



Sistema Vapor de Agua. Combustión, química del proceso.

Objetivos:

Introducción

Combustión, la química del proceso y las pérdidas que se generan.

Poder calórico, exceso de aire en la combustión y el volumen de los productos de la combustión.

¿Que le ofrecemos de interés en esta página?

Una base teórica para poder emplear los **Calculadores_Energéticos** del Sistema Vapor de Agua que tienen el objetivo de facilitar el cálculo de los parámetros de la combustión. Se exponen aquí los conocimientos y las principales ecuaciones para estimar el poder calórico, el aire teórico y práctico, el exceso de aire y los humos generados de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos partiendo de su composición química. Se repasan los conceptos de combustión, la química del proceso y las pérdidas energéticas que se presentan.

¿Cuál es el propósito que se persigue al publicar este tipo de documentación técnica?

El propósito fundamental de este material es poder calcular los parámetros básicos para medir el comportamiento de la combustión, cuando no se dispone de la información de origen. Entonces, partiendo de la composición química del combustible se pueden estimar los parámetros de combustión. Para el cálculo de estos parámetros se han diseñado varios **calculadores_energéticos** que forman parte de un Sistema de Eficiencia que se ha llamado Sistema Vapor de Agua. Estas herramientas energéticas son capaces de reportarnos como salida los parámetros que caracterizan la eficiencia energética, si previamente se registran en la entrada los datos operacionales que cada proceso de cálculo requiere.

¿Que problemas solucionan los **Calculadores_Energéticos**?

Los **Calculadores_Energéticos** han sido diseñados para facilitar las tareas requeridas al realizar una evaluación energética, tanto de un equipo sencillo como de un sistema completo. Las ventajas de su utilización son diversas:

- Ahorran tiempo al realizar cálculos complejos sin necesidad de refrescar conocimientos ya olvidados.
- Disponen del conjunto de ecuaciones técnicas que se ajustan a la solución de cada proceso de cálculo.
- Han sido programados para cada solución, con el procedimiento de cálculo idóneo y probado.
- Reportan resultados precisos y estandarizados.
- Resuelven la complejidad del empleo de las Tablas termodinámicas y ahorran el tiempo que esa tarea tiene implícito. El calculador automatiza la búsqueda de las variables de estado en función de las condiciones operacionales, de la temperatura y de la presión. A la vez realiza operaciones con ellas e imprime los resultados en cifras y transformados en indicadores, básicos para la toma de decisiones.
- Nos conduce directo al resultado que nos interesa, a los indicadores que miden la marcha del proceso energéticos que se realiza.
- Nos reportan la información precisa para la toma de decisiones, como por ejemplo es el poder seguir de cerca, en tiempo real, el comportamiento energético de un equipo o sistema, al ser herramientas disponibles online y aplicables por todos los que se interesen, desde cualquier lugar de este Planeta.

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. 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.
- Resumen las pérdidas reportadas, las relaciona con la energía de entrada y reporta indicadores de eficiencia de la combustión, del generador de vapor y del ciclo Rankine en su totalidad.

Se han preparado varios artículos 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**. Estos artículos pueden ser descargados 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 energética de los sistemas cuyo portador energético es el vapor de agua.

Base teórica.

Breve resumen teórico, base necesaria para saber emplear y aprovechar los Calculadores_Energéticos

La eficiencia energética del Ciclo Rankine incluye contabilizar los procesos que ocurren en el Generador de Vapor, así como en otros componentes del sistema que fuerzan la circulación de los fluidos térmicos agua, vapor y el combustible que se quema. Entre esas pérdidas se tomarán en cuenta las de mayor peso en la estructura energética del ciclo:

- Las pérdidas del proceso de la combustión, fundamentalmente, el calor que se escapa a la atmósfera en los productos de la combustión.
- Pérdidas por superficies,
- Pérdidas por purgas o extracciones.

Las pérdidas en la combustión, están en función del exceso del aire que se inyecta al quemador para que la combustión se realice completamente. En nuestro procedimiento de cálculo incluiremos dos tipos de soluciones o variantes y se mostrará como estas influyen en la eficiencia de la combustión:

- El efecto del precalentamiento de aire de la combustión
- El efecto sobre la eficiencia de la combustión que causaría si en vez de alimentar aire atmosférico (21 % de O₂ y 79 % de N₂), lo enriquecemos con una inyección de oxígeno puro.

La composición química de los humos evidencia si el proceso ha sido realizado con eficiencia, por ello es un punto en la Planta de constante control.

La temperatura de escape de los gases es otro parámetro que también influye fuertemente en el resultado del balance de pérdidas.

Como las superficies exteriores de los equipos donde se genera el calor aumentan su temperatura exterior, radian calor y lo transfieren por convección al medioambiente circundante. En la medida que los valores superficiales de temperatura sean mayores, mayores serán las pérdidas de calor.

Finalmente, para mantener la calidad del agua que se convertirá en vapor, puesto que el agua de alimentación eleva sensiblemente su concentración salina al evaporarse, se emplean las purgas o extracciones del agua dentro del domo de la caldera. Las extracciones reducen el nivel de concentración salina en el agua que está en proceso de evaporación.

Las mejoras en la calidad del agua y del vapor determinan en la reducción de las espumas que se generan en el domo de la caldera durante la ebullición turbulenta. Esta espumas influyen en el arrastre de sales que junto con el vapor se transportan dentro del sistema. Los arrastres producen deposiciones de sales dentro de las conductos, de las paletas de turbina y otros puntos de importancia. Las incrustaciones son resistencias térmicas a la transferencia de calor desde y hacia las superficies conductoras, resistencias al flujo del vapor que aumentan la caída de presión y favorecen las pérdidas de energía térmica. El vapor tiene que vencer mayor resistencia para transportarse o para convertir su energía potencial y cinética en energía mecánica, al accionar los álabes de la turbina.

Contabilizando diferenciadamente las pérdidas anteriores y conociendo la cantidad de energía que se produce durante la combustión, en igual periodo de tiempo, estaremos calculando:

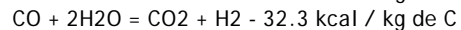
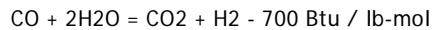
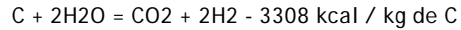
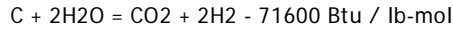
- la eficiencia de generación de calor durante el proceso de la combustión, si consideramos las pérdidas en humos por temperatura y por quemados.
- la eficiencia del Generador de Vapor, si incluimos todos los tipos de pérdidas anteriores, además de las pérdidas por combustión, las pérdidas superficiales en el generador de vapor, las pérdidas por extracciones de fondo, más la continua y otras pérdidas generales.

Determinaremos la componente otras pérdidas, calculando la diferencia que existe entre el vapor generado y el combustible quemado en el Generador de Vapor, en igual periodo.

Combustión, la química del proceso y las pérdidas que se generan.

Se da por hecho que se tienen una idea del proceso de combustión, de las reacciones que tienen lugar y que conocemos que si solamente suministramos al combustible al quemarlo, el aire que teóricamente resulte de un balance estequiométrico, en la vida práctica la combustión no se realiza completamente. Si se quiere quemar totalmente los componentes del combustible, se necesita un exceso de aire. Pero si aflojamos el control y damos mucho más aire que el exceso de aire imprescindible para una combustión total, se estará enfriando la combustión a expensa de calentar aire que no tiene ningún papel útil que jugar en la conversión de la energía en trabajo. Por lo que hay que afilar bien la punta del lápiz y a la vez mantener un control constante de cuál es el resultado de este tipo de proceso. Un resumen de las expresiones que rigen la química del proceso de combustión y el calor de reacción que se genera, se muestra a continuación:

Calor de reacción en Btu/lb-mol	Calor de reacción en kcal/kg
$C + O_2 = CO_2 + 174600 \text{ Btu / lb-mol}$	$C + O_2 = CO_2 + 8066 \text{ kcal / kg de C}$
$C + CO_2 = 2CO - 70200 \text{ Btu / lb-mol}$	$C + CO_2 = 2CO - 32244 \text{ kcal / kg de C}$
$2C + O_2 = 2CO + 104400 \text{ Btu / lb-mol}$	$2C + O_2 = 2CO + 4824 \text{ kcal / kg de C}$
$2CO + O_2 = "CO_2 + 244800 \text{ Btu / lb-mol}$	$2CO + O_2 = CO_2 + 11310 \text{ kcal / kg de C}$
$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 244600 \text{ Btu / lb-mol}$	$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 33900 \text{ kcal / kg de H}$
$C + H_2O = CO + H_2 - 70900 \text{ Btu / lb-mol}$	$C + H_2O = CO + H_2 - 3276 \text{ kcal / kg de C}$



Para llevar Btu/lb-mol a kcal/kg multiplicar por 0.0462 . Veamos:

$$1 \text{ Btu / lb-mol} \times 0.252 \text{ kcal / Btu} \times 1 \text{ lb-mol / 12lb} = 0.021 \text{ kcal / lb}$$

$$0.021 \text{ kcal / lb} \times 2.2 \text{ lb/kg} = 0.0462 \text{ kcal / kg}$$

Tomado de: Fuels an their Combustion Haslam and Russell. Cap. 3

El exceso de aire se determina comparando el aire teórico con el que realmente se le suministra al quemador.

$$n_c = \frac{\text{aire real}}{\text{aire teorico}}$$

n_c se expresa en porciento. Así, si el aire real es 1.2 veces el teórico, n_c es igual al 20 %. Como la composición química del aire es 21 % de O_2 y 79 % de N_2 para un volumen del 100 % de aire, por cada parte en volumen de O_2 que interviene, estaremos empleando $100/21 = 4.76$ partes de aire. Observemos las cifras. Cuando se inyectan 21 litros de Oxígeno en vol. en el quemador, estamos adicionando a la vez 79 litros de Nitrógeno por cada 100 litros de aire. El oxígeno reaccionará con el combustible, pero en Nitrógeno es un gas inerte, no realiza ninguna función útil, todo lo contrario, resta energía al proceso de combustión. Por lo tanto estamos ante un proceso que nos obliga a tener un exceso de oxígeno para quemar totalmente el combustible pero no se puede sobrepasar la cantidad requerida, pues estaríamos adicionando innecesariamente gases inertes, que favorecen las pérdidas de calor.

Cada tipo de combustible, según su composición, requiere una cantidad de aire teórico (A_o) en la combustión y genera un volumen de gases productos de la combustión (V_f), también diferente. No es igual la cantidad de A_o que necesita una unidad de masa de combustible sólido, que la unidad de líquido y que la del gaseoso. Para realizar los cálculos de estos parámetros de la combustión se parte del Valor Calórico (PC) de los combustibles.

Cuando no se dispone del dato de Poder Calórico, hay que proceder a estimarlo. Mediante la fórmula de Dulong's basada en la composición química expresada en fracción en peso, se puede proceder al cálculo del Poder Calórico para los combustibles sólidos con una buena aproximación, entre el 1 y el 5%. En el caso de los combustibles líquidos, la aplicación de la fórmula reporta un porciento de aproximación de hasta el 8 %. Para los combustibles gaseosos se calculará el Poder Calórico partiendo de la fracción en volumen de los componentes gaseosos que son combustibles y de sus respectivos poderes calóricos. Como se apreciará el procedimiento de cálculo difiere según sea un combustible sólido, líquido o gaseoso. Los poderes calóricos se reportan en las siguientes bases o referencias:

El Poder Calórico superior (bruto)

- a) base seca PCS(seco): Cantidad de calor generado de la combustión completa de la unidad de combustible seco. Se considera que el hidrógeno ha sido quemado y ha formado agua y el agua formada ha sido condensada. (sól. y líq. Btu/lb y gases Btu/pie³N). El poder calórico incluye el calor de condensación del agua.
- b) base húmeda PCS(húmedo). Cantidad de calor de la combustión completa de la unidad de combustible sin desecar y considerando que el agua formada ha sido condensada. (sól. y líq. Btu/lb y gases Btu/pie³N). El poder calórico incluye el calor de condensación del agua.

El Poder Calórico inferior (neto)

- c) base seca PCI(seco): Cantidad de calor generado de la combustión completa de la unidad de combustible seco, sin agua y considerando que el hidrógeno ha sido quemado y ha formado agua y el agua formada NO ha sido condensada. (sól. y líq. Btu/lb y gases Btu/pie³N). El poder calórico NO incluye el calor de condensación del agua.
- d) base seca PCI(húmedo) (Neto) :Cantidad de calor de la combustión completa de la unidad de combustible sin desecar, considerando que el hidrógeno ha sido quemado y ha formado agua y el agua formada NO ha sido condensada. (sól. y líq. Btu/lb y gases Btu/pie³N). El poder calórico NO incluye el calor de condensación del agua.

Para los combustibles sólidos y líquidos:

La Tabla que sigue muestra las ecuaciones para determinan el Poder Calórico, el Aire teórico y el Volumen de los Productos de la Combustión para los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, partiendo de la composición química y teniendo en cuenta los porcientos de aproximación anteriormente reportados.

Para los sólidos, se aplicará la fórmula de Dulong's. En el caso de los combustibles líquidos se aplicará la expresión que recomienda la referencia (2). En el caso de los gases, las expresiones consideran el cálculo del Poder Calórico del gas a partir de las concentraciones en volumen de los componentes combustibles que integran la muestra, su Poder Calórico y el aporte de cada uno al total

Formulaciones para determinar el Poder Calórico, Aire para la Combustión y Humos.

Poder Calórico, en Btu/lb de combustibles - Combustibles Sólidos (1)

PCS(seco)=	$14544^{\circ}C + 61500(H-O/8) + 4500S$, Btu/lb comb. desecado
PCS(húmedo)=	PCS(seco) (1-M), Btu/lb comb.
PCI(seco)=	$14544^{\circ}C + 61500(H-O/8) + 4500S - 9700H$, Btu/lb comb. desecado

$$PCI(\text{neto}) = PCI(\text{húmedo}) = PCI(\text{seco}) - 1040M, \text{ Btu/lb comb.}$$

(1) Fórmula de Dulong's. Resultado aproximado en sólidos 5% y en combustibles líquidos hasta un 8% Steam. Its Generation and Use. The Babcock & Wilcox Company .

Poder Calórico, en Btu/lb de combustibles - Combustibles líquidos derivados del petróleo (2)

$$PCI(\text{húm}) = 21825 - 526 * (C/H) - 12600 S, \text{ Btu/lb}$$

$$PCI(\text{seco}) = PCI(\text{húm}) - 1040M$$

(2) Técnicas Conservación Energía en la Industria Cap. Combustion, pag 112.

Nota: Otras expresiones empíricas están en función de la densidad API y la relación C/H. Todas son aproximadas.

Poder Calórico Superior e Inferior - Combustibles Gaseosos (3) Vol. a 60°F y 30"Hg

$$PCS(\text{seco}) = 342.5^*H_2 + 340^*CO + 682^*SH_2 + 1068^*CH_4 + 1890^*C_2H_6 + 2732^*C_3H_8 + 3553^*C_4H_{10} + 4247^*C_5H_{12} + 1702^*C_2H_4 + 1581^*C_2H_2 + 3956^*C_6H_6, \text{ Btu/pie}^3\text{N de comb. desecado}$$

$$PCS(\text{húmedo}) = PCS(\text{seco})(1 - H_2O) + 54.2 H_2O, \text{ Btu/pie}^3\text{N de comb.}$$

$$PCI(\text{seco}) = 289^*H_2 + 340^*CO + 628^*SH_2 + 959^*CH_4 + 1727^*C_2H_6 + 2515^*C_3H_8 + 3283^*C_4H_{10} + 3922^*C_5H_{12} + 1594^*C_2H_4 + 1527^*C_2H_2 + 3793^*C_6H_6, \text{ Btu/pie}^3\text{N de comb. desecado}$$

$$PCI(\text{neto}) = PCI(\text{seco}) (1 - H_2O), \text{ Btu/pie}^3\text{N de comb.}$$

(3) Manual Eficiencia Energética térmica en la Industria - CADEM - Grupo Eve. pag. 194 .

Los PC obtenidos se corrigen a 60 °F y 30.00 plg. de Hg.

Conjunto de expresiones para determinar el Aire primario y los humos de combustión

Vol. de aire comb. sólidos y líquidos (Ao)(2)

Aire teórico

$$Mas = 32^*4.34^*(C/12 + H/4 + S/32 - O/32)$$

$$(Aotseco)s-l = 359^*4.76^*(C/12 + H/4 + S/32 - O/32) (Npie3/lb)$$

$$(Aothum)s-l = (Aotseco)s-l + 359/(18^*2.2)^*(Mas^*w)$$

, (Npie3/lb)

donde Mas es masa aire seco, lb/lb y w es la humedad del aire en lb agua/lb aire seco

Aire en exceso

$$n = (O/21 - O)$$

Aire total, considerando el aire en exceso

$$(Aorseco)s-l = Aotseco^*(1+n)$$

$$(Aothum)s-l = Aothum^*(1+n)$$

Volumen de aire comb. gaseoso (Ao) (2)

Aire teórico

$$a = H_2O \text{ lb agua/lb comb.}$$

$$mH_2O = 9H + a + (Mas^*w)$$

$$(Aotseco)g = 2.38^*(CO+H) + 9.53^*CH_4 + 16.68^*C_2H_6 + 23.82^*C_3H_8 + 30.97^*C_4H_{10} + 38.11^*C_5H_{12} + 14.29^*C_2H_4 + 11.91^*C_2H_2 + 35.73^*C_6H_6 - 4.76O, \text{ (pie}^3\text{N/pie}^3\text{N)}$$

$$(Aothum)g = (Aotseco)g + (359/(18^*2.2))^*(a + mH_2O \text{ aire}) / 100$$

Aire en exceso

$$n = (O/21 - O)$$

Aire total, considerando el aire en exceso

humos de comb. sólidos y líquidos (Vf)(3)

humo teórico

M = lb agua/lb comb.

$$(Vfs)sl = 16.05^*(8.89^*C + 21.07^*H + 3.33^*S + 0.8^*N - 2.63^*O), \text{ (Npie}^3\text{/lb)}$$

$$(Vfh)sl = 16.05^*(8.89^*C + 32.27^*H + 3.33^*S + 0.8^*N + 1.24^*M - 2.63^*O) + VH_2Oaire, \text{ (Npie}^3\text{/lb)}$$

humo total, considerando el aire en exceso

$$Vfrs = Vfs + Aotseco^*(n), \text{ (Npie}^3\text{/lb)}$$

$$Vfrh = Vfh + Aothum^*(n), \text{ (Npie}^3\text{/lb)}$$

#CALCULANDO LOS COMPONENTES GENERADOS EN LA COMBUSTION - EXPRESION GENERAL PARA LOS 3 ESTADOS FISICOS

$$VCO_2 = Cfp + CO + CO_2 + CH_4 + 2^*C_2H_6 + 3^*C_3H_8 +$$

4^*C_4H_{10} + 5^*C_5H_{12} + 2^*C_2H_4 + 2^*C_2H_2 + 6^*C_6H_6; MOLES DE CO2 QUE SE FORMARA EN LA COMBUSTION Y SE SUMA EL VOL DE CO2 QUE PUEDE ESTAR PRESENTE EN EL COMBUSTIBLE

$$VH_2O = Hfp + 2^*CH_4 + 3^*C_2H_6 + 4^*C_3H_8 + 5^*C_4H_{10} + 6^*C_5H_{12} +$$

2^*C_2H_4 + 2^*C_2H_2 + 3^*C_6H_6 + Mfp; MOLES DE H2O QUE SE FORMARA EN LA COMBUSTION Y AGREGANDOLE EL AGUA PRESENTE EN EL COMB. ESTA ÚLTIMA SE CONVIERTE EN UNIDADES MOL DE AGUA.

$$VN_2 = 3.76^*Cfp + 3.76^*Sfp + 1.88^*Hfp + 1.88^*CO + 7.53^*CH_4 + 13.18^*C_2H_6 +$$

$$18.82^*C_3H_8 + 24.47^*C_4H_{10} + 30.11^*C_5H_{12} + 11.29^*C_2H_4 + 9.41^*C_2H_2 +$$

28.23^*C_6H_6 + Nfp; MOLES DE NITROGENO QUE SE FORMARA EN LA COMBUSTION. SE AGREGA EL NITROGENO PRESENTE EN EL COMBUSTIBLE.

$$VO_2 = Cfp + Sfp + 0.5^*Hfp + 0.5^*CO + 2^*CH_4 + 3.5^*C_2H_6 + 5^*C_3H_8 + 6.5^*C_4H_{10} + 8^*C_5H_{12} + 3^*C_2H_4 + 2.5^*C_2H_2 + 7.5^*C_6H_6 - Ofp; MOLES DE O2 QUE SE REQUIERE PARA LA COMBUSTION ESTEQUIOMETRICA.$$

VSO2 = Sfp; MOLES DE SO2 QUE SE FORMARÁN EN LA COMBUSTION A EXPENSA DEL AZUFRE EN EL COMBUSTIBLE.

$$Vairets = 4.76^*VO_2;$$

$$Vairers = Vairets^*(1+n);$$

$$VN_2exceso = (0.79^*Vairers) - VN_2;$$

$$VH_2Oaire = wa^*1.6034^*Vairers;$$

$$Vhumos = VCO_2 + VH_2O + VSO_2 + VN_2 + VH_2Oaire + VN_2exceso +$$

Oh; MOLES TOTALES DE HUMOS FORMADOS.

humos para comb. gaseoso (Vf) (2)

humo teórico

H2O es el agua contenida en el combustible

$$Vfh = 2.88^*(CO+H) + CO_2 + N_2 + 10.53^*CH_4 + 18.18^*C_2H_6 +$$

$$25.82^*C_3H_8 + 33.47^*C_4H_{10} + 41.11^*C_5H_{12} + 17.29^*C_2H_4 +$$

$$12.41^*C_2H_2 + 38.23^*C_6H_6 \text{ (Npie}^3\text{/Npie}^3\text{)} + H_2O$$

$$a = H + 2^*CH_4 + 3^*C_2H_6 + 4^*C_3H_8 + 5^*C_4H_{10} + 6^*C_5H_{12} + 2^*C_2H_4 + 2^*C_2H_2 + 3^*C_6H_6$$

agua producida en la combustión

H2O es el agua contenida en el combustible

$$Vfs = Vfh - a - H_2O$$

humo total, considerando el aire en exceso

$$Vfrs = Vfs^*(1+n)$$

$$Vfrh = Vfh^*(1+n)$$

$$(Aorsecog)g=(Aotsecog)g+(1+n) \cdot (pie3N/pie3N)$$

$$(Aorhum)g=(Aothum)g+(1+n) \cdot (pie3N/pie3N)$$

#CALCULANDO LOS COMPONENTES GENERADOS EN LA COMBUSTION -
EXPRESION GENERAL PARA LOS 3 ESTADOS FISICOS

$$VCO2=Cfp+CO+CO2+CH4+2^{\circ}C2H6+3^{\circ}C3H8+$$

4^{\circ}C4H10+5^{\circ}C5H12+2^{\circ}C2H4+2^{\circ}C2H2+6^{\circ}C6H6; MOLES DE CO2 QUE SE
FORMARA EN LA COMBUSTION Y SE SUMA EL VOL DE CO2 QUE PUEDE ESTAR
PRESENTE EN EL COMBUSTIBLE

$$VH2O=Hfp+2^{\circ}CH4+3^{\circ}C2H6+4^{\circ}C3H8+5^{\circ}C4H10+6^{\circ}C5H12+$$

2^{\circ}C2H4+C2H2+3^{\circ}C6H6+Mfp; MOLES DE H2O QUE SE FORMARA EN LA
COMBUSTION Y AGREGANDOLE EL AGUA PRESENTE EN EL COMB, ESTA
ÚLTIMA SE CONVIERTE EN UNIDADES MOL DE AGUA.

$$VN2=3.76^{\circ}Cfp+3.76^{\circ}Sfp+1.88^{\circ}Hfp+1.88^{\circ}CO+7.53^{\circ}CH4+13.18^{\circ}C2H6+$$

$$18.82^{\circ}C3H8+24.47^{\circ}C4H10+30.11^{\circ}C5H12+11.29^{\circ}C2H4+9.41^{\circ}C2H2+$$

28.23^{\circ}C6H6+Nfp; MOLES DE NITROGENO QUE SE FORMARA EN LA
COMBUSTIÓN. SE AGREGA EL NITROGENO PRESENTE EN EL COMBUSTIBLE.

$$VO2=Cfp+Sfp+0.5^{\circ}Hfp+0.5^{\circ}CO+2^{\circ}CH4+3.5^{\circ}C2H6+5^{\circ}C3H8+6.5^{\circ}C4H10+$$

8^{\circ}C5H12+3^{\circ}C2H4+2.5^{\circ}C2H2+7.5^{\circ}C6H6-Ofp; MOLES DE O2 QUE SE REQUIERE
PARA LA COMBUSTION ESTEQUIOMETRICA.

VSO2=Sfp; MOLES DE SO2 QUE SE FORMARÁN EN LA COMBUSTION A
EXPENSA DEL AZUFRE EN EL COMBUSTIBLE.

$$Vairets=4.76^{\circ}VO2;$$

$$Vairers=Vairets^{\circ}(1+n);$$

$$VN2exceso=(0.79^{\circ}Vairers)-VN2;$$

$$VH2Oaire=wa^{\circ}1.6034^{\circ}Vairers;$$

$$Vhumos=VCO2+VH2O+VSO2+VN2+VH2Oaire+VN2exceso+$$

Oh; MOLES TOTALES DE HUMOS FORMADOS.

(2) Steam. Its Generation and Use. The Babcock & Wilcox Company . Tabla ! Combustion constants, 4-2

(3) Manual de Eficiencia Energética en la Industria. CADEM, España, Cap. 6

René RD

info@enrgianow.com

www.energianow.com



Ingeniería Energética General - General Energetic Engineering

Visite nuestro sitio Web 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.