

ÍNDICE

<i>Prólogo</i>	15
<i>Relación de siglas</i>	17

Bloque temático I

Conceptos físicos asociados a la refrigeración y aire acondicionado

Tema 1. Conceptos físicos y termodinámicos en los procesos de refrigeración	27
1.1. Conceptos de presión y temperatura	27
1.2. Ebullición y condensación de fluidos	28
1.3. Diagramas de cambio de fase. Diagrama presión-entalpía	30
1.4. Circuito frigorífico de expansión directa básico	33
1.5. Diagrama presión-entalpía y circuito de refrigeración	36
1.6. Flujo másico y potencia frigorífica	38
1.7. Movimiento de fluidos en recipientes. Regla de los cinco más uno	38
1.8. Arrastre de fluidos en movimiento bifásico. Golpes con líquidos	47
Bibliografía	51
Tema 2. Refrigeración doméstica, comercial, industrial y aire acondicionado	53
2.1. Sistemas 1:1 y sistemas con múltiples evaporadores	53
2.2. Refrigerantes y materiales	56
2.3. Componentes utilizados	57
2.4. Potencia o capacidad frigorífica	59
2.5. Tipologías de circuitos y su fabricación	59
2.6. Límites de aplicación de los componentes utilizados	65
Bibliografía	65
Tema 3. Conceptos básicos de control	67
3.1. Tipos de válvulas	67
3.2. Estandarización del caudal en una válvula. Concepto de Kv	69
3.3. Caudal y caída de presión en una válvula	70
3.4. Apertura de válvulas, todo/nada, apertura instantánea y lenta	72

3.5. Selección y cálculo de válvulas	76
3.6. Concepto de banda proporcional, precisión o desviación	76
3.7. Lazo de control. Valor de referencia, variable/s de proceso/s	80
3.8. Control TODO/NADA (ON/OFF)	81
3.9. Control con modulación. Ajuste de lazos de control PID	83
3.10. Válvulas neumáticas. Válvulas servoaccionadas. Diferencia de presión mínima y máxima en la apertura.....	89
Bibliografía	92

Bloque temático II

Controles de inyección de líquido

Tema 4. Sistemas de expansión seca	95
4.1. Características de los sistemas de expansión seca	95
4.2. Evaporación y curva MSS. Influencia del subenfriamiento y del título de vapor ..	95
4.3. Capilares, tablas y programas de selección	102
4.4. Válvulas de solenoide. Válvulas normalmente abiertas y cerradas	104
4.5. Selección de válvulas de solenoide	110
4.6. Válvulas presostáticas. Funcionamiento. Limitaciones	110
4.7. Válvulas termostáticas. Equilibrio de fuerzas. Bulbos	111
4.8. Equilibrio interno y externo	117
4.9. Funcionamiento de las válvulas de expansión termostática	118
4.10. Válvulas de expansión termostática de orificio compensado	121
4.11. Válvulas de expansión electrónicas. Válvulas solenoides (PWM). Válvulas motorizadas modulantes (motor de etapas).....	122
4.12. Acoplamiento de válvulas a la curva MSS del evaporador y ahorros de energía asociados.....	124
4.13. Selección de válvulas de expansión	129
4.14. Instalación y montaje de válvulas termostáticas	131
Bibliografía	134
Tema 5. Sistemas inundados	135
5.1. Control de nivel de líquido	135
5.2. Sistemas de control de nivel en el lado de alta presión y en el lado de baja presión	137
5.3. Sistemas todo/nada, flotadores, termostatos, solenoides de líquido, válvulas de regulación manual	139
5.4. Sistemas modulantes, flotadores proporcionales, válvulas de expansión servoaccionadas para control de nivel en lados de baja y de alta presión	142
5.5. Sensores de nivel de líquido, controles electrónicos de nivel de líquido, válvulas motorizadas y visores de nivel de líquido	146
5.6. Análisis de la pérdida de presión en la expansión. Flash gas	153
5.7. Alimentación a evaporadores, recirculaciones, equilibrado	156
5.8. Seguridades en bombas, control de diferencia de presión	157
5.9. Seguridades en separadores de líquido, válvulas de seguridad y niveles de líquido máximo y mínimo	160
Bibliografía	163

Bloque temático III

Control y regulación de Temperatura y Presión

Tema 6. Termostatos	167
6.1. Función de termostato	167
6.2. Tipologías según aplicación	169
6.3. Termostatos electrónicos, sensores de temperatura	176
6.4. Termostato modulante	182
6.5. Control asociado del desescarche de servicios de refrigeración	183
6.6. Gestión del compresor en sistemas 1:1	183
6.7. Gestión de los ventiladores de evaporador y condensador	183
6.8. Entradas digitales	184
6.9. Listado de parámetros asociados a funciones en termostatos	184
Bibliografía	185
Tema 7. Presostatos	187
7.1. Función de presostato	187
7.2. Presostatos de alta presión, de baja presión, y combinados de alta y baja	187
7.3. Presostatos de distancia proporcional y de fuerza proporcional	189
7.4. Minipresostatos	190
7.5. Presostatos de cámaras frigoríficas. Presostatos electrónicos	192
7.6. Presostatos de doble fuelle	193
7.7. Naturaleza de las pulsaciones de presión. Rateo en presostatos	194
Bibliografía	196
Tema 8. Válvulas reguladoras de presión	197
8.1. Regulación de presión y temperatura	197
8.2. Regulación de presión en el evaporador	198
8.3. Regulación de presión en la aspiración del compresor	202
8.4. Regulación de presión en funciones especiales	203
8.5. Regulación de presión en el condensador	208
8.6. Válvulas servoaccionadas multifunción. Funciones lógicas «y-o» en la gestión de válvulas	212
8.7. Válvulas motorizadas	217
8.8. Reguladores de presión en sistemas inundados	218
8.9. Identificación de parámetros de control	219
8.10. Selección de válvulas	222
Bibliografía	223

Bloque temático IV

Contaminantes. Fugas. Aceites

Tema 9. Control de contaminantes en circuitos de refrigeración	227
9.1. Introducción	227
9.2. Humedad, origen y consecuencias	227
9.3. Partículas sólidas. Ácidos	231
9.4. Incondensados	233

9.5. Eliminación de contaminantes	234
9.6. Filtros deshidratadores, antiácidos y antiquemados	235
9.7. Análisis de las tablas de selección	239
9.8. Efectos de la contaminación del agua con amoníaco	241
9.9. Cómo detectar la contaminación del agua en amoníaco	244
9.10. Influencia del diseño del sistema en el agua. Efectos de la contaminación	245
9.11. Problemas en las válvulas y controles relacionados con agua	248
9.12. Eliminación del agua del sistema de amoníaco. Ventajas económicas	250
Bibliografía	251
Tema 10. Válvulas manuales y válvulas de retención	253
10.1. Materiales, refrigerantes y temperatura	253
10.2. Tipología en válvulas manuales	254
10.3. Válvulas de refrigeración comercial. Servicio, asiento, bola, membrana	255
10.4. Válvulas manuales en refrigeración industrial	257
10.5. Válvulas de grandes tamaños	259
10.6. Válvula manual de drenaje de aceite	261
10.7. Válvulas de retención	262
10.8. Estabilidad y clapeteo en válvulas de retención	263
10.9. Selección con tablas y ábacos así como con programas de software	263
Bibliografía	265
Tema 11. Detectores de refrigerante	267
11.1. Introducción	267
11.2. Fugas y métodos de detección	268
11.3. Detectores de fugas	269
11.4. Tecnología de sensores	271
11.4.1. Sensor electroquímico: EC	271
11.4.2. Sensor semiconductor (de estado sólido): SC	272
11.4.3. Sensor catalítico: CT	272
11.4.4. Sensor infrarrojo: IR	273
11.5. Refrigerantes y detectores de gas	274
11.6. La necesidad de la detección de gas	275
11.7. Límites de exposición ocupacional, toxicidad	276
11.8. Recomendaciones para la instalación de detectores de gas	279
11.8.1. Recomendaciones legales para reducir fugas	279
11.8.2. Subsanación de deficiencias e informe y registro	283
Bibliografía	284
Tema 12. Gestión del aceite en el circuito frigorífico	285
12.1. Introducción	285
12.2. Clasificación de los aceites	286
12.3. Requerimientos del aceite para refrigeración	287
12.4. Propiedades físicas de los aceites	287
12.5. Reacciones químicas de los aceites con agua y oxígeno	291
12.6. Relaciones Aceites – Refrigerantes	293
12.7. Relaciones Temperatura – Presión – Concentración.....	293
12.8. Problemas en el cárter	294

12.9. Efecto del control de capacidad. Consideraciones en las tuberías para el retorno de aceite	297
12.10. Controles de aceite, presostatos de diferencia de presión	298
12.11. Separación de aceite	301
12.12. Depósitos de aceite, filtros de aceite	304
12.13. Controles de nivel de aceite	305
12.14. Separador o acumulador de aspiración	305
Bibliografía	308

Bloque temático V

Aplicaciones especiales

Tema 13. Circuitos de aire acondicionado	311
13.1. Introducción	311
13.2. Características	312
13.3. Componentes en el circuito frigorífico sistemas con capilar u orificios de diámetro fijo, sistemas con válvulas de expansión.....	313
13.3.1. Válvulas de expansión. Termostáticas y electrónicas	315
13.3.2. Válvula inversora de 4 vías	318
13.3.3. Filtros biflow	320
13.4. Aplicaciones	320
13.5. Análisis de circuitos	323
13.6. Control avanzado	325
Bibliografía	327
Tema 14. Desescarche de evaporadores	329
14.1. Introducción. Formación de hielo en evaporadores de aire	329
14.2. Tipos de desescarches	330
14.3. Proceso de desescarche simple e ideal	331
14.4. Desescarche por aire y por agua	333
14.4.1. Desescarche independiente por aire	333
14.4.2. Desescarche por aire en centrales	334
14.4.3. Desescarche por agua	334
14.5. Desescarche eléctrico	335
14.6. Desescarche inteligente	336
14.7. Desescarche en servicios especiales	338
14.8. Desescarche por gas o líquido caliente	339
14.8.1. Desescarche por gas caliente en sistemas individuales	340
14.8.2. Desescarche por gas o líquido caliente en sistemas de expansión directa con centrales de compresores	342
14.8.3. Desescarche por gas caliente en sistemas inundados con centrales de compresores	345
14.9. Análisis de tuberías y válvulas asociadas al desescarche	348
14.9.1. Análisis de líneas de entrada al evaporador con líquido	348
14.9.2. Análisis de líneas de entrada con gas caliente	349
14.9.3. Análisis de líneas de salida del evaporador con gas de aspiración	353

14.9.4. Análisis de líneas de salida de condensados con mezcla de líquido y vapor	354
14.10. Válvulas empleadas en desescarches	355
14.10.1. Válvulas de tres vías	356
14.10.2. Válvulas neumáticas de una y de dos etapas en la apertura	357
14.10.3. Válvulas de alivio	360
14.11. Controladores de los procesos de desescarche	361
14.11.1. Termostatos con programador de desescarches (combistato)	362
Bibliografía	363
Tema 15. Centrales de compresores. Su control y gestión	365
15.1. Introducción. ¿Qué es una central de compresores?	365
15.2. Objetivos y campo de aplicación	366
15.3. Principios generales, flujo de refrigerante, principios del aceite	370
15.4. Sistemas de gestión y retorno de aceite	371
15.5. Otros componentes	379
15.6. Montaje de compresores	381
15.7. Funciones de seguridad y controles	381
15.8. Controladores electrónicos	383
15.9. Funciones realizadas por los controladores electrónicos de centrales	386
15.10. Control de capacidad de compresores	386
15.11. Combinación de compresores	391
15.12. Control de condensadores	394
15.13. Detección de fallos y diagnosis en el condensador	397
15.14. Funciones de vigilancia y seguridad	398
15.15. Funciones especiales	399
15.16. Información útil para el trabajo cotidiano	400
Bibliografía	400
Tema 16. Ahorro de energía en circuitos de refrigeración	403
16.1. Introducción	403
16.2. Sectores susceptibles de ser afectados en el ahorro de energía	404
16.3. Personas físicas o jurídicas involucradas en el ahorro	404
16.4. Conceptos importantes de cara al ahorro energético	407
16.4.1. Aporte mínimo de las ganancias caloríficas exteriores	408
16.4.2. Refrigerantes y compresores	408
16.5. Análisis teóricos que permitirán un ahorro energético	410
16.5.1. Funcionamiento eficiente de una instalación frigorífica	410
16.5.2. Agrupaciones de cámaras y servicios	411
16.5.3. Subenfriamiento de líquido	411
16.5.4. Disminuir la presión de condensación y aumentar la presión de evaporación	412
16.5.5. Comprimir el vapor en varias etapas	412
16.5.6. Reducir las pérdidas por transporte frigorífico	413
16.5.7. Reducir pérdidas de carga en aspiración	413
16.5.8. Utilizar el calor del condensador	414
16.5.9. Eliminar saltos térmicos innecesarios	414
16.5.10. Respetar las condiciones de diseño	415

16.5.11. Ajustes adecuados a las características de la planta	415
16.5.12. Eliminación de los contaminantes de los sistemas frigoríficos	416
16.6. Gestión y control de la instalación	416
16.6.1. Adecuación a la demanda	416
16.6.2. Variación de carga en compresores	416
16.6.3. Utilización de la máxima superficie de transmisión de calor	418
16.6.4. Utilización de compresores en su máxima eficiencia	421
16.7. Ahorro económico	423
16.7.1. Vigilancia de la planta	423
16.7.2. Evitar o limitar el consumo en horas punta	423
16.7.3. Acumulación de frío (hielo)	424
16.8. Análisis por sectores	424
16.8.1. Refrigeración doméstica y hostelería comercial	424
16.8.2. Refrigeración comercial en tiendas de alimentación y supermercados con expansión directa	425
16.8.3. Refrigeración industrial	426
16.8.4. Enfriadoras de agua	427
16.8.5. Aire acondicionado industrial	427
16.8.6. Aire acondicionado doméstico	427
16.8.7. Aire acondicionado en transporte	427
Bibliografía	428

Tema 1

Conceptos físicos y termodinámicos que intervienen en los procesos de refrigeración

1.1. CONCEPTOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

Presión

Cuando una fuerza se aplica a una superficie el efecto producido depende del tamaño de esta superficie. Por ejemplo, un hombre con unos esquís (figura 1.1) puede estar de pie sobre la nieve, sin ellos se hunde. Esto quiere decir que los esquís distribuyen 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 definida como la relación entre la fuerza ejercida en una superficie determinada, se puede medir en diferentes unidades dependiendo del propósito de la medida.

En refrigeración, es importante la distinción entre presión absoluta y relativa, ya que entre ellas existe una diferencia de 1 atm, o lo que es prácticamente lo mismo 1 bar o 1 kg/cm².

La presión absoluta es la ejercida contra una superficie que en el otro lado tiene el vacío absoluto mientras que la relativa es la presión ejercida contra una superficie que en el otro lado tiene la presión atmosférica siendo esta última la que miden los manómetros.

Cuando se miden presiones con manómetros, debe considerarse que los manómetros se calibran con la presión atmosférica como referencia, pero está dependiendo de la ubicación (altitud) y de las condiciones atmosféricas, es variable, por lo que podemos encontrar casos en los que el mismo manómetro mide diferentes valores según esté al nivel del mar o en una zona interior elevada.

En refrigeración también es muy habitual hablar de presión en °C. En este caso, siempre nos referiremos a la temperatura de saturación, la cual al ir asociada a una presión, nos permite hablar de temperaturas y presiones indistintamente. No se debe olvidar, que esto solo es válido cuando estamos hablando de vapor saturado o de líquido en ebullición o en condensación.



Figura 1.1. Personas esquiando.

Calor y temperatura

La cantidad de calor contenida por un cuerpo nos da idea de la energía térmica acumulada en su interior. La temperatura es una indicación de la calidad de la energía térmica.

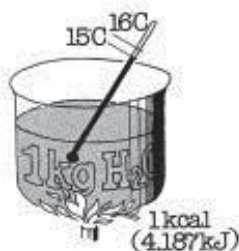


Figura 1.2. Calentamiento del agua.

Dependiendo del objetivo de dicha energía va a ser más valiosa una cantidad de calor a una temperatura que a otra. Por ejemplo, en refrigeración cuanto más baja sea la temperatura, más valiosa va a ser la energía acumulada en el cuerpo frío, sin embargo en calefacción es a la inversa, cuanto mayor sea la temperatura del cuerpo mayor será su valor.

El calor específico nos indica la cantidad de calor que a presión constante se necesita para aumentar la temperatura de una sustancia 1 °C, y es una propiedad de cada sustancia.

Sustancia	Agua	Hierro	Aire
Calor específico (kcal/kg°C)	1	0.114	0.24

El calor específico nos indica la cantidad de calor que a presión constante se necesita para aumentar la temperatura de una sustancia 1 °C, y es una propiedad de cada sustancia.

Relacionado con el calor específico y la densidad de un cuerpo, se encuentra la capacidad de acumulación térmica volumétrica, que indica la capacidad de calor acumulada en un volumen fijo de una sustancia. Este valor es importante en bombas de calor geotérmicas donde se extrae o se disipa calor en el subsuelo.

1.2. EBULLICIÓN Y CONDENSACIÓN DE FLUIDOS

Cada sustancia puede existir en tres estados diferentes: sólida, líquida y gaseosa. El agua es el ejemplo más sencillo. En 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 (tienen la misma fórmula química H_2O).

La temperatura y la presión a que está expuesta una sustancia, determinan si está en forma sólida, líquida o gaseosa.



Figura 1.3. Los tres estados. Sólido, líquido y gaseoso.

El punto de fusión es la temperatura a la cual una sustancia sólida se convierte en líquido. 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 se elevará de nuevo. El punto de fusión es característico de cada sustancia. Por ejemplo, el agua funde a 0°C y el chocolate funde a 26°C .



Figura 1.4. Fusión de sustancias.

El calor de fusión es la cantidad de calor por unidad de masa que se aplica a la sustancia durante el proceso de fusión.

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

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

Dado que las características del agua son fáciles de observar y además es un buen refrigerante, vamos a utilizarla como ejemplo para analizar el fenómeno de la evaporación.

Cuando el agua se calienta, su temperatura se eleva hasta que empieza a hervir, su punto de ebullición depende de la presión que se ejerza sobre el agua. En un recipiente abierto, donde la presión atmosférica normal al nivel del mar es de 760 mm de Hg, el agua hierve a 100°C . Es decir, el agua tiene un punto de ebullición de 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 3.000 m por encima del nivel del mar) el punto de ebullición del agua es de 89°C .

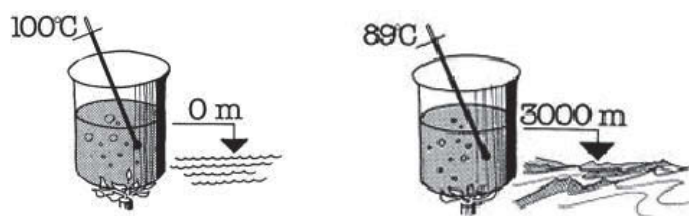


Figura 1.5. Ebullición en una olla a distintas cotas de altitud y presión.

En un recipiente cerrado, el punto de ebullición es determinado por la presión del vapor. Si la presión es superior a 1 atm 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 2 atm y 183°C cuando la presión es de 10 atmósferas. Este principio se usa en las ollas a presión para cocinar los alimentos en menos tiempo a temperaturas más elevadas.

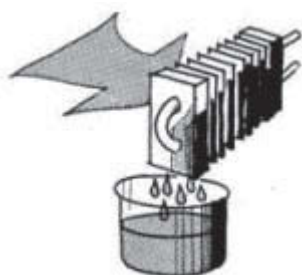


Figura 1.6. Condensación de un vapor.

El calor de evaporación o calor latente de evaporación es la cantidad de energía suministrada para evaporar un líquido a su temperatura de ebullición. En el agua tiene el valor de 539 kcal/kg (2.260 kJ/kg).

La condensación es el paso del estado de vapor a líquido de una sustancia (precipitación). Si para evaporar la sustancia hay que aportar el calor latente de evaporación, para que pueda condensar hay que eliminar este mismo calor de la sustancia. Sin embargo normalmente no se habla de calor latente de condensación.

La presión, al igual que determinaba la temperatura de ebullición, también determina la temperatura a la cual la condensación se realiza.

1.3. DIAGRAMAS DE CAMBIO DE FASE. DIAGRAMA PRESIÓN-ENTALPÍA

Si realizamos un ensayo calentando agua del grifo hasta que hierve y se evapora, y realizamos registros de temperaturas y tiempos de calentamiento encontraremos una gráfica como la de la figura 1.7.

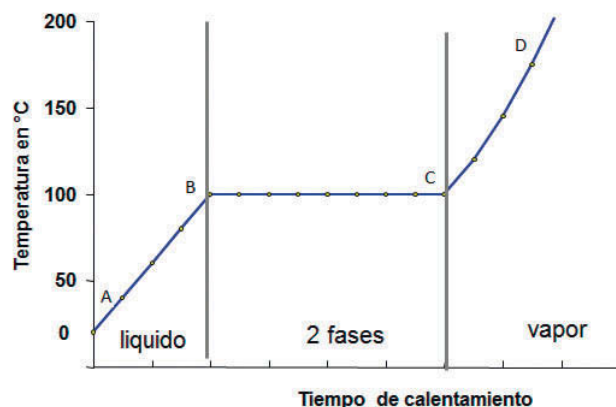


Figura 1.7. Proceso de calentamiento del agua.

En la abscisa se representa la entalpía, que expresada como tiempo de calentamiento nos da una idea del contenido energético aportado al agua, y en ordenadas la temperatura registrada en cada momento con un termómetro. Para simplificar el proceso se ha tomado como ejemplo agua a la presión atmosférica.

Se toma el origen de entalpías con el agua líquida a 0 °C. Al ir aportando calor (sensible), el agua va aumentando su temperatura hasta que llega a B (100 °C, temperatura de ebullición del agua, conocido también como punto de burbuja). Ha sido necesario aportar 100 kcal por cada kg de agua, por tanto, el contenido de calor o calor total que es igual a la entalpía es de 100 kcal/kg de agua (418,7 J/kg).

La línea B-C corresponde al calor latente o calor de evaporación que es el calor que se necesita para transformar 1 kg de agua (punto B) en vapor saturado seco (punto C). Para evaporar el agua, se necesitan 539 kcal/kg de agua siendo ahora la entalpía 639 kcal/kg (100 + 539). Es importante resaltar que no se produce incremento de temperatura entre los puntos B y C manteniéndose constante e igual a 100 °C.

Si se aplica más calor a un vapor saturado, el resultado será vapor recalentado. El calor aplicado se emplea en aumentar la temperatura del vapor, hablándose en este caso de recalentamiento. 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 es 0,45 kcal/kg (1,88 kJ/kg). Por ejemplo si el vapor a 100 °C se calienta 20 °C más, el calor aplicado es de 9 kcal/kg (20 x 0,45). Al igual que antes la entalpía o calor total aumenta alcanzando el valor de 648 kcal/kg como resultado de la suma de los calores aplicados (639 + 9).

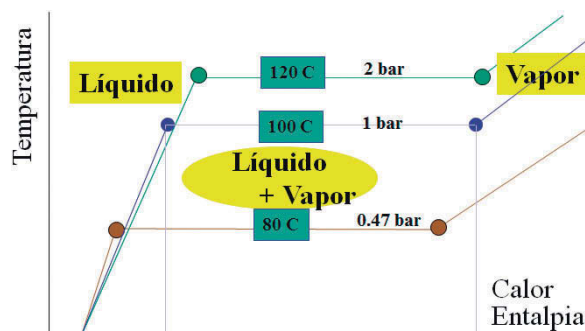


Figura 1.8. Temperatura y presión de ebullición.

Es interesante repetir este ensayo a distintas presiones de trabajo, y representar los tiempos de calentamiento de forma análoga en el mismo diagrama. De esta forma obtenemos la figura 1.8 donde vemos un desplazamiento de las mesetas del cambio de estado o ebullición, así como un cambio en los puntos donde comienza la ebullición (puntos de burbuja) al igual que donde desaparece la última gota de líquido o bien donde si partiésemos de vapor recalentado y le fuésemos retirando calor se produciría la primera gota de condensado (punto de rocío).

Diagrama presión-entalpía

Como ya se ha indicado, la relación temperatura/entalpía depende de la presión, por lo que para poder mostrar las características temperatura/entalpía de cualquier medio que se utilice hay que construir diagramas para todas las presiones posibles. Hecho poco práctico que nos lleva a utilizar los diagramas presión/entalpía, en lugar de temperatura/entalpía.

Este diagrama presión/entalpía se obtiene representando la presión en ordenadas en lugar de la temperatura. El resultado son rectas horizontales paralelas al eje de abscisas. En esta representación, solo se observa si el fluido está en forma líquida, cuando comienza a hervir (punto de burbuja), cuando está evaporándose con presencia de líquido y de vapor, cuando desaparece la

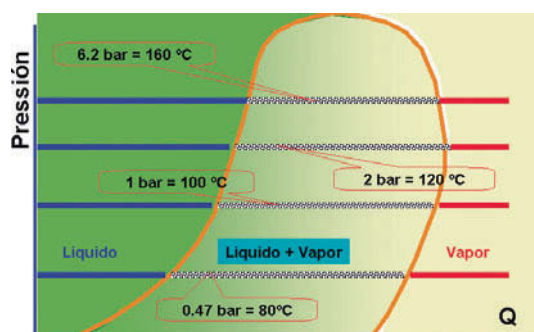


Figura 1.9. Diagrama presión entalpía. Mapa del refrigerante.

última gota de líquido (punto de rocío) y cuando está en forma de vapor. Esto puede observarse independientemente en cada línea de presión constante.

Si ahora unimos los puntos donde comienza el fluido a hervir, tendremos una línea con todos los puntos de burbuja. Realizando la misma operación con los puntos de rocío tendremos una línea con los puntos de rocío.

De esta forma encontramos una curva con la forma del dedo gordo de la mano y que separa tres zonas en el plano presión entalpía (P-h). En la zona de la izquierda nos encontramos solo líquido, en la zona de la derecha solo vapor y en el medio hay una mezcla de líquido y vapor. Además en la zona de mezcla de fases con líquido y vapor la proximidad a un lado indica la mayor o menor proporción de líquido o de vapor. Cuanto más cerca estemos de la línea de rocío más proporción de vapor habrá.

A veces el diagrama presión-entalpía tiene el dedo gordo hacia arriba y otras hacia abajo. Aunque parece distinto representa lo mismo, lo que sucede en el dedo hacia arriba es que las presiones van de uno en uno, mientras que en el del dedo hacia abajo van en escala logarítmica (1-10-100).

Este diagrama ofrece un camino práctico de determinar gráficamente los cambios de energía de una planta de refrigeración.

Realmente lo que esto representa es un mapa o un plano donde podemos representar cualquier condición en la que se puede encontrar un refrigerante, de forma que nos servirá para dibujar y marcar en él cualquier punto de un circuito frigorífico. Debe entenderse que un punto en el diagrama puede representar un espacio físico con un gran volumen en la realidad, y también qué líneas en el diagrama pueden representar solo un punto en la realidad física.

El diagrama presión-entalpía permite visualizar los lugares físicos donde se producen los cambios de propiedades físicas en el fluido.

A continuación se muestra un diagrama que nos permite realizar un recorrido a través de las líneas en él dibujadas (figura 1.10).

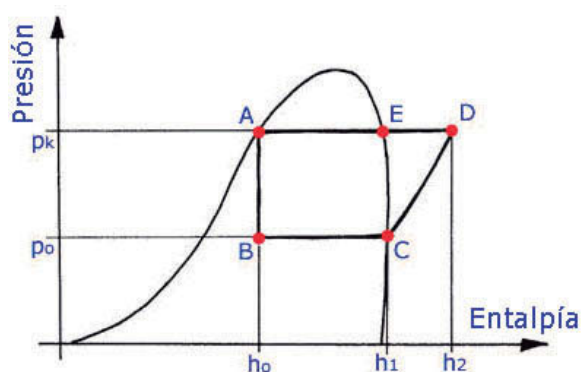


Figura 1.10. Diagrama presión entalpía.

Cuando el fluido cambia su estado de A a B el líquido pasa a través del sistema de expansión (diafragma, restrictor, capilar o válvula de expansión). Este cambio de estado se efectúa por la ebullición del líquido a causa de la caída de presión hasta p_0 . Al mismo tiempo se produce un punto más bajo de ebullición del líquido como consecuencia de la caída de presión.

En el proceso de la expansión ni se aplica ni se disipa calor, por eso la entalpía es constante (bajada en vertical) h_0 . Como se ve en el diagrama, partiendo de líquido puro al descender verticalmente

se entra dentro de la curva del dedo obteniéndose una mezcla de líquido y de vapor. Lo que ocurre es que parte del refrigerante se evapora, pero como para evaporarse necesita calor y no hay ningún aporte exterior, lo que hace es robárselo al refrigerante que queda como líquido y al vapor mismo reduciendo de esta forma la temperatura del líquido y del vapor. Aquí es donde descubrimos la denominada magia de la refrigeración donde de un refrigerante caliente aparece una mezcla de refrigerante líquido y vapor mucho más frío que el refrigerante de partida, y además la temperatura de la mezcla está relacionada con la presión final p_o a la que se expande el refrigerante. Controlando la presión de salida se controlará la temperatura del refrigerante.

A la entrada del evaporador hay una mezcla de vapor y líquido mientras que en la salida del evaporador punto C, el vapor es saturado. La presión y la temperatura son las mismas que las del punto B pero como el evaporador ha absorbido el calor de sus alrededores, la entalpía ha aumentado cambiando a h_1 .

Cuando el vapor pasa a través del compresor sus condiciones cambian de C a D. La presión se eleva a la presión de condensación p_k .

La temperatura es mayor que la temperatura de condensación, como consecuencia de que el vapor ha sido fuertemente recalentado. Más energía en forma de calor le ha sido también introducida y por consiguiente la entalpía cambia a h_2 .

A la entrada del condensador punto D la condición, por tanto, es de la de un vapor recalentado a la presión p_k , el calor es evacuado por el condensador a sus alrededores y por esta razón la entalpía de nuevo cambia a la del punto A. Lo primero que sucede en el condensador es un cambio de un vapor fuertemente recalentado a un vapor saturado (punto E) y luego una condensación de este vapor. Del punto E al punto A, la temperatura (temperatura de condensación) no varía, ya que la condensación y la evaporación se efectúan a temperatura constante.

En la práctica el proceso de refrigeración aparecerá ligeramente diferente al diagrama presión entalpía, a causa de un pequeño recalentamiento del vapor que procede del evaporador y la temperatura del líquido antes de la válvula de expansión se subenfria débilmente a causa del intercambio de calor que se produce a su alrededor. Este subenfriamiento es necesario para evitar que por las tuberías circulen mezclas de líquido con burbujas de vapor, las cuales como se verá a lo largo del libro solo generan problemas y será uno de los fenómenos que se deberá vigilar.

1.4. CIRCUITO FRIGORÍFICO DE EXPANSIÓN DIRECTA BÁSICO

Un circuito simple de refrigeración consta de unos componentes básicos como son el evaporador, el compresor, el condensador y el sistema de expansión.

Evaporador

Un refrigerante en forma líquida absorbe calor cuando se evapora (hágase la prueba con un poco de alcohol sobre la mano y se sentirá el frío producido al evaporarse el alcohol), y este cambio de estado produce un enfriamiento. Si a un refrigerante a temperatura ambiente se le permite expandirse a través de una boquilla con una salida a la atmósfera, el calor lo tomará del aire que lo rodea y la evaporación se llevará a cabo a una temperatura que corresponderá a la presión atmosférica.

Si por cualquier circunstancia se cambia la presión de la salida (presión atmosférica) se obtendrá una temperatura diferente de evaporación.