



USO DE LA TABLA P-T COMO HERRAMIENTA DE SERVICIO



Los fabricantes de refrigerantes, controles y otros proveedores distribuyen una gran cantidad de tablas presión-temperatura cada año. Sería raro encontrar un técnico de servicio que no pueda presentar rápidamente una tabla presión-temperatura.

A pesar de la amplia disponibilidad y aparente referencia a la relación presión-temperatura, solamente unos cuantos técnicos de servicio usan apropiadamente la tabla de P-T al diagnosticar problemas de servicio.

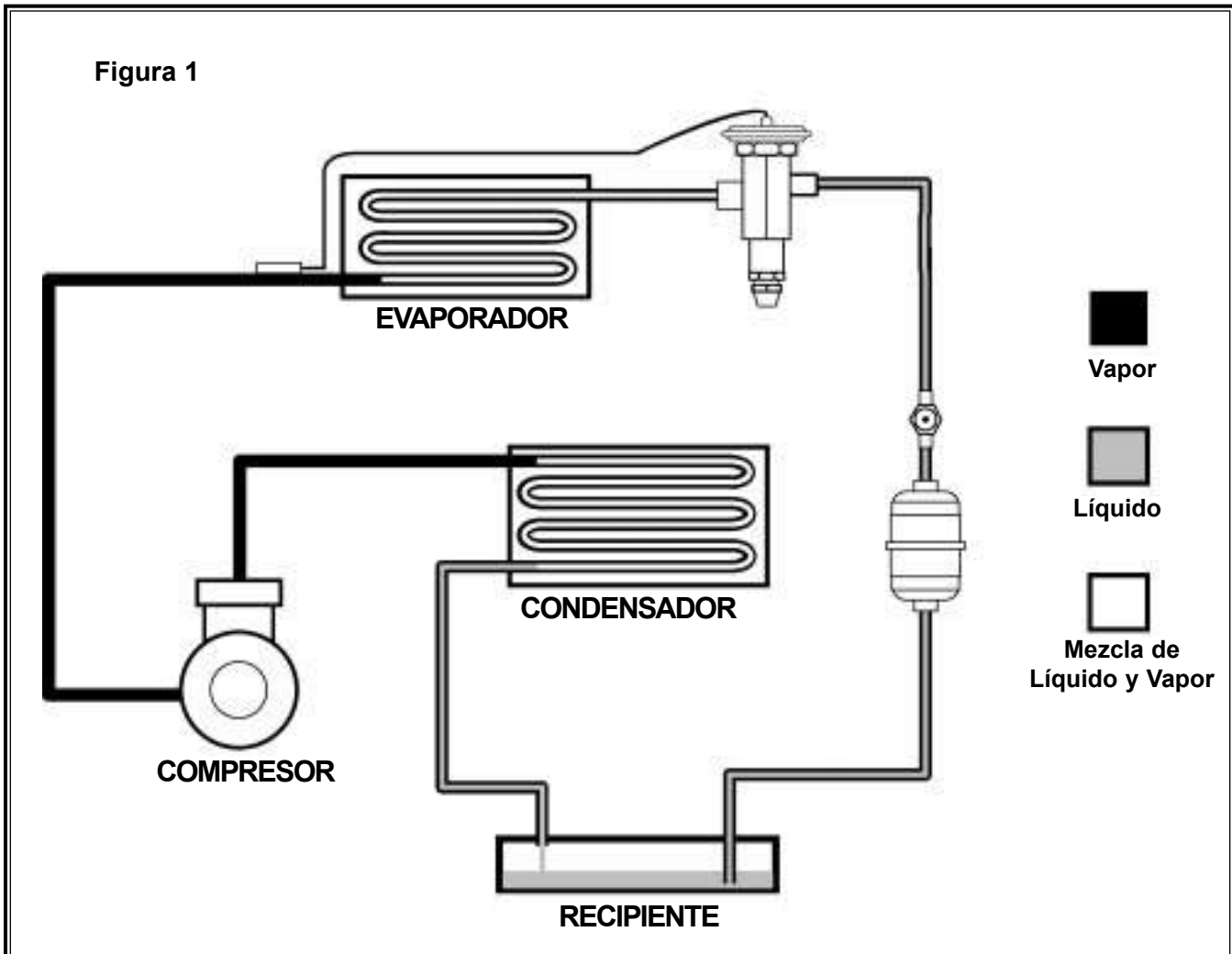
El propósito de este documento es demostrar el uso apropiado de la relación presión-temperatura e ilustrar como puede ser usada para analizar sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

REFRIGERANTE EN TRES FORMAS

Antes de enfocarnos en el uso de la tabla P-T, repasemos brevemente el sistema de refrigeración y examinemos como puede aplicarse la relación presión-temperatura en el servicio de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

En un sistema de refrigeración, el refrigerante existirá en una de las formas siguientes:

1. Líquido
2. Vapor
3. Mezcla de Líquido y Vapor



La figura 1 ilustra el estado en que se encuentra el refrigerante en diversos puntos de un sistema de refrigeración que opera normalmente.

Note que el lado de alta contiene refrigerante en las tres condiciones arriba estipuladas. La línea de descarga contiene vapor. El condensador, que contiene una mezcla de vapor y líquido, es donde el vapor se condensa en líquido. La línea entre el condensador y el recipiente usualmente contiene solo líquido, aunque no sería anormal encontrar una mezcla de vapor y líquido.

Dado que el recipiente tiene un nivel de líquido en determinado momento, se debe pensar que tiene una

mezcla de vapor y líquido. La línea de líquido que sale del recipiente y continúa hasta la válvula de expansión termostática debe contener solamente líquido.

Frecuentemente se instala un indicador de líquido y humedad, ó un visor, en la línea líquida para ayudar a determinar si el refrigerante líquido está completamente libre de vapor.

El lado de baja del sistema usualmente contendrá refrigerante en solo dos de las tres formas. El lado de baja tiene vapor en la línea de succión y una mezcla de líquido y vapor en la salida de la válvula de expansión termostática hasta cerca de la salida del evaporador.

CUANDO SE MANTIENE LA RELACION P-T, EL REFRIGERANTE ESTA "SATURADO"

Es importante recordar que en una tabla P-T, la relación presión-temperatura es válida solamente cuando existe una mezcla de refrigerante líquido y vapor.

Por lo tanto, hay solo tres lugares en el sistema de refrigeración que opera normalmente donde se puede garantizar la validez de la relación P-T. Esto es, en el condensador, el evaporador y el recipiente, lugares donde se sabe que hay una mezcla de refrigerante líquido y vapor. Cuando el refrigerante líquido y vapor están presentes, la condición se denomina "saturada" o "de saturación".

Esto significa que si podemos determinar la presión en cualquiera de estos lugares, podemos fácilmente determinar la temperatura simplemente encontrando la presión en una tabla P-T y leyendo la temperatura correspondiente.

De la misma manera, si podemos medir con precisión la temperatura en esos tres lugares, también se puede determinar la presión usando la relación P-T, encontrando la presión correspondiente a la temperatura medida.

CUANDO LA RELACION P-T NO SE CUMPLE, ES INDICACION DE RECALENTAMIENTO O SUBENFRIAMIENTO

En los puntos del sistema donde solo esté presente vapor, la temperatura real estará por encima de la temperatura que es indicada por la relación P-T para la presión medida.

En teoría la temperatura del vapor pudiera ser igual a la temperatura que indica la relación P-T, pero en la práctica siempre es mayor. En este caso, recalentamiento es la diferencia entre la temperatura medida y la temperatura correspondiente en la tabla P-T para la presión en ese punto.

Donde se sabe que solamente líquido está presente, como en la línea de líquido, la temperatura medida será un poco menor que la temperatura correspondiente a la presión. En este caso, se llama subenfriamiento de líquido a la diferencia entre la temperatura medida y la temperatura correspondiente a la relación P-T.

También, es posible encontrar que la temperatura real medida sea igual a la temperatura equivalente por la relación P-T. En este caso el subenfriamiento es igual a cero.

ANALIZANDO SISTEMAS REALES POR REFRIGERANTE SATURADO, SUBENFRIADO O RECALENTADO

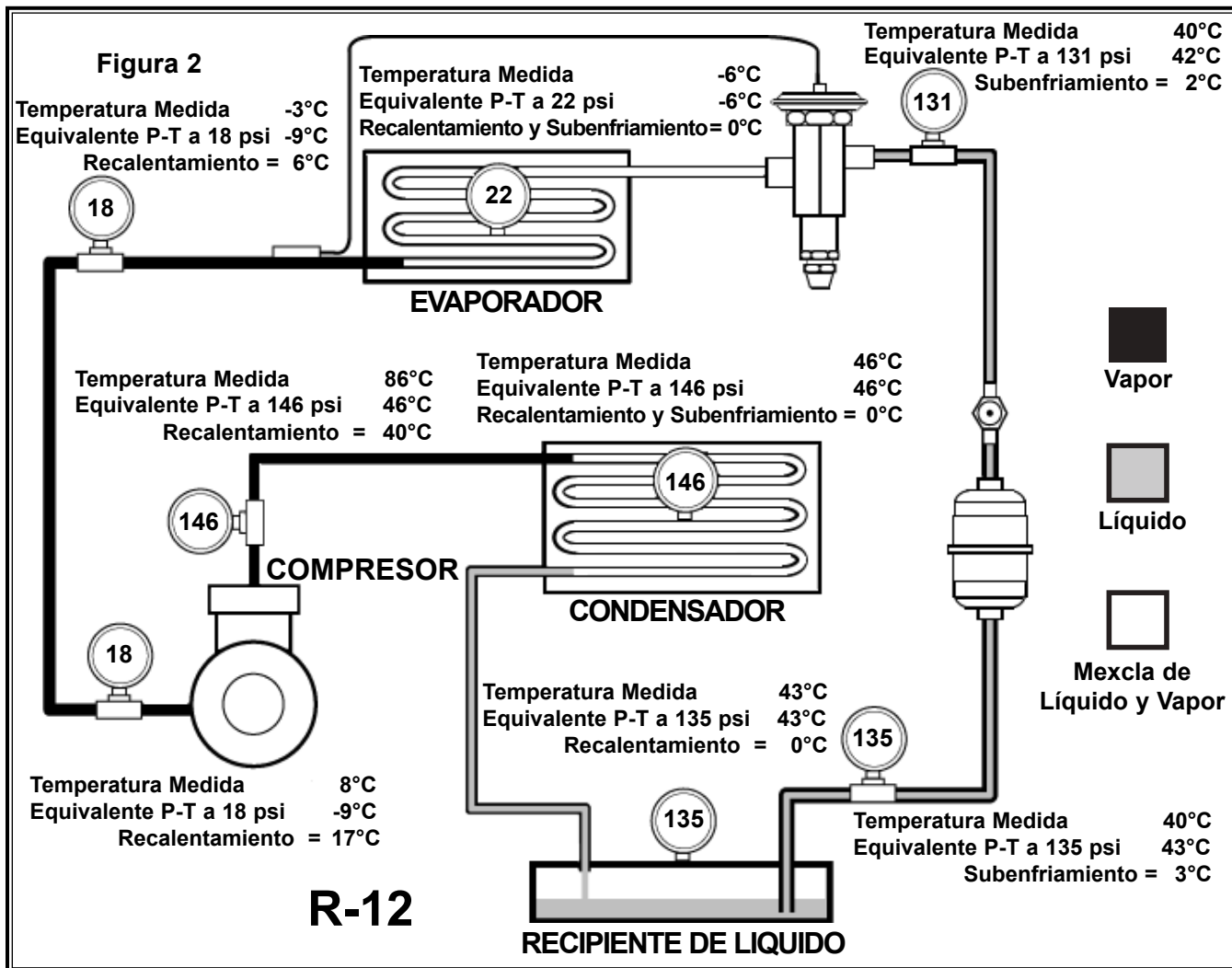
La figura 2 muestra datos de mediciones de condición presión y temperatura en varios puntos de un sistema operando normalmente con R-12. La temperatura medida en la entrada del evaporador es -6°C . Un manómetro instalado en este punto indica una presión de 22 psi, que en la tabla P-T se lee una temperatura de -6°C . Esto es lo que se debe esperar ya que, cuando están presentes refrigerante líquido y vapor juntos, la relación P-T se cumplirá.

Un manómetro en la línea de succión mide 18 psi. Si en este punto hubiera una mezcla de vapor y líquido, la temperatura medida sería la misma que la de la relación P-T ó -9°C . Sin embargo, en este caso la temperatura medida es -3°C . La cantidad de recalentamiento en el vapor es la diferencia entre la tempera-

tura medida de -3°C y la temperatura indicada por la relación P-T de -9°C . Entonces el recalentamiento es de 6°C .

Si medimos 18 psi en la entrada del compresor con una temperatura medida de 8°C , en este punto el recalentamiento es de 17°C , calculado restando la temperatura equivalente a 18 psi, -9°C , de la temperatura medida en ese punto de 8°C .

Ahora examinemos el manómetro instalado a mitad camino en el condensador, este mide 146 psi. Según la relación P-T, la temperatura debería ser de 46°C , que es la misma temperatura que midiéramos si colocamos un termopar en el refrigerante en este punto, donde esta cambiando de vapor a líquido.



En otras palabras, no hay ninguna diferencia entre la temperatura medida y la indicada por la relación P-T. También puede decirse que tanto el recalentamiento como el subenfriamiento son cero. Esta condición es llamada "saturación".

En el ejemplo también medimos 146 psi en la línea de descarga del compresor. La temperatura que se mide aquí es 86°C . Calculando el recalentamiento en la misma manera que se calculó en la línea de succión, (diferencia ente la temperatura medida y la temperatura correspondiente por relación P-T), se determina que el recalentamiento es 40°C .

Cuando un sistema usa un recipiente de líquido, no puede haber subenfriamiento en la superficie del líquido en el recipiente. Esto se debe a que cuando el líquido y el vapor de refrigerante existen juntos, deben obedecer a la relación P-T, ó el refrigerante debe estar

"saturado". En el ejemplo la presión medida en el recipiente es de 135 psi, por tanto la temperatura en el recipiente debe ser de 43°C .

Una vez que se forma una columna de líquido sólida, se puede lograr subenfriamiento en el refrigerante bajando su temperatura con intercambiadores líquido-succión, subenfriadores, o debido a bajas temperaturas ambientes alrededor de la línea.

Subenfriamiento es la reducción de la temperatura debajo de la indicada por la relación P-T. En la ilustración de la figura 2, se determinó subenfriamiento de 3°C y 2°C en dos puntos.

Por supuesto, es importante mantener algún subenfriamiento en la línea líquida para evitar que se formen ráfagas ó burbujas de gas en la línea y que entren a la válvula de expansión termostática.

Usando la tabla P-T podemos determinar la condición del refrigerante en cualquier punto en el sistema midiendo la presión y temperatura y siguiendo estas reglas:

A. Están presentes juntos líquido y vapor cuando la temperatura medida corresponde a la relación P-T (en teoría, en estas condiciones es posible tener "líquido saturado" ó "vapor saturado", pero en términos prácticos para un sistema en operación normal debe asumirse que algún líquido y algún vapor están presentes en estas condiciones).

B. Vapor recalentado está presente si la temperatura medida es superior a la correspondiente en la relación P-T. La diferencia de temperaturas es la cantidad de recalentamiento.

C. Está presente líquido subenfriado cuando la temperatura medida es inferior a la de la relación P-T. La diferencia representa la cantidad de subenfriamiento.

LIMITACIONES PRACTICAS A LA LOCALIZACION DE MANOMETROS

En la ilustración hemos colocado manómetros en puntos en el sistema donde no siempre es factible hacerlo en una instalación real. Por esto, frecuentemente debemos hacer asunciones y deducciones cuando trabajamos con un sistema real.

Por ejemplo, normalmente asumimos que la lectura de 146 psi en el manómetro instalado en la línea de descarga del compresor es la misma de la presión que hay en el condensador. Según este razonamiento, llegamos a una temperatura de condensación de 46°C. Si se sospecha que hay una línea de descarga subdimensionada u otras restricciones, no podemos hacer esta asunción y puede ser necesario medir la presión en otros puntos para localizar el área con problemas.

También es práctica común asumir que la presión medida en la válvula de servicio de succión en el compresor es la misma que la presión en la salida del evaporador en el lugar del bulbo de la válvula de expansión termostática. Esto es particularmente cierto en sistemas acoplados estrechamente siempre que la línea de succión este correctamente dimensionada. Haciendo esta asunción podemos calcular el recalentamiento de la válvula de expansión sin instalar una conexión para medir presión en el lugar del bulbo. Sin embargo, se debe instalar una conexión para medir presión donde está localizado el bulbo, si se

quiere eliminar toda duda acerca de la cantidad de caída de presión en la línea de succión y para lograr mayor precisión en la medida del recalentamiento.

Se debe tener el cuidado de hacer consideraciones razonables de las caídas de presión en el sistema. Caídas de presión excesivas pueden ser detectadas aplicando los principios de la relación P-T. Por ejemplo, en la Figura 2, con manómetros instalados solamente en la succión y descarga del compresor y con las lecturas que se indican, una caída de presión excesiva en el evaporador sería indicada por una alta temperatura de, digamos, 10°C, medida en la entrada del evaporador, que correspondería a una presión de aproximadamente 47 psi en ese punto, para una caída de presión de 29 psi desde la entrada del evaporador a la entrada del compresor (47 menos 18).

Mientras que esta caída se considera excesiva en evaporadores de un solo circuito, debe recordarse que los evaporadores multi-circuito usan un distribuidor de refrigerante que crea una caída de presión significativa. Para R-12, la caída de presión en el distribuidor es cerca de 25 psi. Para R-22 es 35 psi. Esto significa que con el uso de un distribuidor de refrigerante, una temperatura medida entre la salida de la válvula de expansión termostática y la entrada del distribuidor de aproximadamente 10°C sería normal en el sistema ilustrado en la figura 2.

VERIFICANDO LOS GASES NO-CONDENSABLES

La relación P-T puede ser útil para descubrir la presencia de aire u otros gases no-condensables en el sistema.

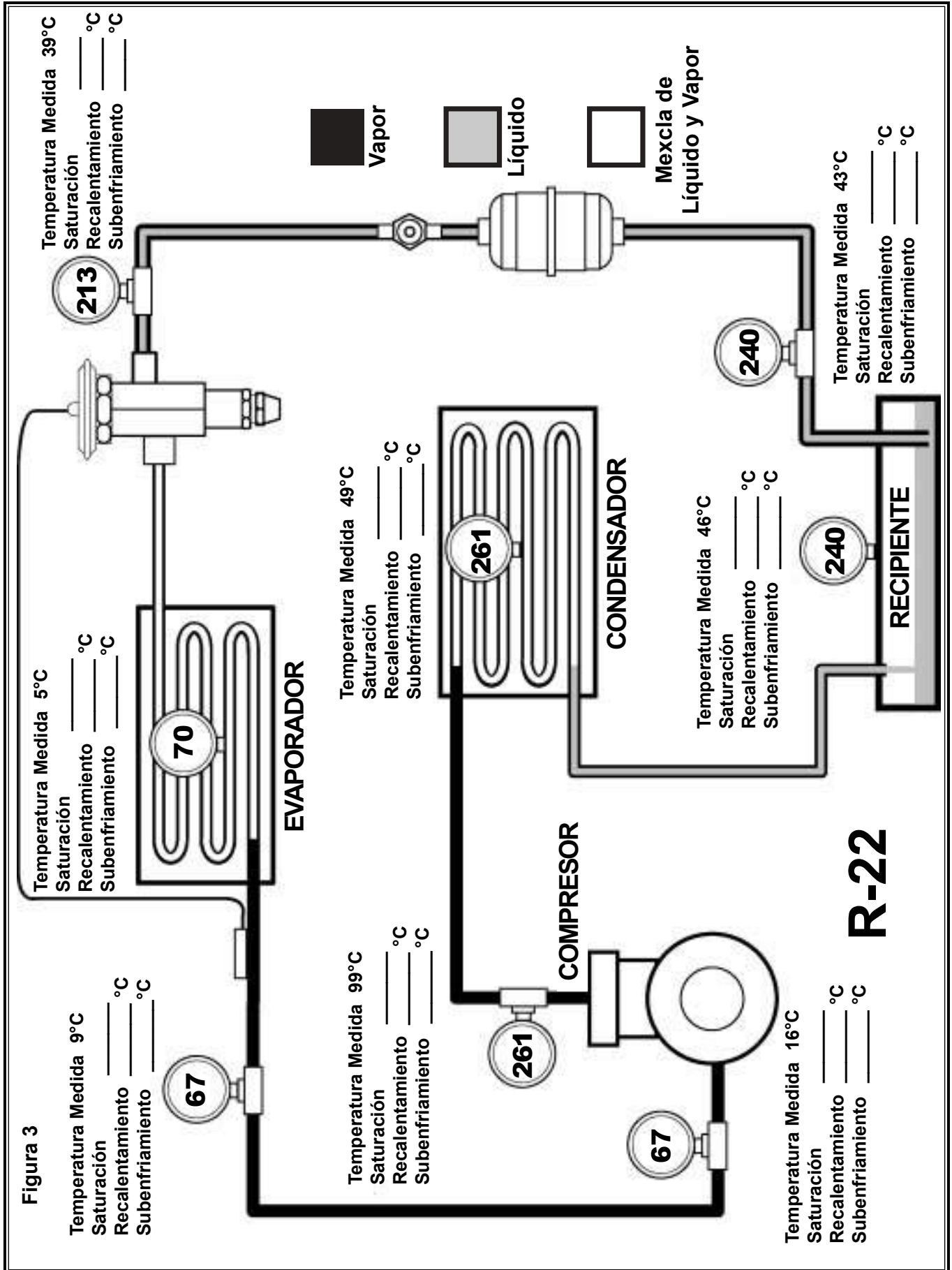
Estos se ponen de manifiesto cuando la temperatura en el condensador o en el medio que lo enfría, es mucho menor que la que indica la relación P-T.

PRUEBE SUS CONOCIMIENTOS DE LA RELACION P-T

La figura 3 es un ejercicio para probar sus conocimientos de la relación P-T y su uso. Se muestran la presión y temperatura en varios lugares en el sistema. Ponga una marca a la caja que indica la condición del refrigerante en cada punto. En el caso de vapor recalentado o líquido subenfriado, indique la cantidad en el espacio mostrado.

Vacio- Pulgadas de HG		SPORLAN		SPORLAN		Presión manométrica-psig									
Itálica		Negrita		Negrita		Negrita									
TEMPE- RATURA °C	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)		REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)		TEMPE- RATURA °C	REFRIGERANTE (CÓDIGO SPORLAN)									
	R-22(V)	R-410(Z)	R-407C(N)	R-12(F)		R-134a(J)	R-22(V)	R-410(AZ)							
-50	10.9	0.4	15.1	18.3	21.1	36.8	68.6	30.9	17.1	14.4	136.8	225.2	155.7	79.7	81.8
-48	8.9	2.1	13.4	17.1	20.0	38.6	71.5	32.6	18.2	15.5	140.8	231.6	160.3	82.3	84.7
-46	6.7	3.9	11.5	15.8	18.9	40.5	74.6	34.4	19.4	16.8	145.0	238.1	165.0	84.9	87.7
-44	4.3	5.8	9.5	14.3	17.6	42.5	77.7	36.3	20.6	18.0	149.3	244.8	169.9	87.6	90.7
-42	1.7	7.9	7.2	12.7	16.2	44.4	80.8	38.2	21.8	19.3	153.8	251.5	174.8	90.4	93.8
-40	0.5	10.1	4.8	11.0	14.7	46.5	84.1	40.2	23.1	20.6	158.2	258.5	179.8	93.2	97.0
-39	1.3	11.3	3.5	10.1	13.9	48.6	87.4	42.2	24.4	22.0	162.8	265.5	184.9	96.0	100.2
-38	2.0	12.5	2.2	9.1	13.0	50.8	90.8	44.2	25.8	23.4	167.4	272.7	190.2	98.9	103.6
-37	2.8	13.7	1.8	8.2	12.1	53.0	94.3	46.4	27.1	24.8	172.1	280.0	195.5	101.9	106.9
-36	3.6	15.1	1.0	7.1	11.2	55.2	97.9	48.6	28.6	26.3	177.0	287.5	200.9	105.0	110.4
-35	4.5	16.5	1.8	6.1	10.3	57.5	101.6	50.9	30.0	27.8	181.9	295.1	206.4	108.0	113.9
-34	5.3	17.9	2.6	5.0	9.3	59.9	105.3	53.1	31.5	29.3	186.9	302.8	212.0	111.2	117.6
-33	6.2	19.3	3.4	3.9	8.2	62.4	109.1	55.6	33.0	30.9	192.0	310.7	217.8	114.4	121.2
-32	7.1	20.8	4.3	2.7	7.2	64.9	113.1	58.0	34.6	32.6	197.2	318.7	223.6	117.6	125.0
-31	8.1	22.4	5.2	1.5	6.1	67.4	117.1	60.5	36.2	34.3	202.3	326.9	229.5	121.0	128.8
-30	9.1	24.0	6.1	0.2	4.9	70.0	121.2	63.1	37.8	36.0	207.8	335.2	235.6	124.4	132.7
-29	10.1	25.7	7.0	0.48	3.7	72.7	125.5	65.8	39.5	37.8	213.3	343.7	241.7	127.8	136.7
-28	11.2	27.4	8.0	1.14	2.4	75.5	129.8	68.5	41.2	39.6	218.9	352.4	248.0	131.3	140.8
-27	12.2	29.2	9.0	1.81	1.1	78.3	134.2	71.3	43.0	41.5	224.5	361.2	254.4	134.9	144.9
-26	13.4	31.0	9.0	2.51	0.1	81.2	138.7	74.1	44.8	43.5	230.3	370.3	260.9	138.5	149.2
-25	14.5	32.9	10.1	3.2	0.8	84.1	143.3	77.1	46.6	45.4	236.2	379.3	267.5	142.2	153.5
-24	15.7	34.8	11.2	4.0	1.5	87.1	148.0	99.8	48.5	47.5	242.2	388.6	274.2	146.0	157.9
-23	17.0	36.8	12.3	4.7	2.2	90.2	152.8	103.2	50.4	49.6	248.3	398.0	281.0	149.8	162.4
-22	18.2	38.8	13.5	5.5	3.0	93.3	157.7	106.8	52.4	51.7	254.5	407.7	288.0	153.7	167.0
-21	19.5	41.0	14.7	6.3	3.8	96.5	162.7	110.4	54.4	53.9	260.8	417.5	295.0	157.7	171.7
-20	20.9	43.1	15.9	7.2	4.6	99.8	167.8	114.1	56.5	56.1	267.2	427.4	302.2	161.7	176.4
-19	22.3	45.4	17.2	8.0	5.4	103.2	173.0	117.9	58.6	58.4	273.7	437.6	309.5	165.9	181.3
-18	23.6	47.7	18.6	8.9	6.3	106.6	178.4	121.7	60.7	60.8	280.3	447.9	317.0	170.0	186.2
-17	25.1	50.1	19.9	9.8	7.2	110.1	183.8	125.7	62.9	63.2	287.1	458.5	324.5	174.3	191.2
-16	26.6	52.5	21.4	10.8	8.1	113.7	189.4	129.7	65.2	65.7	293.9	469.2	332.2	178.6	196.4
-15	28.2	55.0	22.8	11.8	9.1	117.3	195.1	133.8	67.5	68.2	300.9	480.1	340.0	183.0	201.6
-14	29.8	57.6	24.3	12.8	10.1	121.1	200.8	138.0	69.8	70.8	308.0	491.2	347.9	187.4	206.9
-13	31.5	60.2	25.9	13.8	11.1	124.9	206.8	142.3	72.2	73.5	315.2	502.5	356.0	192.0	212.3
-12	33.2	63.0	27.5	14.8	12.2	128.8	212.8	146.7	74.6	76.2	322.5	514.0	364.2	196.6	217.8
-11	35.0	65.7	29.1	15.9	13.3	132.7	218.9	151.1	77.1	79.0	329.9	525.7	372.5	201.3	223.4

Para determinar Subenfriamiento para R-407C use los valores de PUNTO DE EBULLICION (temperaturas mayores que 10°C - Fondo Gris);
 Para determinar Recalentamiento para R-407C use los valores de PUNTO DE ROCIO(temperaturas de 10°C y menores).



ACAL

Your Source For Quality Components

**ACAL plc
HEAD OFFICE
Peter Hogan**

Acal House ~ Guildford Road
Lightwater ~ Surrey GU18 5SA
United Kingdom
Tel: (44) 1 27 647 4406
Fax:(44) 1 27 647 4835
E-mail: phogan@acalplc.co.uk

International Sales Headquarters
(excluding Europe & Japan)

**AUSTRALIA OFFICE
John Bennett**

13 Boundary Road, Harkaway
Victoria Australia 3806
Tel: (65) 39 796 9546
Fax:(65) 39 796 9547
E-mail: johnbennett@bigpond.com

**CHINA OFFICE
Zhu Gao De**

Rm.402, No.137, Mei Long Yi Cun
Shanghai 200237, P.R. of China
Tel: (86) 21 6454 8822
Fax:(86) 21 6454 0974
E-mail: zhugaode@public6.sta.net.cn

**ACAL NEW YORK INC
Helen Rosalia**

10 Cutter Mill Road, Suite 203
Great Neck, New York 11021
Tel: (1) 516 487 9870
Fax:(1) 516 487 9342
E-mail: acal@acalny.com

**BRAZIL OFFICE
Hugo Dalla Zanna**

Rua Peru, 130CEP 13566-620
Sao Carlos, SP, Brazil
Tel: (55) 16 261 1305
Fax:(55) 16 261 2729
E-mail: acalnybr@linkway.com.br

**FLORIDA OFFICE
Mike Rivera**

11533 N.W. 49th. Court
Coral Springs, Florida 33076
Tel: (1) 954 345 8278
Fax:(1) 954 255 6468
E-mail: merredvc@worldnet.att.net



**INDIA OFFICE
Joe Thomas**

39/5145 - Panampilly Nagar
Cochin - 682036, India
Tel: (91) 484 31 0082
Fax:(91) 484 31 0006
E-mail: acal@md2.vsnl.net.in

**SINGAPORE OFFICE
Tony Koh**

Tampines Central
P.O. Box 400, Singapore 915214
Tel: (65) 546 5461
Fax:(65) 546 5462
E-mail: tonykoh@pacific.net.sg

**FRANCE OFFICE
ACAL S.A
Eliane Emerit**

Zone d'Activite des Marais
1 Avenue Louison Bobet BP 64
94122 Fontenay-Sous-Bois, Cedex, France
Tel: (33) 1 4514 7300
Fax:(33) 1 4877 6230
E-mail: acr@acal.fr

European Sales Headquarters
(excluding France, Germany, & Italy)

**ACAL AURIEMA LIMITED
Angus Macintosh**

442 Bath Road
Slough, Berkshire SL1 6BB
England
Tel: (44) 1 62 860 4353
Fax:(44) 1 62 866 9358
E-mail: ref@acal-auriema.co.uk

**ITALY OFFICE
ACAL ITALIA SRL
Alberto Bucciatti**

Viale Milanofiori, Palazzo E1
20090 Assago, (Milano), Italy
Tel: (39) 02 824 2112
Fax:(39) 02 575 1176 1
E-mail: info@acalitalia.it

GERMANY OFFICE

**ACAL GMBH
Elke Villhauer**

Fischeracker 2
74223 Flein/Heilbronn, Germany
Tel: (49) 7 131 5810
Fax:(49) 7 131 5812 90
E-mail: e.villhauer@acal.de

La figura 3 es un ejercicio para probar sus conocimientos de la relación P-T y su uso. Se muestran la presión y temperatura en varios lugares en el sistema. Ponga una marca a la caja que indica la condición del refrigerante en cada punto. En el caso de vapor recalentado o líquido subenfriado, indique la cantidad en el espacio mostrado.