



## Sistema Vapor de Agua. Portadores energéticos, Propiedades termodinámicas. Bases y Procesos

### Objetivos:

Introducción.

Fluidos portadores energéticos.

Cambios de estado de los fluidos portadores.

Diagramas termodinámicos del agua y del vapor de agua. (Diagrama de Mollier)

Ciclos de vapor.

### ¿Cuál es el propósito de las informaciones que siguen?

El propósito fundamental de este material es facilitar el empleo de los **Calculadores\_Energéticos** que forman parte del Sistema Vapor de Agua. Los cálculos energéticos se realizan a diario por los Ingenieros que vigilan, controlan y desarrollan los sistemas que consumen energía para su operación y que se encuentran funcionando en el sector industrial, comercial y de los servicios en general en cualquier país de nuestro Planeta. De ahí nuestro propósito en facilitar la tarea de aplicación en este tipo de actividad de supervisión y desarrollo energético, tanto para los sistemas térmicos que generan el calor como los que generan frío, con el fin de multiplicar globalmente las acciones sobre las posibles mejoras de la eficiencia energética y con ello influir en la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero que inductivamente se producen por el empleo de la energía.

### ¿Que son y que proporcionan estos Calculadores\_Energéticos?

Los **Calculadores\_Energéticos** han sido diseñados para facilitar la tarea de procesamiento de datos y de cálculos, brindando la información en cifras. Funcionan como Herramientas de Trabajo de la Ingeniería, en nuestro caso de la Energética. Este tipo de herramienta de trabajo sirve para automatizar las operaciones básicas y auxiliares de cálculo que debe ejecutar el Ingeniero Energético en su tarea diaria de control operacional o de desarrollo e investigación. Estas operaciones por lo general son complejas, requieren del dominio de especialidades, tecnologías, procedimientos, lógica de acción y experiencia práctica en su aplicación. Este conocimiento y experiencia requerido en ocasiones es olvidado cuando no se aplica constantemente y en el momento que se necesita utilizarlo, nos vemos obligados a repararlo, volver a buscar la información de partida, estudiarla, ejercitarla y al final, realizar la aplicación real. Pues los **Calculadores\_Energéticos** nos solucionan esos problemas y otros más, ellos implícitamente tienen programado el procedimiento y el conocimiento necesario, su funcionamiento ha sido probado en la práctica, realizan los cálculos por nosotros, que por lo general son engorrosos, reducen las posibilidades de error que son muy frecuentes en este tipo de tarea, nos reportan los indicadores representativos del proceso real que está ocurriendo, nos aseguran la estandarización, nos ahorran considerable tiempo y finalmente nos facilitan la tarea de control, de diseño o de desarrollo que se esté realizando.

Cuando se habla de los calculadores diseñados para el sistema Vapor de Agua nos referimos al conjunto de informaciones técnicas y procesadores de cálculo que tienen la finalidad de informarnos el por qué y cómo hacerlo, de facilitarnos la información básica de partida y los procedimientos tecnológicos a aplicar, automatizarnos las complejas operaciones a realizar y reportarnos los indicadores representativos del comportamiento energético, o de la información auxiliar que se necesita. Esta información reportada forma parte de los elementos primarios que emplea el Ingeniero Energético para la toma de decisiones y la aplicación de soluciones eficientes.

Los **Calculadores\_Energéticos** programados para el Sistema Vapor de Agua han sido diseñados para las soluciones siguientes:

- Imprimir las propiedades termodinámicas del fluido portador vapor de agua para diferentes condiciones de temperatura y presión, tanto en la fase saturada como en la recalentada.
- Calcular e imprimir el poder calórico de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, partiendo de la composición química. Ofrecen la solución diferenciada según el estado físico del combustible.
- Calculan e imprimen los parámetros de la combustión para los combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos, incluyendo la temperatura de llama y su relación con:
  - la temperatura que alcanzan los humos en la chimenea.
  - la presencia de inquemados y de hidrocarburos que no combustionaron en los humos.
 Relaciona las variables y reporta indicadores de eficiencia.
- Procesan y muestran el resultado de las principales pérdidas energéticas por humos, por superficies calientes, por extracciones o purgas.
- Relaciona las pérdidas reportadas con la energía de entrada y muestra los indicadores de eficiencia de la combustión y de las pérdidas en general, que pueden ser originadas en un generador de vapor o caldera, en un horno de calentamiento o de fusión de metales y hasta en un ciclo de vapor (Rankine) donde se realice un trabajo mecánico.

Estos **Calculadores\_Energéticos** también son útiles en el monitoreo y diagnóstico energético. Posibilita en tiempo real vigilar constantemente el sistema. El interesado (operador - técnico - especialista) toma la información primaria al pie del equipo y la registra en los formularios respectivos. Analiza los resultados, las tendencias y predice como corregir la marcha de la operación.

## ¿Qué utilidad tiene conocer y utilizar las propiedades del vapor de agua?

Conociendo las propiedades del vapor de agua en los distintos puntos característicos de un proceso energético, así como el procedimiento que se debe ejecutar para obtener determinados indicadores técnicos, unido a otros parámetros que caracterizan la combustión y las pérdidas de energía, se puede evaluar la eficiencia de operación del sistema Vapor de Agua y tomar acciones para mejorar el uso de la energía.

En todos los procesos industriales donde se genere vapor de agua se requiere controlar los consumos energéticos y para ello hay que contabilizar y optimizar los procesos de generación y transformación energéticas. Infinidad de operaciones industriales requieren primero conocer los parámetros termodinámicos del vapor de agua, para poderlas introducir, reparar o modificar de forma competitiva y eficiente. Se nombran algunas de ellas:

El intercambio de calor, calentamiento, precalentamiento, fusión.

La transportación del vapor, del condensado. Bombeos y compresión.

La condensación, recolección del condensado, transportación, eliminación de líquido dentro de las líneas (trampas de vapor), revaporización, etc.

El aislamiento térmico económico y eficiente.

La evaporación de líquidos

La destilación, lixiviación, evaporación, y

Otras más

De ahí que poder contar con un sistema semiautomatizado, de fácil acceso, donde introduciendo los parámetros de operación tomados en un punto del sistema energético se genere la respuesta con las variables de estado para el vapor de agua, es una herramienta práctica, base obligada para ejecutar aplicaciones generalizadas, requerida para efectuar los cálculos termoenergéticos y poder llevar adelante soluciones de una manera precisa y eficiente.

Se han preparado varios documentos con la información teórica que se requiere para entender los procesamientos de cálculos anteriores y como proceder con la información que reportan los **Calculadores\_Energéticos**. En cada página se irán exponiendo los conocimientos que se necesitan dominar para poder utilizar los procesadores así como se hace referencia a varios artículos en formato pdf. Por supuesto, esta información pueden ser descargada libremente desde nuestro servidor. El conjunto formará parte de una biblioteca online, interactiva, cuya información, conocimientos que transmite y procesamiento automatizado, facilitará a cualquier interesado actuar sobre la marcha y rectificar el rumbo de la operación de los sistemas que emplean el vapor de agua como portador energético.

Los conocimientos y procedimientos que se expondrán en este artículo, que a su vez se componen de varias páginas, suponen que el interesado ha realizado estudios anteriores sobre la materia, está familiarizado con la terminología y la lógica de aplicación.

### Repaso de los conceptos básicos termodinámicos.

Se repararán las operaciones básicas de cálculo termodinámico que se encuentran en el proceso de contabilización de las entradas, salidas y pérdidas de energía. Se comenzará este recuento por el ciclo termodinámico Rankine, empleado para convertir el calor en trabajo mecánico, eléctrico o de otra índole.

Los movimientos de energía que se irán contabilizando e irán formando parte de las cifras del balance energético. En estos capítulos se tratarán las principales fuentes de pérdidas en el generador de vapor, como son las pérdidas en humos, las pérdidas por combustión, las pérdidas en superficies y las pérdidas en purgas (extracción continua y de fondo). También se hará un balance energético en la máquina de expansión, basándonos en el ciclo Rankine.

Abarcará el recuento, una breve descripción de los conceptos de mayor importancia sobre los fluidos portadores energéticos, las formas de transportar energía y sus propiedades termodinámicas. Igualmente, se ejercitará la operación de calentamiento y producción de vapor de agua en el generador de vapor.

### Materiales informativos.

#### Fluidos portadores energéticos.

Iniciaremos este recorrido por el mundo del calor, recordando que es un fluido térmico:

Para transmitir energía entre puntos distantes se emplean conductores y portadores energéticos. Si el portador energético es la electricidad, el transporte entre dos puntos se realiza mediante conductores de cobre o aluminio generalmente. Si la energía se encuentra en forma de calor, es común que se transporte mediante la utilización de fluidos portadores energéticos a través de tuberías aisladas térmicamente. Este es el caso del Vapor de Agua.

Conocemos que el calor se genera de una fuente primaria mediante el proceso de combustión, bien sea de un combustible fósil o de una fuente llamada limpia como los biocombustibles. También se transforma la energía solar en calor cuando se somete al calentamiento solar los fluidos térmicos. Otra forma de generar energía y convertirla en calor es empleando la fusión atómica. El calor liberado por cualquiera de los procesos anteriores es absorbido por el fluido portador en el equipo tecnológico donde se desarrolla el proceso. Posteriormente el fluido portador es transportado a los puntos de distribución.

En el punto final, el fluido portador cede el calor anteriormente absorbido. Este calor cedido puede convertirse nuevamente en calor en el equipo de utilización, calentando locales u otras sustancias y materiales. También puede transformarse en trabajo útil, como energía mecánica para el bombeo de fluidos líquidos, gaseosos, inclusive para izaje, o movimientos de sólidos. Para los que dominan estos temas termodinámicos y lo han aplicado en su trabajo como técnicos e ingenieros, es conocido que el calor transportado en el fluido portador se convierte en energía mecánica en las turbinas y esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica mediante un generador de inducción magnética acoplado a la turbina, generándose así la electricidad termoeléctrica. La electricidad generada en Plantas Térmicas hoy tiene el mayor peso en el total mundial generado, sea base carbón, coque, base fuel, o base gas natural.

El fluido portador energético más empleado es el agua, por las siguientes razones:

- a) fácil obtención
- b) bajo costo
- c) alto calor específico
- d) alto calor de vaporización
- e) temperatura y estado de utilización controlable, mediante el ajuste de su presión
- f) propiedades físico químicas que facilitan su empleo económico, como que no afecta la salud de las personas, facilidad para procesarla en ciclos térmicos, fácil de transportar en fase líquida y gaseosa, nivel de corrosión controlable, posibilidad de mejorar su calidad mediante tratamientos químico - físicos, y otras más.

El vapor de agua tiene sus inconvenientes. Cuando se piensa en altas temperaturas, más de 200 °C el vapor de agua comienza a aumentar muy rápidamente la presión ante pequeños incrementos de temperatura. A 392 °F (200°C) la presión de vapor saturado es de 225.76 psia (15.36 kg/cm<sup>2</sup>) y a 600 °F (316 °C) se eleva a 1542.90 psia (105 kg/cm<sup>2</sup>). Este comportamiento del vapor hace que los equipos que operan a temperatura mayores a 200 °C tengan un costo elevado, al operar a altas presiones.

Un fluido térmico que opere a presiones bajas y altas temperaturas y que no sufra cambio de estado al enfriarse, tiene sus ventajas pues no requiere de sistemas de condensados ni de trampas de vapor. Las sustancias utilizadas generalmente son líquidos sintéticos, con bajo índice de toxicidad y descomposición térmica.

Conocemos que se emplean otros fluidos portadores energéticos que generalmente presentan cambios de estado en el ciclo termodinámico donde realizarán su trabajo. Ya en nuestra web, en documentos anteriores, se han estudiado otros fluidos portadores. Están publicados varios artículos y calculadores\_energéticos, (ver Información\_Online y Calculadores\_Energéticos) sobre los refrigerantes sintéticos y el amoníaco.

Volvemos al vapor. Para convertir el calor en trabajo, el fluido portador realiza ciclos de operación, donde en una parte del proceso cede la energía que transporta y en otra etapa del ciclo absorbe nuevamente calor para recuperarse y volver al equipo que genera el trabajo.

La absorción o liberación de calor puede realizarse de dos formas: Sin y con cambio de fase.

Sin cambio de fase: La absorción o cesión de calor será en forma de CALOR SENSIBLE. Interviene la temperatura inicial y final del fluido portador.

Con cambio de fase: El calor absorbido y cedido será CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE. El calor latente será el generado por el cambio de fase o de estado.

### Cambios de estado del fluido portador energético.

En el ciclo termodinámico el vapor se comporta de la manera siguiente:

**Proceso sensible:** El agua absorbe calor, desde la temperatura ambiente o la del punto de partida. Al llegar a 100 °C, aparecerá la primera burbuja de vapor. El calor acumulado en este proceso se denomina Calor Sensible. Cuando el agua llega a 100 °C se le denomina líquido saturado.

**Proceso latente:** Si continuamos dando calor al agua saturada, se irá convirtiendo paulatinamente en vapor, hasta llegar a una fase en que toda el agua está en forma de vapor. Si disminuimos un diferencial de temperatura, aparecerá la primera gota de líquido. En ese punto, cuando alcanza el agua la vaporización total, se le denomina estado de vapor saturado. El calor acumulado en este proceso se denomina Calor Latente. El calor total acumulado en este punto será igual a la suma de calor absorbido en el proceso sensible más el correspondiente al proceso latente.

**Proceso de recalentamiento:** Si al vapor saturado le seguimos suministrando calor, se irá enriqueciendo energéticamente, habrá una mayor movilidad de sus moléculas, velocidad y choques entre ellas, alcanzando el estado gaseoso. El calor que al final contendrá el vapor recalentado se corresponderá con la suma de los dos procesos anteriores más el calor absorbido durante el recalentamiento. El contenido energético es tal que aunque disminuyamos un diferencial de temperatura, no existirá posibilidades que se forme gotas de líquido, encontrándose el vapor totalmente seco.

Seguidamente se muestra en cifras y se compara el contenido energético del agua en cada uno de los procesos anteriores. Para ello calentaremos la unidad de masa (1 lb o 1 kg) mediante un proceso de calor sensible, latente y recalentado.

1 lb de agua contenida en un recipiente cuya presión permanecerá constante a 140 lb/plg<sup>2</sup> abs en las dos primeras etapas y posteriormente aumentará, en función del calor suministrado hasta alcanzar 180 lb/plg<sup>2</sup> abs y 460 °F.

- a) El agua inicialmente se encuentra a una temperatura de 32 °F y presión de 140 lb/plg<sup>2</sup>. La entalpía del agua líquida bajo esas condiciones es de 0 BTU/lb, por definición.

- b) Se suministra calor al recipiente anterior y el agua irá aumentando su energía interna, transcurriendo el proceso sensible.
- c) Aparecerá la primera burbuja de vapor a una temperatura de 353.02 °F y concluirá la etapa de absorción por calor sensible. Al final del proceso, el calor que ha absorbido por la lb de agua es igual 324.8 Btu/lb, dato tomado de las Tablas de propiedades termodinámicas del vapor de agua publicadas por Joseph H. Keenan
- d) Comenzará progresivamente el agua líquida a cambiar de fase. Aparecerá la fase vapor, la que se irá enriqueciendo en la medida que el agua sigue aumentando su energía interna. Hasta que toda el agua líquida se convierta en vapor, habrá un equilibrio de fases, entre la líquida y el vapor. Este proceso sucederá a presión y temperatura constante. (la presión de 140 psia y la temperatura de 353.02 °F) y se conoce como proceso latente. Cuando toda el agua líquida se ha transformado en vapor, que denominamos saturado, concluirá el proceso de absorción de calor latente. El calor que ha absorbido la lb de agua para cambiar de fase es igual a la diferencia de entalpía o contenido energético, entre el punto donde empezó y donde terminó la absorción de calor latente. Para las condiciones fijadas de presión absoluta, la entalpía del vapor saturado es de 1192.4 Btu/lb y la diferencia respecto a la del líquido saturado antes de aparecer la primera burbuja de vapor, es igual al calor latente. (1192.4 - 324.8 = 867.7) Btu/lb
- d) Si seguimos suministrando calor al vapor saturado lo convertiremos en vapor recalentado. En este proceso aumentarán tanto la temperatura como la presión absoluta del vapor, sobre los valores anteriores de saturación hasta alcanzar el valor del punto final del proceso. Bajo las condiciones de 180 lb/plg<sup>2</sup> abs y 460 °F, la entalpía del vapor recalentado es de 1248.3 btu/lb.

Restando desde el punto final alcanzado por el vapor recalentado, los incrementos que se han producido en cada proceso, desde el punto de partida como agua líquida a 32 °F, se puede comparar las cifras y conocer las diferencias del comportamiento del vapor de agua en la medida que va absorbiendo energía y cambiando de fase.

Ganancia de calor sensible = 324.8 Btu/lb

Ganancia por calor latente = 867.7 Btu/lb

Ganancia por recalentamiento = 55.9 Btu/lb

Se muestra claramente como el calor latente es 2.7 veces superior a su calor sensible y también superior al calor absorbido por el recalentamiento. Una buena cualidad del fluido portador energético agua, es que tiene un calor latente comparativamente alto con respecto a otros fluidos, por lo que se requiere una menor cantidad de masa a transportar para realizar igual trabajo energético.

En la medida que se desarrolla el proceso inverso, de enfriamiento y el vapor vuelve al estado original o va disminuyendo su temperatura y presión, el vapor va cediendo al medio exterior el calor que había ganado. Si este calor que entrega el vapor al disminuir su temperatura y presión es controlado a través de equipos de intercambio calórico, para su utilización práctica en el calentamiento de materiales, alimentos, aire o procesos que necesiten la energía térmica, estaremos empleando el vapor como un fluido térmico que transporta la energía calórica y la cede bajo un control determinado.

#### Diagramas termodinámicos del agua y del vapor de agua. (Diagrama de Mollier)

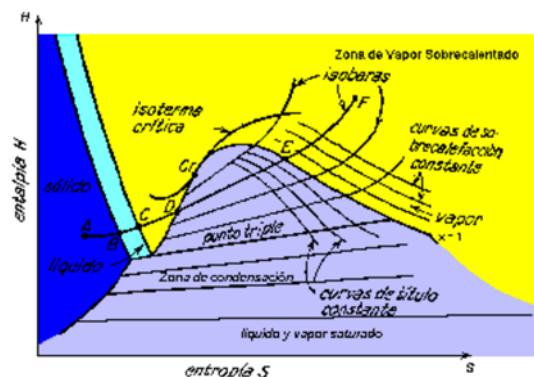
Nota: Para la explicación sobre el Diagrama de Mollier nos hemos apoyado en la información y gráficos demostrativos tomados de la web [http://www.cec.uchile.cl/reproduciendo\\_aqui\\_un\\_resumen\\_de\\_la\\_misma](http://www.cec.uchile.cl/reproduciendo_aqui_un_resumen_de_la_misma).

Para cada estado energético del Vapor de Agua, existe una correlación de valores de presión, temperatura que se complementan con la calidad del vapor para determinar su contenido energético o entalpía, por lo que podemos evaluar las características energéticas del fluido térmico, en un estado determinado, si conocemos estos parámetros. Existen Tablas o Diagramas donde estos valores están registrados, los que son ampliamente utilizados para realizar los cálculos de la demanda y consumo de vapor. Hay Tablas para el estado de Vapor Saturado, donde la temperatura es suficiente para determinar la entalpía, y para el Vapor Recalentado, donde el contenido energético dependerá tanto de la temperatura como de la presión absoluta. El diagrama de Mollier es la representación gráfica de las curvas formadas por los puntos de coordenadas presión - temperatura que son representativas de las variables de estado de un fluido portador energético, en este caso, vapor de agua. En la siguiente figura se muestra una representación gráfica del Diagrama de Mollier del Vapor de Agua. Al usar los ejes H-S se tiene la enorme ventaja de que es sencillo poder determinar los intercambios de calor y trabajo para casi cualquier evolución. Basta aplicar el primer principio de la termodinámica:

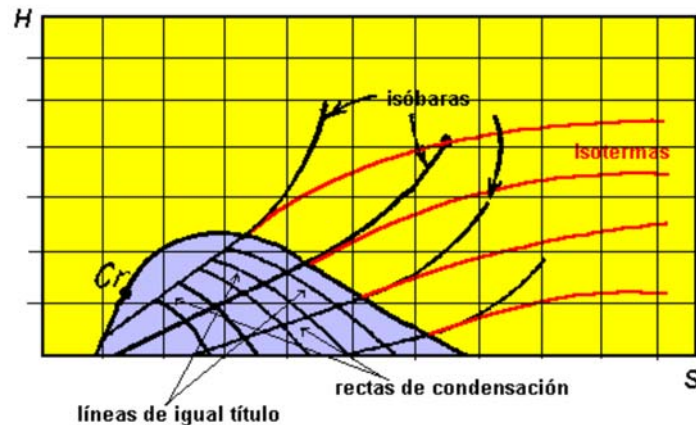
$$\Delta H = \Delta Q - \Delta W_{tec}$$

Si el proceso es adiabático, la variación de entalpía reporta directamente el trabajo realizado.

Si el proceso es ideal, sin pérdidas mecánicas, la entropía es constante y la línea que representa al proceso será vertical.



Dentro de la curva o campana, ocurrirá el proceso de cambio de fase. Se debe tener claro que las isoterms (temperatura constante) y las isóbaras (presión constante) se confunden en una línea única que llamamos rectas de condensación. En el diagrama se lee directamente la presión. Para leer la temperatura es necesario subir por la recta de condensación y leer la temperatura en  $x=1$  (línea de vapor saturado).



Las otras líneas de importancia en esta zona son las líneas de igual título. Definiremos al título  $x$  del vapor como:

$$x = \frac{\text{Masa Vapor saturado}}{\text{(liq. + vap. satur.)}}$$

No olvidar que un líquido está saturado cuando está en equilibrio con su fase vapor. Asimismo el vapor está saturado cuando está en equilibrio con la fase líquida. Por lo tanto el concepto de título representa la fracción de vapor saturado que existe en una masa unitaria de líquido y vapor saturado. El concepto de título no tiene sentido fuera de la campana de cambio de fase.

**Zona de vapor recalentado:** En esta zona se separan las isóbaras de las isotérmicas. Además de la información obvia que se extrae directamente del diagrama (Entalpía y Entropía en un punto), se puede además obtener información adicional. En efecto se puede obtener:

**Calor específico a presión constante:** En la zona de vapor sobrecalentado la pendiente de la isóbara está relacionada con  $C_p$ , en efecto  $C_p = dQ/dT$ ; por lo tanto si uno supone un calentamiento isobárico se tiene que  $dQ = dH$  o bien  $\Delta Q = \Delta H$  para un valor de  $\Delta T$  razonable (por ejemplo 5 a 10°C).

**Calor específico a volumen constante:** Si en el diagrama de Mollier aparecen las isocoras (líneas de volumen específico constante) también es posible obtener los valores de  $C_v$  en diferentes partes de la zona de vapor sobrecalentado usando un método análogo al anterior.

#### Ciclos de vapor.

Son conocidas las Plantas de Generación Eléctrica basadas en el proceso cíclico de la quema de un combustible fósil (en un generador de vapor o caldera) y el transporte de energía (mediante sistemas de tuberías) a través del fluido portador vapor de agua, hasta una máquina de expansión (turbina). En esta máquina el vapor cede su energía y se transforma en trabajo.

El agua líquida que se convertirá en vapor es previamente tratada, precalentada, comprimida y transportada dentro del domo del generador de vapor. El agua circula por dentro de los tubos del generador o caldera que están colocados en las paredes que rodean el hogar donde se desarrolla la combustión. El proceso de combustión tiene lugar en el quemador, cuya tarea es la de mezclar lo mejor posible el combustible con el oxígeno contenido en el aire. Por eso la combustión se desarrolla cuando está presente un volumen mínimo de aire. En la medida que el mezclado y la proporción del aire es cercana a la requerida técnicamente, la combustión se hace más eficiente.

La circulación del agua dentro del generador de vapor puede ser natural (por diferencia de densidades), o forzada, en función de la productividad del generador. Así el agua absorbe el calor generado en el proceso de combustión, de diferentes maneras: principalmente por convección, al hacer contacto los productos de la combustión que se generan a altas temperaturas con la superficie exterior de los tubos de agua y por la radiación calórica emitida por la energía de la llama. Finalmente el agua se vaporiza, genera vapor saturado, el que posteriormente también puede ser recalentado. Al pasar al estado gaseoso, el agua ha cambiado su fase de líquido a vapor.

El vapor recalentado es conducido a la máquina térmica, donde se inyecta y se expande, haciendo rotar los álabes de la turbina, o moviendo los pistones de una maquinaria reciprocante. Estos equipos pueden estar acoplados a un generador eléctrico. En un ciclo cerrado, que es el generalizado, el vapor expandido, que ya ha cedido gran parte de la energía que transportaba, agotado, se condensa y se enfría, pasando nuevamente a la fase líquida. El agua líquida es nuevamente pretratada, precalentada, comprimida y transportada al generador de vapor, completándose el ciclo termodinámico. Así un proceso de combustión externa, desarrollado y controlado en un generador de vapor, calienta el fluido energético vapor de agua, que absorbe y transporta energía a una máquina térmica donde cede energía y ésta se transforma en trabajo mecánico que a su vez se transforma en energía eléctrica o cualquier otro tipo de trabajo útil, condensándose el vapor agotado y retornando nuevamente el agua al punto inicial del ciclo.

Existen varias combinaciones o ciclos térmicos, pero todos tienen en común que la absorción de calor del fluido es a presión constante y el portador genera trabajo al ceder calor y expandirse en la máquina térmica. Durante la expansión ocurren diferentes procesos reales

que introducen pérdidas térmicas, por lo que este tipo de proceso se define como irreversible, ya que es obligado por naturaleza coexistir con una pérdida de energía que se cede al ambiente y es irre recuperable.

Los procesos de expansión ideales no toman en cuenta estas pérdidas obligadas y por eso en el proceso de expansión en la máquina térmica, la entropía inicial y final coincide, denominándose expansión isentrópica. En la medida que la diferencia de entropía en la expansión aumente, mayor será la irreversibilidad del proceso y su eficiencia irá descendiendo.

La eficiencia de cualquier de los ciclos térmicos posibles se determina relacionando el trabajo realizado entre el calor cedido.

Para calcular la eficiencia energética de un ciclo determinado, se contabilizan todas las entradas y salidas de energía, despejando aquellas que son pérdidas y las que se han convertido en trabajo. A esta operación se le denomina Balance de Calor o de Energía.

René RD

[www.energianow.com](http://www.energianow.com)

[info@energianow.com](mailto:info@energianow.com)



Sobre el Autor: René Ruano Domínguez tiene más de 30 años de experiencia en actuaciones en sistemas y equipos energéticos, tanto en los que utilizan energía fósil como fuentes renovables. Se inició como operador, posteriormente tecnólogo y Gerente Técnico en la Industria de Conversión y Refinación de los Combustibles. Ha sido fundador y Gerente Técnico de varios Equipos de Ingeniería Energética dirigidos al Proyecto, Montaje y los Servicios Técnicos en los Sistemas de Calor y Frío, abarcando la generación, distribución y uso del vapor y el agua caliente en mediana y pequeñas instalaciones, hasta 10 bar de presión; y en los sistemas de Frío las bajas temperaturas (refrigeración y producción de hielo industrial), medianas temperaturas (conservación) y altas temperaturas (Aire Acondicionado) para instalaciones industriales y comerciales. Ha realizado múltiples actuaciones en proyectos, ejecución y servicios de Ingeniería Energética General.



## Ingeniería Energética General - General Energetic Engineering

Visite nuestro sitio Web [www.energianow.com](http://www.energianow.com) donde podrá consultar otras publicaciones

### Artículos

- +CO2\_Crédito\_Mercado
- +Crédito\_de\_CO2(1)
- +Crédito\_de\_CO2(2)
- +Componentes Sist. PV
- +DemandaTérmica. CR
- +DemandaTérmica. (HC)
- +Efic\_Celdas\_Solares
- +EmisionesCO2-energía 2008
- +Sistema\_ref\_diagnostico.pdf
- +Sist\_refrig\_eficiencia.pdf
- +Capacidad\_calori\_gases.pdf
- +Sist. Calor. Bases.Vap. Agua. Portadores.
- +Sist. Calor. Proceso de combustión.
- +Trayectoria Solar

### Instructivos

- +biodiesel\_instructivo\_resumen.pdf
- +Demanda\_vapor\_instructivo\_resumen.pdf
- +Edificios\_factores\_comunes.pdf
- +Inconsistencia\_de\_l\_Precio\_Energetico\_Resumen.pdf
- +Sistema\_Fotovoltaico\_Actualidad\_Integracion.pdf
- +Sistema\_Fotovoltaico\_Proyecto.pdf
- +SistemaSolarFotovoltaico\_vs\_Sist.SolarTermico.pdf
- +TrayectoriaSolar-Instructivo.pdf

### Buenas prácticas

- +Quemadores
- +Generadores de Vapor
- +Paneles solares

**Unidades, lista de referencias de centros energéticos de primer nivel y artículos de reconocidas fuentes**

### Calculadores\_Energéticos

- Cálculo de emisiones de CO2
- Convertidor Temperatura °C a °F
- Convertidor de temp. y presión - múltiple
- Solución ecuac. 2do grado
- Selector. Energía Mundial
- Tarifa eléctrica. 2a versión
- Trayectoria Solar
- Financiamiento mundial 2009
- Refrigerantes. Tablas PT
- Amoniaco líq. Tablas PT
- Amoniaco saturado. Tablas PT
- Amoniaco recalentado. Tablas PT
- Capacidad calórica de gases.
- Combustión. Aire Combustión
- Combustión. Humos Combustión
- Combustión. Poder Calórico
- Combustión. Temperatura llama
- Vapor Saturado. Tablas PT
- Vapor Recalentado. Tablas PT
- Generadores de Vapor
- Eficiencia Energética Calderas
- Eficiencia Energética Equipos
- Eficiencia Sistema Refrigeración
- Pérdidas en humos
- Pérdidas por purgas
- Pérdidas por superficies
- motor. compresor 1
- compresor gases 2
- compresor redes 3
- Sistema eficiencia refrigeración
- Sistema eficiencia Vapor de Agua
- Sistema eficiencia compresión de gases.

**En EnergíaNow podrá encontrar el dato directo, oportuno y procesado de aquellos sistemas de mayor intensidad e importancia energética. La documentación digitalizada se publica en tres formatos**

### Facilitar la información aplicada e interactiva



- +Propiedades termodinámicas de los portadores energéticos
- +Parámetros de la combustión, emisiones de CO2 de los comb. Fósiles y pérdidas de energía.
- +Trayectoria solar para una localidad y posicionamiento de los capadores
- +Y mucha más información aplicada

Informaciones, artículos, instructivos, procesadores interactivos, noticias de actualidad, nuevas tecnologías, referencias energéticas, documentación digital

**Artículos**—Documentos digitalizados listos para su consulta y puede descargarlos. Todos en LIBRE ACCESO

**Instructivos**—Documentos digitalizados que explican paso a paso como realizar una aplicación práctica energética

**Calculadores\_Energéticos**—Procesadores online, interactivos que facilitan los procedimientos complejos y los hacen accesibles y manejables.