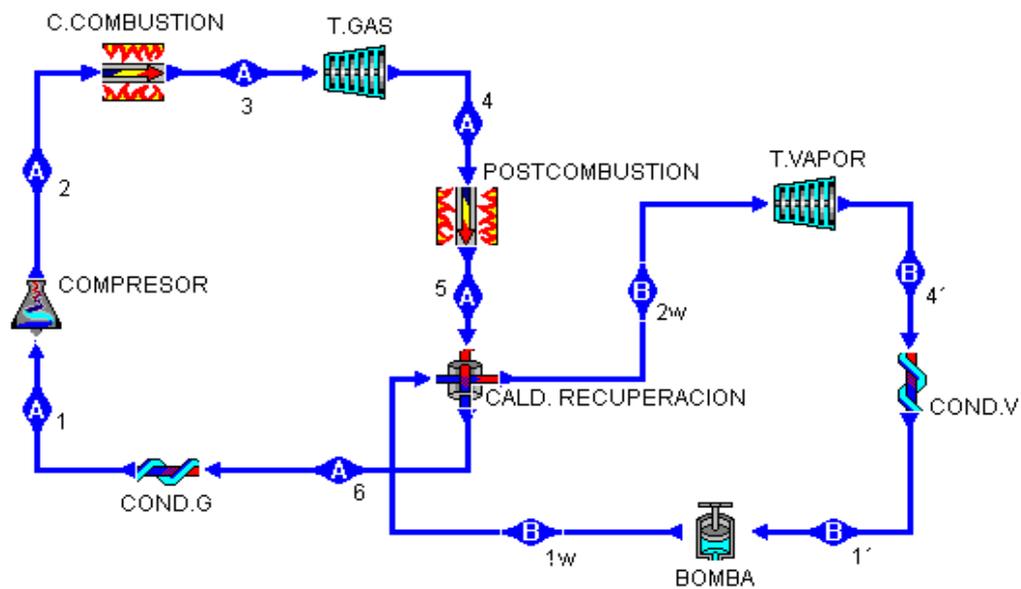


# PRÁCTICA DE TERMOTECNIA

(I.T.I. Mecánico)

## ESTUDIO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EMPLEANDO SOPORTE INFORMÁTICO. CYCLEPAD



Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos

Área de Máquinas y Motores Térmicos

Universidad Politécnica de Cartagena

Joaquín Zueco Jordán

## **1. OBJETIVOS**

Los objetivos principales que se pretenden con la realización de la práctica son los siguientes:

- Facilitar al alumno una herramienta de trabajo de análisis de ciclos termodinámicos, principalmente los ciclos de refrigeración y bomba de calor.
- Construcción y análisis mediante un laboratorio virtual de diferentes casos problemas de teoría de la asignatura de Termotecnia.
- Afianzar los conocimientos adquiridos en la parte teórica de la asignatura. Por ejemplo el comportamiento de diferentes sustancias de trabajo al modificar sus propiedades térmicas, eficiencias de los ciclos, etc.

## **2. CONCEPTOS TEÓRICOS**

Los conceptos teóricos para la realización de esta práctica se encuentran en el libro de teoría. El alumno debe de conocerlos para realizar la práctica. Repasar todo lo referente a los elementos que componen las diferentes instalaciones estudiadas, ciclos de refrigeración y bomba de calor, así como las características de los fluidos de trabajo, diagramas termodinámicos, etc.

## **3. MANUAL DEL PROGRAMA**

Cyclepad se trata de un laboratorio virtual, que permite a los estudiantes construir y analizar una variedad amplia de ciclos termodinámicos. Cyclepad se puede encontrar en versión de prueba en Internet en la siguiente dirección:

<http://www.qrg.ils.mwu.edu/projects/NSF/Cyclepad/aboutcp.htm>

(Northwestern University, The U.S. Naval Academy, and Oxford University)

A continuación se expone un manual de funcionamiento para poder llegar a manejar y comprender el programa.

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Un ciclo termodinámico es una colección de componentes los cuales intercambian energía, unos toman calor y generan energía, son las máquinas térmicas, o reciben energía y producen calor, son las máquinas frigoríficas o bombas de calor. Así pues ejemplos de ciclos termodinámicos son las plantas de potencia, refrigeradores, plantas de propulsión y motores.

Ciclepad nos ayuda a:

- Especificar la estructura de nuestro diseño, es decir las partes de que está compuesto y su interconexión.

- Analiza el diseño, indicando las consecuencias de las suposiciones que se han realizado. Tales suposiciones incluyen valores numéricos, es decir presiones, temperaturas de operación asumidas, o suposiciones relacionadas con el modelado del sistema, por ejemplo considerar un compresor isoentrópico.
- Ejecución de análisis de sensibilidad para comprender como las diferentes elecciones realizadas en el diseño contribuyen a los resultados. Cyclepad puede decir como la eficiencia de un sistema cambia según varía una función que depende de otros parámetros, por ejemplo la temperatura de entrada a la turbina.

También se pueden realizar análisis en régimen permanente de sistemas abiertos y cerrados. En un sistema abierto hay un caudal másico que recorre la instalación, mientras que en un sistema cerrado no. Una turbina de gas o de vapor es un sistema abierto, mientras que un motor de combustión forma un sistema cerrado.

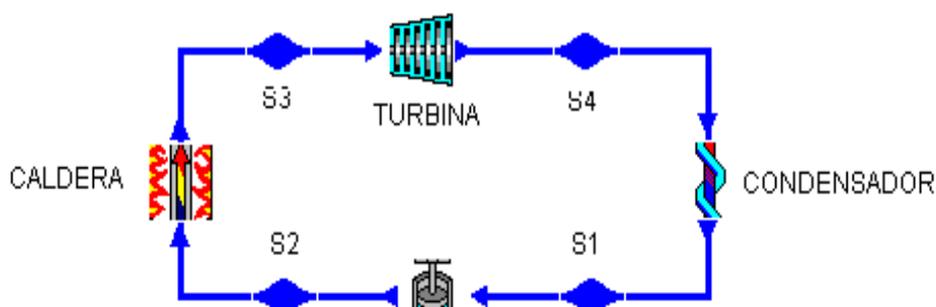
Los análisis en régimen estacionario proporcionan una buena orientación inicial en el diseño conceptual, ya que en el diseño conceptual de ciclos termodinámicos las cuestiones importantes son las condiciones de operación y la estimación de la eficiencia y la producción de potencia, frío o calor. Las etapas posteriores del diseño son obtener las consecuencias tales como la respuesta del sistema a transitorios, desarrollo de procedimientos para la puesta en marcha y la parada, y que aseguren que el sistema es fácil de monitorizar y mantener.

CyclePad trabaja en dos fases, (a) construcción del modelo, donde se emplea el editor gráfico para situar los componentes conectándolos entre ellos, y (b) análisis del modelo, donde se especifican el fluido de trabajo, suposiciones de trabajo y valores numéricos para las propiedades del fluido en los diferentes puntos (stuffs) del ciclo.

### 3.1.2 COMO CYCLEPAD VE LOS CICLOS TERMODINÁMICOS

Un ciclo termodinámico consiste en una colección de componentes conectados entre sí de alguna forma apropiada. Cyclepad reconoce los componentes incluidos dentro del programa, como: compresores, turbinas, calderas, enfriadores, bombas, mezcladores, válvulas reguladoras e intercambiadores de calor.

Cyclepad describe las conexiones en función de las propiedades de la materia en cada conexión, esto es, las propiedades los stuff que están fluyendo entre los componentes.



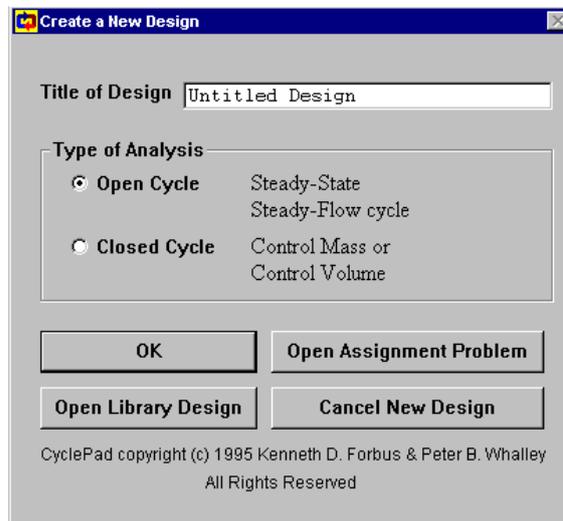
En el diagrama de arriba, por ejemplo, existen cuatro componentes, una caldera, una turbina, un condensador y una bomba, estos componentes se encuentran conectados a través de los stuff S1, S2, S3, S4.

La mayor fuente de información sobre el ciclo es el surtido de parámetros asociados con cada stuff y cada componente. Cyclepad conoce que parámetros están asociados con cada componente y con cada stuff. Además conoce el surtido de parámetros que son relevantes y pueden variar. Por ejemplo, cuando un stuff está saturado, es necesario conocer su título de vapor, al igual que en una turbina la cual no es isoentrópica requiere alguna especificación de esta supuesta eficiencia. Parte del trabajo como diseñador es seleccionar valores numéricos y modelos de suposiciones para ver si un particular diseño puede satisfacer un criterio de ejecución.

## 3.2 MODO CONSTRUCCION

### 3.2.1 CREANDO UN NUEVO DISEÑO

Cuando se comienza un nuevo diseño, aparece el siguiente cuadro de dialogo.



Primero se introduce el título del diseño (aunque se puede cambiar más tarde en el menú edit). Después elige el tipo de análisis que deseas, en esta versión de Cyclepad puedes escoger entre ciclo abierto o ciclo cerrado. Una vez hecho esta elección, ya se puede cambiar, si se desea cambiar la opción se deberá comenzar un nuevo diseño (usando File/New Comand).

Para abrir un ejemplo de la librería, pulsa en “Open Library Design”. Advierte que puedes modificar los ejemplo y salvar los cambios libremente como un diseño nuevo.

Si se prefiere abrir un diseño existente, tal vez uno que hayas salvado en tu disco duro en una sesión anterior, pulsa “Open Saved Design”.

En el nuevo diseño el cuadro de dialogo desaparece y Cyclepad presenta una pantalla azul, en la cual se puede comenzar a dibujar el ciclo.

La situación es por defecto en modo construcción y Cyclepad no permite cambiar a modo análisis hasta que se haya completado el diseño del ciclo.

### 3.2.2 AÑADIENDO COMPONENTES AL DISEÑO

Seleccione un componente desde la paleta de componentes y pulse en el espacio azul de diseño, en el lugar donde desees colocarlo. Para elegir un componente diferente, selecciónelo desde la paleta y realice la misma operación.

Si cierra la ventana de la paleta, existe otra forma de elegir los componentes, simplemente pulsando en el fondo azul, aparecerá un cuadro donde podrá elegir el componente deseado de la lista.

Si este sistema no te parece cómodo y quiere reabrir la ventana de la paleta de componentes, elija “Component Palette” desde el menú “Window”.

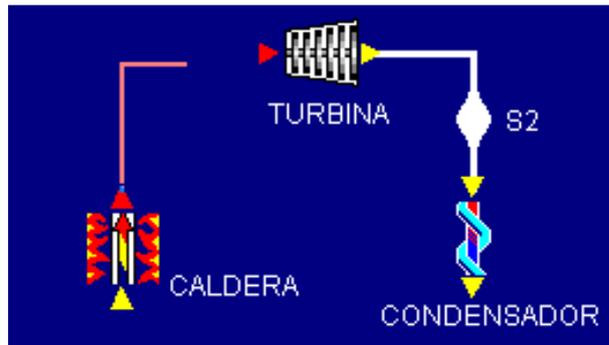
El componente que haya seleccionado aparecerá en la pantalla, por ejemplo, seleccione una caldera, el icono de una caldera tendrá la siguiente apariencia:



Los dos triángulos amarillos son las puertas de la caldera. Estos indican la dirección del fluido que atraviesa la caldera (en este caso hacia la derecha), y estos triángulos permiten conectar la caldera a otros componentes.

### 3.2.3 CONECTANDO COMPONENTES

Para conectar dos iconos, primero pulse en un puerto, tal como el puerto anterior de la caldera. Advierta que el puerto que pulso se vuelve de color rojo y una línea roja aparece uniendo el puerto con el puntero del ratón. Esta línea puede ser únicamente horizontal o vertical, para cambiar la dirección de la línea, pulsa el botón izquierdo del ratón y crearás una unión en ángulo recto.



Advierta también que todos los puertos los cuales podría conectar con esta línea se convierten en rojo. En la figura, la entrada de la turbina se vuelve roja pero la salida no, esto es así porque no se pueden conectar entre ellas.

Ahora que ha pulsado en un puerto, deberá primero arrastrar la línea roja alguna distancia desde el icono en la dirección del fluido. Sobre todo resista la tentación de comenzar conectando inmediatamente, ya que más tarde estas conexiones no le permitirán que mueva los componentes a un lugar más apropiado.

Estando arrastrando la línea roja, pulse cuando quieras hacer un ángulo recto y cambiar la dirección. No se preocupe si no lo has alineado exactamente con el puerto el cual quiere conectar, Cyclepad automáticamente lo romperá, conectando la línea con el segundo icono. En el ejemplo de arriba la unión esta claramente sobre la entrada de la turbina, pero si simplemente pulsa en el puerto rojo de entrada a la turbina la conexión se hará directamente.

Si decide que quiere abandonar la operación de conexión, pulse el botón derecho del ratón y volverá la pantalla al estado inicial antes de la conexión.

Cuando la conexión ha sido completada, aparece un stuff, caracterizado por la protuberancia en el conducto que une los dos elementos. Como cada elemento, cada stuff tiene una etiqueta, la cual se puede arrastrar y editar, sólo en modo construcción, para hacer el diagrama más fácil de leer.

### 3.2.4 CAMBIANDO LAS ETIQUETAS DE LOS COMPONENTES Y STUFF

Para editar las etiquetas de los stuff o de los componentes en el modo construcción, pulse el botón derecho del ratón. Un cuadro de dialogo aparece,

en el cual puedes escribir el nombre que hayas designado para el stuff o el componente.

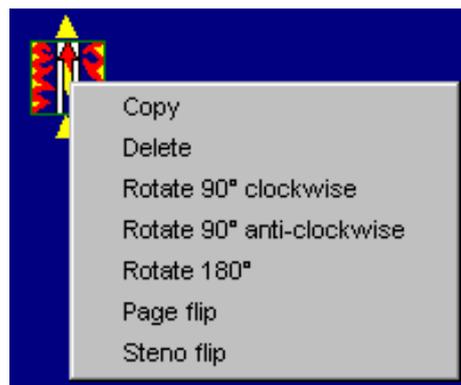


Sólo debe tener en cuenta que cada etiqueta debe ser única ya que Cyclepad no permitirá que haya un duplicado del texto de una etiqueta.

### 3.2.5 MANIPULANDO LOS ICONOS DE LOS COMPONENTES

En construcción de ciclos grandes, se puede desear mover, copiar, borrar, rotar o reflejar un elemento. Moverlo es fácil, pulsando el botón izquierdo del ratón en el icono y arrastrándolo para colocarlo donde se desee. Aunque se puede mover la conexión de los iconos, es mejor colocar al elemento aproximadamente en el lugar correcto antes de conectarlo.

En cuanto a las otras cosas que se puede hacer con los iconos, la encontrará pulsando el botón derecho en el icono del componente, en modo construcción, apareciendo en la pantalla el menú de editar el icono.

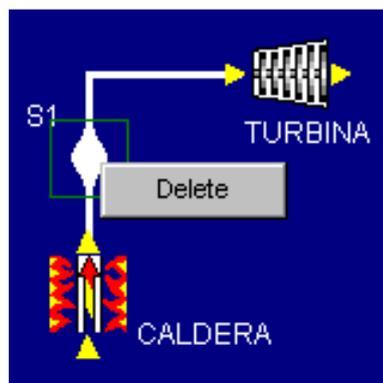


- Copy: Copia el icono seleccionado en la misma orientación. Esto se puede hacer rápidamente, añadiendo y rotando varios iconos al mismo tiempo.
- Delete: Borra el icono seleccionado
- Rotate 90° right: Rota el icono 90° grados en el sentido horario.

- Rotate 90° left: Rota el icono 90° grados en sentido antihorario.
- Page flip: Refleja el icono sobre un eje vertical, como cuando estas pasando la pagina de un libro. Este comando es especialmente importante para iconos asimétricos como intercambiadores de calor.
- Steno flip: Refleja el icono sobre un eje horizontal, como si pasaras pagina en una libreta de notas de un reportero.

### 3.2.6 BORRANDO STUFF

El menú de edición de los stuff es considerablemente simple, lo único que se puede hacer con los stuff es borrarlos. Aparecerá este menú cuando pulse el botón derecho en la protuberancia del stuff.



Cuando haya completado el diseño del ciclo, habiendo conectado todos los componentes entre sí, ya se puede pasar al modo análisis, eligiendo “Analyze”, desde el menú “Mode” en la barra de menú.

## 3.3 MODO DE ANÁLISIS

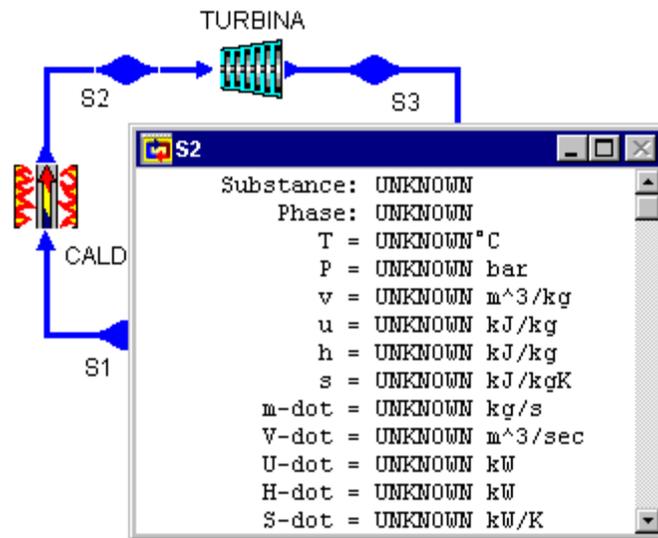
### 3.3.1 MODO ANALISIS: INTRODUCCIÓN

La forma de trabajar en el modo análisis es a través de los medidores, los cuales aparecen en una ventana, desplegando información sobre los componentes, stuff y sobre el ciclo en su conjunto. Pulsando en “Cycle/Cycle Properties” aparecerá desplegado un medidor global de las propiedades del sistema tales como la eficiencia térmica, potencia neta, rendimiento de Carnot, etc.

### 3.3.2 LOS MEDIDORES

Un pulso en el botón izquierdo de algún icono, aparecerá un medidor desplegando el modelado de suposiciones y los valores paramétricos

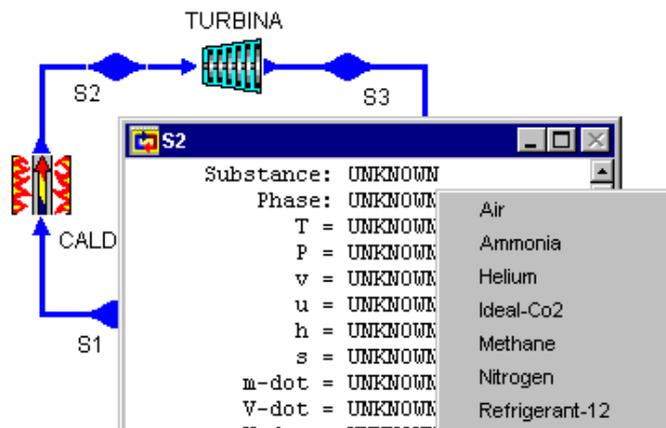
asociados con esta entidad. Por ejemplo un pulso en el botón izquierdo del ratón en S2 aparecerá un medidor para este stuff.



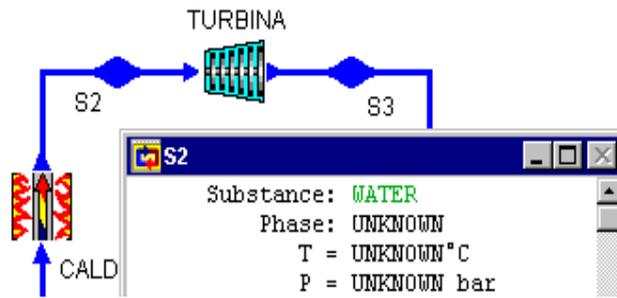
Inicialmente cada valor en el medidor esta en color negro, debido a que los parámetros del ciclo están aun sin especificar, pero conforme vaya haciendo suposiciones sobre el ciclo y dando valores numéricos, los medidores van cambiando de color.

### 3.3.3 OPERANDO CON MEDIDORES - ELIGIENDO SUSTANCIAS

Cada uno de los valores “desconocidos” es sensible al ratón. Pulsando en uno aparece un menú de datos para preguntar sobre cada valor, a través de un sistema de preguntas, o cosas que puedes hacer para que los valores cambien o se retraigan. Por ejemplo pulsando en “select a substance” para S2, aparecerá un menú de sustancias que se puede elegir para el stuff.

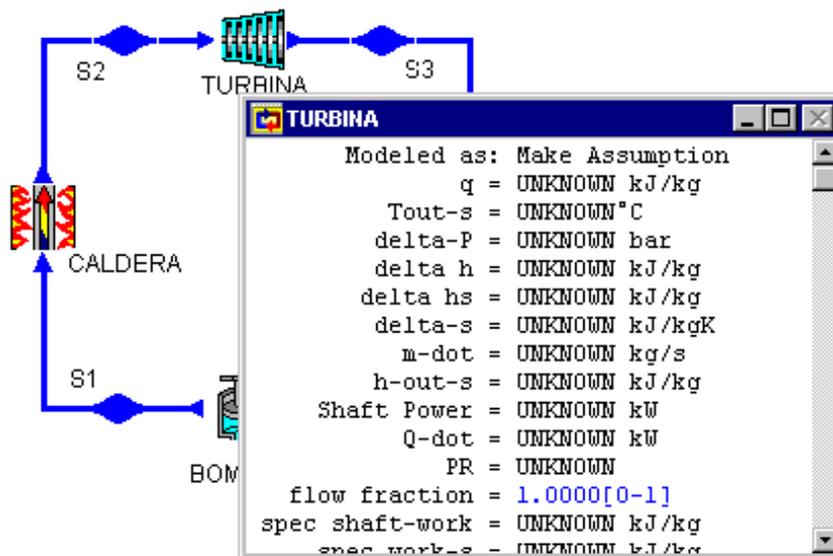


Supongamos que elegimos agua desde la lista de sustancias. El medidor ahora cambia, reflejando esta variación. Advierte que el agua esta en color verde, lo que indica que esto es una suposición que nosotros hemos hecho.



### 3.3.4 OPERANDO CON MEDIDORES - HACIENDO MODELADO DE SUPOSICIONES

El uso del “modelado suposiciones” es crítico para que el modelo sea exitoso. Se puede hacer y retractar de los modelos de suposiciones pulsando en la primera línea del medidor de un componente, en el cual inicialmente se leía “Modeled as: Make assumption”.



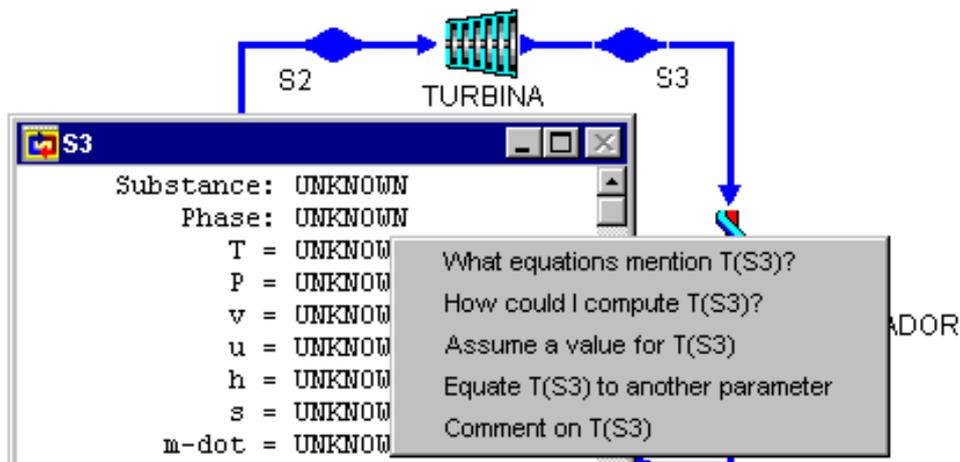
En la figura se observa el medidor de la turbina, en el cual aparecen todos los valores como desconocidos, y el modelado de suposiciones por hacer, esto es así ya que todavía no hemos introducido ningún valor al ciclo. Pulsando con el ratón en “Make Assumption”, nos aparecerá una ventana con las posibles suposiciones de trabajo que pueden emplearse en la turbina, cada componente tendrá las suyas propias, atendiendo a sus posibilidades de funcionamiento.

TURBINA works isothermally  
 TURBINA does not work isothermally  
 TURBINA works isentropically  
 TURBINA does not work isentropically  
 TURBINA works adiabatically  
 TURBINA does not work adiabatically

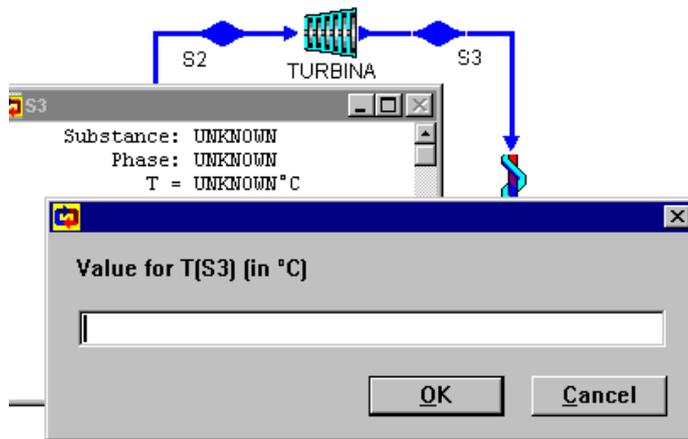
Es decir decidiremos si el elemento trabaja isotérmicamente (proceso a temperatura constante), isoentrópicamente (proceso reversible y sin pérdidas de calor), adiabáticamente (proceso sin pérdidas de calor), isocóricamente (proceso a volumen constante), isobáricamente (proceso a presión constante), etc.

### 3.3.5 OPERANDO CON MEDIDORES - ASUMIENDO VALORES NUMERICOS

Ahora se puede elegir una temperatura (pulsando en “desconocido” a la derecha de la temperatura).



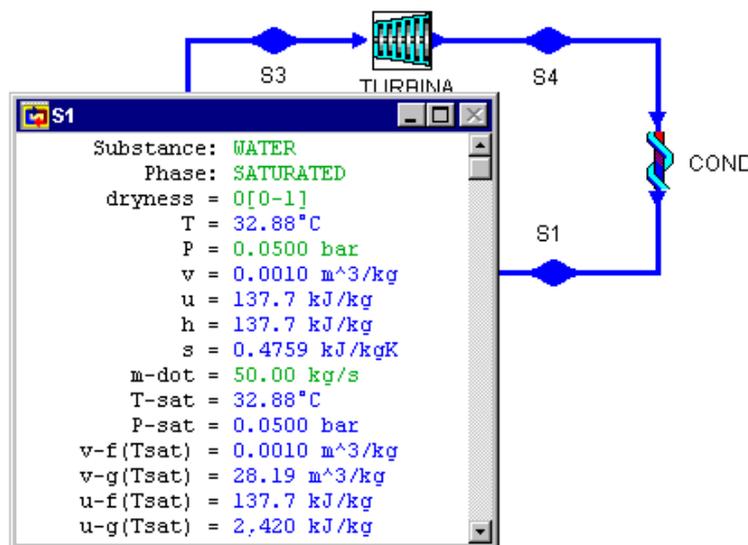
Un menú emergente aparecerá, desplegando algunas cuestiones y acciones, incluyendo “Asume un valor”, comando para dar un valor a estos parámetros.



Pulsando en “Asumir un valor” para la temperatura, habilitamos como poner un valor a este parámetro. Observamos que las unidades vienen indicadas en la ventana, si se desea usar diferentes unidades, hay que elegir “Change Units” (cambiar unidades) desde el menú en “Edit/Preferences”.

### 3.3.6 OPERANDO CON MEDIDORES - OBTENIENDO VALORES

Por ejemplo asumimos que ha introducido los siguientes valores a la salida del condensador; Substancia = Agua, Fase = Saturada, Título de Vapor=0, P=0.05bar, Caudal=50 Kg/s. Vemos que los valores introducidos se encuentran en color verde, mientras que el resto, los de color azul, han sido deducidos por el programa.



El análisis del diseño es producto de la suma de información que se aporta al programa, y que este elabora para obtener todos los datos posibles. Se pueden hacer suposiciones y preguntar cuestiones en el orden que se desee.

Inadvertidamente se puede forzar el valor de un parámetro, en dicho caso puede que tampoco tenga en absoluto valor, o Cyclepad encuentre que este calculando dos o más diferentes valores para estos parámetros. Cuando esto ocurre, el cuadro de dialogo de contradicción aparecerá. El programa despliega las suposiciones implicadas en la contradicción, y deberá retractarse de uno o más de ellas para resolver la contradicción y poder continuar con el análisis del ciclo.

Cuando haya obtenido los valores que estaba buscando, puede querer investigar la relación entre un valor que hayas asumido y otro que cyclepad haya calculado. Para hacer esto usa las herramientas del “análisis de Sensibilidad”, desde las “Tolls” (herramientas) que aparecen debajo del menú.

#### **4.3.7 DISEÑO Y PREPARACION DEL ANALISIS**

Cyclepad incorpora unas facilidades para el diseñador a la hora de comenzar a analizar el ciclo. Para que surja esta ayuda, Cyclepad primero hace deducciones sobre el papel que cada elemento esta jugando. El papel se define como la función que un elemento en particular está intentando realizar. Por ejemplo algunas plantas de gas licuado usan turbinas en vez de válvulas de estrangulación (throttles) para expandir el fluido de trabajo, porque una expansión resistida produce una mayor caída de temperatura que una expansión sin resistencia. En este caso, aun cuando el ciclo puede hacer uso de la potencia derivada de la expansión, la intención de la turbina es enfriar el fluido de trabajo, no producir potencia.

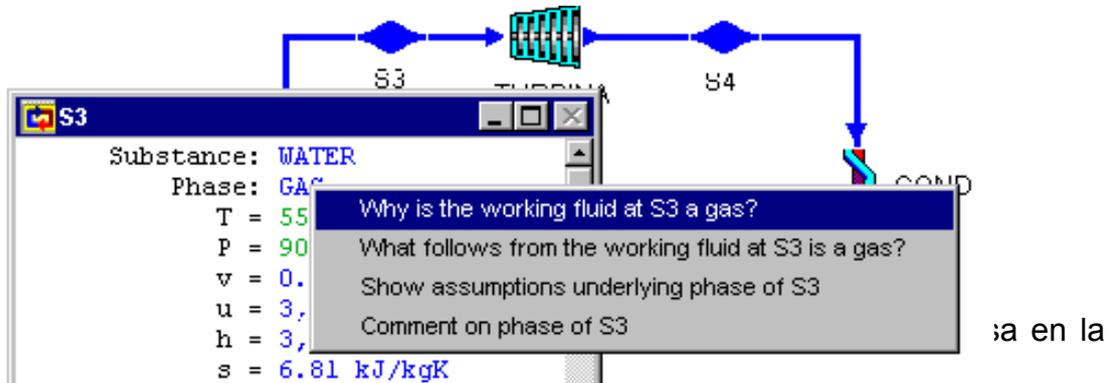
Para contemplar el papel que Cyclepad ha deducido para cada parte del ciclo escoge, Tools/Annotations/Device Role Annotations. Pulsando con el ratón en las funciones mostradas, aparecerá el sistema de preguntas que te provee de una explicación del porque cyclepad ha deducido dicha función.

Cyclepad utiliza estas deducciones para generar consejos para que mejoren el análisis del ciclo. Para ver estos consejos elige Help/Analisis Coach y los consejos que el programa ha obtenido se muestran en una ventana de explicación.

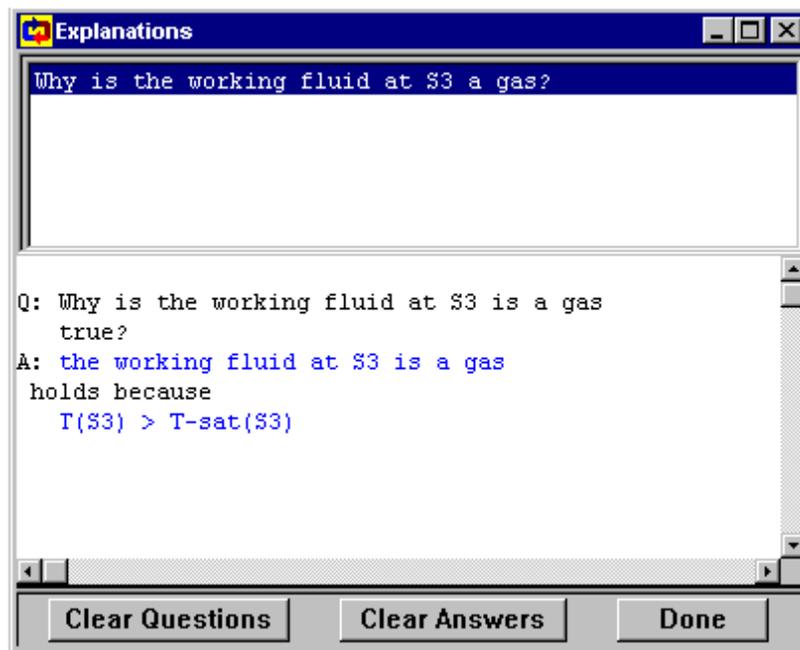
#### **3.3.8 INVESTIGANDO UN CICLO A TRAVES DEL SISTEMA DE EXPLICACIONES.**

Cyclepad automatiza el análisis numérico del ciclo para que puedas emplear más tiempo pensando sobre las implicaciones del diseño. Para asistirte en tus investigaciones Cyclepad esta provisto de un sistema de preguntas. Usando este sistema puedes obtener explicaciones sobre algún determinado valor paramétrico, fase de alguna sustancia o del modelo de suposiciones que Cyclepad ha deducido para algún elemento. (Estos valores aparecen en texto azul en la pantalla).

Supongamos que está analizando un ciclo simple de Rankine y acaba de insertar los valores para la presión y temperatura del stuff que sale de la caldera. Advierte que Cyclepad ha deducido que en el stuff el fluido es un gas, si quiere conocer porque esto es así, pulsa en la deducción y aparecerá un menú de cuestiones que puedes preguntar.



Un registro de la pregunta aparece en la caja gris en la parte de arriba de esta ventana. De esta forma puede retroceder a alguna pregunta que haya hecho pulsando en ella, o puede borrar las preguntas del registro pulsando el botón de "Clear Question".

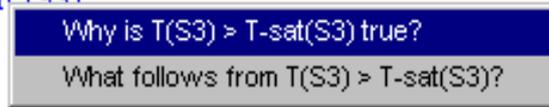


En la caja blanca de la parte baja de la ventana aparecerá la pregunta y su respuesta. En el anterior ejemplo, advierte que algunos de los textos están en azul, indicando que Cyclepad ha deducido estos valores. Estos trozos de texto son sensibles al ratón, por lo que sí quieres conocer por que cyclepad opina

que la Temperatura de S3 es mayor que la Temperatura de Saturación podrá pulsar en  $T(S3) > T_{sat}(S3)$ .

Pulsando en el texto azul aparecerá una lista de cuestiones que puedes preguntar, lo mismo que ocurría en el pulso original en la afirmación “Fase=Gas”.

$T(S3) > T_{sat}(S3)$



Eligiendo “Why is  $T(S3) > T_{sat}(S3)$  true” coloque esta cuestión en el registro de preguntas y la respuesta aparecerá en la parte baja del cuadro.

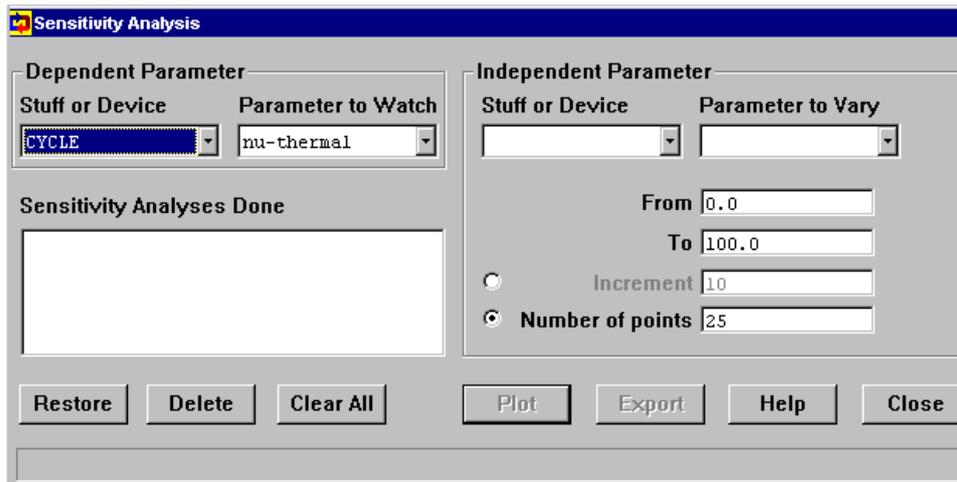
Por otro lado, observa que  $T(S3) = 550^{\circ}\text{C}$ , está en verde, indicando que esto es un valor que lo ha introducido el diseñador. Como siempre podrá pulsar en él, pero cyclepad sólo informará que es un valor suministrado.

### 3.3.9 INVESTIGANDO EL CICLO A TRAVÉS DE LAS HERRAMIENTAS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Para estudiar mejor un diseño, se pueden usar las herramientas del análisis de sensibilidad.

La forma de trabajar del análisis de sensibilidad normalmente está implementada en cyclepad bajo dos parámetros, un parámetro dependiente y un parámetro independiente. El parámetro dependiente es el que deseamos mejorar, puede ser la eficiencia térmica, el trabajo producido, o reducir la cantidad de calor perdido. El parámetro independiente es una de las suposiciones que esta casualmente relacionada con el parámetro dependiente, tal como la temperatura de salida de la caldera o la relación de compresión que deseas cambiar para alterar el parámetro dependiente.

Seleccionando “Sensitivity” desde “Tools” baja un menú donde aparece el cuadro de dialogo “Plot Parameter”.



En la parte superior izquierda del cuadro de dialogo, seleccionas los parámetros de los stuff o elementos que deseas alterar. Por defecto este cuadro de dialogo muestra el ciclo como el elemento y Eta-termal como el parámetro a alterar. Advierte que cada una de las cuatro cajas sobre la parte superior de la mitad de la pantalla tiene botones a su derecha con flechas apuntando hacia abajo. Pulsando en estos botones aparece un menú que se deja caer hacia abajo de las posibles alternativas para cada caja.

Pulsando en el cuadro de parámetros dependientes puedes ver, varios posibles candidatos, como: work ratio(relación de trabajo), Eta-Termal(rendimiento térmico), Min-T(temperatura mínima) y Max-T(máxima temperatura), además de otros.

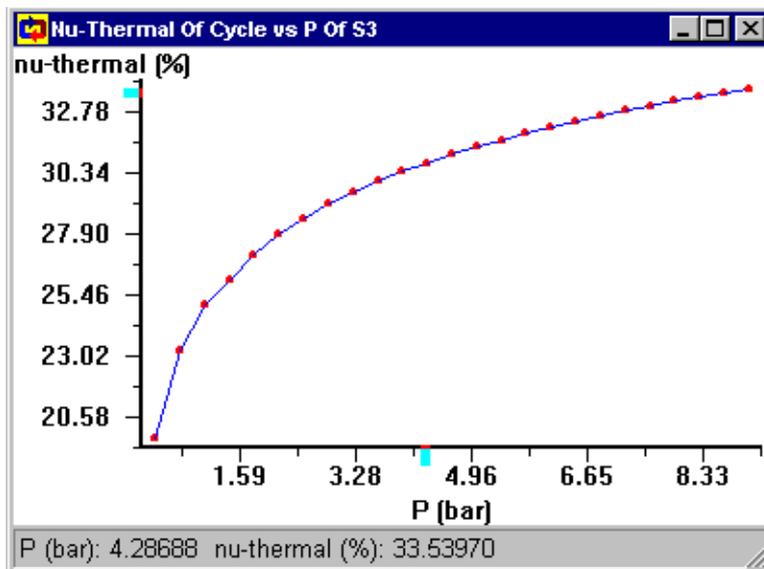
En la parte superior derecha del dialogo eliges el parámetro del stuff o elemento que quieres variar. Estos dos cajones despliegan solo aquellos parámetros en los cuales proporcionaste un valor durante la fase de análisis, ya que estos serán solo los parámetros que puedes directamente variar.

Para mostrar un ejemplo tomaremos como elemento independiente al stuff S2 y como parámetro la presión.

Como siempre, para hacer esta elección, el valor de la presión debería ser preciso, para tener alguna información sobre este efecto en el sistema en conjunto. Podemos simplemente elegir una alta presión en la teoría, dado que el trabajo generado por la turbina es directamente proporcional a la presión de entrada, pero teniendo en cuenta que presiones altas pueden causar relativamente problemas a posteriori en el sistema.

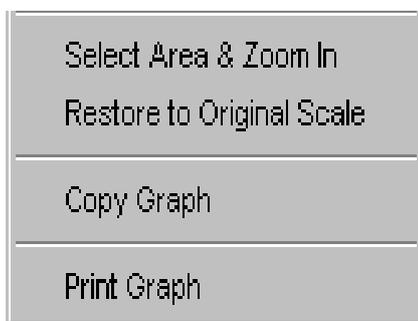
Antes de que se pueda dividir la presión, hay que proveerse de un razonable rango de valores para los parámetros independientes. En las unidades del parámetro dependiente, por defecto, este rango va de 0 a 100. Se puede cambiar esto en la parte inferior izquierda de la pantalla. El número de puntos que poseerá el gráfico será por defecto de 25, determinando la apariencia del resultado, más puntos podría hacer el cuadro alisado.

Pulsando en el botón "Plot Data", aparecerá un gráfico de la conducta del parámetro dependiente sobre el rango del parámetro independiente.



Moviendo el puntero del ratón sobre alguna parte del gráfico hace que los valores de X e Y sean desplegados en la barra de estado de la parte inferior de la pantalla.

Pulsando el botón derecho en alguna parte del gráfico se presentan las siguientes opciones:



- Select Area & Zoom in: Permite agrandar una sección del gráfico.
- Restore to Original Scale: La escala del gráfico vuelve a su tamaño original.
- Copy graph: Coloca una copia del gráfico en el guarda papeles. Este puede ser pegado en otros programas tales como el procesador de textos "Words" o otros paquetes gráficos.
- Print Graph: Permite imprimir el gráfico.

### **3.3.10 DESIGNACION DE CONSTRUCTOR**

La “Designación de constructor” te permite crear versiones electrónicas de problemas, los cuales pueden ser distribuidos a los estudiantes, para trabajar en casa.

“Assignment” puede ser registrado con RobTA para proporcionar evaluaciones automáticas e informar sobre el trabajo de los estudiantes.

En esta sección se describen los distintos rasgos del Assignment Builder y como usarlos.

Course Info: Introduce el nombre de tu escuela, el título del curso y si es oportuno el nombre de la sección.

Constraints (contenidos): Son usados por ToboTA para evaluar el trabajo de los estudiantes. Usa el menú que aparece para construir “Contenidos”. Pulsa “Add” (Añadir) para añadir contenidos a la lista. Para borrar contenidos, haz que se encienda estos y pulsa “remove”.

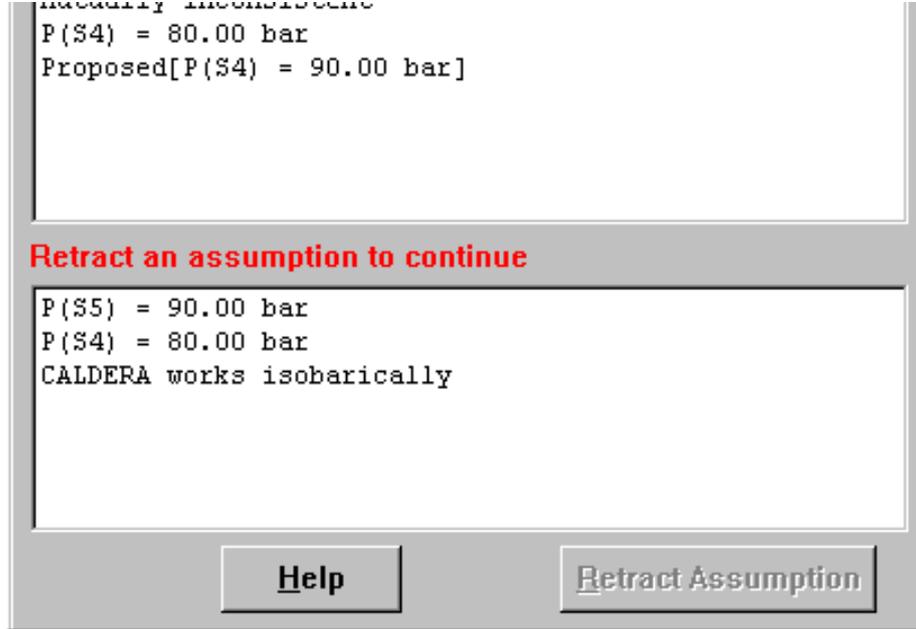
Advanced (avanzado): El marco de “advanced” te permite elegir opciones avanzadas, lenguaje convencional y especificaciones sobre las consideraciones de funcionamiento del ciclo.

### **3.4 MODO CONTRADICCION**

#### **3.4.1 MODO CONTRADICCION: INTRODUCCION.**

Es posible que al hacer las suposiciones de funcionamiento de algún elemento, o al introducir valores en algún punto, estas entren en conflicto con otros valores o suposiciones. En tal caso, Cyclepad no puede continuar analizando el diseño hasta que uno o más de los parámetros que han creado los conflictos sean eliminados.

Cuando Cyclepad detecta un conflicto, este entra en el Modo Contradicción, en el que aparece una ventana donde podremos subsanar el error desechando los datos que crearon el problema, para así poder seguir con el análisis.



### 3.4.2 ¿QUE CAUSAN LAS CONTRADICCIONES?

Existen muchas acciones que pueden llevar al programa a crear contradicciones en el funcionamiento del ciclo, aunque por citar algunos ejemplos comunes, diremos que, el asumir una fase en particular para un fluido de trabajo, en el mismo punto del ciclo que está en contradicción con la suposición acerca de las variables de estado, o el poner la presión o temperatura de un componente, el cual no puede asumirla, crea una contradicción.

### 3.4.3 COMO DETECTA CYCLEPAD LAS CONTRADICCIONES

Un importante aspecto para llevar acabo alguna forma de análisis matemático es chequear si o no tus resultados son físicamente comprensibles, Cyclepad ayuda en este aspecto detectando cuando las suposiciones que se han hecho, corresponden con una situación físicamente imposible.

Cyclepad detecta tales situaciones usando una aproximación, una especie de conocimiento intuitivo que los ingenieros humanos usan para comprender tales errores. Por ejemplo cyclepad conoce que:

- Para hacer la compresión se debe realizar trabajo.
- En un proceso de expansión se genera trabajo.
- No se puede conectar mediante un stuff directamente la salida de una caldera con la entrada de un condensador, hay que colocar entre ellos una maquina que genere trabajo.

Cuando estos o otras simples intuiciones físicas son violadas, Cyclepad enciende el modo contradicción. En este modo la ventana de información muestra las situaciones particulares que han sido violadas y la lista de suposiciones las cuales causaron la contradicción.

Este estilo de computación es llamado propagación de contrastes. Este sistema es muy simple, sin embargo es una poderosa herramienta para calcular respuestas, dadas suposiciones numéricas. Por que usa la propagación de

contrastes, Cyclepad hace mas trabajo del que debería, estrictamente hablando. Cuando estamos analizando los diseños a mano uno generalmente piensa en ser cuidadoso sobre el proceso de solución, para hacer el mínimo de trabajo necesario para deducir la información que nosotros necesitamos para nuestros propósitos.

La ventaja del método de Cyclepad es que este es implacable chequeando todas las consecuencias de las suposiciones. La función de Cyclepad es descubrir cuando los valores que has propuesto son físicamente imposibles.

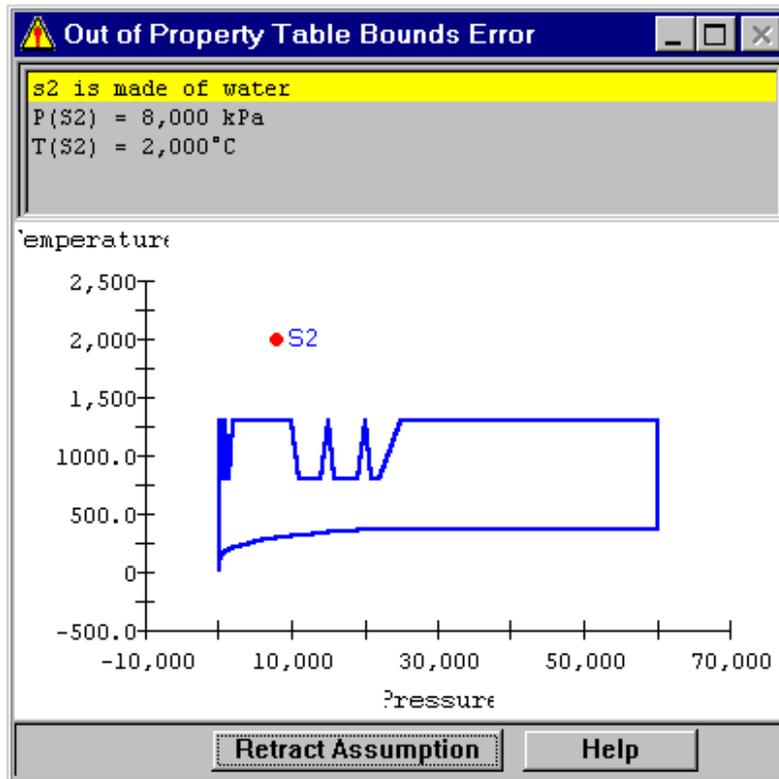
#### **3.4.4 COMO SALIR DEL MODO DE CONTRADICCION**

Una vez que aparece el modo contradicción, Cyclepad no permite proseguir con el análisis, hasta que se corrijan las suposiciones que crearon el error. Para corregir las suposiciones habrá que rectificar (RETRACT) en alguna de ellas en la ventana de información. Una vez realizado esto, pulsando OK, Cyclepad chequeará hasta ver que todas las contradicciones han sido resueltas (puede haber mas de una). Se puede emplear las facilidades del sistema de explicaciones para deducir cuantas y cuales suposiciones es necesario rectificar.

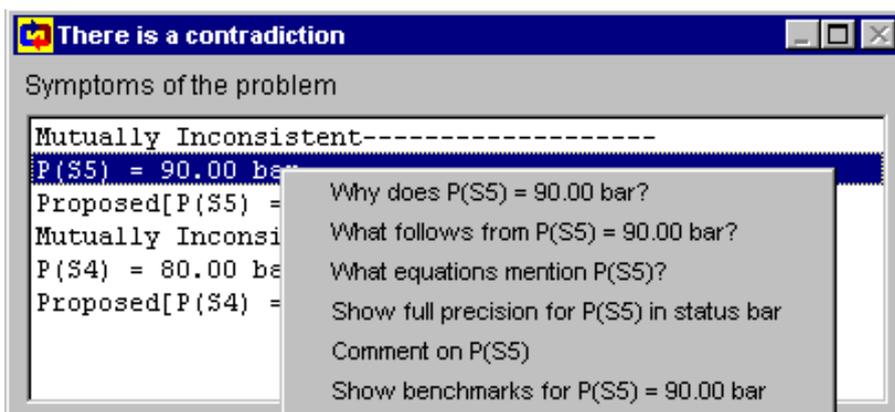
Si el error cometido es que se asumió un valor numérico que está fuera del rango de las tablas de Cyclepad, el cuadro de dialogo de contradicciones mostrará donde está el valor con respecto al rango aproximado de la tabla.

Esta es la contradicción que con mayor asiduidad hay que solucionar, ya que probablemente el error haya sido provocado por el valor más reciente que fue introducido. En cualquier caso será relativamente fácil determinar cual es el valor que esta fuera de rango y corregirlo.

Si no aparece este cuadro de dialogo, entonces la contradicción no es debido a un valor dependiente de las tablas de Cyclepad. Dependiendo del problema en particular, hay distintos caminos a proceder.



Puede ser útil trabajar hacia atrás en las suposiciones, preguntándonos por que los datos contradictorios fueron pensados, o se puede ser útil también ir hacia delante desde las suposiciones, moviéndonos a través de las consecuencias para ver donde estas fueron desencaminándose. A menudo una combinación de trabajo hacia delante y hacia atrás, produce los mejores resultados.



Todas las afirmaciones contradictorias y suposiciones son elementos que pueden ser exploradas y manipuladas a través del sistema de preguntas, que aparecerá pulsando en ellas con el ratón obteniéndose el menú apropiado de preguntas, como podemos observar en la figura de arriba.

### **3.4.5 DESCRIPCION DE LOS MENUS DEL PROGRAMA**

#### **FILE**

New: Aparece el cuadro de dialogo New Desig, para introducir la información inicial correspondiente al nuevo diseño.

Open Design: Abre un archivo existente (.dsn), tal vez uno que hayas salvado de una anterior sesión.

Close: Cierra el actual diseño.

Close all: Cierra todos los diseños abiertos.

Save: Salva el actual diseño como un archivo .dsn, estos archivos son archivos ASCII, que son inscritos en cyclepad de una manera leíble, incluyendo la información sobre el diseño, el esquema del esquemático y las suposiciones que puedes haber hecho.

Save all: Salva todos los diseños abiertos.

Revert to Saved: Descarta todos los cambios desde la ultima vez que fue salvado el archivo.

Export Cycle Data: Exporta los datos del ciclo en formato coma-separate-valor, el cual la mayoría de las hojas de calculo importan directamente.

Export Comments: Exporta comentarios que haces en particular de algunos elementos, stuff, y parámetros a un archivo de texto. Puedes encontrar esto maravilloso en un procesador de texto para un informe del ciclo.

Print Setup: Abre la pagina estándar para imprimir. Si deseas, puedes cambiar la impresora aquí.

Print: Imprime el actual diagrama del ciclo.

Exit: Primero confirma que quieres salir de Cyclepad, para salvar algún diseño no salvado.

#### **EDIT**

Desig Notes: Abre una ventana de editor de textos para insertar comentarios sobre el diseño. Advierte que puedes también adjuntar comentarios para un particular aparato o stuff, pulsando el botón derecho en ellos directamente en modo análisis, también para un parámetro particular escogiendo "Comment" en <parameter name> opción del menú emergente que aparece cuando pulsas el botón izquierdo en un elemento.

Desig Tittle: Aparece un dialogo que te habilita para cambiar el titulo del diseño.

Retract All Assumptions: Te retractas de todas las suposiciones que has hecho. Sé cuidadoso, ya que no se puede deshacer.

Recalculate: Provoca que Cyclepad intente calcular mas información sobre el ciclo actual. Probablemente no tengas ningún uso para este comando, ya que Cyclepad automáticamente calcula cada valor posible cuando introduces información. Si piensas que Cyclepad debería haber calculando mas información, de la que actualmente despliega, prueba este comando. Es posible que Cyclepad haya fallado al propagar un determinado valor. Si no aparece información adicional, entonces deberás reexaminar tus suposiciones.

Preferences: Abre la ventana de preferencias donde puedes definir varios parámetros, como las unidades, tipo de terminología a utilizar, y consideraciones avanzadas generales para usar por el programa a la hora de hacer cálculos, como usar las tablas del aire estándar, o la posibilidad de utilizar componentes isoentropicamente ideales entre otras.

## **LIBRARY**

Este menú contiene una lista de ejemplos de ciclos que se pueden cargar, analizar y salvar como se desee.

## **ASSIGNMENT**

Assignment Builder: Permite al instructor crear problemas con diseños para principiantes, problemas fuertes, metas y cuestiones específicas para preguntar. Estos son salvados como archivos .prb. Assignments puede también ser registrado por RobTA con un automatizado grado de funcionalidad.

Open Assignment Problem: Abrimos una tarea, archivo ( .prb). Los archivos assignments contienen información sobre problemas para ser hechos en Cyclepad incluyendo, diseños de principiante, problemas fuertes, metas y cuestiones específicas para preguntar.

## **MODE**

Nota: Este menú te permite elegir entre modo construcción y análisis, el color de la pantalla indica el modo en el cual estás actualmente (azul para construcción, y blanco para análisis). Aunque, puedes hacer algunas cosas en ambos modos, tales como salvar el ciclo, imprimir el esquemático o los datos del ciclo, hay ciertas acciones que pueden ser solo realizadas en uno u otro modo.

Normalmente se comienza en modo construcción, hasta completar la estructura del diseño, momento en el cual se cambia a modo análisis. Si intentas cambiar a modo análisis antes de completar el ciclo (por ejemplo: uno o más componentes no están comentados a otros componentes a través de todas las entradas y salida de los puertos) Cyclepad despliega un mensaje de error,

indicando que no es posible acceder al modo análisis, hasta que no se finalice la construcción del ciclo.

**Build:** Habilita el modo construcción, en el cual tu puedes añadir componentes, conectar entre sí, mover componentes conectados y editar los nombres de los stuff y los elementos.

**Analize:** Habilita el modo análisis en el cual puedes obtener los principales valores de los parámetros del ciclo, cambiar estos valores, y realizar el modelado de suposiciones, así como obtener explicaciones de ellos y realizar análisis de sensibilidad.

## **TOOLS**

**Lentes:** Permite ver ciclo con alguna de las siguientes lentes:

- *Analytic Progress* (Proceso analítico): Muestra una marca- interrupción verde para cada stuff o dispositivo que es analizado completamente, y para esos stuff o dispositivos que no son analizados completamente una ventana de medidores con una barra roja, indicando el número relativo de parámetros conocidos.
- *Flujos de Energía:* Inspecciona los flujos de calor y la potencia o trabajo del ciclo. Los iconos que representan cada dispositivo, se remplazaran con pequeños cuadros de lectura que contiene una única barra vertical en sus centros. Esta barra indica la cantidad relativa de flujo que tiene lugar en cada dispositivo. El color de la barra indica los tipos de flujo. El rojo indica un calor que fluye dentro, en azul el calor que fluye fuera, amarillo un trabajo que fluye dentro y en verde un trabajo que fluye fuera.
- *Temperatura:* Esta lente permite inspeccionar la temperatura relativa de un stuff o la temperatura máxima del ciclo. Nota que en estas lecturas las esquinas han sido redondeadas para distinguirlas de las lecturas de los flujos de energía. Las barras de temperatura son mostradas en rojo para distinguirlas de las barras de presión, las cuales son mostradas en azul.
- *Presiones:* Esta lente permite inspeccionar la presión relativa de cada stuff respecto a la presión máxima del ciclo. Advierte que estas lecturas tienen redondeadas las esquinas para distinguirlas de las lecturas de las energías de flujo. La barra de presión se muestra en azul, para distinguirlas de las barras de temperatura que son mostradas en rojo.
- *Restore Icons:* (Restablecer iconos). Restablece los iconos por defecto.

**Anotaciones:** Permite inspeccionar el ciclo con cualquiera de las siguientes anotaciones:

- *Anotaciones de temperatura:* Muestra la T<sup>a</sup> de cada punto.

- *Anotaciones de presión*: Muestra la presión de cada punto.
- *Anotaciones sobre el papel de cada elemento*: Muestra el papel de cada dispositivo.
- *Quitar las anotaciones*: Quita todas las anotaciones.

Sensibilidad: \_ Analiza la relación entre un valor asumido por el diseñador y un valor deducido por el programa, presentando los resultados mediante un diagrama de línea. Por ejemplo, usted podría querer comprender como la eficiencia de su ciclo varia con cambios en la presión de salida de la caldera. Para mas información ver análisis de sensibilidad.

Editar Ecuaciones: Permite igualar los parámetros de cualquier elemento, por medio del cuadro de dialogo Editor de ecuaciones. Por ejemplo, si se analiza un ciclo con cinco no ideales turbinas, mejor que colocar cada la eficiencia a cada turbina por separado, lo que puede resultar tedioso, se puede colocar la eficiencia del primero y entonces igualar las otras cuatro eficiencias a esa.

Look up properties: (Buscar propiedades). Aparecen las tablas de propiedades de interpolación, las cuales permiten a acceder directamente a las tablas de propiedades de cyclepad.

Property table bounds: (Límite de las tablas de propiedades). Muestra una lista de todas las tablas de propiedades contenidas en Cyclepad. Eligiendo una tabla de esta lista, mostrará un diagrama, indicando el rango de la tabla, puedes encontrar esto útil cuando trabajas con fluidos de trabajo desconocidos.

Memory: (Memoria). Refresca la memoria disponible desplegada en la esquina izquierda abajo de la pantalla. Cuando la memoria disponible baja por debajo de una cantidad prudente, un mensaje destellará para advertirte que debes salvar el trabajo y restaurar cyclepad.

## **CICLE**

Assumptions Made: (Hacer suposiciones). Despliega todas las suposiciones que hayas hecho, en una ventana de "Explanation".

Cycle TS diagram: Despliega un diagrama de Temperatura- Entropía para el ciclo, es posible que este comando no trabaje con ciclos complejos.

Cycle PV diagram: Despliega el diagrama Presión-Volumen del ciclo. Es posible que este comando no trabaje con ciclos complejos.

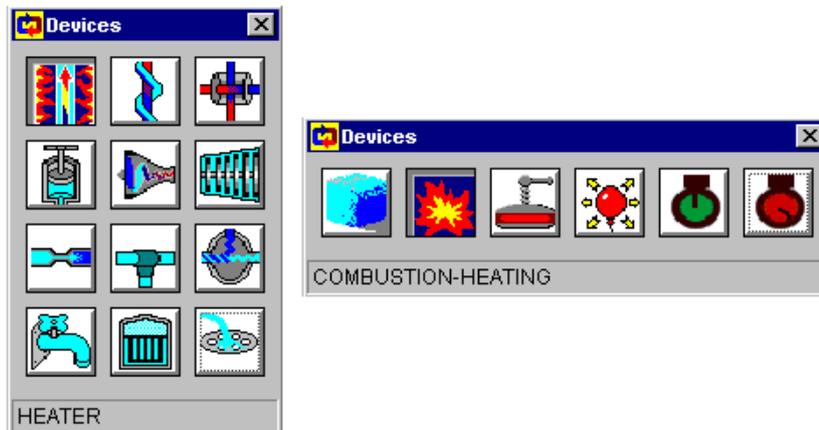
Propiedades del ciclo: Aparece una ventana con un medidor mostrando los parámetros relacionados con el ciclo en conjunto.

Subciclos-x: Si el ciclo está comprendido de dos o más subciclos, como en el ciclo combinado de la librería de ejemplos, aparecerá un menú particular para cada subciclo. El nombre en las etiquetas de los stuff y componentes, corresponderán con el nombre del subciclo.

Etapa<diseño>: Si estás usando el modelo económico, Cyclepad agrega turbinas y compresores dentro de la “etapa diseño”, por que de otra manera, asumiría que cada turbina y/o compresor es un elemento separado, y aplica el coste de la instalación para cada uno, el cual estimaría aproximadamente el coste de capital. Este particular menú te habilita para parámetros particulares para estas etapas de diseño.

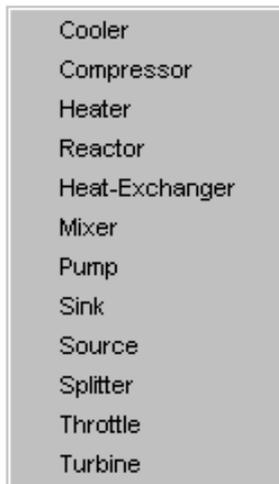
## WINDOWS

Paleta de Componentes: Esta opción es solo utilizable en modo construcción. Hay dos métodos disponibles para que añadas componentes a la pantalla azul. El primero por defecto es la paleta de componentes, que es mostrada cuando comienzas un nuevo diseño, existen dos tipos de paleta según estés trabajando con ciclos abiertos o ciclos cerrados.



El elemento o proceso es seleccionado de la paleta de componentes, y pulsando en algún lugar del fondo de la pantalla de dibujo, colocará un componente de este tipo en ese lugar. Este método es conveniente para construir ciclos que contengan varios componentes del mismo tipo, como cinco turbinas, etc.

El método alternativo, (pulsando directamente en el fondo), puede ser activado por cualquiera desactivando la paleta de componentes. Pulsando en la pantalla azul emergerá un menú de componentes o procesos para elegir. Seleccionando uno en particular desde este menú (o pulsando en otra parte del fondo para cancelar esta operación) un componente o proceso será colocado en la pantalla azul donde pulses.



Medidores: (meters). Hay dos opciones:

- *Ver todos los medidores:* Abre todos los medidores del ciclo, elemento o stuff.
- *Cerrar todos los medidores:* Cierra todas las ventanas de los medidores.

Cerrar todos los gráficos: Cierra los gráficos abiertos.

Nombres de archivos: Este menú lista los títulos de cada diseño abierto. Pulsa en él título del diseño que quieres usar, para hacer que se active la ventana del diseño.

## **HELP**

Email Enseña: El email enseña sirve para varios propósitos. En todos los casos, automáticamente añade tu diseño al email. Algunas de las funciones están actualmente bajo desarrollo, y por lo tanto nosotros no podemos garantizar que tales servicios estén disponibles en un tiempo determinado. Sin embargo se deberá, recibir un recibo generado electrónicamente por cualquier email que es enviado.

- *Sumisión del trabajo en casa:* Este aspecto trabaja conjuntamente con el assignment builder. Si su profesor tiene registrado un ciclo con RoboTA, entonces envía deberes a la dirección de email de RoboTA([robot@cs.nwu.edu](mailto:robot@cs.nwu.edu)). Esto puede también ser usado para enviar archivos a otras direcciones.
- *Ayuda con el análisis y contradicciones:* Este aspecto o será manejado por nosotros, basado en un sistema de tutorías, un agente de RoboTA, o una persona real. En todos los casos provee algunos indicios sobre como resolver su ciclo.
- *Ayuda con optimizando ciclos:* Este aspecto usa nuestro caso basado en un sistema de tutorías para proveer ayuda y aconsejar sobre como mejorar el

ciclo diseñado. Trabaja en conjunción con una web basada en una librería de diseños de ciclos.

- *Informando del Error*: Se utiliza este botón para enviar errores a los creadores del programa. Usa el campo de comentarios para describir los problemas que hayas notado.

Enseñando a Analizar: Provee información que puede ayudarte a mejorar los valores paramétricos de tus ciclos. Cyclepad primero deduce que papel juega cada dispositivo en su ciclo y entonces compara los parámetros de cada dispositivo para comprobar el papel de ese dispositivo. Si sus valores son fuera de la gama normal, Cyclepad informa de la desviación conjuntamente con una explicación del rango. Advierte que Cyclepad puede no encontrar nada anormal sobre tu ciclo. Para mas información ver *Desig and Analitic Coaching*.

Proceso Analítico: Muestra puntos de chequeo en verde para cada stuff o dispositivo que se analiza completamente, y una ventana medidora con una barra roja que indica el número relativo de parámetros conocidos para esos stuff y dispositivos que no son analizados completamente.

Anotaciones del papel de los elementos: Muestra el papel de cada dispositivo.

Leyenda: Puedes habilitar o inutilizar la leyenda de los componentes a pie de pantalla.

Contenidos :Provee acceso a este mismo archivo.

Como hacer yo.....: Provee ayuda sobre aspectos seguros.

Sobre Cyclepad: Aparece un menú que muestra el número de versión, tiempo y fecha de creación de Cyclepad que estas usando y la dirección de la web para el proyecto de Cyclepad. Cyclepad siendo software de investigación, está en continuo estado de mejoramiento.

Licencia: Provee información sobre el acuerdo de uso de la licencia de cyclepad.

### **3.5 BASE DE CONOCIMIENTOS DE CYCLEPAD**

Esta sección resume lo que Cyclepad sabe sobre los sistemas termodinámicos, para proveer al diseñador de unos buenos conocimientos para trabajar diseñando ciclos.

*Componentes / Stuff / Subciclos / Substancias /  
/Modelado de Suposiciones / Parámetros*

#### **3.5.1 COMPONENTES**

Cyclepad actualmente tiene modelos para los siguientes diez componentes. Cyclepad modela componentes así como los umbrales que ocasionan cambios en las materias que los cruzan. Por ejemplo Cyclepad considera un calentador a ser un umbral a través del cual una materia gana energía térmica. Los componentes, por lo tanto, no contienen materias, y no hay representación del tiempo que toma el proceso, ni del mecanismo interno. Sin embargo, Cyclepad hace algunas deducciones sobre el comportamiento de procesos basados en los estados de los stuff situados a la entrada y la salida de cada componente.

Por ejemplo: si la materia en la entrada a una bomba está saturada o es gas, entonces cyclepad deduce que la bomba “is cavitating”, que es un modo de fallo.

*Turbina/Compresor/Bomba/Caldera/Condensador/Mezclador/  
/Válvula de estrangulación/Intercambiador de calor(equicorriente y contracorriente)*

Si no se observa el componente que se necesita aquí, para el diseño, piensa sobre como puedes construirlo con otros componentes (ejemplo: una turbina multi-estado puede ser construida con varias turbinas más splitters y mezcladores). Encontrarás también una lista de “modelado de suposiciones” disponible para cualquier componente. (Cuando analizas un diseño el “modelado de suposiciones” disponible para cualquier componente puede encontrarse por medio de un medidor de componentes). Cada “modelado de suposiciones”, puede ser cierta, falsa o desconocida.

### 3.5.2 STUFF

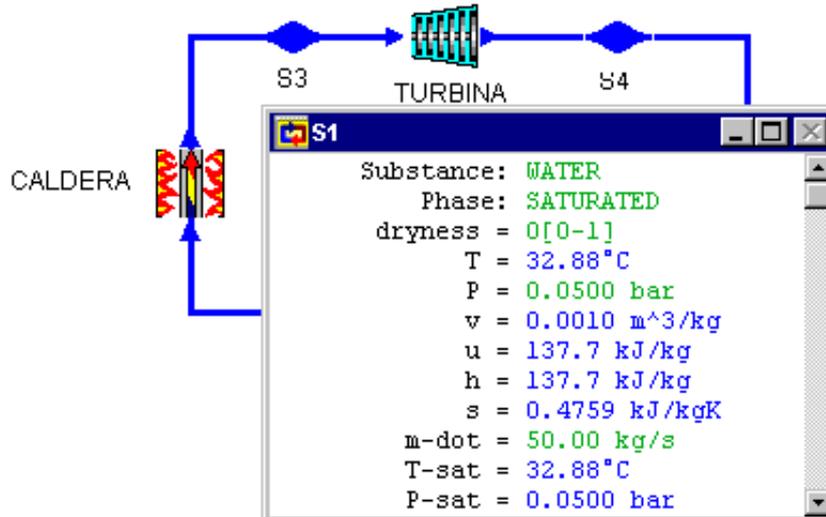
Un stuff representa las propiedades de estado del fluido de trabajo en un punto en particular. Por ejemplo: la presión del stuff que está conectando la salida de una caldera con la entrada de una turbina representa la presión en ese punto.



La línea azul representa el tubo que está conectando a dos componentes, y el pando en la línea representa el fluido de trabajo en ese tubo. Cada stuff tiene una etiqueta (S1 en la figura de arriba). Si el diseño tiene mas de un subciclo, entonces cada stuff será etiquetado con una letra indicando a que subciclo pertenece.

En modo construcción, se puede arrastrar esta etiqueta para situarla donde se crea conveniente y pulsando en el botón derecho en la etiqueta aparecerá un cuadro de dialogo para cambiar el nombre mostrado del stuff. Pulsando el también el botón derecho, pero esta vez sobre el pando en el tubo presentará un menú de edición, lo que permite borrar el stuff.

En modo análisis, pulsando sobre el pando del stuff o sobre la etiqueta, aparecerá la ventana del stuff-medidor, que muestra los valores termodinámicos asociados a dicho stuff.



### 3.5.3 SUBCICLOS

Un subciclo consiste en que de todas las partes de tu diseño, una parte en particular del fluido de trabajo podría viajar a otro ciclo. La mayoría de los diseños tendrán un único ciclo. Sin embargo un intercambiador de calor puede conectar dos ciclos separados, como en el ciclo combinado que hay en la librería de ejemplos. En esta situación la materia en un subciclo “A” nunca se mezclará con la materia en un subciclo “B”, de hecho, la materia en “A” es aire, mientras que en “B” es agua.

Mientras es necesario usar un intercambiador de calor para crear un ciclo con mas de un subciclo, uno puede usar un intercambiador de calor en un sistema que tiene un solo subciclo, por ejemplo en un ciclo de Rankine con regeneración. Cyclepad siempre etiquetará los subciclos con letras (A, B, C, .....). Si hay mas de uno, se puede abrir los medidores mostrando las propiedades de cada subciclo, desde el menú Global de Propiedades.

### 3.5.4 SUSTANCIAS

Cyclepad actualmente tiene modelos para las siguientes sustancias:

- Aire
  - CO<sub>2</sub>
  - Helio
- } Modelado como gas ideal.

- Amoniaco
  - Metano
  - Nitrógeno
  - R-12
  - R-22
  - R-134 a
  - Agua
- } Modelado por medio de “Superheat” y las tablas de propiedades de saturación.

### 3.5.5 MODELANDO LAS SUPOSICIONES (Modeling assumptions)

Un ciclo diseñado y construido en Cyclepad son sólo modelos de artificios reales, y los resultados que Cyclepad produce son por lo tanto, solo aproximaciones de los resultados reales que uno observaría con un ciclo físico operando bajo condiciones reales. Los modelos simplifican intencionalmente la realidad para hacer esto tratable.

Un buen modelado de suposiciones hace el estudio más fácil y no afecta adversamente a los resultados, mientras que unos malos producirán resultados que divergen desatinadamente de la realidad. Por ejemplo: la causa de que los líquidos sean incompresibles, es que hay pocos cambios en la  $T^a$  del fluido de trabajo al pasar a través de una bomba. De hecho hay un poco, una parte de la energía de la bomba que se imparte al fluido es convertida en calor, pero en la mayoría de casos se supone que la temperatura a través de la bomba permanece constante. En contraste, comprimiendo un gas ideal, generalmente ocasiona un aumento grande de temperatura, así se da por sentado que no es buena idea colocar la temperatura del fluido de trabajo a través del compresor constante.

La ventaja que se consigue haciendo “modeling assumption” es que se autoriza a Cyclepad a propagar valores. Por ejemplo, asumiendo que una bomba es isotérmica permite a Cyclepad deducir la temperatura de salida desde la temperatura de entrada o viceversa.

Aquí mostramos una tabla de “modeling assumptions” que puedes hacer en Cyclepad. Solo un número determinado de suposiciones se podrán aplicar a cada componente.

- *Isobárico*: La presión permanece constante. Esta es una suposición sana para hacer, para los componentes tales como calderas y condensadores, porque la presión en realidad no varía drásticamente a través de ellos.
- *Isócoro*: El volumen permanece constante. Esta suposición es la que comúnmente más se hace para procesos de enfriamiento y calentamiento en sistemas de ciclo cerrado. Cuando un gas es enfriado o calentado este se expandirá o contraerá. En un proceso de calentamiento isócoro, el gas intentará expandirse, pero al ser el volumen constante, en el proceso resultará un incremento en la presión del gas. Por lo tanto, isobáricos e isócoros son en general suposiciones excluyentes.
- *Isotérmico*: La temperatura permanece constante.
- *Isoentrópico*: La entropía permanece constante.
- *Politrópico*: El término  $pvk$  permanece constante. Los procesos politrópicos se aproximan a las expansiones reales y las curvas de compresión para la presión se encuentran en el rango de cientos de psi.

- *No-politrópicos*: El término  $p_{vk}$  es libre de variar.
- *Adiabático*: No hay transferencia de calor entre el proceso y el medio ambiente, bajo esta suposición, el caso de una turbina no radia calor, el vapor pasa a través de ella.
- *Saturado*: Cuando aplicada a “Splitters”, los parámetros de dos salidas de stuff no son forzados a ser idénticos.
- *No-saturados*: Cuando aplicada a “Splitters”, las dos salidas de los stuff son asumidas a ser parámetros idénticos.

### 3.5.6 PARAMETROS

Los parámetros proveen información numérica sobre los aspectos termodinámicos del comportamiento de los ciclos. Un parámetro puede ser aplicable, a un stuff, a una sustancia, al ciclo como un conjunto, o a un componente. La siguiente lista muestra todos los parámetros presentes en Cyclepad.

1. **Cp**: Calor específico a presión constante. Este es la transferencia de calor que debe ocurrir por unidad de masa de una sustancia para aumentar la temperatura un grado, dada la presión constante.
2. **Cv**: Calor específico a volumen constante. Este es el calor transferido que debe ocurrir por unidad de masa de una sustancia para incrementar la temperatura un grado, dado que la presión permanece constante.
3. **Cop-r**: Coeficiente de ejecución para refrigeradores.
4. **Carnot-cop-r**: Coeficiente ideal de rendimiento para refrigeradores.
5. **Cop-hp**: Coeficiente de ejecución para bombas.
6. **Carnot-cop-hp**: Coeficiente ideal de ejecución para bombas de calor.
7. **Delta-H**: Incremento de entalpía en el proceso.
8. **Delta-H-isentropic**: Incremento de entalpía si el proceso fuera isoentrópico.
9. **Delta-P**: Incremento de presión en el proceso.
10. **Delta-spec-s**: Incremento de la entropía específica.
11. **Dryness**: Título de vapor, cuando un fluido está saturado.
12. **Gamma(K)**: Relación de calores específicos ( $C_p/C_v$ ) de una sustancia.
13. **H**: Entalpía.
14. **Hout-isentropic**: Entalpía de salida si el proceso fuera isoentrópico.
15. **Mass-flow**: Velocidad de flujo del fluido de trabajo.
16. **Max-T**: Temperatura máxima.
17. **Min-T**: Temperatura mínima.
18. **Molar-mass**: Cantidad de masa en término de número de moléculas.
19. **M-dot**: Caudal de fluido en ese punto.
20. **Net-Q**: Calor neto.
21. **Net-work**: Trabajo neto.
22. **Eta-isentropic**: Rendimiento térmico isoentrópico.
23. **Eta-thermal**: Eficiencia térmica.
24. **P**: Presión.

25. **Phase:** Indica la fase en la que se encuentra el fluido (líquido, gas, saturado).
26. **PR:** Relación de compresión a través de un componente.
27. **P<sub>sat</sub>:** Presión de saturación, la presión para la cual el stuff llega a ser saturado.
28. **Q:** Flujo de calor.
29. **Q-in:** Calor total que fluye dentro del ciclo.
30. **Q-out:** Calor total que fluye fuera del ciclo.
31. **R:** Constante de los gases universales.
32. **S:** Entropía.
33. **Shaft-work:** Trabajo hecho para rotar la máquina.
34. **Spec-h:** Entalpía por unidad de masa.
35. **Spec-hf:** Entalpía por unidad de masa para que la fracción de fluido de trabajo saturado que es líquido.
36. **Spec-hg:** Entalpía por unidad de masa para esta fracción de un fluido de trabajo saturado que es gas.
37. **Spec-q:** Calor por unidad de masa.
38. **Spec-s:** Entropía por unidad de masa.
39. **Spec-sf:** Entropía por unidad de masa para esta fracción de un fluido de trabajo saturado que es líquido.
40. **Spec-sq:** Entropía por unidad de masa para esta fracción de un fluido de trabajo saturado, que es líquido.
41. **Spec-shaft-work:** Trabajo específico en el eje por unidad de masa.
42. **Spec-shaft-work-isentropic:** Trabajo isoentrópico en el eje por unidad de masa.
43. **Spec-u:** Energía interna por unidad de masa.
44. **Spec-v:** Volumen por unidad de masa.
45. **T:** Temperatura.
46. **Tout-isentropic:** Temperatura de salida isoentrópica de una turbina. Esta es la temperatura que prevalecería en la salida de una turbina si la turbina es isoentrópica (ideal).
47. **T<sub>sat</sub>:** Temperatura de saturación.
48. **U:** Energía Interna.
49. **V:** Volumen.
50. **Work-in:** Flujo de trabajo de entrada total al ciclo.
51. **Work-out:** Trabajo total de salida desde el ciclo.

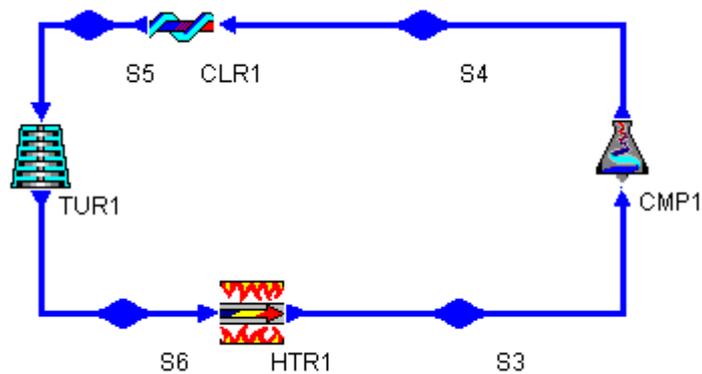
## 4. EJEMPLO DE RESOLUCIÓN

### 4.1 CICLO DE CARNOT DE REFRIGERACIÓN CON VAPOR DE AGUA

Sea un ciclo de refrigeración de Carnot que trabaja entre las presiones de 0,05 y 4 bar.

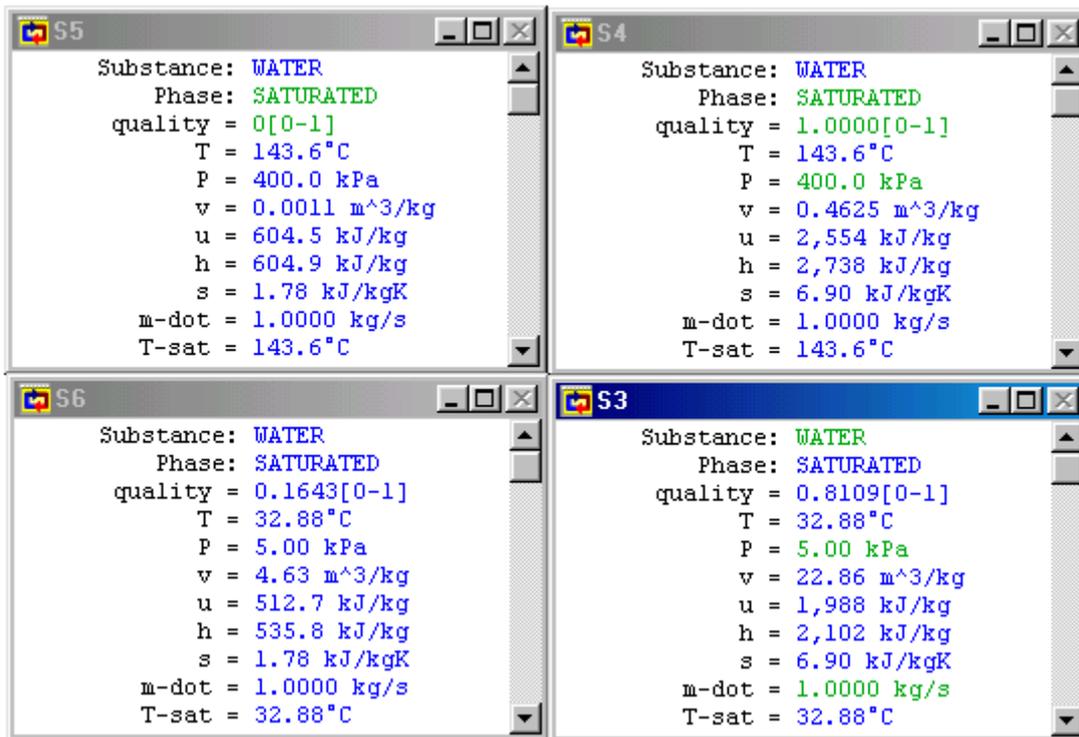
Comenzaríamos trabajando en el modo construcción donde colocaríamos todos los componentes, enlazándolos mediante stuff, y nombrando todos los elementos, creando el siguiente esquema sobre el ciclo.

El ciclo de Carnot está compuesto por cuatro procesos internamente reversibles, realizados por los elementos siguientes: evaporador, condensador, compresor y turbina.

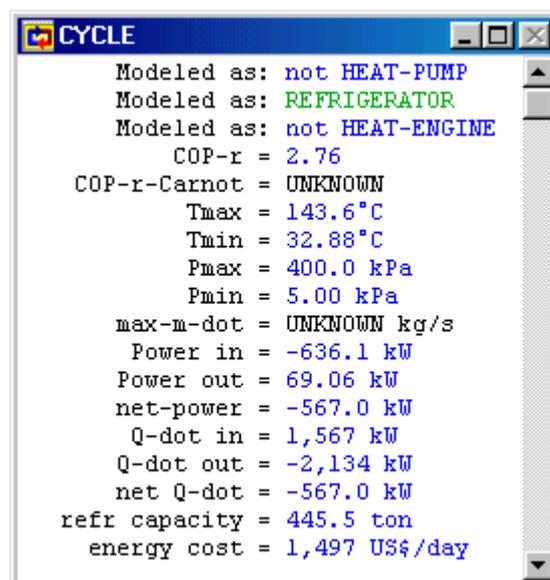


A continuación se muestran las ventanas que despliegan los valores en cada punto, en las que hemos enmarcado los valores de las entalpías y otros datos calculados manualmente. El objetivo de mostrar las ventanas, es destacar la forma es la que Cyclepad nos refleja la información obtenida a través de sus cálculos.

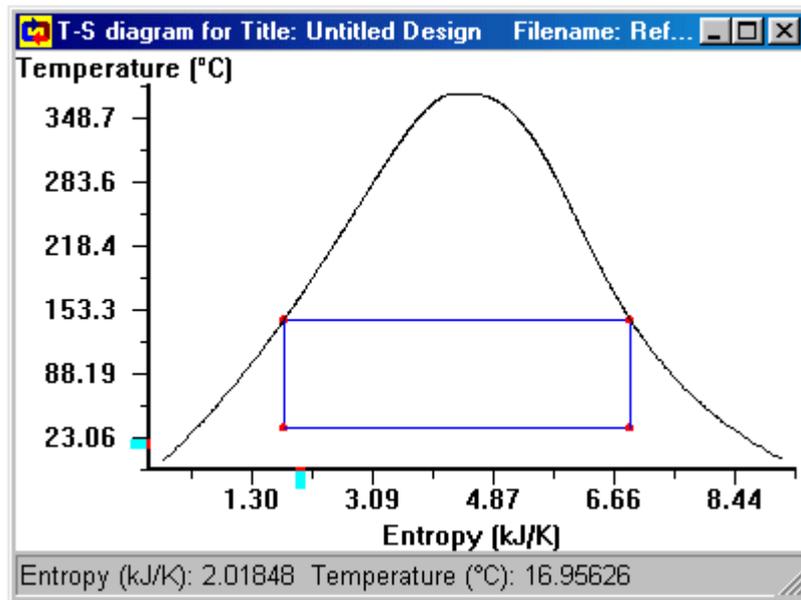
Otro punto a destacar a la hora de observar los valores desplegados en las ventanas, consistirá en fijarnos en el color de dichos datos, ya que en verde estarán los valores que el diseñador ha introducido, en este caso los que nos daba el enunciado del problema, mientras que en azul los que el programa ha deducido.



Del menú Cycles (cycles properties) es posible obtener una ventana donde se reflejan los principales resultados del ciclo analizado, eficiencia, trabajo suministrado y obtenido, calores intercambiados, etc .



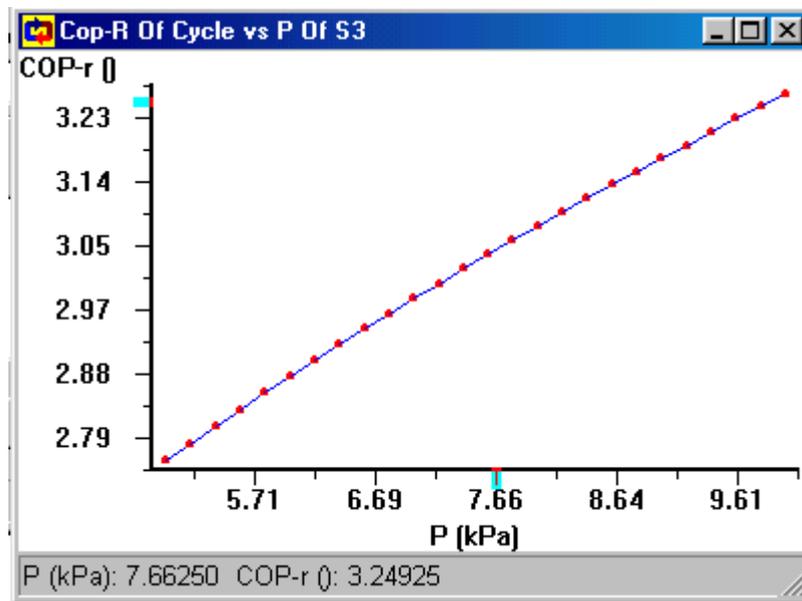
Es posible además obtener el diagrama T-s.



Es posible hacer un análisis de sensibilidad entre algunos de los parámetros que caracterizan el ciclo. Por ejemplo es posible comprobar como varía el coeficiente de operación del ciclo [ $\beta = T_F / (T_C - T_F)$ ] al modificar la presión del evaporador.

Desde el menú de herramientas (Tools) se elige la opción Sensitivity:

El resultado de este análisis se muestra en la siguiente gráfica. Se observa que al aumentar la presión en el evaporador (aumento de  $T_F$ ) el coeficiente de operación aumenta, como era de esperar.



### Aclaraciones finales

Es posible, una vez acabada la etapa de análisis (analyze) modificar el valor de un parámetro. Para ello es necesario que sea un valor definido por el usuario inicialmente, es decir debe estar en color VERDE, ya que los parámetros que figuran en color azul han sido calculados por Cyclepad y no es posible modificarlos.

También es posible volver al modo de construcción (build) y modificar la instalación, por ejemplo para incorporar otros elementos, o simplemente modificar los datos de entrada.

La página web siguiente puede servir de apoyo a la realización de las prácticas.

<http://www.qrg.northwestern.edu/thermo/design-library>