

ANEXO E1 – Bases del Tesys

ÍNDICE

E.1.1.Introducción del TESYS.....	4
E.1.2.Descripción de elementos.....	8
E.1.2.1. BOMBA DE AGUA.....	8
E.1.2.2. BY-PASS DE GASES.....	9
E.1.2.3. CÁMARA DE RADIACIÓN.....	11
E.1.2.4. COLECTOR DE AGUA / VAPOR	14
E.1.2.5. COMPRESOR DE FRÍO CONVENCIONAL.....	16
E.1.2.6. COMPRESOR DE GAS.....	17
E.1.2.7. CONDENSADOR	18
E.1.2.8. DEPÓSITO DE CONDENSADOS	20
E.1.2.9. DESGASIFICADOR.....	21
E.1.2.10. ECONOMIZADOR.....	23
E.1.2.11. ENTRADA DE AIRE	26
E.1.2.12. EVAPORADOR	29
E.1.2.13. GENERADOR DE ACEITE TÉRMICO.....	32
E.1.2.14. GENERADOR DE AGUA CALIENTE.....	34
E.1.2.15. GENERADOR DE VAPOR CONVENCIONAL	36
E.1.2.16. GENERADOR DE VAPOR CONVENCIONAL SIMPLE	39



E.1.2.17.	GENERADOR DE VAPOR CONVENCIONAL SIMPLE CON VAPOR DE RECUPERACIÓN.....	41
E.1.2.18.	GENERADOR DE VAPOR MIXTO.....	43
E.1.2.19.	INTERCAMBIADOR AGUA / AGUA.....	45
E.1.2.20.	INTERCAMBIADOR AGUA/AIRE (BATERÍA ENFRIADORA)	50
E.1.2.21.	INTERCAMBIADOR AGUA / VAPOR	53
E.1.2.22.	K-FLOW.....	57
E.1.2.23.	MÁQUINA DE ABSORCIÓN	58
E.1.2.24.	MOTOR ALTERNATIVO	60
E.1.2.25.	QUEMADOR DE GAS.....	62
E.1.2.26.	REFRIGERADOR DE PURGAS POR DUCHA.....	64
E.1.2.27.	REFRIGERADOR DE PURGAS.....	65
E.1.2.28.	RESULTADOS COGENERACIÓN.....	66
E.1.2.29.	SECADOR.....	68
E.1.2.30.	SOBRECALENTADOR	70
E.1.2.31.	TANQUE DE EXPANSION.....	72
E.1.2.32.	TANQUE FLASH	73
E.1.2.33.	TORRE DE REFRIGERACIÓN	74
E.1.2.34.	TURBINA DE GAS	76
E.1.2.35.	TURBINA DE VAPOR	78
E.1.2.36.	USO DE ACEITE TÉRMICO	80
E.1.2.37.	USO DE AGUA CALIENTE	81



E.1.2.38.	USO DE FRÍO	83
E.1.2.39.	USO DE VAPOR	84
E.1.2.40.	VÁLVULA DE REGULACIÓN.....	85
E.1.2.41.	VÁLVULA ATEMPERADORA DE VAPOR.....	86
E.1.2.42.	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN.....	87
E.1.2.43.	VAPORIZER	88



E.1.1. Introducción del TESYS

El software de simulación TESYS está compuesto por un motor de simulación TESYS, herramienta que tiene por objetivo el poder simular cualquier tipo de proceso, y los elementos que componen los sistemas modelizados mediante tecnología COM.

El motor de simulación integra las funciones de interfaz gráfica y manipulación de los equipos de simulación, así como de depuración del cálculo. Su interfaz gráfica permite un diseño rápido y el dibujo de esquemas o flujogramas para su posterior impresión. La depuración ayuda al usuario a llegar a la solución del problema mediante la exposición de los posibles errores o fallos cometidos durante la simulación.

TESYS es una herramienta para el diseño y la simulación de instalaciones de cogeneración y procesos en general. Ha sido diseñado para realizar simulaciones de procesos tan diversos como:

- Centrales de cogeneración con motores y turbinas, tanto en ciclo simple como ciclo combinado
- Plantas de ciclo combinado puro
- Aplicaciones de secado
- Balances de vapor de refinerías
- District heating&cooling
- Esquemas eléctricos

La integración de equipos dentro de TESYS se hace mediante tecnología COM que permite el versionado y mejora de componentes de software de manera independiente así como su posible reutilización desde otras aplicaciones.

Para que la simulación sea posible, primeramente se seleccionan, conectan y describen los equipos que forman el esquema a simular. El programa calcula el modelo matemático particular de cada elemento, para posteriormente realizar la simulación del conjunto. El criterio de convergencia se alcanza cuando todos los equipos están calculados y la



diferencia entre iteraciones consecutivas es menor que un determinado valor de tolerancia.

El programa TESYS es versátil y permite el cálculo de cualquier combinación de equipos de los modelizados. La eficacia y fiabilidad de los resultados de TESYS permite emplearlo con éxito para la simulación de operación de plantas complejas, permitiendo determinar los datos de operación en un amplio rango de puntos de funcionamiento.

El modelo proporciona no sólo información de los equipos principales sino una simulación completa del ciclo termodinámico, con toda la información relevante (presión, temperatura, título, entalpía) en los fluidos que interconectan estos equipos principales (líneas de agua/vapor/gases). TESYS puede comparar diferentes configuraciones de funcionamiento de una instalación para determinar el punto de trabajo óptimo.

La herramienta TESYS, mediante la simulación de procesos, permite un gran número posibilidades prácticas para operadores de planta, fabricantes de equipos y clientes genéricos. Algunas de estas posibilidades son:

Características del software TESYS para operadores de una planta:

- Operación y simulación de una planta - TESYS puede ser una potente herramienta que ayude al cliente a realizar una correcta y eficiente operación de una planta, tanto desde el punto de vista energético, ambiental como económico.

Características del software TESYS para fabricantes de equipos y suministradores:

- Diseño de ciclos “preestablecidos” (.) - TESYS puede ayudar al cliente a realizar el dimensionamiento y selección de equipos

Características del software TESYS para clientes genéricos:

- Posibilidad de utilizar una herramienta externa para facilitar la introducción y visualización de datos (Excel). Dicha herramienta se comunica con el TESYS para la transmisión y procesamiento de datos.
- Introducción de datos de diseño de la planta: datos ambientales, de combustible, y de diseño de los equipos de la planta



- Simulación de la planta: estudio del comportamiento de la planta para situaciones diferentes a las de diseño, como por ejemplo diferente temperatura ambiental o diferente disponibilidad de combustible.
- Exportación de datos de simulación en formato XLS y PDF, y preparación de modelos de informes según necesidades.

Se podrán definir las entradas que permitirá el simulador. A modo de ejemplo, podrán ser:

- Temperatura y humedad ambientales
- Composición y condiciones del combustible
- Equipos disponibles para operar
- Demanda energética para proceso (vapor, aceite térmico, etc.)
- Degradación de los equipos principales
- Posible operación a cargas parciales

Los datos a habituales a obtener serán:

- Potencia eléctrica generada
- Combustible consumido en equipos principales y auxiliares
- Emisión de CO₂ a la atmósfera
- Electricidad autoconsumida y generada neta
- Resultados económicos derivados de la simulación del proceso

Objetivos y herramientas desarrolladas

- Simulación del diagrama de flujos y energías de la central de ciclo combinado, con el objetivo de estimar la producción eléctrica y consumo de combustible en base horaria, para un horizonte de una semana.
- Calcular la cuenta de resultados prevista en los diversos modos de operación posibles en un horizonte de una semana



- Recomendar la operativa adecuada a los operadores de la planta en función del precio de pool horario.
- Reprogramar hechos singulares (consumos mínimos comprometidos de gas, obligación de suministrar vapor a fábrica, etc.)
- Calcular el diagrama de flujos y energías de diferentes tipos de centrales de producción eléctrica basadas en el ciclo Rankine.
- Permitir la introducción de distintos tipos de turbinas de vapor de forma que se adapten, en lo posible, a los modelos disponibles en el catálogo de turbinas representadas.



E.1.2. Descripción de elementos

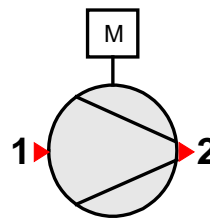
E.1.2.1. BOMBA DE AGUA

FUNCIÓN PRINCIPAL

Una bomba es un caso particular de turbomáquina, cuya misión es bombear líquidos para su trasiego.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de líquido a baja presión
2. Salida de líquido a alta presión.



PROPIEDADES

1. **Altura manométrica:** presión en metros de columna de agua a la que se debe bombear el fluido.
2. **Densidad relativa:** en g/cm^3 .
3. **NPSH disponible:** es el valor positivo neto de succión por encima de la presión de vapor líquido, expresando las presiones en metros de líquido bombeado.
4. **Potencia consumida:** por el motor encargado de accionar la bomba. La potencia del motor se elige un 20% mayor que la absorbida en el eje.
5. **Rendimiento fijo:** NO
6. **Rendimiento:** calculado según la siguiente expresión.

$$\eta = 0,9 - 1,363 \left[m \left(\frac{m^3}{h} \right) \right]^{0,4642}$$



E.1.2.2. BY-PASS DE GASES

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función de este sistema es la de facilitar la maniobrabilidad sobre un flujo de gases, de modo que se dirija este flujo en la dirección y proporción que se desee.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

El objetivo que se persigue es la regulación del caudal de gases (y por tanto del calor) que se dirige al sistema recuperador de calor. Normalmente, en caso de generadores se utiliza un lazo de control en el que se intenta mantener constante la presión del generador de vapor.

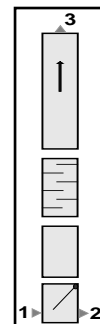
La operativa del sistema by-pass es la siguiente: en caso de que el sistema recuperador de calor necesite un aporte de energía igual o mayor al contenido en los gases de escape, el sistema de by-pass dirige todo el flujo hacia el sistema recuperador de calor. Por el contrario, cuando el sistema recuperador de calor necesita un aporte de calor inferior al contenido en los gases de escape, el sistema de by-pass desvía una parte del flujo de gases hacia la atmósfera.

Cada tipo de by-pass presenta un tipo de curva de caudal frente a apertura característica. En primera aproximación se puede considerar una curva recta.

El sistema de by-pass lleva asociado normalmente una chimenea llamada a su vez de by-pass para evacuar a la altura adecuada los gases de escape.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gases calientes.
2. Salida de gases calientes hacia el sistema recuperador de calor.
3. Salida de gases a la atmósfera.



PROPIEDADES

- **Grado de apertura:** % de apertura del by-pass.
- **Perdidas mínimas:** la estanqueidad de este tipo de sistemas, en el sentido en el que está cerrado, es habitualmente del orden del 99%. Es decir que las pérdidas mínimas son del 1%. Mediante un sellado de aire (inyectando a una presión mayor que la de los gases) se consigue una estanqueidad del 100%.
- **Fijar Diámetro:** esta propiedad fija la manera de calcular la pérdida de carga del by-pass, en caso que esté en modo **Sí**, la calcula fijando el diámetro de la tubería. En modo **No** el parámetro que manda es el de la velocidad máxima que circula por la tubería.
- **Velocidad Máxima:** es la velocidad más alta en diseño que va a circular por la tubería.
- **Diámetro Diseño:** es el diámetro que se diseña que tenga la tubería por la que circulan los gases calientes, este diámetro va a ser corregido, es decir, se va a normalizar por los tamaños estándares o normalizados.
- **Pérdida de carga de los gases:** es el resultado de diseñar un parámetro, (velocidad de paso o diámetro de tubería), y de a partir de uno de estos y del grado de apertura, encontrar la caída de presión derivada del paso de los gases calientes por el by-pass de gases.



E.1.2.3. CÁMARA DE RADIACIÓN

FUNCIÓN PRINCIPAL

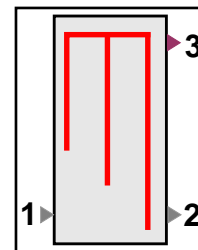
La función principal de una cámara de radiación es aprovechar el calor que desprende la llama de un quemador en el rango de temperaturas en el que el intercambio se da principalmente por radiación, mientras que el efecto de la convección es casi inapreciable. Este sistema de recuperación representa un avance respecto al uso de material refractario en el hogar de la llama, cuyo mantenimiento es costoso y su eficacia menor.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

En el caso de que exista un quemador integrado dentro de un sistema generador de vapor, ya sea convencional como en las calderas mixtas o de postcombustión, se deberá incorporar una cámara de radiación. Esta cámara es el ancho conducto que aloja la llama del quemador y está compuesta por paredes de tubos refrigerados por agua en su interior. El agua de refrigeración está conectada usualmente a un evaporador y circula por convección natural, por lo que el calor recuperado se traduce en un aumento de producción de vapor en el evaporador asociado.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gases calientes
2. Salida de gases calientes
3. Salida de potencia



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Guardar diseño:** esta propiedad fija los valores del diseño una vez la cámara ha sido diseñada. Si su valor es "Sí", cualquier cálculo posterior se realizará en situación de operación, sin variar el diseño del equipo.
- **Calor cambiado diseño:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.



- **Conductancia(KS_{ec}):** el cálculo de esta propiedad refleja la propiedad física de la superficie de intercambio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

siendo Q el calor recuperado y dtlm la diferencia de temperaturas logarítmica media.

A partir del valor de la conductancia se calcula el valor del Factor de Transmisión, que se define como el parámetro invariante del cálculo. Una vez el equipo ha sido diseñado este parámetro se mantiene constante en todos los cálculos.

- **Calor perdido diseño:** parte del calor que se pierde por no tener un intercambio de calor ideal.
- **DTLM diseño:** diferencia de temperaturas logarítmica media.

$$dtlm = T_{sg} - T_{sat}$$

Donde T_{sat} es la temperatura de saturación a la presión de trabajo del evaporador asociado. Esta aproximación se realiza debido a que la temperatura adiabática de llama decrece muy rápido en el proceso de intercambio de calor, por lo que tiene mucho más peso la temperatura de salida de humos.

- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Temperatura de entrada de humos:** este valor es necesario para realizar el diseño de la cámara de radiación.
- **Temperatura de salida de humos:** esta temperatura se fijará según el tipo de generador de vapor. En caso de cámara asociada a quemador convencional en caldera mixta o convencional pirotubular, esta temperatura será del orden de 900-1.100 °C. En caso de cámara asociada a quemador de postcombustión (ya sea en caldera pirotubular o acuotubular) la temperatura se determinará según las necesidades de apoyo de calor mediante postcombustión. En cualquier caso el valor habitual en este caso no es superior a 800-850 °C.



- **Pérdida de carga de diseño lado gases:** es el valor que el fabricante proporciona, la pérdida de carga en condiciones normales, pero en caso de no trabajar en las condiciones especificadas por el fabricante, la pérdida de carga varía, así que se a partir de este valor, se re calcula la pérdida de carga real con las condiciones reales.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio): estas propiedades son resultado del cálculo del equipo con los datos actuales de las líneas. Una vez diseñado el equipo pueden cambiar algunos datos de entrada o salida del equipo, variando así los resultados de cada cálculo.

- **Calor cambiado**
- **Conductancia (KS)**
- **Calor perdido**
- **Pérdida de carga lado gases**
- **DTLM**

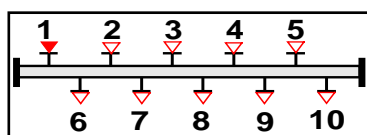


E.1.2.4. COLECTOR DE AGUA / VAPOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es recoger uno o varios flujos de vapor a una misma presión para distribuir las demandas de vapor necesarias a esta presión o a presiones inferiores.

ENTRADAS Y SALIDAS



1. Entrada de vapor obligatoria: para que este equipo pueda calcular es imprescindible conectar una línea a este puerto
2. Entrada de vapor
3. Entrada de vapor
4. Entrada de vapor
5. Entrada de vapor: a esta entrada se conectará, si es necesario, el sistema de soporte (calderas convencionales) para satisfacer la demanda de vapor en caso de no generar suficiente vapor por recuperación y post-combustión.

Estas cinco entradas deberán tener una presión igual o superior a la del colector de vapor

6. Salida de vapor
7. Salida de vapor
8. Salida de vapor
9. Salida de vapor
10. Salida de vapor. Si esta salida está conectada y si el modo de cálculo es de diseño, todo el caudal sobrante se asignará a ésta salida. En caso de estar en modo de simulación la barra nunca asignará en las salidas más caudal de la suma recogida en todas las entradas.



PROPIEDADES

- **Presión de la barra de vapor:** esta presión asignada a la barra se transmite a sus equipos contiguos.
- **Salidas a cumplir:** para que se cumplan las demandas de vapor solicitadas en las salidas del colector deben indicarse una por una las salidas a cumplir en la lista de salidas descrita en la pantalla de propiedades.
- **Caudal sobrante:** es la diferencia entre el vapor total de las entradas y el vapor total solicitado en todas las salidas.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

En situación de DISEÑO el colector funciona siguiendo las siguientes condiciones:

- Satisface las salidas marcadas como obligatorias. Si con las entradas asignadas no existe suficiente vapor para satisfacer todas las salidas obligatorias, se asignará el caudal de vapor necesario a la entrada 5, si ésta está conectada. Si falta vapor y la entrada 5 está libre, el programa no podrá realizar el cálculo.
- Una vez cumplidas las salidas de vapor obligatorias y si se dispone de más vapor, se cumplirán las demandas de vapor no obligatorias, priorizando las entradas de izquierda a derecha.
- Si finalmente, después de cumplir las salidas obligatorias y las no obligatorias, sigue sobrando vapor, se guardará tal valor en la propiedad vapor sobrante.

En situación de SIMULACIÓN el colector funciona de modo distinto al caso de diseño, puesto que en simulación deberá repartir debidamente el vapor que le llega a todas sus entradas y poder realizar el cálculo aunque no exista suficiente vapor. Es el sistema de control el encargado de forzar la mayor generación de vapor en los sistemas que pueden controlarse. Las pautas de funcionamiento son las siguientes:

- Se tratan por igual las salidas obligatorias y las no obligatorias. Primero se cumplen las demandas que proponen un valor de caudal de vapor y después, si sobra vapor, se cumplen el resto de salidas de vapor. El orden de prioridad para cumplir las salidas es de izquierda a derecha.



E.1.2.5. COMPRESOR DE FRÍO CONVENCIONAL

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión principal de este sistema es la de generar fluido a baja temperatura.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

Se basa en la absorción de calor que realiza un fluido cuando se evapora. Así, cuando el agua se evapora a presión atmosférica (1,01325 bar) debe absorber del medio calefactor unas 2.260 kJ/kg manteniéndose constante la temperatura de 100 °C (punto de ebullición) durante el cambio de estado. Este proceso toma calor del medio calefactor. El mismo agua, si se evapora a una presión de 0,01 bar (7 °C) absorbe, asimismo, unas 2.470 kJ/kg. Todo fluido puro cambia de estado a una temperatura determinada por la presión a que esté sometido. Mediante un compresor de amoníaco se consiguen temperaturas por debajo de los cero grados centígrados.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua de refrigeración al condensador
2. Salida de agua de refrigeración del condensador
3. Entrada de agua a enfriar
4. Salida de agua fría a usuario.

PROPIEDADES

- **COP (*Coefficient Of Performace*)** se define como el ratio de kWh de frío generado por kWh térmico consumido.
- **Diferencia de temperatura de refrigeración:** debe coincidir con el valor del "Acercamiento" de la *Torre de Refrigeración*.
- **Pérdida de carga del agua fría:**
- **Pérdida de carga del agua de refrigeración:**
- **Potencia frigorífica:** potencia demandada por el usuario.
- **Temperatura de consigna de frío:** es la temperatura a la que se demanda el agua fría. Debe coincidir con la "Temperatura de ida" del *Uso de frío*.



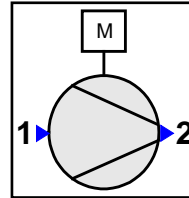
E.1.2.6. COMPRESOR DE GAS

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión principal de este sistema es la de comprimir gas natural y suministrarlo a la presión adecuada, habitualmente para alimentar una turbina de gas.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gas natural
2. Salida de gas natural



PROPIEDADES

- **Potencia consumida:** esta es la potencia eléctrica consumida para la compresión. Se calcula a partir de la potencia mecánica absorbida en el eje a la que se le aplica el rendimiento electromecánico especificado.
- **Presión de salida**
- **Rendimiento Electromecánico:** en caso de no disponer de datos se toma $\eta_{em} = 0,96$.
- **Rendimiento Isoentrópico:** en caso de no disponer de datos se toma $\eta_{em} = 0,75$. o bien se calcula con la siguiente aproximación:

$$\eta_{iso} = 0,86 - 0,038 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

- **Salto entálpico Ideal:** diferencia de entalpía obteniendo la entalpía de salida a partir de la simulación de un proceso isoentrópico. Se calcula del siguiente modo:

$$h_{ideal} = h_1 - h_{2iso}$$

- **Salto entálpico Real:**
$$\Delta h_{real} = \frac{\Delta h_{ideal}}{\eta_{iso}}$$



E.1.2.7. CONDENSADOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es transformar un flujo de vapor en agua saturada.

En instalaciones que incorporen turbinas de vapor de condensación es imprescindible tener un sistema condensador de vapor.

En primer lugar es necesario condensar el vapor debido a que, para su trasiego el agua debe estar en estado líquido cuando se retorna al tanque de alimentación del generador de vapor.

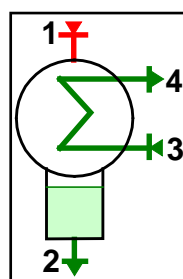
En segundo lugar, la presión de condensación deberá ser la más baja posible, con el objetivo de generar la máxima electricidad en el turbogenerador. En efecto, en estas instalaciones es un factor relevante la presión final del vapor, ya que marca el salto de presión que éste podrá realizar en su expansión y por lo tanto la energía que se podrá extraer.

En un sistema condensador de vapor, se mantiene el agua condensada en condiciones de saturación, en un recipiente cilíndrico horizontal. El condensador está atravesado por una serie de tubos por los que circula el agua de refrigeración, que normalmente proviene de una torre de refrigeración.

El agua de refrigeración se encarga de mantener la temperatura adecuada del agua saturada del sistema. Esta temperatura será la correspondiente a la de saturación a la presión de trabajo deseada.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de vapor
2. Salida de condensados
3. Entrada de agua fría
4. Salida de agua fría



PROPIEDADES

- **Calor disipado:** es el intercambio de calor entre el fluido caliente y el fluido frío.
- **Conductancia (KS):** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

- **DTLM:** : diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{sf}}{T_{sc} - T_{ef}}}$$

- **Pérdida de carga del agua de refrigeración:** es la caída de presión entre la entrada y la salida del agua de refrigeración.
- **Pinch:** diferencia entre la temperatura de entrada del vapor y la temperatura de salida del agua.
- **Presión de trabajo:** es la presión a la que se encuentra el vapor en su entrada al condensador. Esta presión se mantiene constante en su interior, siendo igual a la salida de los condensados.
- **Temperatura de trabajo:** es la temperatura de saturación que corresponde a la presión de trabajo. Los condensados se encuentran a esta temperatura a la salida del condensador.



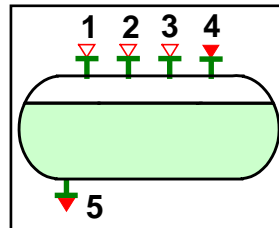
E.1.2.8. DEPÓSITO DE CONDENSADOS

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión principal de este sistema es la de recoger los condensados procedentes tanto del proceso como de la planta de cogeneración.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de condensados opcional
2. Entrada de condensados opcional
3. Entrada de condensados opcional



E.1.2.9. DESGASIFICADOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es garantizar que el agua de aporte a un sistema generador de vapor no tenga presentes gases disueltos, como pueden ser O_2 y N_2 .

BASES DE FUNCIONAMIENTO

Por la parte superior del desgasificador se introduce el chorro de agua a tratar, en forma de ducha, mientras que por la parte inferior se introduce a contracorriente una inyección de vapor. Con este proceso se consigue la desaireación del agua introducida.

Los condensados de proceso –o de una turbina de vapor de condensación- retornan al tanque de agua desgasificada. Si durante el proceso de la industria, el vapor tiene contacto con aire, es preferible desgasificar conjuntamente los condensados y el agua de aporte. Normalmente no se desgasifican los condensados procedentes de una turbina de vapor de condensación, al ser un circuito cerrado.

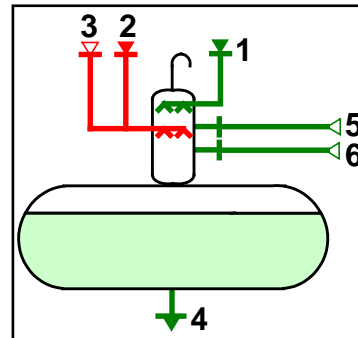
El principal parámetro de operación de un desgasificador es su temperatura de trabajo. El tanque de agua desgasificada es un recipiente a presión, timbrado, que contiene una masa de agua en estado de saturación. Por lo tanto regulando la presión de trabajo del sistema se controlará simultáneamente la temperatura de agua. Habitualmente esta regulación del aporte de vapor se realiza mediante la presión reinante en el tanque. Habitualmente la presión de consigna es de 1,2 bar-a, correspondiente a una temperatura de 105°C.

El sistema desgasificador realiza simultáneamente una labor muy importante en concepto de seguridad de operación. Gracias a que garantiza una temperatura de 105°C del agua de aporte al sistema generador de vapor, se evitan los posibles problemas de corrosión que habitualmente sucede en los economizadores. En efecto, en los primeros tubos del economizador, la temperatura de la pared exterior del tubo no será inferior a 105°C, por lo que no habrá problemas de condensación de aceite u otros elementos contaminantes que contienen los humos. Una temperatura de agua de aporte menor a 105°C es susceptible de causar problemas de corrosión, por condensación de aceites, y ensuciamiento a un economizador. Evidentemente este problema no aparece en sistemas generadores de vapor que no incorporan economizador, como pueden ser calderas convencionales o calderas acopladas a motores diesel.



ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua a desgasificar
2. Entrada de vapor
3. Entrada de vapor del tanque flash
4. Salida de agua desgasificada
5. Entrada de agua condensada
6. Entrada de agua condensada



PROPIEDADES

- **Altura según aspiración de la bomba:** valor necesario para calcular la presión de salida del agua desgasificada. Este valor se suma a la mínima presión entre la presión de los condensados, del tanque flash, del vapor a desgasificar, del agua de alimentación y de la presión de situación a la temperatura de trabajo.
- **Presión:** es la presión del agua desgasificada, resultado del cálculo expuesto en la propiedad anterior.
- **Pérdidas de vapor:** el usuario debe introducir el valor en porcentaje y el programa calcula el valor en unidades de caudal.
- **Temperatura:** este valor debe introducirlo el usuario. Por defecto se toma el valor de 105 °C.



E.1.2.10. ECONOMIZADOR

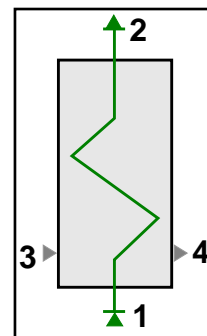
FUNCIÓN PRINCIPAL

El economizador es un elemento muy habitual en generadores de vapor de recuperación, ya que permite rebajar la temperatura de salida de los humos y por lo tanto recuperar de éstos una cantidad de calor que suele representar un porcentaje importante en el calor recuperado total.

En el caso de no existir economizador, los humos salen a la atmósfera a la temperatura de salida del evaporador previo, es decir típicamente a la temperatura de saturación correspondiente a la presión de trabajo más el *pinch* del evaporador. En generadores de vapor convencionales, en los que la temperatura de llama puede estar entorno a 1.800-2.000 °C, recuperar el calor de los humos hasta esta temperatura es suficiente para obtener un rendimiento aceptable del 85 al 88 %. Sin embargo, en los generadores de vapor de recuperación, la temperatura de foco de calor (gases de escape) es como máximo del orden de unos 550 °C, por lo que la proporción de calor que se recupera será menor. En este caso, rebajar la temperatura de los humos a 200 °C (caso de generación a 10 bar-a saturado –180°C- con pinch de evaporador de 20°C) o a 150°C representa un aumento en el calor recuperado del orden de un 15%, que se traducirá directamente en el mismo aumento en el caudal de vapor generado. El efecto de mejora del rendimiento es más importante cuánto menor sea la temperatura de entrada de los gases a la caldera.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua
2. Salida de agua
3. Entrada de gases calientes
4. Salida de gases calientes



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Guardar Diseño:** esta propiedad fija los valores del diseño una vez el economizador ha sido diseñado. Si su valor es "S", cualquier cálculo posterior se realizará en situación de operación, sin variar el diseño del equipo.
- **Approach Diseño:** diferencia máxima deseada entre la temperatura de saturación del agua y la temperatura de salida de ésta del economizador.
- **Conductancia (KS_{ec}):** el cálculo de esta propiedad refleja la propiedad física de la superficie de intercambio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

siendo Q el calor recuperado y dtlm la diferencia de temperaturas logarítmica media.

A partir del valor de la conductancia se calcula el valor del Factor de Transmisión, que se define como el parámetro invariante del cálculo. Una vez el equipo ha sido diseñado este parámetro se mantiene constante en todos los cálculos.

- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Calor recuperado diseño:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.
- **Pérdidas de carga del agua**
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Pinch:** diferencia entre la temperatura de salida de los gases calientes y la temperatura de entrada del agua.



- **Steaming:** se llama así al fenómeno indeseado de evaporación del agua en el interior de los tubos del economizador. La existencia de este fenómeno condiciona a que el cálculo se diferencie según dos tramos. El primero de ellos será un economizador con temperatura de salida saturada y un tramo en el que la temperatura del agua se mantendrá a temperatura de saturación.
- **Pérdida de carga de diseño lado agua:** caída de presión de diseño, a partir de este valor y con las condiciones de diseño, se calculan unos parámetros que se mantienen constantes en diferentes condiciones de carga, utilizándose para calcular la pérdida de carga en otras condiciones de uso.
- **Pérdida de carga de diseño lado gases:** tiene el mismo significado y sentido que en el caso de el agua.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio): estas propiedades son resultado del cálculo del equipo con los datos actuales de las líneas. Una vez diseñado el equipo pueden cambiar algunos datos de entrada o salida del equipo, variando así los resultados de cada cálculo.

- **Approach**
- **Conductancia**
- **Calor recuperado**
- **DTLM**
- **Steaming**
- **Pérdida de carga lado agua**
- **Pérdida de carga lado gases**



E.1.2.11. ENTRADA DE AIRE

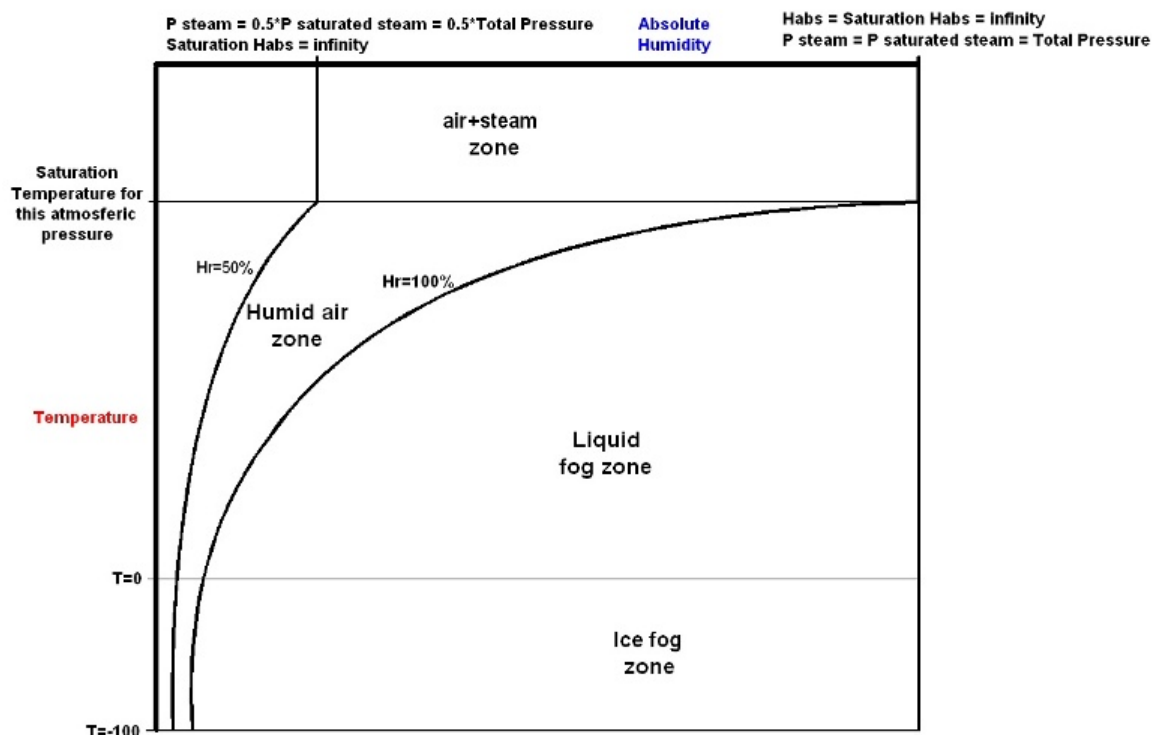
FUNCIÓN PRINCIPAL

La función principal de este equipo es la de representar la entrada de aire atmosférico. Este elemento influye sobre los componentes donde se produce combustión, sobre torres de refrigeración, aero-refrigerantes, etc.

PROPIEDADES

Aunque el objetivo principal sea poder simular las distintas situaciones que se pueden dar en el aire atmosférico, este sistema permite también simular condiciones no atmosféricas, en vista de ser utilizadas en el futuro para equipos de secado.

A nivel psicométrico, se puede dar todas las situaciones posibles, tal y como se muestra en la siguiente figura.



ECUACIONES UTILIZADAS

A continuación se muestra alguna de las ecuaciones que caracterizan este equipo (se exponen aquellas ecuaciones en que se ha tenido que tomar coeficientes, que podrían variar según la fuente consultada).

Cálculo de la presión y temperatura según la altura (fuente: ASHRAE):

- $t = 15 - 0.0065 \cdot \text{alt}$;
- $p = 1.01325 \cdot (1 - 2.25577 \cdot 10^{-5} \cdot \text{alt})^{5.2559}$;

Cálculo de la presión de vapor de saturación:

$a_1 = -5800,2206$	$b_1 = -5674,5359$
$a_2 = 1,3914993$	$b_2 = 6,3925247$
$a_3 = -4,8640239 \times 10^{-2}$	$b_3 = -9,677843 \times 10^{-3}$
$a_4 = 4,1764768 \times 10^{-5}$	$b_4 = 6,2215701 \times 10^{-7}$
$a_5 = -1,4452093 \times 10^{-8}$	$b_5 = 2,0747825 \times 10^{-9}$
$a_6 = 6,5459673$	$b_6 = -9,484024 \times 10^{-13}$
	$b_7 = 4,1635019$

$$p_{vs1}(T) = \exp\left(\frac{a_1}{T} + a_2 + a_3 T + a_4 T^2 + a_5 T^3 + a_6 \ln(T)\right) \times 10^{-3} \quad \text{siendo} \quad T = t + 273,15$$

$$p_{vs2}(T) = \exp\left(\frac{b_1}{T} + b_2 + b_3 T + b_4 T^2 + b_5 T^3 + b_6 T^4 + b_7 \ln(T)\right) \times 10^{-3}$$

$$p_{vs}(t) = \begin{cases} T = t + 273,15 \\ \text{si } 0 \leq t \leq 350 & p_{vs1}(T) \\ \text{si } -100 \leq t < 0 & p_{vs2}(T) \\ \text{altrament} & 0 \end{cases} \quad \text{en kPa} \quad , \quad t \text{ en } ^\circ\text{C}$$

Aceptable de -100 a 350 °C.



La temperatura de rocío se ha calculado a partir de las fórmulas de vapor de saturación:

1. Se supone una temperatura.
2. Se calcula la presión de vapor de saturación con dicha temperatura.
3. Se repite el proceso (siguiendo una búsqueda dicotómica) hasta que la presión de vapor calculada no coincide con la presión de vapor real del aire.

La temperatura de bulbo húmedo se ha calculado a partir de las fórmulas de entalpías y de las de presión de vapor de saturación:

1. Se supone una temperatura dentro de los rangos posibles.
2. Se calcula la presión de vapor de saturación con dicha temperatura.
3. Se calcula la humedad absoluta a partir del cálculo anterior. $x_b = P_{vb} \cdot 0.62198 / (p - P_{vb})$;
4. Se calcula la entalpía.
5. Se repite el proceso (siguiendo una búsqueda dicotómica) hasta que la entalpía calculada no coincide con la entalpía real del aire.



E.1.2.12. EVAPORADOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

Dentro de un sistema de generación de vapor, el evaporador es el subsistema en el cual se produce la vaporización mediante el aporte calorífico de los gases calientes.

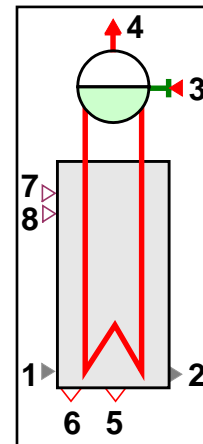
Es por tanto en este sistema donde se produce la separación efectiva entre vapor y agua. Ambas fases estarán a la temperatura de saturación.

TIPO DE EVAPORADORES

- **Acuotubular:** el agua circula por el interior de los tubos en estado de saturación y los gases por el exterior aportando calor para la vaporización
- **Piro tubular:** los gases calientes circulan por el interior de tubos que están inundados exteriormente de agua que se vaporiza.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gases calientes
2. Salida de gases calientes
3. Entrada de agua
4. Salida de vapor
5. Salida de purgas de agua
6. Salida de agua saturada (en los evaporadores piro tubulares no se extrae agua saturada)
7. Entrada del aporte de calor de cámara de radiación
8. Entrada del aporte de calor de cámara de radiación



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (*pestaña de diseño*):

- **Guardar Diseño:** esta propiedad fija los valores del diseño una vez el evaporador ha sido diseñado. Si su valor es "Sí", cualquier cálculo posterior se realizará en situación de operación, sin variar el diseño del equipo.
- **Calor Cambiado Diseño:**
- **Conductancia (KS_{ev}):** el cálculo de esta propiedad refleja la propiedad física de la superficie de intercambio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

siendo Q el calor recuperado y dtlm la diferencia de temperaturas logarítmica media.

A partir del valor de la conductancia se calcula el valor del Factor de Transmisión, que se define como el parámetro invariante del cálculo. Una vez el equipo ha sido diseñado este parámetro se mantiene constante en todos los cálculos.

- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Pinch:** diferencia de temperatura entre la salida de los gases calientes y la del agua saturada
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Pérdida de carga de diseño lado gases:** a partir de este valor y las condiciones de diseño del equipo, se calculan unos parámetros que se utilizan posteriormente para calcular la pérdida de carga real.



PROPIEDADES DE SIMULACIÓN (pestaña de simulación):

- **Pérdida de carga lado gases**
- **Calor cambiado**
- **KS**
- **Pérdidas de calor**
- **LMDT**
- **Pinch**



E.1.2.13. GENERADOR DE ACEITE TÉRMICO

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de un generador de aceite térmico es calentar el flujo de aceite térmico que circula por su interior hasta la temperatura deseada según el proceso del usuario.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

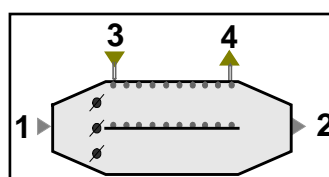
Un generador de fluido térmico es un intercambiador de calor, de tubos de humos, en el que por el interior se hace circular un fluido orgánico, denominado fluido térmico, que puede tener muy diversas propiedades en función del proceso al cual esté destinado.

Habitualmente se dispone de un sistema de by-pass de gases en la entrada del sistema, de modo que se regule adecuadamente el aporte de gases al intercambiador.

Los factores de diseño son dos, de los cuales el más restrictivo será el que determinará el diseño del equipo. Los factores de diseño son el pinch y la potencia de diseño. En efecto, se debe comprobar que es posible extraer la potencia deseada de los humos, siempre respetando el valor de pinch mínimo, que marcará el límite asumible en cuanto a superficie y por tanto a coste del equipo. Para unas dimensiones razonables del equipo este pinch se tomará de 10 20 °C.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gases calientes
2. Salida de gases calientes
3. Entrada de aceite térmico
4. Salida aceite térmico



PROPIEDADES

- **CaudalByPasado:** permite regular adecuadamente el aporte de gases al intercambiador.
- **Calor cambiado:** calor aportado por los gases calientes para la generación de aceite térmico.



- **Conductancia:** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Pérdidas mínimas**
- **Pinch mínimo:** diferencia entre la temperatura de salida de gases y la temperatura de entrada del aceite.
- **Potencia diseño:** valor de diseño de la potencia de generación de aceite térmico.
- **T. Entrada aceite:** es decir, la temperatura de retorno del aceite térmico.
- **T. salida aceite:** esta es la temperatura de generación del aceite.



E.1.2.14. GENERADOR DE AGUA CALIENTE

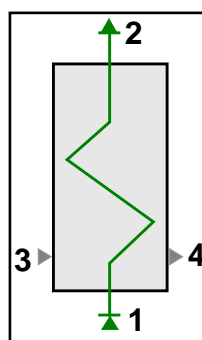
FUNCIÓN PRINCIPAL

Este equipo es muy similar al economizador, tanto termodinámicamente, ya que la función que realizan es la misma, calentar agua con gases calientes, como físicamente, ya que tienen dibujos bastante similares, lo que puede dar a errores fácilmente.

La función del generador de agua caliente es, como su nombre indica, calentar agua al cruzar esta agua con un flujo de gases que provienen de la salida de la turbina de gas o un motor, con lo que estos gases ceden calor al agua que circula por el generador de agua caliente. La principal diferencia con el economizador es que con este equipo el usuario puede determinar tanto la temperatura de entrada de gases así como también la temperatura de salida.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua
2. Salida de agua
3. Entrada de gases calientes
4. Salida de gases calientes



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Guardar Diseño:** esta propiedad fija los valores del diseño una vez el economizador ha sido diseñado. Si su valor es "Sí", cualquier cálculo posterior se realizará en situación de operación, sin variar el diseño del equipo.
- **Conductancia de diseño (KS_{ec}):** el cálculo de esta propiedad refleja la propiedad física de la superficie de intercambio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

siendo Q el calor recuperado y dtlm la diferencia de temperaturas logarítmica media.



A partir del valor de la conductancia se calcula el valor del Factor de Transmisión, que se define como el parámetro invariante del cálculo. Una vez el equipo ha sido diseñado este parámetro se mantiene constante en todos los cálculos.

- **DTLM de diseño:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Calor recuperado diseño:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Pinch:** diferencia entre la temperatura de salida de los gases calientes y la temperatura de entrada del agua.
- **Temperatura de entrada del agua**
- **Temperatura de salida del agua**
- **Pérdida de carga de diseño lado agua:** caída de presión de diseño.
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Calor perdido:** variable solo de lectura, calcula el calor que se pierde, en función del porcentaje de pérdidas de calor y del calor cambiado.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio): estas propiedades son resultado del cálculo del equipo con los datos actuales de las líneas. Una vez diseñado el equipo pueden cambiar algunos datos de entrada o salida del equipo, variando así los resultados de cada cálculo.

- **Conductancia**
- **Calor recuperado**
- **DTLM**
- **Steaming**



E.1.2.15. GENERADOR DE VAPOR CONVENCIONAL

FUNCIÓN PRINCIPAL

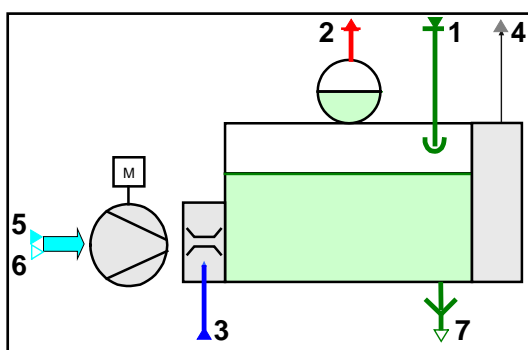
La misión de este sistema es generar vapor a partir de combustible.

Este flujo de vapor se obtiene a una determinada presión (saturado o sobrecalentado) a partir de agua a una temperatura inferior a la de saturación. El vapor se forma gracias al enfriamiento de un flujo más caliente (habitualmente gases que son producto de la combustión de un cierto combustible). También se considera que forma parte del generador de vapor el sistema que permite llevar a cabo la combustión.

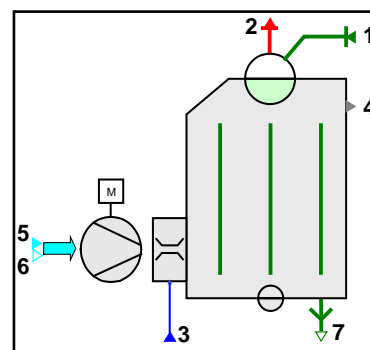
Se considerará un generador de vapor clásico, compuesto por quemador, cámara de radiación y evaporador. Es posible también la incorporación de economizador, aunque debido a que el aumento de rendimiento que provoca no es muy grande en calderas convencionales (apenas un 2-4 %), no es necesario que esté incorporado.

Los generadores de vapor convencionales, al igual que los de recuperación, pueden constar de evaporadores de tipo pirotubular (los gases circulan por el interior de tubos inundados exteriormente de agua; su capacidad es de hasta 20 t/h) o acuotubular (el agua circula por el interior de los tubos, rodeados exteriormente de gases calientes; no tienen limitación de caudal, son más caros y seguros).

ENTRADAS Y SALIDAS



Pirotubular



Acuotubular



1. Entrada de agua de aporte
2. Salida de vapor del calderín
3. Entrada de combustible
4. Salida de gases calientes
5. Entrada de aire para la combustión
6. Entrada de aire adicional
7. Salida de agua de purgas.

PROPIEDADES

- **Producción vapor de diseño:** permite limitar la capacidad de la caldera en la fase de diseño.
- **Modo de cálculo:** Puede ser directo o inverso. En el caso de cálculo directo se calcula la producción de vapor a partir del consumo de combustible. En el caso de cálculo inverso, a partir de la producción de vapor deseada se calcula la cantidad de combustible necesaria.
- **Calor recuperado:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.
- **Exceso de oxígeno:**
- **Pinch:** diferencia entre la temperatura de salida de los gases calientes y la temperatura de entrada del agua.
- **Conductancia (KS_{ec}):** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$



- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Presión de vapor**
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Purgas**
- **Rendimiento:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.
- **Tipo:** ACUTOTUBULAR / PIROTUBULAR



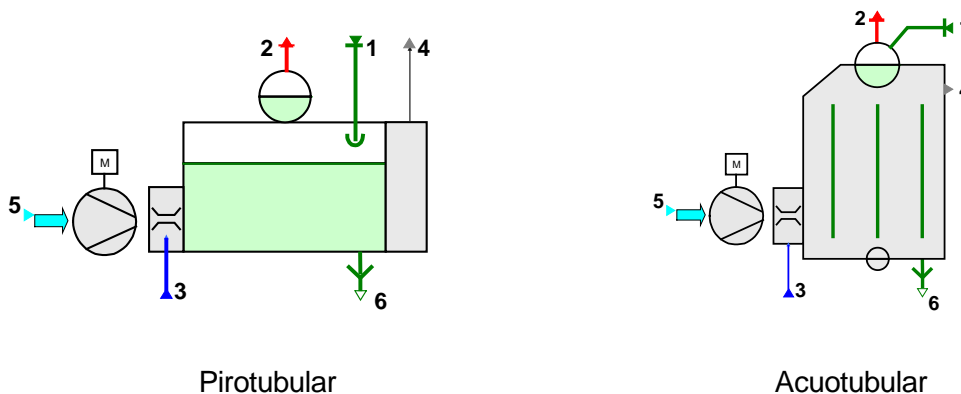
E.1.2.16. GENERADOR DE VAPOR CONVENCIONAL SIMPLE

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es generar vapor a partir de combustible, exactamente igual que el equipo anteriormente explicado. Este equipo, a diferencia del anterior, simplifica el cálculo, ya que este no tiene en cuenta explícitamente purgas ni exceso de aire ni el pinch. En este equipo solamente introducimos la eficiencia estimada por la caldera y como variable de salida calcula el calor recuperado. Con esta eficiencia global ya incluimos el uso opcional de economizador, simplemente aumentando la eficiencia de la caldera. Se ha optado por crear esta modificación del generador de vapor convencional ya que la eficiencia es un dato conocido por el suministrador, hecho que nos simplifica considerablemente el cálculo de los parámetros propios del generador.

Respecto al anterior equipo cabe destacar la opción introducida: 'Saturated Steam Production', en caso de modo **Sí** el vapor generado está a temperatura de saturación a la presión correspondiente. En caso contrario el vapor puede salir sobrecalentado, permitiendo escoger la temperatura de salida del vapor al activarse el icono 'Steam Temperature'.

ENTRADAS Y SALIDAS



1. Entrada de agua de aporte
2. Salida de vapor del calderín
3. Entrada de combustible
4. Salida de gases calientes
5. Entrada de aire para la combustión
6. Salida de agua de purgas.



PROPIEDADES

- **Modo de cálculo:** Puede ser directo o inverso. En el caso de cálculo directo se calcula la producción de vapor a partir del consumo de combustible. En el caso de cálculo inverso, a partir de la producción de vapor deseada se calcula la cantidad de combustible necesaria.
- **Presión de vapor**
- **Vapor saturado o sobresaturado**
- **Temperatura de vapor:** En caso de haber pedido vapor saturado, la temperatura de vapor vendrá impuesta por la temperatura de saturación en función de la presión. En el caso de vapor sobrecalentado, la temperatura deberá estar por encima de dicha temperatura de saturación.
- **Rendimiento:** Es un dato de entrada, que mide el porcentaje del calor recuperado sobre el calor de entrada de combustible.
- **Calor recuperado:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.



E.1.2.17. GENERADOR DE VAPOR CONVENCIONAL SIMPLE CON VAPOR DE RECUPERACIÓN

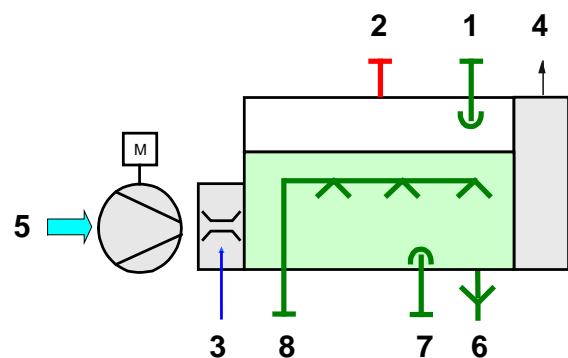
FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es generar vapor a partir de combustible, prácticamente igual que el equipo anteriormente explicado. Este generador de vapor solamente trabaja en método directo, es decir, produce vapor a partir del combustible quemado y si el vaporizer genera vapor también se le ha de sumar.

Este equipo utiliza la metodología de cálculo del generador de vapor convencional simple, donde los cálculos son simplificados. La diferencia que presenta este equipo respecto al generador de vapor convencional simple es que éste tiene dos conexiones adicionales, la entrada vaporizer y la salida vaporizer. Y lo que permiten estas conexiones es generar vapor aún sin quemar combustible para vaporizar el agua, ya que el vapor que genera viene del vaporizer.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua de aporte
2. Salida de vapor del calderín
3. Entrada de combustible
4. Salida de gases calientes
5. Entrada de aire para la combustión
6. Salida de agua de purgas.
7. Salida de agua saturada al vaporizer.
8. Entrada de agua más vapor que proviene del vaporizer.



PROPIEDADES

- **Presión de vapor**
- **Vapor saturado o sobresaturado**



- **Temperatura de vapor:** En caso de haber pedido vapor saturado, la temperatura de vapor vendrá impuesta por la temperatura de saturación en función de la presión. En el caso de vapor sobrecalentado, la temperatura deberá estar por encima de dicha temperatura de saturación.
- **Rendimiento:** Es un dato de entrada, que mide el porcentaje del calor recuperado sobre el calor de entrada de combustible.
- **Calor recuperado:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.
- **Caudal de vapor procedente del vaporizador**
- **Caudal de vapor que genera propiamente la caldera**



E.1.2.18. GENERADOR DE VAPOR MIXTO

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es recuperar el calor contenido en los gases de escape del motor principal (ya sea un motor alternativo o una turbina de gas) y transformarlo en vapor utilizable en los procesos industriales que requieren calor. Dispone de un quemador auxiliar (caldera convencional) para completar la producción de vapor en situaciones de punta de demanda o bien de paro del motor.

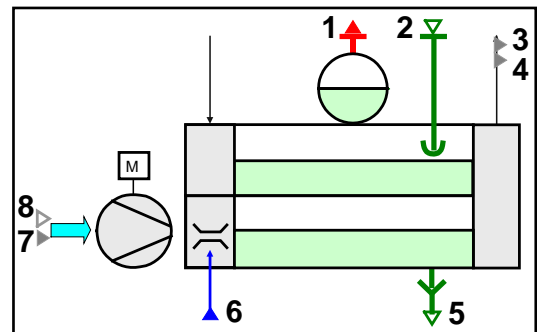
BASES DE FUNCIONAMIENTO

Se considerará un generador compuesto por:

- Un generador de vapor de recuperación, de tipo pirotubular, compuesto por evaporador y economizador.
- Un generador de vapor convencional, compuesto por quemador, cámara de radiación, evaporador y economizador.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Salida de vapor del calderín
2. Entrada de agua de aporte
3. Salida de gases de recuperación
4. Salida de gases parte convencional
5. Salida de agua de purgas
6. Entrada de combustible
7. Entrada de comburente
8. Entrada de comburente adicional



PROPIEDADES

- **Modo de cálculo:** Puede ser directo o inverso. En el caso de cálculo directo se calcula la producción de vapor a partir del consumo de combustible. En el caso de



cálculo inverso, a partir de la producción de vapor deseada se calcula la cantidad de combustible necesaria.

- **Producción parte convencional:** permite limitar la capacidad del generador que funciona como caldera convencional en la fase de diseño.
- **Pinch recuperador:** diferencia entre la temperatura de salida de los gases calientes y la temperatura de entrada del agua de la parte del generador que funciona por recuperación del calor de los gases calientes.
- **Pinch evaporador convencional:** diferencia entre la temperatura de salida de los gases calientes y la temperatura de entrada del agua de la parte del generador que funciona como caldera convencional.
- **Presión vapor**
- **Calor recuperado:** muestra el valor del calor aprovechado en la parte de recuperación.
- **Conductancia (KS_{ec}):** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

- **DTLM:** : diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Exceso de oxígeno:** % de exceso de oxígeno al que se realiza la combustión en la parte convencional.
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Purgas**
- **Rendimiento:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo



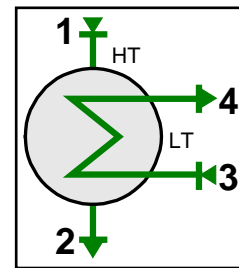
E.1.2.19. INTERCAMBIADOR AGUA / AGUA

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de un intercambiador es la transferencia de calor de un fluido caliente a otro frío, en las condiciones de caudales y temperaturas deseadas.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de fluido caliente
2. Salida de fluido caliente
3. Entrada de fluido frío
4. Salida de fluido frío



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Guardar diseño:** esta propiedad fija los valores del diseño una vez el intercambiador ha sido diseñado. Si su valor es "Sí", cualquier cálculo posterior se realizará en situación de operación, sin variar el diseño del equipo.
- **Caudales de diseño de lado caliente y lado frío:** se utilizan en el diseño del intercambiador desde su propia pantalla. Si diseñamos el equipo al mismo tiempo que todo el proceso, se toman los valores de caudales de la líneas.
- **Pérdida de carga lado caliente y de lado frío:** si no se introduce ningún valor, el programa toma por defecto un valor de 0,1 bar para ambos lados.
- **Conductancia (KS):** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$



- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media en un intercambiador contracorriente es:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{sf}}{T_{sc} - T_{ef}}}$$

En un intercambiador equicorriente la diferencia de temperaturas logarítmica media es:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{ef}) - (T_{sc} - T_{sf})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{ef}}{T_{sc} - T_{sf}}}$$

- **Incógnitas en diseño:** existen distintos modos de cálculo posibles, dependiendo de los valores conocidos. Las incógnitas son siempre dos y son los resultados de cada cálculo.
- **Presión de entrada y salida de lado caliente y lado frío:** estos valores se toman de las líneas. Si se quiere diseñar el intercambiador a partir de valores distintos de presión debe hacerse desde la pantalla propia de este equipo.
- **Pinch mínimo:** este valor sirve para comprobar que la diferencia de temperaturas entre el fluido frío y el caliente en la entrada y en la salida es superior o igual al pinch de diseño. Esto es debido a factores económicos, puesto que un pinch excesivamente pequeño provoca el aumento desmesurado de la superficie del intercambiador y por lo tanto de su coste.

- Si el intercambiador es a contracorriente se comprueba que:

$$T_{\text{salida frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{entrada caliente}}$$

$$T_{\text{entrada frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{salida caliente}}$$

- Si el intercambiador es a equicorriente se comprueba que:

$$T_{\text{salida frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{salida caliente}}$$

$$T_{\text{entrada frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{entrada caliente}}$$



- **Potencia de diseño:** es el intercambio de calor entre el fluido caliente y el frío, para las condiciones de diseño.
- **Temperaturas de entrada y salida de lado caliente y lado frío:** deben informarse todas, excepto aquéllas que son incógnitas de diseño.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio):

- **Calor cambiado:** es el intercambio de calor entre el fluido caliente y el frío, para las condiciones de operación.
- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media.
 - En un intercambiador contracorriente:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{sf}}{T_{sc} - T_{ef}}}$$

- Y en un intercambiador equicorriente:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{ef}) - (T_{sc} - T_{sf})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{ef}}{T_{sc} - T_{sf}}}$$

- **Temperaturas de entrada y salida de lado caliente y lado frío:** se muestran las cuatro temperaturas. Si alguna de ellas es incógnita de diseño, se muestra su resultado en las nuevas condiciones de operación.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

En función del tipo de aplicación, las variables de partida serán distintas. Sin embargo, el objetivo será siempre el mismo: conocer las temperaturas, caudales y presiones de ambos fluidos de intercambio.

Podemos encontrar los siguientes casos de aplicación:

- Enfriamiento del fluido caliente hasta una temperatura determinada: conoceremos las temperaturas del lado caliente (T_{ec} , T_{sc}) y su caudal (m_c) o potencia a disipar.



Del fluido frío conoceremos la temperatura de entrada (T_{ef}). Al igualar las potencias de ambos lados del intercambiador, se podrá jugar con el caudal (m_f) y la temperatura de salida del lado frío.

- Calentamiento del fluido frío hasta una temperatura determinada: conoceremos las temperaturas del lado frío (T_{ef} , T_{sf}) y su caudal (m_f), o la potencia a ganar. Del fluido caliente conoceremos las condiciones de entrada (T_{ec} , P_{ec}). Como en el caso anterior, se podrá jugar con el caudal y las condiciones de temperatura de salida del lado caliente.

Para diseñar un intercambiador se fijan unas variables de entrada (distintas en función de las incógnitas de diseño) y se calcula la conductancia necesaria (KS en [KW/°C]). Esta conductancia es el parámetro invariable una vez fijado el diseño; a partir de su valor y de los valores que llegan de las líneas se calcula el intercambiador en situación de operación. En definitiva, las opciones que tiene el usuario para calcular un intercambiador son las siguientes:

1. El primer paso es diseñar el intercambiador. Esto puede realizarse desde la pantalla propia del intercambiador, o bien desde el entorno general del programa (propiedades mostradas en la esquina inferior izquierda de la pantalla).
 - a. Si diseñamos el intercambiador desde su propia pantalla, deben estar informados todos los valores de presión y los valores necesarios de caudales y temperaturas (en función de las incógnitas de diseño escogidas).
 - b. Si el diseño se realiza desde el cálculo global del proceso (en situación de diseño), deben informarse las propiedades de potencia y las temperaturas necesarias en función del modo de diseño; los valores de caudales y presiones que precise el cálculo del diseño serán tomados de las líneas.
2. Cuando se llega al diseño deseado del intercambiador se fijan dichas propiedades de diseño asignando a la **propiedad “Guardar diseño”** el valor **“Sí”**. A partir de este momento, el intercambiador se calculará siempre en situación de operación, sin volver a diseñarse.



3. Para simular el intercambiador a partir de distintos datos de entrada y una vez fijado su diseño, se tienen dos opciones:
 - a. Calcular todo el proceso. Tanto si el sistema se encuentra en situación de diseño como en situación de simulación, el intercambiador partirá del valor de diseño de la conductancia y de las propiedades de caudales, presiones y temperaturas que lleguen de las líneas.
 - b. Calcular el intercambiador desde su pantalla; en este caso pueden informarse todas las propiedades de operación (columna de condiciones de operación) para observar el comportamiento del equipo en distintos escenarios. Una vez finalizados los cálculos, al salir de la pantalla los resultados obtenidos de simulación no trascienden al proceso.



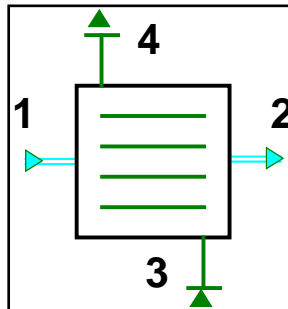
E.1.2.20. INTERCAMBIADOR AGUA/AIRE (BATERÍA ENFRIADORA)

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es refrigerar un flujo de aire hasta una temperatura determinada, usando para ello agua en el lado frío del intercambiador. Un caso típico de uso de estas baterías enfriadoras es la refrigeración del aire de turbinas de gas, con el objetivo de aumentar la potencia generada en ésta.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de aire
2. Salida de aire
3. Entrada de agua fría
4. Salida de agua fría



PROPIEDADES

- **Potencia de frío:** Resultado de frío necesario aportar para enfriar el aire desde las condiciones reales de entrada hasta las deseadas de salida.
- **Conductancia:** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media, que en un intercambiador contracorriente como éste es:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{sf}}{T_{sc} - T_{ef}}}$$



- **Pérdidas de carga del lado agua y del lado aire:** la pérdida del lado aire influye en las prestaciones de la turbina de gas si ésta existe aguas debajo de la batería enfriadora.
- **Pérdidas de calor:** Indica las pérdidas de calor del intercambiador, que en el código de cálculo del sistema se traducen en una mayor demanda de caudal agua fría para satisfacer un mismo requisito de refrigeración del aire.
- **Pinch:** diferencia de temperatura deseada entre la salida de aire y la entrada de agua. Este valor sirve para remarcar que la diferencia de temperaturas entre el fluido frío y el caliente es correcta. Un pinch excesivamente pequeño provoca el aumento desmesurado de la superficie del intercambiador y por lo tanto de su coste. Un valor de pinch típico es de 5 °C para refrigeración de aire.
- **Temperatura de entrada de aire.**
- **Temperatura de salida de aire:** será igual a la temperatura de entrada de agua más el pinch.
- **Temperatura de entrada de agua fría.**
- **Temperatura de salida de agua fría.**
- **Caudal de agua fría:** el propio cálculo de la batería marca el caudal de agua fría que requiere ésta para satisfacer la demanda de frío que se le impone (marcado a su vez por las temperaturas de aire).
- **Caudal de aire.**
- **Humedad del aire entrada:** remarca la humedad del aire de entrada puesto que es una condición de diseño básica para la especificación del sistema.
- **Condensación:** esta propiedad nos indica la cantidad de agua que condensa debido a la pérdida de temperatura del aire. Esta agua debe recogerse y ser evacuada de la batería en la realidad.



- **Habilitado:** esta propiedad nos permita rápidamente alternar entre una situación con el sistema de enfriamiento y sin él. Esta posibilidad es muy interesante para el cálculo de enfriamiento de turbinas de gas, puesto que puede evaluarse en forma inmediata el beneficio que comporta a la turbina el enfriamiento del aire de combustión.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

Para diseñar un intercambiador de agua fría - aire se fijan las siguientes variables de entrada:

1. Temperaturas de agua de entrada y salida
2. Pinch del intercambiador. Con esto especificamos indirectamente la temperatura deseada de salida de aire.

Después de ajustar el resto de variables a nuestro problema particular, se procede a calcular el sistema. El principal resultado del cálculo es la potencia de refrigeración necesaria y el caudal de agua fría requerido.



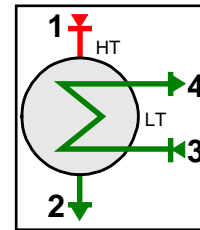
E.1.2.21. INTERCAMBIADOR AGUA / VAPOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de un intercambiador es la transferencia de calor de un fluido caliente a otro frío, en las condiciones de caudales y temperaturas deseadas.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de vapor
2. Salida de condensados
3. Entrada de fluido frío
4. Salida de fluido frío



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Modo de cálculo:** Puede ser directo o inverso. En función del modo de cálculo varían los datos conocidos y las incógnitas de diseño:

	Modo directo	Modo inverso
Valores conocidos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ P, T y caudal de entrada de agua ▪ P, T y caudal de entrada de vapor ▪ ¿Existe subenfriamiento? ▪ T salida condensados (si existe subenfriamiento) ▪ Potencia de diseño ▪ Pérdidas, pinch y pérdidas de carga de diseño 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ P, T y caudal de entrada de agua ▪ P y T de entrada de vapor ▪ ¿Existe subenfriamiento? ▪ T salida condensados (si existe subenfriamiento) ▪ Potencia de diseño ▪ Pérdidas, pinch y pérdidas de carga de diseño
Incógnitas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ T salida agua fría 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caudal de entrada de vapor



- **Caudales de diseño del lado caliente y del lado frío:** estos valores son calculados a partir de la potencia de diseño, pero el usuario no puede forzar su valor. Para diseñar el intercambiador en distintas condiciones la propiedad a variar es la potencia de diseño.
- **Conductancia:** es el parámetro que define el diseño del equipo, representando la propiedad geométrica de la superficie de intercambio. Se calcula considerando nulas las pérdidas de calor y con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media en un intercambiador contracorriente es:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{sf}}{T_{sc} - T_{ef}}}$$

En un intercambiador equicorriente la diferencia de temperaturas logarítmica media es:

$$dtlm = \frac{(T_{ec} - T_{ef}) - (T_{sc} - T_{sf})}{\ln \frac{T_{ec} - T_{ef}}{T_{sc} - T_{sf}}}$$

- **Pérdidas de carga del lado caliente y del lado frío:** si no se introduce ningún valor, el programa toma por defecto un valor de 0,1 bar para ambos lados.
- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media. Este valor es necesario para el cálculo de la conductancia.
- **Pinch mínimo:** este valor sirve para comprobar que la diferencia de temperaturas entre el fluido frío y el caliente en la entrada y en la salida es superior o igual al pinch de diseño. Esto es debido a factores económicos, puesto que un pinch excesivamente pequeño provoca el aumento desmesurado de la superficie del intercambiador y por lo tanto de su coste.



- Si el intercambiador es a contracorriente se comprueba que:

$$T_{\text{salida frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{entrada caliente}}$$

$$T_{\text{entrada frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{salida caliente}}$$

- Si el intercambiador es a equicorriente se comprueba que:

$$T_{\text{salida frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{salida caliente}}$$

$$T_{\text{entrada frío}} + \text{Pinch} > T_{\text{entrada caliente}}$$

- **Potencia de diseño:** es el intercambio de calor entre el fluido caliente y el frío, para las condiciones de diseño.
- **Subenfriamiento:** si no existe subenfriamiento la temperatura de salida de condensados es la de saturación a la presión del vapor. Si existe subenfriamiento la temperatura de salida de condensados será inferior a la de saturación a la presión correspondiente. En este segundo caso se toma el valor de la propiedad de temperatura de salida de condensados.
- **Temperatura de salida de condensados:** si existe subenfriamiento se toma este valor introducido por el usuario. Pero si no existe subenfriamiento, el programa asigna a esta propiedad el valor de la temperatura de saturación a la presión correspondiente.
- **Temperatura de salida de agua fría:** si el método de cálculo es inverso, este valor es imprescindible para calcular. Si el método de cálculo es directo, este valor es resultado del cálculo de diseño.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio):

- **Calor cambiado:** es el intercambio de calor entre el fluido caliente y el frío, para las condiciones de operación.
- **Pérdidas de carga del lado caliente y del lado frío:** estos valores son resultados del cálculo en situación de operación.



BASES DE FUNCIONAMIENTO

Para diseñar un intercambiador de agua-vapor se fijan unas variables de entrada (distintas en función del modo de cálculo) y se calcula la conductancia necesaria (KS en [KW/°C]). Esta conductancia es el parámetro invariable una vez fijado el diseño; a partir de su valor y de los valores que llegan de las líneas se calcula el intercambiador en situación de operación. En definitiva, las opciones que tiene el usuario para calcular un intercambiador son las siguientes:

1. El primer paso es diseñar el intercambiador. Esto puede realizarse desde la pantalla propia del intercambiador, o bien desde el entorno general del programa (propiedades mostradas en la esquina inferior izquierda de la pantalla).

En ambos casos el valor que introduce el usuario para diseñar el intercambiador es la potencia de diseño. A partir de este valor se calculan los caudales de diseño del lado frío y del lado caliente.

2. Una vez diseñado el intercambiador se procede a su simulación, que parte de los valores de las líneas para calcular el calor cambiado y las pérdidas de carga en situación de operación.

Ambos cálculos (diseño y simulación) pueden realizarse desde la propia pantalla del intercambiador. En este caso pueden informarse todas las propiedades de operación (columna de condiciones de operación) para observar el comportamiento del equipo en distintos escenarios. Una vez finalizados los cálculos, al salir de la pantalla los resultados obtenidos de simulación no trascienden al proceso.



E.1.2.22. K-FLOW

FUNCIÓN PRINCIPAL

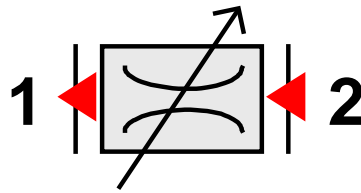
La misión principal de este equipo es la de fijar un caudal de vapor.

BASES DE FUNCIONAMIENTO:

Este equipo sirve para fijar un caudal, estableciéndose una demanda.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Salida de vapor
2. Entrada vapor



PROPIEDADES

- **Caudal fijo:** es el caudal de vapor establecido.



E.1.2.23. MÁQUINA DE ABSORCIÓN

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es generar energía frigorífica a partir del calor contenido en un flujo de vapor o de agua caliente.

TIPOS DE MÁQUINAS DE ABSORCIÓN:

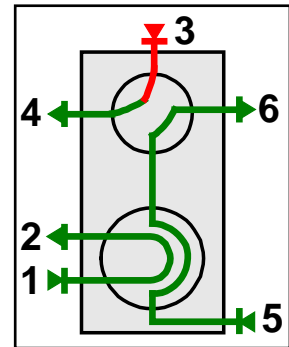
Las máquinas de absorción pueden clasificarse según dos criterios distintos:

- Según el nivel térmico de generación de frío:
 - **Máquinas basadas en LiBr:** En éstas, el LiBr actúa como absorbente y el agua como fluido refrigerante. Para obtener bajas temperaturas el agua debe tener una presión muy por debajo de la atmosférica (vacío) y tiene un límite práctico del orden de 6 °C. Por ello, este sistema suele emplearse únicamente para climatización y acondicionamiento de aire.
 - **Máquinas basadas en NH₃:** En éstas, el fluido refrigerante es el amoníaco, y el absorbente el agua. Suelen aplicarse en instalaciones industriales que requieran frío a temperaturas por debajo de los 0 °C, ya que con ellas se pueden alcanzar temperaturas de hasta -50 °C.
- Según el grado de optimización de su ciclo termodinámico:
 - **Máquinas de simple efecto:** Con ellas se pueden conseguir COP's entre 0,5 y 0,7 aproximadamente.
 - **Máquinas de doble efecto:** El COP de éstas máquinas suele variar entre 1,1 y 1,4 aproximadamente.



ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua a enfriar
2. Salida de agua enfriada
3. Entrada de fluido calefactor (vapor o agua caliente)
4. Salida de fluido calefactor
5. Entrada de agua de refrigeración
6. Salida de agua de refrigeración



PROPIEDADES

- **Temperatura de consigna de frío:** es la temperatura a la que se demanda el agua fría. Debe coincidir con la "Temperatura de ida" del *Uso de frío*.
- **COP (*coefficient of performance*):** se define como el ratio de kWh de frío generado por kWh térmico consumido.
- **Temperatura de salida de agua caliente:** es necesario fijar el valor de esta temperatura para calcular la potencia térmica disponible en el generador de la máquina de absorción.
- **Diferencia de temperaturas de refrigeración:** debe coincidir con el valor del "Acercamiento" de la *Torre de Refrigeración*.



E.1.2.24. MOTOR ALTERNATIVO

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función de un motor alternativo es convertir la energía química contenida en un producto combustible en energía eléctrica y térmica. La energía eléctrica se obtiene mediante un alternador acoplado directamente al eje del motor. La energía térmica, en forma de gases de escape y de agua caliente de circuitos de refrigeración es susceptible de ser utilizada en procesos industriales que requieran aporte de energía calorífica a una temperatura igual o inferior a la de dichos fluidos.

BASES Y ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

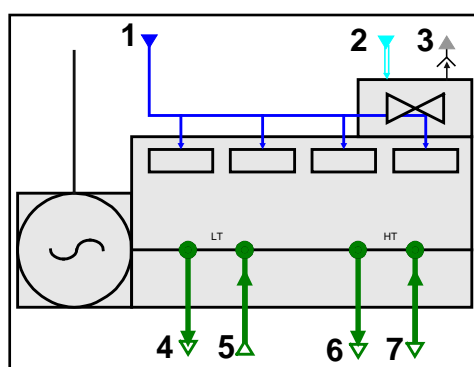
Los motores alternativos se pueden clasificar según el tipo de ciclo que sigue la combustión:

- Otto (típicamente consumirán gas natural).
- Diesel (consumen fuel-oil o gas-oil)

El principio de funcionamiento de un motor alternativo está basado en conseguir mediante movimientos lineales y alternativos de los pistones el movimiento de giro de un eje. Acoplado a un extremo del motor se encuentra el alternador que es el encargado de transformar la energía mecánica de giro en energía eléctrica.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de combustible
2. Entrada de aire
3. Salida de gases de combustión
4. Salida agua circuito L.T.
5. Retorno agua circuito L.T.
6. Salida agua circuito H.T.
7. Retorno agua circuito H.T.



PROPIEDADES

- **Carga:** es posible realizar cálculos con el motor operando a cargas parciales, tanto en simulación como en diseño.
- **En marcha:** SI/NO, para realizar cálculos de diseño o bien operación con el motor en marcha o parado.
- **Marca y modelo:** el motor debe ser seleccionado haciendo doble clic sobre el elemento motor. Así se accede a la base de datos de los distintos motores disponibles. En dicha base de datos se describen las prestaciones de los motores según las especificaciones previamente introducidas.
- **Unidades:** permite elegir el número de unidades instaladas
- **Potencia generada:** calculada a partir de los parámetros arriba descritos.



E.1.2.25. QUEMADOR DE GAS

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función de un quemador es aportar energía térmica a un sistema de generación de calor (por recuperación o no)

BASES Y ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

A efectos prácticos se pueden clasificar según su uso en centrales de cogeneración, como:

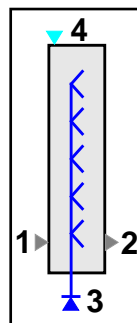
- **Quemadores de postcombustión**, que utilizan como comburente el oxígeno contenido en los gases de escape de una turbina y que por lo tanto estarán situados dentro de un conducto que contenga el flujo de estos gases.
- **Quemadores de aire fresco**, que consumen oxígeno del aire exterior y que sería el caso del quemador de una caldera convencional o una caldera mixta. Deben pues incorporar un ventilador (generalmente centrífugo) que aporte el caudal de aire necesario.

Existen dos métodos de cálculo:

- **Directo**, según consumo de combustible y exceso de aire o oxígeno mínimo.
- **Inverso**, según temperatura de productos de la combustión.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada gases calientes
2. Salida gases calientes
3. Entrada combustible
4. Entrada de aire



PROPIEDADES

- **Tipo de combustión:**
 - Directo oxígeno mínimo: según consumo de combustible
 - Directo exceso: según consumo de combustible
 - Inverso oxígeno mínimo: según temperatura de productos de combustión.
- **Exceso de oxígeno:**
- **Oxígeno mínimo:**
- **Temperatura de salida de humos:**

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA:

- **Caudal de diseño**
- **Temperatura de entrada de diseño de los gases**
- **Pérdida de carga de diseño del lado gases**
- **Pérdida de carga del lado gases:** en función de los anteriores parámetros, es decir, en función del caudal de diseño, la temperatura de entrada de diseño y la pérdida de carga de diseño del lado gases encontramos la pérdida carga real del lado gases.



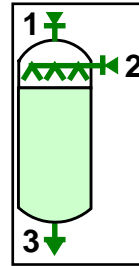
E.1.2.26. REFRIGERADOR DE PURGAS POR DUCHA

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función principal de este equipo es la de refrigerar las purgas mediante una ducha de agua de red que se encuentra a una temperatura más fría.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de condensados
2. Entrada de agua de red
3. Salida de la mezcla condensados-agua.



PROPIEDADES

- **Temperatura salida agua:** es necesario especificar la temperatura a la que se desea que se produzca la salida de agua. El valor por defecto de la temperatura es de 40°C.



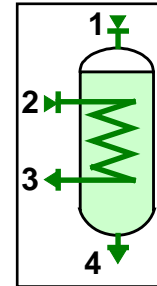
E.1.2.27. REFRIGERADOR DE PURGAS

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función principal de este equipo es la de refrigerar las purgas mediante un serpentín, sin producirse mezcla de fluidos.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de condensados
2. Entrada de agua de refrigeración
3. Salida de agua de refrigeración
4. Salida de condensados



PROPIEDADES

- **Temperatura salida agua:** hay que especificar la temperatura a la que se desea que se produzca la salida de agua. El valor por defecto de la temperatura es de 40°C.



E.1.2.28. RESULTADOS COGENERACIÓN

PROPIEDADES

Los resultados cogeneración están agrupados en cuatro lengüetas de menús. Estas son:

Datos técnicos

Altura sobre nivel de mar

Autoconsumos eléctricos

Humedad porcentual

Presión atmosférica

Temperatura

Resultados

- A (kW): Autoconsumos de la planta
- A/E (%)
- E (kW): Electricidad generada por la planta.
- E/V

$$E/V = \frac{E}{V + F}$$

- Frío (kW): potencia generada en frío.
- Q (kW): Consumo de combustible de la central. En caso de existir, incluye también los consumos de quemadores de postcombustión, calderas convencionales y mixtas.
- RE (%) : Rendimiento eléctrico.

$$RE = \frac{E}{V} \cdot 100$$



- REE (%): Rendimiento Eléctrico Equivalente de la instalación, calculado del siguiente modo:

$$REE = \frac{E}{Q - \frac{V+F}{0,9}} \cdot 100$$

- RG (%): Rendimiento General

$$RG = \frac{E + V}{Q} \cdot 100$$

- V (kW): vapor generado

General

Donde se pueden introducir y encontrar los datos referentes al archivo, cliente, versión, etc. Estos datos deben ser introducidos en la ventana de diálogo que aparece al hacer doble clic sobre el objeto Resultados Cogeneración.

Todas

En esta carpeta contiene toda la información de las carpetas arriba descritas.



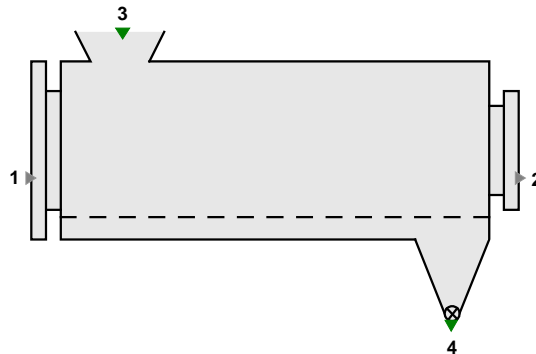
E.1.2.29. SECADOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función principal de un secador es la de extraer la humedad de un determinado producto. Puede ser en disposición horizontal o vertical.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gases calientes
2. Salida de gases calientes más agua evaporada
3. Entrada de producto húmedo
4. Salida de producto seco



BASES DE FUNCIONAMIENTO

Se produce la evaporación del agua presente en un determinado producto mediante el aporte de calor procedente de gases calientes. El aporte puede ser de forma directa o mediante un intercambiador.

PROPIEDADES

- **Calor aportado:** en los gases de escape.
- **Calor aprovechado**
- **Calor perdido:** fracción del calor aportado que se pierde por radiación. Se calcula a partir del % de pérdidas introducido en el cuadro de diálogo.
- **Evaporación:** da como resultado el caudal másico de agua evaporada.
- **Humedad de entrada:** humedad del producto de entrada
- **Humedad de salida:** humedad deseada para el producto seco.
- **Pérdidas:** tanto por ciento de las pérdidas de calor producidas por radiación.



- **Temperatura de salida del producto:** permite fijar la temperatura a la que se desea obtener el producto seco. Especialmente indicado para productos combustibles y/o sensibles a al calor.
- **Temperatura de rocío de los gases:** temperatura por debajo de la cual se produce la condensación del agua presente en los gases calientes.



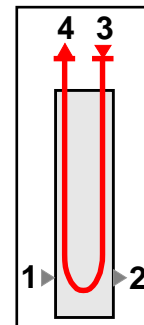
E.1.2.30. SOBRECALENTADOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de un sobrecalentador es aumentar la temperatura del vapor que circula por su interior con la finalidad de introducirlo en la mayoría de casos en una turbina de vapor. La razón de este sobrecalentamiento sobre la temperatura de saturación es que los primeros álabes de la turbina no admiten humedad en el vapor que los acciona.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de gases calientes
2. Salida de gases calientes
3. Entrada de vapor
4. Salida de vapor



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.
- **Conductancia (KS_{sc}):** el cálculo de esta propiedad refleja la propiedad física de la superficie de intercambio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

siendo Q el calor recuperado y dtlm la diferencia de temperaturas logarítmica media.

A partir del valor de la conductancia se calcula el valor del Factor de Transmisión, que se define como el parámetro invariante del cálculo. Una vez el equipo ha sido diseñado este parámetro se mantiene constante en todos los cálculos.



- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sv}) - (T_{sg} - T_{ev})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sv}}{T_{sg} - T_{ev}}}$$

- **Pérdida de carga de diseño lado gases:** es la pérdida de carga en las condiciones de diseño de los gases que provienen del escape de la turbina.
- **Pérdida de carga de diseño lado vapor:** es la pérdida de carga en las condiciones de diseño del vapor.
- **Temperatura de salida del vapor:** el equipo sobrecalentador fija la temperatura de salida del vapor.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio): estas propiedades son resultado del cálculo del equipo con los datos actuales de las líneas. Una vez diseñado el equipo pueden cambiar algunos datos de entrada o salida del equipo, variando así los resultados de cada cálculo.

- **Pérdidas de calor**
- **Conductividad**
- **Calor recuperado**
- **Pérdida de carga lado gases**
- **Pérdida de carga lado gases**
- **LMDT**



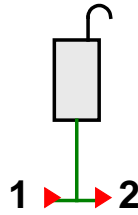
E.1.2.31. TANQUE DE EXPANSION

FUNCIÓN PRINCIPAL

Su misión principal es la absorber las oscilaciones de presión originadas por cambios de temperatura de un fluido dentro de un circuito de hidráulico.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada del fluido.
2. Salida del fluido.



PROPIEDADES

- **Altura sobre bombas**
- **Temperatura máxima de trabajo**
- **Temperatura mínima de trabajo**
- **Volumen circuito de agua**
- **Volumen depósito**



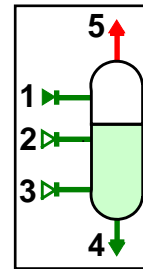
E.1.2.32. TANQUE FLASH

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es recuperar parte de la energía contenida en un flujo de agua a alta presión, transformando una parte del caudal de agua en vapor útil, a baja presión.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua a alta presión
2. Entrada de agua a alta presión
3. Entrada de agua a alta presión
4. Salida de vapor al desgasificador
5. Salida de agua de purgas



E.1.2.33. TORRE DE REFRIGERACIÓN

FUNCIÓN PRINCIPAL

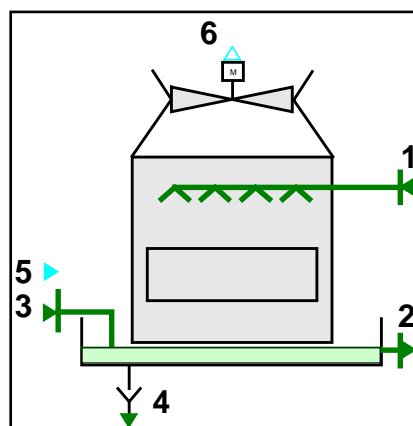
La misión de este sistema es disipar en la atmósfera el calor contenido en un flujo de agua caliente, generalmente proveniente de los circuitos de refrigeración de los equipos principales de una planta.

TIPO DE TORRES DE REFRIGERACIÓN

- **De tiro inducido:** los ventiladores están ubicados en un lateral de la torre y pueden ser axiales o bien centrífugos.
- **De tiro aspirado:** los ventiladores, siempre de tipo axial, están ubicados en la parte superior de la torre.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua a refrigerar
2. Salida de agua refrigerada
3. Entrada de agua de reposición
4. Salida de agua de purgas
5. Entrada de aire
6. Salida de aire



PROPIEDADES

- **Caudal de reposición:** compensa las pérdidas de agua debidas a las purgas, a la evaporación y al arrastre, fenómenos que se dan al refrigerar el agua en contacto con el aire.
- **Acercamiento:** diferencia entre la temperatura de salida del agua refrigerada y la temperatura de bulbo húmedo.



- **Carga del sistema:** porcentaje que varía en función del caudal de agua a refrigerar. Si este caudal disminuye respecto el caudal máximo, la carga del sistema también disminuye. Esto implica que los ventiladores deben trabajar a potencia inferior, puesto que la potencia a disipar en la torre ha disminuido. Por lo tanto, se supone la existencia de un regulador de frecuencia en el motor de los ventiladores para regular la velocidad, y así la potencia consumida, de estos ventiladores.
- **Número de Merkel:** es el parámetro que permite definir al calidad de una torre de refrigeración. Cuanto mayor sea el valor del número de Merkel mayor es el grado de dificultad de la torre. Cuanto menor sea mayor es su calidad.

Con los datos de temperatura de salida del agua (T_s) y de temperatura de bulbo húmedo (T_h) se fija el punto B del gráfico, a partir del cual se dibujarán las rectas de operación, que cortan a la vertical de T_e en un punto A al que corresponde la entalpía H_a .

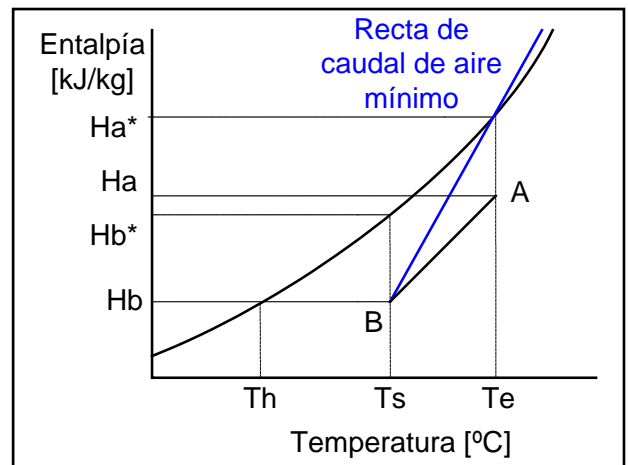
La pendiente de la recta AB depende del caudal de aire. Cuando este tiene el valor mínimo G_m , el punto A se halla en el punto de intersección con la curva. Para el diseño de las torres de refrigeración se toma un caudal de aire de 1,5 veces el caudal mínimo.

Si se quiere comparar la calidad de la torre diseñada con el programa con la torre que oferta el proveedor se debe introducir el caudal de aire de la especificación del fabricante y calcular el número de Merkel. Para cada valor de caudal de aire de la especificación del fabricante y calcular el número de Merkel. Para cada valor de caudal de aire corresponde un punto A en el gráfico de Merkel.

GRÁFICO DE MERKEL

$$Me = 4,19 \cdot \frac{T_e - T_s}{\Delta H} ; \quad \Delta H = \frac{\Delta H_a - \Delta H_b}{\ln \frac{\Delta H_a}{\Delta H_b}}$$

$$\Delta H_a = H_a^* - H_a ; \quad \Delta H_b = H_b^* - H_b$$



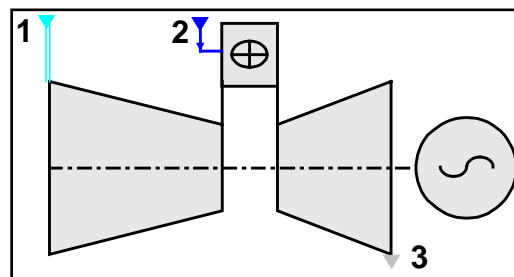
E.1.2.34. TURBINA DE GAS

FUNCIÓN PRINCIPAL

La función de un grupo turbogenerador de gas es la de convertir la energía química contenida en un producto combustible en energía eléctrica y térmica. La energía eléctrica se obtiene a partir del alternador acoplado mediante un reductor al eje de la turbina. La energía térmica obtenible de una turbina es en forma única de gases de escape, que se utilizarán posteriormente de forma directa o para la generación de vapor, agua caliente o aceite térmico para un determinado proceso industrial.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de aire
2. Entrada de combustible
3. Salida de gases de combustión



BASES DE FUNCIONAMIENTO

Los turbogeneradores de gas son sistemas constituidos por una turbina de gas (en general, en ciclo simple de circuito abierto) y por toda una serie de subsistemas auxiliares que permiten su funcionamiento.

Una turbina de gas en ciclo abierto está compuesta por:

- un compresor rotativo
- una cámara de combustión, y
- una turbina

PROPIEDADES

- **Altura:** en metros sobre el nivel del mar a la que se desean realizar los cálculos.
- **Carga:** es posible realizar cálculos con la turbina operando a cargas parciales, tanto en simulación como en diseño.



- **En marcha:** SI/NO, para realizar cálculos de diseño o bien operación con la turbina en marcha o parada.
- **Marca y modelo:** la turbina debe ser seleccionada haciendo doble clic sobre el elemento turbina. Así se accede a la base de datos de las distintas turbinas disponibles. En dicha base de datos se describen las prestaciones de las turbinas según las especificaciones previamente introducidas. La base de datos permite introducir prestaciones a distintas cargas de la turbina así como distintas temperaturas para realizar los cálculos teniendo en cuenta el derrateo.
- **Unidades:** permite elegir el número de unidades instaladas
- **Pérdidas admisión**
- **Pérdidas escape**
- **Potencia generada:** calculada a partir de los parámetros arriba descritos.



E.1.2.35. TURBINA DE VAPOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión principal de este sistema es recuperar el calor contenido en un flujo de vapor (proveniente del sistema generador de vapor) y transformarlo en potencia mecánica o eléctrica.

BASES DE FUNCIONAMIENTO

Las Turbinas de vapor están compuestas por etapas consecutivas de álabes que son impulsados por el vapor para conseguir un movimiento rotatorio. En función del número de etapas (o rodetes) de la turbina, se clasifican en:

- Turbinas monoetapa (un rodete)
- Turbinas multietapa (dos o más rodetes)

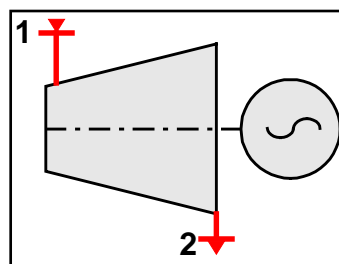
Según la presión final del vapor las turbinas se clasifican en:

- Turbinas contrapresión ($P_{\text{final}}=3-10 \text{ bar-a}$)
- Turbinas condensación ($P_{\text{final}}=0,1-0,15 \text{ bar-a}$)

La presión final del vapor condiciona la potencia que se puede extraer de éste, puesto que fija el salto entálpico ideal máximo.

ENTRADAS Y SALIDAS

- Entrada de vapor
- Salida de vapor



PROPIEDADES

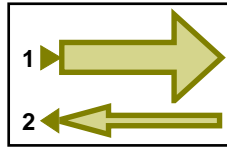
- **Caudal máximo:** limitación de caudal máximo de vapor que puede ser expandido en la turbina.
- **Contrapresión:** presión a la que se extrae el vapor de la turbina.
- **Potencia eléctrica**
- **Potencia mecánica**
- **Rendimiento electromecánico:** en caso de no disponer de datos se toma el valor de $\eta_{em}=0,96$.
- **Rendimiento isoentrópico:** en general es del orden del 70% para la turbinas monoetapa y hasta el 80% si la turbina es de más de 5 MWe.



E.1.2.36. USO DE ACEITE TÉRMICO

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de aceite térmico
2. Retorno de aceite térmico



PROPIEDADES

- **Caudal**
- **Entalpía:** es el resultado del cálculo de la diferencia de entalpías correspondientes a la ida y al retorno de aceite térmico.
- **Presión:** de servicio del aceite térmico.
- **Temperatura ida**
- **Temperatura retorno**



E.1.2.37. USO DE AGUA CALIENTE

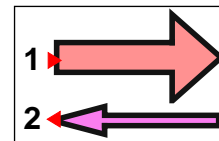
BASES DE FUNCIONAMIENTO

Este equipo, a diferencia del uso de aceite térmico y los otros usos precedentes, tiene una base de funcionamiento diferente a éstos. Este equipo tiene dos modos de funcionamiento, que se determinan por la propiedad 'Water Flow Fixed'. En caso que este icono esté en modo **Sí**, el equipo informa a los equipos con los que se conecta de su presión de trabajo, la pérdida de carga, la potencia extraída al flujo de agua caliente que circula por él y el caudal de agua caliente. En modo **No**, el equipo solamente decide la potencia extraída al flujo de agua caliente y la pérdida de carga.

En los ciclos tipos están incluidos todos los casos posibles donde sea necesario el uso de este equipo, en concreto son seis casos, que se combinan con las diferentes configuraciones posibles entre motores, turbinas de gas y máquinas de refrigeración.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua caliente
2. Retorno de agua caliente



PROPIEDADES

- **Calor útil de diseño:** es el calor extraído al flujo de agua caliente que circula por el equipo. Este calor lo decide el usuario.
- **Water Flow Fixed:** es el icono que decide que modo de cálculo vamos a utilizar, en caso **Sí** el equipo impone una serie de datos explicados anteriormente, en caso **No** solamente los propios del equipo.
- **Presión de trabajo:** solamente es escogida por el usuario en modo **Sí**, fija la presión de entrada del equipo.
- **Pérdida de carga:** es la diferencia de presiones entre la entrada y salida del equipo, siempre es escogido por el usuario.
- **Caudal:** es el caudal de agua caliente que circula por el equipo. Este caudal es de libre elección para el usuario en caso que el modo **Sí**.



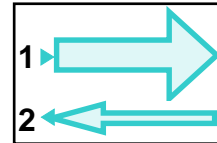
- **Temperatura de entrada:** esta variable es siempre de lectura, viene determinada por el equipo que precede a este.
- **Temperatura de salida:** es también una variable solamente de lectura, está fijada en función del caudal de agua caliente, su extracción de calor y la temperatura de entrada.



E.1.2.38. USO DE FRÍO

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Ida de agua fría.
2. Retorno de agua fría.



PROPIEDADES

- **COP a efectos de REE:** el COP (*coefficient of performance*), se define como ratio de kWh de frío generado por kWh eléctrico o térmico consumido.

Este parámetro no tiene efectos sobre el cálculo del uso de frío, pero sí sobre el cálculo del REE global de la planta.

Existen dos métodos de cálculo del REE según la región donde se encuentra la planta:

- Considerando directamente el frío demandado. En tal caso el COP a aplicar sería del 100% para hallar el calor equivalente a contabilizar en el REE.
- Considerando el calor necesario para generar frío demandado. En el caso del COP a aplicar será el real de la máquina de absorción.

CIRCUITO DE AGUA FRÍA

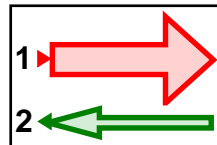
El agua fría circula de la máquina de absorción al uso de frío, que representa la demanda de frío de proceso. Para permitir dicha circulación es necesario bombear dicha agua y por ello se debe ubicar una bomba, normalmente en la línea de ida de agua fría.



E.1.2.39. USO DE VAPOR

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de vapor
2. Retorno de condensados



PROPIEDADES

- **Calor útil:** es el resultado del cálculo del calor que recibe el usuario a partir de los datos de caudal y temperaturas de vapor y de retorno de condensados.
- **Caudal a usuario:** esta propiedad, al igual que el resto de condiciones del vapor que demanda el usuario deben introducirse en la pantalla de propiedades del uso de vapor que aparece al seleccionar dicho equipo. Una vez introducidos, se debe calcular y a continuación aceptar los resultados obtenidos.
- **Porcentaje de retorno de condensados:** es el porcentaje de agua condensada que retorna de la demanda de vapor del usuario, tras recorrer todo el proceso que determina su demanda.
- **Presión:** esta propiedad debe informarse desde la pantalla de propiedades de este equipo, como ya se ha comentado en la propiedad de caudal de usuario.
- **Temperatura del vapor a usuario:** esta propiedad debe informarse desde la pantalla de propiedades de este equipo, como ya se ha comentado en la propiedad de caudal de usuario.
- **Temperatura de condensados:** sin esta propiedad informada el sistema no podrá ser calculado. Corresponde a la temperatura a la que retorna el agua tras el recorrido del vapor por el proceso que determina dicha demanda de vapor.



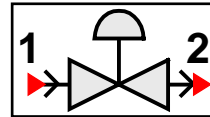
E.1.2.40. VÁLVULA DE REGULACIÓN

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es la de regular el caudal de vapor que pasa por una línea.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de vapor
2. Salida de vapor



PROPIEDADES

- **Caudal Máximo:** es el caudal máximo que permitido por la válvula
- **Pérdida de carga:** en bar-a, introducida por la válvula.



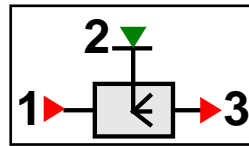
E.1.2.41. VÁLVULA ATEMPERADORA DE VAPOR

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es disminuir la temperatura del vapor sobrecalentado de entrada hasta el valor deseado en la salida del sistema.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de vapor a atemperar
2. Entrada de agua atemperadora
3. Salida de vapor atemperado



PROPIEDADES

- **Temperatura de salida:** es la temperatura a la que se desea atemperar el vapor
- **Vapor saturado:** esta propiedad deberá tener el valor "SI" en caso que se desee atemperar el vapor hasta la temperatura de saturación a la presión que se encuentra. Y deberá tener el valor "NO" si la temperatura deseada es distinta a la de saturación.



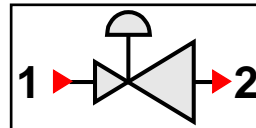
E.1.2.42. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

FUNCIÓN PRINCIPAL

La misión de este sistema es disminuir la presión de un flujo de vapor sobrecalentado hasta el valor deseado en la salida del sistema.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de vapor
2. Salida de vapor



PROPIEDADES

- **Presión de salida:** es la presión a la que se desea tener el vapor a la salida de la válvula reductora.



E.1.2.43. VAPORIZER

FUNCIÓN PRINCIPAL

El vaporizer es una variación del economizador, la función que cumplen los dos equipos es la misma: rebajar la temperatura de salida de los humos y por lo tanto recuperar de éstos una cantidad de calor que suele representar un porcentaje importante en el calor recuperado total. Pero se diferencian en que el economizador solamente aumenta la temperatura del caudal de agua, y el vaporizador utiliza el calor intercambiado para vaporizar el caudal de agua del lado agua. Y concretamente transforma en vapor una séptima parte del caudal de agua que pasa por él. La temperatura del proceso lado agua vendrá determinada por la presión trabajo, y será su temperatura de saturación.

Este equipo, igual que el economizador, rebaja la temperatura de humos hasta la temperatura de saturación correspondiente a la presión de trabajo más el *pinch* del vaporizer.

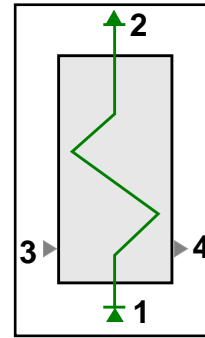
En generadores de vapor convencionales, en los que la temperatura de llama puede estar entorno a 1.800-2.000 °C, recuperar el calor de los humos hasta esta temperatura es suficiente para obtener un rendimiento aceptable del 85 al 88 %. Sin embargo, en los generadores de vapor de recuperación, la temperatura de foco de calor (gases de escape) es como máximo del orden de unos 550 °C, por lo que la proporción de calor que se recupera será menor. En este caso, rebajar la temperatura de los humos a 200 °C (caso de generación a 10 bar-a saturado –180°C- con pinch de evaporador de 20°C) o a 150°C representa un aumento en el calor recuperado del orden de un 15%, que se traducirá directamente en el mismo aumento en el caudal de vapor generado. El efecto de mejora del rendimiento es más importante cuanto menor sea la temperatura de entrada de los gases a la caldera.

Este equipo se combina con el generador de vapor convencional, que actúa de caldera convencional con la diferencia que ésta tiene entrada para el vaporizador y permite que la caldera genere vapor sin necesidad de quemar gas.



ENTRADAS Y SALIDAS

1. Entrada de agua
2. Salida de agua
3. Entrada de gases calientes
4. Salida de gases calientes



PROPIEDADES

PROPIEDADES DE DISEÑO (pestaña de diseño):

- **Guardar Diseño:** esta propiedad fija los valores del diseño una vez el economizador ha sido diseñado. Si su valor es "Sí", cualquier cálculo posterior se realizará en situación de operación, sin variar el diseño del equipo.
- **Conductancia (KS_{ec}):** el cálculo de esta propiedad refleja la propiedad física de la superficie de intercambio y se calcula con la siguiente fórmula:

$$KS = \frac{Q}{dtlm}$$

siendo Q el calor recuperado y dtlm la diferencia de temperaturas logarítmica media.

A partir del valor de la conductancia se calcula el valor del Factor de Transmisión, que se define como el parámetro invariante del cálculo. Una vez el equipo ha sido diseñado este parámetro se mantiene constante en todos los cálculos.

- **DTLM:** diferencia de temperaturas logarítmica media:

$$dtlm = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln \frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}}$$

- **Calor recuperado diseño:** es un resultado del cálculo de diseño del equipo.
- **Pérdidas:** porcentaje de calor perdido al no conseguir un intercambio de calor ideal.



- **Pinch:** diferencia entre la temperatura de salida de los gases calientes y la temperatura de entrada del agua.
- **Steaming Design:** se llama así al fenómeno deseado de evaporación del agua en el interior de los tubos del vaporizador.
- **Pérdida de carga de diseño lado agua:** caída de presión de diseño, a partir de este valor y con las condiciones de diseño, se calculan unos parámetros que se mantienen constantes en diferentes condiciones de carga, utilizándose para calcular la pérdida de carga en otras condiciones de uso.
- **Pérdida de carga de diseño lado gases:** tiene el mismo significado y sentido que en el caso de el agua.

PROPIEDADES DE OPERACIÓN (pestaña de servicio): estas propiedades son resultado del cálculo del equipo con los datos actuales de las líneas. Una vez diseñado el equipo pueden cambiar algunos datos de entrada o salida del equipo, variando así los resultados de cada cálculo.

- **Conductancia**
- **Calor recuperado**
- **DTLM**
- **Steaming**
- **Pérdida de carga lado agua**
- **Pérdida de carga lado gases**

