



Conceptos Fundamentales en Refrigeración

El Sistema Si

A nivel internacional se ha conseguido un acuerdo de usar en el futuro el sistema Si (Sistema Internacional de unidades) como sustitución del sistema métrico.

Designación	Sistema métrico	Sistema Si
Temperatura	°C	°K °C
Fuerza	kilopond	Newton
Presión	Atmosf/Atmosf. abs Atmosf manum. mm Hg.	Pascal bar
Trabajo	kpm, kcal	Julio
Potencia	hp, kcal/h	Watio
Entalpia	kcal/kg	Julio/kg

Pasará algún tiempo antes de que este sistema sea generalmente incorporado en la industria de refrigeración, pero a causa de que muchos países industrializados por su legislación trabajan con este sistema es necesario para cada uno de nosotros empezar a acostumbrarnos día a día al uso de las unidades Si.

Para facilitar la transición del sistema métrico al sistema Si Danfoss en el momento presente sigue utilizando el sistema métrico, pero al lado de ellas pone entre paréntesis las medidas equivalentes al sistema Si. Por ejemplo este método se sigue en estos apuntes.

Presión

Cuando una fuerza se aplica a una superficie el efecto producido depende del tamaño de ésta superficie. Como un ejemplo demostrativo, un hombre que tenga colocados unos esquís puede estar de pie sobre la nieve, sin ellos se hunde. Esto quiere decir que los esquís distribuye el peso del hombre sobre su gran superficie de tal forma que su peso por unidad de la superficie de la nieve es menor.



La presión se define como la relación entre la fuerza ejercida y el tamaño del área. Esto se mide en diferentes unidades dependiendo del propósito de la medida. De estas unidades el Kg/cm² es en el sistema métrico la más común. Esta unidad es a menudo abreviada en "at" que define una atmosfera técnica.

Normalmente la presión de aire es de 1,033 Kg/cm² y se le llama atmosfera física, el término abreviado es "atm". Diferentes denominaciones de presión se obtendrán dependiendo del punto cero que se escoja.

Si se usa el cero absoluto entonces la denominación será "ata" de donde la "a" indica absoluta. Esta unidad es la que más frecuentemente se utiliza en refrigeración, sin embargo a menudo puede verse "ato" en los manómetros. "Ato" es válido para sobrepresiones referidas a la atmosfera física. Entonces el punto cero corresponde a 1 atm. y 1,033 ata.

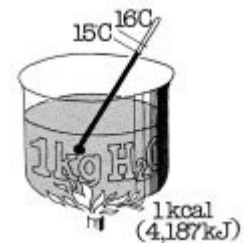
Otra unidad de medida de presión que frecuentemente podemos encontrar es la de mm. columna de mercurio. La presión de aire corresponde a 760 mm. Hg. a lo que corresponde también 1 atmosfera y 1,033 ata.

Finalmente en relación con las bombas de circulación de agua se encuentra la denominación "metro de agua". La abreviación es m.c.a y 10 m.c.a corresponden a 1 ata, 10,33 m. c. a a 1 atm

La unidad de presión en el sistema Si es el Newton/m², también llamado Pascal (Pa). De aquí que ésta unidad representa un valor muy pequeño referido a presión, por ejemplo, en refrigeración, la unidad 1 bar = 10⁵ Pa se usa en vez del Pascal. Afortunadamente, 1 at = 0,9807 bar ~ 1 bar, esto hace que en la práctica es a menudo posible utilizar las mismas unidades de presión tanto en el sistema Si ó en el sistema métrico.

Calor

La unidad de calor en el sistema métrico es la caloría (Cal) la cual se define como el aumento de calor necesario para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua de 15°C a 16°C. En refrigeración es muy normal el use de la kilocaloría (KCal) lo que es igual a 1.000 calorías.



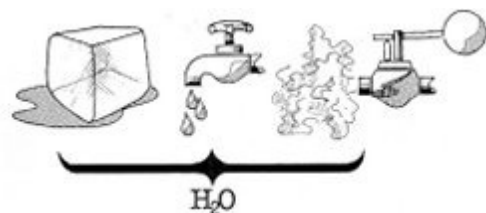
En el sistema Si la unidad para todas las formas de trabajo, incluyendo el calor es el julio (J). La conversión del sistema métrico al sistema Si:

$$1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J}$$
$$1 \text{ kcal} = 4,187 \text{ kJ}$$

Hay una gran diferencia en la cantidad de calor que se necesita para aumentar la temperatura de distintas sustancias en 1°C.; 1 Kg. de hierro necesita 0,114 KCal, por otra parte 1 Kg. de aire necesita 0,24 KCal. El calor específico de una sustancia es el aumento de calor que requiere 1 Kg. de este cuerpo para incrementar en 1° C su temperatura. El calor específico de diferentes cuerpos se pueden encontrar en tablas y viene dado en KCal/Kg°C (KJ/KG°C).

Cambios de estado

Cada sustancia puede existir en tres formas diferentes: Sólida, líquida y gaseosa. El agua es el ejemplo más natural. El estado líquido es el agua que nos rodea por todas partes y en forma de gas es el vapor de agua. Y en estado sólido es el hielo. Lo común a estas tres condiciones es que las moléculas permanecen sin cambios. Por esto el hielo, el agua y el vapor tienen la misma fórmula química H₂O.



La temperatura y la presión a que está expuesta una sustancia, determina si está en forma sólida, líquida o gaseosa. La temperatura a la cual una sustancia sólida se convierte en líquido se llama punto de fusión. Durante la fusión la temperatura de

La sustancia no cambia, todo el calor aplicado se emplea en cambiar la sustancia de sólida a líquida. Solo cuando la sustancia se ha fundido si se aplica un calor adicional su temperatura ulteriormente se elevará. Sustancias diferentes tienen distintos puntos de fusión, el chocolate se funde a 26°C .

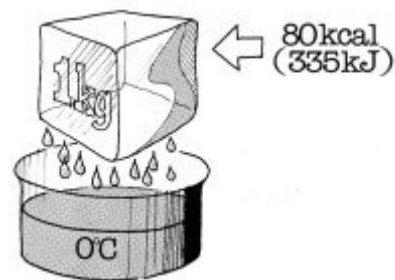


Aquí una nevera puede darse como ejemplo. Se coloca hielo y se dice si el hielo está a -10°C rápidamente empieza a calentarse hasta llegar a 0°C porque el hielo toma calor de las paredes que le rodean y de los alimentos que hay dentro de la nevera etc. entonces el hielo comenzará a fundirse y durante este tiempo la temperatura permanecerá constante a 0°C . Si no se añade de nuevo hielo, la fusión se irá gradualmente completando y el agua procedente del hielo se recogerá en una bandeja que hay en la parte baja de la nevera. La temperatura de la nevera se elevará hasta alcanzar la temperatura exterior.

La cantidad de calor que necesariamente se aplica mientras que el proceso de fusión se lleva a cabo, es conocido como calor de fusión.

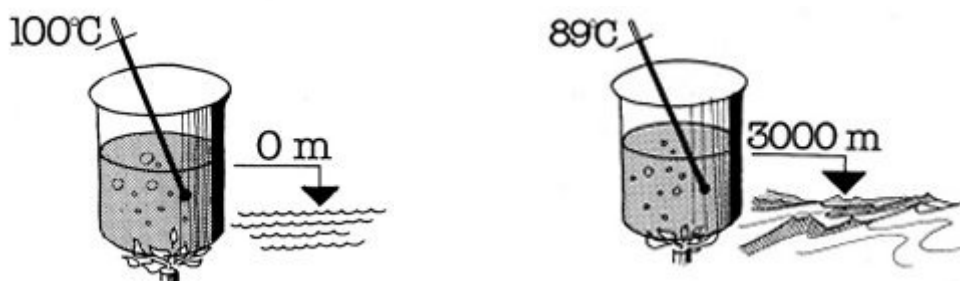
El conocimiento del proceso que se lleva a cabo durante el cambio de estado de una sustancia es importante en la refrigeración a causa de que:

- El cambio de estado se realiza a temperatura constante.
- El cambio del estado implica un aumento grande de calor por Kg. de sustancia.



Calor de evaporación

Dado que las características del agua son fáciles de observar y dado que el agua es el mejor refrigerante, esto ha determinado utilizarlo como ejemplo, en esta sección.



Cuando el agua se calienta, su temperatura se eleva proporcionalmente hasta que empieza a hervir, su punto de ebullición depende de la presión que se ejerza sobre

el agua. En un recipiente abierto y la presión atmosférica normal y al nivel del mar 760 mm. de columna de mercurio el agua hierve a 100°C.

Si la presión desciende por debajo de la presión atmosférica, el punto de ebullición será más bajo que 100°C.

Por ejemplo a una presión de 531 mm. HG (equivalente a 3000 m. por encima del nivel del mar) el punto de ebullición del agua es de 89°C.

En un recipiente cerrado, el punto de ebullición es determinado por la presión del vapor. Si la presión es superior a 760 mm. HG el punto de ebullición será mayor de 100°C. Por ejemplo, el punto de ebullición del agua es de 120°C, cuando la presión es 1.atm y 183° cuando la presión es de 10 atmósferas. Este principio se usa en las ollas a presión.

El agua en su punto de ebullición se le llama también líquido saturado y consecuentemente, el punto de ebullición es también conocido como temperatura de saturación. A cualquier presión dada, le corresponde un punto de ebullición o una temperatura de saturación y los valores para el agua se contienen en la tabla que se da a continuación:

Presión ata	Temperatura °C	Presión bar	Temperatura °C
0,2	60	2,0	120
0,4	75	4,0	143
0,6	86	6,0	158
0,8	93	8,0	170
1,0	99	10,0	179

La cantidad de energía suministrada para llevar a un líquido a su punto de ebullición y que se evapore, se llama calor de evaporación la presión atmosférica (760 mm. de Hg), la cantidad de energía requerida para evaporar 1 Kg. de agua a 100°C y convertirlo en vapor a 100°C de temperatura es de 539 KCal. (2.260 KJ). En el caso del agua, se forma un Kg. de vapor saturado seco. Si solo se aplica una pequeña cantidad de calor solo parte del líquido se evapora y el resultado será una mezcla consistente en líquido saturado y vapor saturado.

El calor de evaporación se llama también calor latente, puesto que es el calor que hay que aplicar a un cuerpo para que cambie de estado sin que cambie su temperatura. Por otra parte, el calor sensible es el aplicado o tomado de un cuerpo, el cual está a una temperatura situada por encima o por debajo del punto de ebullición o del punto de fusión.

Recalentamiento

Si se aplica calor a un vapor saturado, el resultado será vapor recalentado, el calor aplicado se llama calor de recalentamiento. De aquí cuando se realiza un cambio de estado, el calor sensible entra en juego y él es la causa que el vapor incremente de temperatura. El calor específico de un cuerpo cambia cuando pasa del estado líquido al estado gaseoso, por ejemplo solo se necesita 0,45 KCal. (1,9 KJ) para calentar 1 Kg. de vapor un grado centígrado, para obtener el mismo incremento de temperatura en el agua se necesita 1 KCal. (4.187 KJ).

El proceso de condensación

Al contrario de un cambio de estado de líquido a vapor. Es un proceso llamado de condensación (Precipitación). En vez de aplicar una cierta cantidad de calor es necesario sacar del cuerpo la misma cantidad para convertir el vapor en líquido. De nuevo la presión determine la temperatura a la cual la condensación se realice.

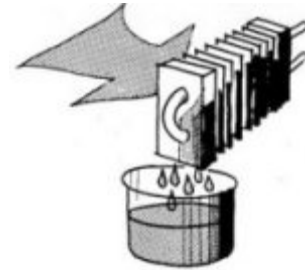


Diagrama Temperatura/Entalpia

Las características de un cuerpo se pueden ver en un diagrama temperatura/entalpia. Las entalpias se representan en la abscisa y las temperaturas en las ordenadas. La entalpia frecuentemente se define como el calor total contenido en un cuerpo y es la suma de la energía aplicada a este cuerpo. Para clarificar conceptos se ha tomado como ejemplo agua a la presión atmosférica.

El diagrama comienza con agua a 0°C de aquí que la entalpia es también 0(KCal/Kg. de agua). La aplicación de calor sensible produce un cambio de A a B (Temperatura de evaporación del agua). La diferencia entre A y B es que la temperatura alcanza 100°C. Como anteriormente se dijo, cada 1°C de aumento de temperatura requiere 1 KCal (4,187 KJ) de aquí que el calor total que necesariamente se ha aplicado, aquí es de 100 KCal., por tanto, el contenido de calor o calor total que es igual a la entalpia es de 100 KCal./Kg. de agua.(418,7 J/Kg.).

La línea B-C corresponde al calor latente (calor de evaporación que es el calor que se necesita para transformar 1 Kg. de agua (punto B) en vapor saturado seco (punto C). El calor de evaporación del agua a la presión atmosférica, como anteriormente se dijo es de 539 KCal./Kg. de agua y como la entalpia o calor total es la suma del calor aplicado, será $100+539 = 639$ KCal./Kg. de agua. Es importante resaltar que no se produce incremento de temperatura entre los puntos B y C.

La línea C-D muestra el efecto de aplicación de calor sensible al vapor, es decir el recalentamiento. El calor específico del vapor de agua, se dijo anteriormente que era de 0,45 KCal./Kg. (1,88 KJ/Kg.) En el ejemplo se muestra una elevación de temperatura en el vapor de 20° C y por tanto, el calor aplicado es de $20 \times 0,45 = 9$ KCal./Kg. La entalpia o calor total como es la suma de los calores aplicados será en el punto D. Igual a $639+9 = 648$ KCal./Kg.

Diagrama Presión/Entalpia

Como anteriormente se explicó la relación temperatura/entalpia, es dependiente de la presión y en el punto 2.8. se explicó un diagrama en el cual se utilizaba el agua como ejemplo, sin embargo para poder mostrar las características temperatura/entalpia de cualquier medio que se utilice, hay que construir diagramas para todas las presiones posibles. Esto como se comprende es muy poco práctico, y, por tanto, se utiliza un diagrama presión/entalpia, en vez de temperatura/entalpia. Este diagrama presión/entalpia, se muestra en la figura siguiente. La presión se encuentra en la ordenada, y es como una regla graduada de acuerdo a una escala logarítmica. En refrigeración es necesario trabajar con diferentes presiones y temperaturas y este diagrama ofrece un camino práctico de determinar gráficamente los cambios de energía de una planta de refrigeración.