\circ}\text{C}$ y el subenfriamiento de 2,0 K. No se tiene en cuenta las pérdidas de carga en las tuberías en esta etapa y no hay intercambiador de calor del gas en la aspiración. Por experiencia se sabe que el rendimiento isentrópico del compresor es aproximadamente 0,7. Las pérdidas de calor del compresor se estiman en un 10% de su consumo de energía.

1. ¿Cuál de estos tres refrigerantes: R134a, R404A o R717, debe elegirse para obtener el máximo COP?

Considere ahora que existe un intercambiador de calor en la aspiración. Usando datos de catálogo puede estimarse una eficiencia en el intercambio de calor de 0,3 aproximadamente.

2. ¿Cuál de los tres refrigerantes, debe elegirse ahora para obtener el máximo COP?

Usted decide seguir su trabajo utilizando el R134a y manteniendo el intercambiador de calor.

3. ¿A cuanto se eleva el COP si la T_c (temperatura de condensación) disminuye en 5 K?

Hasta ahora no se ha considerado la ganancia de calor en la línea de aspiración, pero lo razonable es que sea de unos 5 K (use $T_c = 35,0^{\circ}\text{C}$).

4. ¿Qué COP se obtiene en este caso?

Ahora aislamos la línea de aspiración hasta el punto de que sea despreciable la ganancia de calor en las tuberías.

5. ¿Que COP obtendremos cuando haya unas pérdidas de presión en la línea de aspiración y en la línea de descarga de 1,0 K en cada una de las líneas?

Ejercicio 7: - Solución Sugerida

Utilice el subprograma de CoolTool con el título “*One stage system – Dry expansión evaporators*”. Lo encontrará en el grupo de programas “*CoolTool: Cycle analysis*”. Está representado por el siguiente icono: 

Introduzca los datos en la ventana de especificación del ciclo. Puesto que no existe intercambiador de calor, puede omitir este componente en el modelo introduciendo el valor 0 (cero) en el valor de su eficiencia térmica o seleccionando “*No SGHX*”.

1. Realice los cálculos seleccionando uno de los tres refrigerantes - observe el COP calculado. Repita esto para los otros dos refrigerantes. El R717 tendrá el COP más alto con un valor de 3,831.
2. Introduzca una eficiencia térmica de 0,3 para el cambiador de calor del gas de aspiración. Ahora el R134a tendrá el COP más alto con un valor de 3,794.
3. Introduzca una temperatura de condensación de 30,0 °C. El COP cambia su valor a 4,444.
4. Introduzca la no existencia del recalentamiento especificado. El COP caerá a 3,703.
5. Introduzca las pérdidas de presión y ajuste la no existencia del recalentamiento introduciendo para ello de nuevo 0,0 K. El COP desciende a 3,596.

Ejercicio 8: Ciclo de Una Etapa con Evaporador Inundado.

Un amigo le ha regalado un viejo compresor de amoníaco por su cumpleaños. En la felicitación le indica que el rendimiento isoentrópico es de 0,55. Añade que con una temperatura de evaporación (T_E) de $-5,0^\circ\text{C}$, una temperatura de condensación (T_C) de $35,0^\circ\text{C}$, y con un subenfriamiento de 2,0 K, el compresor proporciona un caudal de $100,0 \text{ m}^3/\text{h}$ en la aspiración. El sobrecalentamiento en esta situación es de 5,0 K.

Usted quisiera utilizar este compresor en un sistema de una etapa con un evaporador inundado.

1. ¿Qué puede esperar, en términos de COP y de la capacidad de refrigeración de este sistema?. No considere ninguna pérdida de presión en las líneas de aspiración y de descarga. Considere que la pérdida de calor de este compresor es del 10,0% del consumo de energía.
2. ¿Si la recirculación del refrigerante en el evaporador es 1,1 cuál será el caudal másico en el evaporador?

Al agradecer a su amigo el regalo de cumpleaños le indica que la pérdida de calor del compresor es probablemente un poco optimista. En vez de usar la pérdida de calor del 10% indicada en la tarjeta, debe utilizar un valor para la temperatura de la descarga del gas de 120°C .

3. ¿Cuál es la pérdida de calor del compresor en términos de % de consumo de energía y en kW si la temperatura de la descarga del gas es el 120°C ?

Los resultados no parecen correctos así que usted entra en contacto con su amigo otra vez para discutir sus resultados. Él admite que el rendimiento isoentrópico indicado en la tarjeta es incorrecto, pero que está muy seguro de que el consumo de energía era de 22,0 kW en las condiciones mencionadas en la tarjeta.

4. ¿Cuál es el rendimiento isoentrópico si el consumo de energía es 22,0 kW?

Ejercicio 8: - Solución Sugerida

Use la herramienta “*One stage system – Liquid overfeed evaporators (Ciclo de una etapa – Evaporadores con sobre-alimentación de líquido)*”. Lo encontrará en el grupo de programas “*CoolTool: Cycle analysis*”.

Viene representado por el icono: .

Escriba los valores especificados en la ventana: “*Cycle Specifications*”.

1. El COP toma el valor de 3,075 y la potencia de refrigeración de 86,2 kW.
2. Introduzca el valor de la recirculación en vez de la calidad del evaporador y calcule. El caudal másico de refrigerante resulta ser de 0,074 kg/s.
3. Introduzca la temperatura de descarga del gas en lugar del factor de pérdida de calor f_Q . La pérdida resulta ser del 28,9% o 8,11 kW.
4. Introduzca el valor de la potencia consumida en lugar del rendimiento isoentrópico. El valor del nuevo rendimiento isoentrópico es de 0,7. Este cambio hace que la pérdida de calor por el compresor sea más real.

Ejercicio 9: Diseñando un Sistema de Refrigeración de Una Etapa.

Una empresa quiere construir una cámara frigorífica para el almacenamiento de helados en cortos periodos de almacenamiento. Quisieran que usted hiciera algunos cálculos preliminares del consumo de energía de tal instalación frigorífica - necesitan estas especificaciones para poder diseñar el sistema eléctrico de esta parte de la fábrica.

1. Para contestar a la pregunta, usted tuvo que realizar un cálculo simple del consumo de energía para un adecuado sistema de refrigeración.

Su respuesta a esta pregunta fue tan buena (y también tan rápida) que la compañía le elige para diseñar y, eventualmente, construir este sistema de refrigeración.

2. Utilice sus propios criterios (diferencias de temperatura, etc.) para dimensionar los componentes principales (compresor, evaporador, condensador y tuberías). El rendimiento del compresor se debe fijar según el valor medio de este mercado.

3. Utilice copias de los catálogos (en el apéndice) para seleccionar los componentes principales.

4. Calcule las condiciones de funcionamiento para el sistema con los componentes seleccionados.

Recuerde comprobar si hay mensajes del programa sobre las condiciones de funcionamiento calculadas!!! ¿Es aceptable la pérdida de presión en las tuberías? - ¿cuánto aumentará el consumo de energía si la línea de descarga se hace más grande (una “dimensión” más grande)?

Su proposición para el diseño fue satisfactoria para la empresa. Sin embargo ellos quisieran saber cuánto aumentará el consumo de energía si eligiesen un evaporador más pequeño (y por la tanto más barato).

5. Cuanto aumentará el consumo de energía y cuanto disminuirá el COP si se selecciona un evaporador más pequeño (use los datos para un evaporador de una dimensión menor del que haya seleccionado). ¿Todavía es posible mantener la temperatura ambiente pedida?
6. Que ocurrirá si uno de los compresores se estropease – Que ocurriría con la temperatura de la cámara.

Se tiene la siguiente información sobre la cámara, sus dimensiones y las condiciones del diseño: La temperatura ambiente se debe mantener en -27°C , y la potencia de refrigeración debe dimensionarse para una temperatura de 23°C en los alrededores de la cámara. El coeficiente de transmisión del cuarto (su K_a , valor que determina la transferencia térmica a través de las paredes, del techo y del suelo) es de 130 W/K . La carga de calor interna es $1,0\text{ kW}$. El sistema se debe diseñar con un evaporador de expansión seca y un condensador refrigerado por aire. La temperatura ambiente para el dimensionamiento del condensador es de 28°C . Se requiere un alto nivel de seguridad, por lo que al menos deben utilizarse dos compresores iguales. El refrigerante es R404A.

En el apéndice encontrará los siguientes documentos:

- Catálogo de Compresor Bitzer (3 páginas)
- Catálogo de Evaporador LU-VE (2 páginas)
- Catálogo de Condensador Friga-Bohn (1 página)

Ejercicio 9: - Solución Sugerida

1. El sistema es demasiado pequeño como para ser diseñado con un sistema de Dos Etapas, por lo que se selecciona el de Una Etapa.

Use el subprograma de CoolTool con el título “*One stage system – Dry expansion evaporators*”. Lo encontrará en el grupo de programas “*CoolTools: Design (Diseño)*”. Viene representado por el icono:



Cuando se selecciona R404A como refrigerante, usualmente se dispone un intercambiador de líquido-gas (SGHX).

La demanda de enfriamiento se ha calculado en 7,5 kW ($50 \text{ K} \times 130 \text{ W/K} + 1,0 \text{ kW} = 7,5 \text{ kW}$), la temperatura de evaporación debe ser de -35°C ($\text{TD}=8\text{K}$), la temperatura de condensación será de 38°C ($\text{TD}=10\text{K}$), el recalentamiento usual debe ser de 7 K, el subenfriamiento a la salida del condensador puede ser de 2 K, la eficiencia térmica del intercambiador líquido-gas puede tomarse de 0,3, $\Delta p_{\text{SL}} = 0,5 \text{ K}$, $\Delta p_{\text{DL}} = 0,5 \text{ K}$, $\Delta T_{\text{SH INUSUAL}} = 3 \text{ K}$.

Resultados:

Potencia Consumida: $\sim 5,7 \text{ kW}$, $\text{COP} = 1,319$

2. En la ventana del diagrama principal de CoolTool que ya ha usado, encontrará un botón con el título “*Dimension Tool (Herramienta Dimensión)*”. Pulse en este botón y se cargará una herramienta para el dimensionamiento del Sistema de Una Etapa.

Utilice la demanda de enfriamiento calculada anteriormente y utilice unos ΔT razonables para el evaporador (8 K) y el condensador (10 K). La carga en el evaporador puede considerarse como 100% calor sensible ($\text{SHR}=100\%$) pero recuerde que en la mayoría de los catálogos se considera un SHR del 80%. Al convertir las capacidades requeridas para las condiciones del catálogo, el SHR se debe fijar en 80%. El aire que pasa a través del condensador tiene una temperatura en la entrada de 28°C .

Resultados:

Compresores: $Q_E = 10,08 \text{ kW}$ trabajando a $-30^\circ\text{C}/+40^\circ\text{C}/+25^\circ\text{C}$

Correspondiéndole un $V_s = 40,66 \text{ m}^3/\text{h}$

Se seleccionan dos compresores de 5,04 kW de capacidad cada uno

Evaporadores: $Q_E = 18,39 \text{ kW}$ para TDM (o LMTD) = 10 K y SHR = 80 %

Se seleccionan dos evaporadores de 9,19 kW de capacidad cada uno

Condensador: $Q_C = 17,30 \text{ kW}$ para TDM (or LMTD) = 10 K o

$Q_C = 18,71 \text{ kW}$ para TD = 15 K

Tuberías: Descarga: $\varnothing 11,6 \text{ mm}$, cobre

Líquido, líneas 1 y 2: $\varnothing 13,7 \text{ mm}$, cobre

Aspiración: $\varnothing 34,0 \text{ mm}$, cobre

- 3) De los catálogos, seleccionamos los siguientes componentes:

Compresores: Bitzer 2Q-4.2Y (2 compresores)

$$\begin{array}{lll} A -30/40/25^{\circ}\text{C}: & Q_E = 5,030 \text{ kW}, & W = 3,24 \text{ kW} \\ A -10/30/25^{\circ}\text{C}: & Q_E = 14,800 \text{ kW}, & W = 4,38 \text{ kW} \end{array}$$

Evaporadores: LU-VE HC 93-5 (2 evaporadores)

$$\text{Con TDM} = 10 \text{ K}: \quad Q_E = 9,250 \text{ kW}, \quad V_{\text{AIR}} = 3900 \text{ m}^3/\text{h}$$

Alternativamente 2 LU-VE HC 69-5

$$\text{Con TDM} = 10 \text{ K}: \quad Q_E = 6,900 \text{ kW}, \quad V_{\text{AIR}} = 4200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Condensador: Friga-Bohn WA 21 8P (uno)

$$\text{Con TD} = 15 \text{ K}: \quad Q_C = 19,350 \text{ kW}, \quad V_{\text{AIR}} = 6992 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tuberías: Descarga: 1/2" Cobre (ø 12,70 mm)
Líquido, líneas 1 y 2: 1/2" Cobre (ø 12,70 mm)
Aspiración: 1 3/8" Cobre (ø 34,93 mm)

4. En la ventana del diagrama principal de CoolTool que acaba de utilizar, encontrará un botón con el título "*System Tool (Herramienta de Sistema)*". Pulse en ella y se cargará una herramienta para calcular las condiciones operativas en un sistema de una etapa. Después de introducir los datos para los componentes, deben realizarse algunos cálculos simples.

La eficiencia del compresor debe realizarse utilizando la herramienta "*Compressor (Compresor)*". La encontrará en el grupo de programas "*CoolTool: Auxiliary*" y está representada por el siguiente icono: En la herramienta del sistema se puede utilizar un modelo interno para el compresor para calcular las características cuando son conocidas las eficiencias para una determinada condición de funcionamiento. Alternativamente, pueden utilizarse valores fijos para las eficiencias del compresor. En este caso, el catálogo contiene los datos correctos (condiciones de funcionamiento) para que el modelo interno pueda ser utilizado.

Introduzca los siguientes datos en la herramienta "*Compressor*":

$$\begin{array}{lllll} T_E = -10^{\circ}\text{C}, & T_C = 30^{\circ}\text{C}, & T_1 = 25^{\circ}\text{C}, & \Delta T_{\text{SH,UNUSEFUL}} = 0 \text{ K}, & \Delta T_{\text{SC}} = 0 \text{ K}, \\ Q_E = 14,800 \text{ kW}, & W = 4,38 \text{ kW}, & V_s = 22,14 \text{ m}^3/\text{h} \end{array}$$

Los resultados son:

Rendimiento isoentrópico: $\eta_{\text{IS}} = 0,648$

Rendimiento Volumétrico: $\eta_{\text{VOL}} = 0,876$

Si se utilizan valores fijos para las eficiencias en la Herramienta del sistema, entonces introduzca los datos siguientes del compresor en la herramienta del compresor:

$$\begin{array}{lllll} T_E = -10^{\circ}\text{C}, & T_C = 30^{\circ}\text{C}, & T_1 = 25^{\circ}\text{C}, & \Delta T_{\text{SH,UNUSEFUL}} = 0 \text{ K}, & \Delta T_{\text{SC}} = 0 \text{ K}, \\ Q_0 = 3,740 \text{ kW}, & W_K = 2,76 \text{ kW}, & V_s = 22,14 \text{ m}^3/\text{h} \end{array}$$

Los resultados son:

Rendimiento isoentrópico: $\eta_{\text{IS}} = 0,635$

Rendimiento Volumétrico: $\eta_{\text{VOL}} = 0,663$

Para los evaporadores LU-VE HC 93-5, deben calcularse los valores de UA. Por el catálogo se conoce que $Q_E = 9,250$ para $TDM = 10$ K. Utilice la herramienta “*Evaporator (Evaporador)*” para calcular el valor de UA. La encontrará en el grupo “*CoolTools: Auxiliary*”, representada por el icono: 

Puesto que el catálogo está definido para un $SHR = 80\%$, el valor de UA basado en un enfriamiento sensible puede calcularse como $UA_{SENSIBLE} = 0,740$ kW/K.

Para los evaporadores alternativos (LU-VE HC 69-5) se conoce que:

$$Q_E = 6,900 \text{ kW para TDM (o LMTD) = 10 K}$$

Utilice la herramienta “*Evaporator*” para encontrar $UA_{SENSIBLE} = 0,552$ kW/K.

Para el condensador, el valor de UA se calcula igualmente utilizando la herramienta “*Condenser (Condensador)*” que la encontrará en el grupo “*CoolTools: Auxiliary*”, representada por el icono: 

Por catálogo conocemos que:

$$Q_C = 19,350 \text{ kW para TD} = 15 \text{ K}$$

El valor de UA para el condensador será de $UA_{TDM} = 1,886$ kW/K

Escriba estos valores de los rendimientos y de UA en la herramienta “*System*”, pero tenga en cuenta que:

- ≡ Para el compresor, el modelo se selecciona usando $\eta_{is} = 0,648$ y $\eta_{vol} = 0,876$. El caudal del compresor es de $22,14 \text{ m}^3/\text{h}$ (por catálogo).
- ≡ En la herramienta A.1.2 se pueden activar hasta cinco evaporadores, pero observe que el programa considera que cada evaporador está colocado en su propia cámara. En este ejemplo hay dos evaporadores en la misma cámara, así que es necesario dividir la cámara en dos de igual tamaño (kA - cámara = $0,065$ kW/K) y una carga de calor interna ($Q_{INTERN} = 0,5$ kW). Se consideran valores para $T_{AMB} = 23$ °C, $V_{AIRE} = 3900 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta T_{SH} = 7$ K y para los Δp se toman valores de $0,5$ K. Para el condensador tomamos el valor de UA de $1,886$ kW/K, el subenfriamiento se fija en 2 K, la pérdida de presión de $0,5$ K, el caudal de aire es de $6992 \text{ m}^3/\text{h}$, y su temperatura de entrada es de 28 °C.

Las tuberías ya han sido definidas en la pregunta anterior:

Línea de descarga:	1/2" Cobre (ø 12,70 mm)
Línea de líquido 1:	1/2" Cobre (ø 12,70 mm)
Línea de líquido 2:	1/2" Cobre (ø 12,70 mm)
Línea de aspiración:	1 3/8" Cobre (ø 34,93 mm)

Recuerde que el número de compresores activos y de evaporadores se deben fijar en dos (en la ventana principal) antes de que se inicien los cálculos.

Resultados principales:

$$\begin{array}{ll} Q_E = 7,4 \text{ kW} & \text{a} \quad T_E = -32,4^\circ\text{C} \\ Q_C = 12,1 \text{ kW} & \text{a} \quad T_C = 37,5^\circ\text{C} \\ W = 5,5 \text{ kW} & \text{COP} = 1,534 \end{array}$$

Cuando se abre la ventana secundaria para los evaporadores, se observa que el valor elegido para el sobrecalentamiento es demasiado grande. No puede obtenerse simplemente con el valor de UA y el caudal de aire (la diferencia entre la temperatura y la temperatura ambiente de evaporación es solamente de 6,2 K, y esto no es bastante para sobrecalentar el refrigerante los 7 K especificados). En realidad, la válvula de expansión se ajustará automáticamente para poder alcanzar los 7 K de recalentamiento, lo que se logra bajando la temperatura de evaporación y utilizando una mayor parte de la superficie para lograrla. Ello dará como consecuencia que los valores de UA calculados sean demasiado elevados. Si llega a esta situación, reduzca el valor de UA en aproximadamente un 10% con lo que logrará una mayor diferencia entre la temperatura de evaporación y la temperatura ambiente y permitirá obtener el recalentamiento especificado.

Si se aumenta el diámetro de la línea de descarga (a 5/8" cobre, ϕ 15,88 mm.) el consumo de energía solamente cambiará levemente (aunque la temperatura de condensación disminuya desde 37,51 a 37,4°C y el COP aumente de 1,534 a 1,551). La pérdida de presión en la línea de descarga cae desde 1,43 a 0,47 K.

5. Si se utiliza el evaporador LU-VE HC 69-5, se ha deducido para ellos que $UA_{TDM} = 0,690$ kW/K. Use un valor de UA de 0,69 kW/K y 4200 m³/h para el caudal de aire y encuentre que la capacidad de refrigeración cae a 7,3 kW y la temperatura de la cámara se eleva a -25,1°C. Esto indica que los compresores son, consecuentemente, demasiado pequeños.

6. Las condiciones de funcionamiento con un solo compresor activo se pueden obtener fijando el número de compresores activos a uno. Las consecuencias son que la capacidad de refrigeración cae a 6,5 kW y la temperatura de la cámara se eleva a -18,9°C.

Ejercicio 10: Análisis energético de un Sistema con control de capacidad tipo On/Off.

Disponemos de la siguiente información de un sistema:

El caudal del compresor es de $80,0 \text{ m}^3/\text{h}$ o de $35,0 \text{ m}^3/\text{h}$. El propietario de la planta no recuerda exactamente cuál de estos caudales es el verdadero puesto que el compresor fue substituido hace algunos años mientras que él estaba de vacaciones. Sin embargo él está absolutamente seguro que la capacidad de enfriamiento es de aproximadamente 10 kW .

El refrigerante es R134a (así lo dice la etiqueta), la temperatura de entrada del fluido al compresor es de aproximadamente $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Mediante observación (sensación con su mano en la superficie del evaporador) usted estima que la temperatura de evaporación puede ser del orden de $-15,0 \text{ }^\circ\text{C}$. El sistema se utiliza para refrigerar una cámara frigorífica y para mantener en ella una temperatura de unos 5°C . El sobrecalentamiento se estima (por experiencia) en $8,0 \text{ K}$. La temperatura ambiente es de $20,0^\circ\text{C}$, y usted sabe que el condensador, refrigerado por aire, está dimensionado correctamente con un bajo consumo de energía. Usted mide el consumo de energía del compresor que resulta ser de $3,0 \text{ kW}$.

1. Averigüe si el caudal del compresor es de $80,0 \text{ m}^3/\text{h}$ o de $35,0 \text{ m}^3/\text{h}$
2. ¿Consideraría usted que el compresor es eficiente?
3. Calcule los ahorros anuales de energía, en kWh, cuando se realizan las siguientes medidas para el ahorro de energía:
 - a) Se aumenta un 10% el valor de UA en el evaporador
 - b) La demanda de enfriamiento se reduce en un 25%
 - c) Ambas acciones a) y b)

Considere que el equipo trabaja 4000 horas anuales.

Ejercicio 10: - Solución Sugerida

Use el subprograma de CoolTool con el título “*Analysis of operation and energy saving options – constant compressor capacity, no suction gas heat exchanger (Análisis de operación y opciones de ahorro de energía - capacidad constante del compresor, sin intercambiador de calor del gas de aspiración)*”. Lo encontrará en el grupo de programas “*CoolTools: Evaluation (Evaluación)*”. Está representado por el icono siguiente:



Incorpore los valores suministrados en la ventana de “*Especificación Ciclo*”. La temperatura de condensación se puede estimar en 30 °C y la pérdida de calor del compresor en un 10%.

1. Al elegir un caudal de 80 m³/h se obtiene un rendimiento volumétrico de 0,39. Este se debe considerar como extremadamente bajo y por lo tanto poco real. Al elegir el valor de 35 m³/h se obtiene un rendimiento volumétrico de 0,88, que parece mucho más acorde.
2. El rendimiento isoentrópico calculado del compresor es 0,76, que es algo alto, luego el compresor puede considerarse eficiente.
3. Los ahorros energéticos pueden calcularse en la ventana “*Changes (Cambios)*”. Al aumentar el valor de UA del evaporador en un 10% e introduciendo el número de horas anuales de operación (4000 h), se obtiene que el ahorro podría ser de aproximadamente 691 kWh/año. Una reducción de la demanda de enfriamiento de un 25% da un ahorro anual del orden de 4978 kWh, mientras que ambas acciones llevan a un ahorro total de aproximadamente 5319 kWh.

Ejercicio 11: Tuberías de conducción de líquidos (pérdida de presión y transferencia de calor)

Una conducción de R404A líquido debe tenderse a través de un local con una temperatura de 35°C. La humedad relativa del aire en el local es del 80%. La presión del refrigerante es la que corresponde a una temperatura de saturación del 25 °C y el líquido se subenfía 1 K. El caudal másico total es de 1 kg/s y la longitud de la tubería es de 15 m.

1. Encuentre un diámetro aceptable de la tubería y de su aislamiento que permita, en lo posible, lograr un subenfriamiento de 0,8 K en la salida de la tubería.

El líquido pasa a través de un intercambiador de calor del gas de aspiración y se subenfía a 15°C. La tubería de refrigerante se lleva después a través del mismo local a una distancia de 10 m.

2. ¿Se encuentra suficientemente aislada la tubería? ¿Condensa vapor de agua en su superficie?

Ejercicio 11: - Solución Sugerida

Utilice el subprograma de CoolTool con el título “ (*Pressure drop and heat transfer for liquid flow in pipes (Pérdida de presión y transferencia térmica del líquido en tuberías)*)”. Lo encontrará en el grupo de programas “*CoolTools: Auxiliary*”.



Está representado por el icono siguiente:

Incorpore los valores facilitados en la ventana de “*Especificación Ciclo*”.

1. Pruebe con diversos diámetros de tuberías hasta que obtenga una velocidad conveniente del refrigerante y una caída de presión razonable. Una tubería de cobre de diámetro 1 1/8” parece adecuada. Ahora intente determinar el espesor del aislamiento para mantener un subenfriamiento conveniente. Vemos que con 10 mm. de Armaflex se asegura un subenfriamiento de 0,83 K.
2. Incorpore los nuevos valores. La temperatura superficial de la tubería cae por debajo de la temperatura del punto de condensación del aire (punto de rocío) por lo que el vapor de agua condensará en la superficie del aislamiento. Un espesor del aislamiento de 20 mm. aumentará la temperatura superficial suficientemente (sobre la temperatura del punto de rocío) para evitar la condensación del vapor de agua.

Ejercicio 12: Enfriamiento transitorio de mercancías en un local refrigerado.

Le han encomendado la tarea de dimensionar una pequeña cámara frigorífica para la conservación de 100 cajas de cerveza. La cerveza se debe enfriar desde una temperatura de 25 °C a 5 °C en no menos de 8 horas. El dueño de la planta es ecologista y exige que sea utilizado R717 (amoníaco) como refrigerante.

Deben determinarse los siguientes parámetros:

- El caudal desplazado por el compresor (m^3/h)
- El valor UA del evaporador
- El valor UA del condensador
- El valor UA del local (transferencia térmica a través de las paredes del edificio al medio)

Se puede considerar que la capacidad de cerveza es el factor que gobierna la dinámica de la temperatura ambiente.

Los valores de UA de los intercambiadores de calor tienen que ser dimensionados de modo que las correspondientes diferencias de temperatura sean aproximadamente de 10 K.

¿Cuál debe ser el consumo total de energía del compresor (en kWh) para enfriar las 100 cajas de cerveza, y cuál será el COP medio?

Ejercicio 12: - Solución Sugerida

Utilice el programa para el cálculo del enfriamiento transitorio de un local o de un objeto. Usted lo encontrará en el grupo de programas “*Dynámico*”. Está representado por el siguiente icono:



Como introducción, trate de familiarizarse con las variables especificadas en las pestañas: “*Initial*”, “*Control*”, “*Load*”, “*Evaporator*”, “*Compressor*” y “*Condenser*”.

Seleccione el NH_3 en la lista de refrigerantes, accesible cuando se activa la pestaña “*Initial*”. Escriba también, dentro de esta pestaña, la temperatura inicial de 25°C .

El peso y la capacidad de calor del producto que debe ser enfriado se puede especificar en la pestaña “*Load*”. El peso de 100 cajas de cerveza es aproximadamente de 1100 kg. de agua, que tiene un c_p de $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Como es posible trabajar con distintas temperaturas ambientes en el condensador y distintas cargas en el local, estos valores tienen que ser especificados individualmente. Ambos deben ser de 25°C y constante. Este último se alcanza fijando una amplitud 0 (cero) para la curva sinusoidal de referencia de 24 horas.

En la pestaña “*Control*” elija una temperatura máxima de 6°C y una temperatura mínima de 4°C . Para el recalentamiento se puede tomar 5,0 K, mientras que el subenfriamiento podría ser de 2,0 K.

Pulse en “*Start (Empezar)*” para activar la simulación. Seleccione las variables que quiera mostrar en la ventana. Varíe el caudal desplazado por el compresor y los valores de UA respectivos de modo que T_{LOAD} alcance los 5°C después de aproximadamente 8 horas.

Los siguientes valores de los parámetros llevan a un tiempo de enfriamiento razonable:

UA de la carga = 75 W/K (transmisión de calor del local al ambiente)

UA del evaporador = 400 W/K

UA del condensador = 500 W/K

Caudal del compresor de $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (para los rendimientos isoentrópico y volumétrico, y la pérdida calor, se toman los valores prefijados)

Puede ser muy educativo reconocer como un evaporador más grande lleva a un compresor más pequeño y viceversa.

En la pestaña “*Output (Salida)*” están disponibles los valores integrados para el consumo de energía y el COP. Antes cerciórese de que el final de la simulación sea aproximadamente de 8 horas (pestaña “*Initial*”). En este caso el consumo de energía del compresor será aproximadamente de 6,8 kWh y el COP medio será aproximadamente 5,1.

6 CONCEPTOS, ATAJOS, Y OTRAS SUGERENCIAS

Conceptos

En algunos contextos se definen dos COP diferentes como: COP y COP*.

En ambos casos se utiliza el consumo de energía real del compresor. La diferencia reside en la definición del concepto “Enfriamiento útil”. Para el COP el efecto de enfriamiento es el referido al evaporador, mientras que para COP* el efecto de enfriamiento se basa en el cambio de entalpía desde entrada del compresor a la salida del condensador. En este segundo caso, una ganancia de calor en la línea de aspiración aumentará el COP calculado. El COP* se puede interpretar como un cálculo visto desde el punto de vista de los compresores, puesto que no se puede distinguir entre una entrada de calor en el evaporador y una entrada de calor en la línea de aspiración.

Pantalla:

Se recomienda una resolución de 800 x 600 pixeles o mayor. Todo el EESCoolTools se diseña para una resolución de la pantalla de 800 x 600.

EESCoolTools

La ventana principal se activa presionando Ctrl+D. Esto también se utiliza al volver desde una ventana secundaria.

Todas las entradas estan indicadas mediante cajas: ☐

Presionando F2 se activan los cálculos. Antes de hacer esto, todas las variables de salida deben estar en color gris o no tendrá ningún valor. Esto está representado por asteriscos: (****) o (????).

La solución numérica pretende reducir el residuo máximo por debajo de un cierto límite (por defecto 10^{-6}). Si ha obtenido ya una solución con un sistema de valores de entrada, puede resultar ventajoso actualizar los valores de los supuestos antes de empezar a cambiar algunos de los valores de entrada. Presionar "Ctrl + G" para hacer esto.

Cuando se imprimen las ventanas existe la posibilidad de seleccionar los esquemas individualmente. Esto se hace de la siguiente manera. En el menú de impresión primero anule la selección de los diagramas y selecciónela otra vez (✓). A continuación, aparece un menú, en el que puede elegir los esquemas específicos que desea imprimir.

7 DESCRIPCIÓN DE PROGRAMAS EN COOLPACK

7.1 PROGRAMAS EN UTILIDADES DE REFRIGERACION

Descripción	Icono
Las Utilidades de Refrigeración pueden utilizarse para calcular las propiedades del refrigerante y para la creación de diagramas de alta calidad	
La Transferencia de Calor en los fluidos es un programa utilizado en el cálculo de las propiedades termodinámicas y termofísicas (transporte) en la transmisión de calor de los fluidos secundarios.	
El Calculador de Refrigerantes es un programa utilizado en el cálculo de las propiedades termodinámicas y termofísicas de los refrigerantes.	

7.2 PROGRAMAS EN EESCOOLTOOLS: ANALISIS DE CICLOS (C-TOOLS)

Descripción	Icono
Análisis del Ciclo de una Etapa: Evaporador de Expansión Seca	
Análisis del Ciclo de una Etapa: Evaporador Inundado	
Análisis del Ciclo de una Etapa: Evaporación Múltiple (Doble)	
Análisis del Ciclo de una Etapa: Evaporación Doble, con enfriamiento de líquido en el sistema de baja temperatura	
Análisis del Ciclo de Doble Etapa: Inyección de líquido	
Análisis del Ciclo de Doble Etapa: Refrigerador intermedio Abierto, con evaporadores inundados	
Análisis del Ciclo de Doble Etapa: Refrigerador intermedio Cerrado, con evaporadores inundados	
Análisis del Ciclo de una Etapa: Ciclo Transcrítico de CO ₂	
Análisis del Ciclo de Doble Etapa: Ciclo Transcrítico de CO ₂	
Análisis del Ciclo de Doble Etapa: Sistemas en Cascada	

7.3 PROGRAMAS EN EESCOOLTOOLS : DISEÑO

Descripción	Icono
Paquete de Diseño de un Sistema de Una Etapa con Evaporador Seco, conteniendo: • Análisis del Ciclo de una Etapa • Dimensionamiento del Sistema: Cálculo del tamaño de los componentes • Análisis Energético del Sistema: Cálculo de las condiciones de operación • Análisis Energético del Sistema: Cálculo de las condiciones de operación – Compresores y Evaporadores múltiples acoplados en paralelo	

7.4 PROGRAMAS EN EESCOOLTOOLS : EVALUACION (E-TOOLS)

Descripción	Icono
Análisis Energético del Ciclo de una Etapa de Evaporador de Expansión Seca - Capacidad constante del Compresor	
Análisis Energético del Ciclo de una Etapa de Evaporador de Expansión Seca - Capacidad variable del Compresor	

7.5 PROGRAMAS EN EESCOOLTOOLS : HERRAMIENTAS AUXILIARES (A-TOOLS)

Descripción	Icono
Compresor	
Valor de UA para el evaporador	
Valor de UA para el condensador	
Enfriamiento y deshumidificación del aire	
Pérdida de presión y transferencia de calor en las tuberías de gas	
Pérdida de presión y transferencia de calor en las tuberías de líquido	
Propiedades Termodinámicas y Termofísicas de un refrigerante	
Comparación de tres refrigerantes en un Ciclo de Una Etapa	
Cálculo de la demanda de enfriamiento de una cámara frigorífica	
Cálculo de la demanda de enfriamiento en líquidos enfriadores	
Cálculo de la demanda de enfriamiento de mostradores de productos	
Cálculo de la demanda de enfriamiento para el acondicionamiento del aire de un local	
Cálculo de las propiedades del aire húmedo	
Cálculo del Ciclo de Vida (Nueva Herramienta en la versión 1.45)	

7.6 PROGRAMAS EN DINAMICA

Descripción	Icono
Modelo General para el enfriamiento de una cámara con control ON/OFF del compresor	
