

“SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DEL AUTOMÓVIL”



C.I.F.P. Politécnico de Santiago

Avda. Rosalía de Castro nº133 15706 Santiago de Compostela.

Pedro Álvarez.

CONTENIDOS

TEMA 1: RD 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan.	3
1. RESUMEN DE LOS ASPECTOS MÁS DESTACADOS DE ESTE R.D. PARA EL SECTOR DE LA CLIMATIZACIÓN.	3
2. OBJETO.	4
3. APLICACIÓN.	4
4. ASPECTOS RELEVANTES DEL R.D. 115/2017, EN RELACIÓN CON EL ANTERIOR R.D. 795/2010.	4
5. DISPOSICIONES ADICIONALES.	10
TEMA 2: Derogación del RD 795/2010 y entrada en vigor del RD 517/2014.	12
1. MODIFICACIONES.	12
a) Control de fugas.	12
b) Límite de los pesos de los gases.	13
c) Obligaciones del contratista (instalador).	14
d) Artículo 4. - Control de fugas	14
e) Artículo 5. - Sistemas de detección de fugas	15
f) Artículo 6: Registros	15
g) Reducción de la cantidad de hidrofluorocarburos comercializados.	16
2. ASIGNACIÓN DE CUOTAS DE COMERCIALIZACIÓN DE HFC.	17
3. REGISTRO.	17
TEMA 3: Análisis de la función de los componentes de los circuitos de expansión seca o bien inundados. (Válvula de expansión termostática o tubo O.T.) y estudio del funcionamiento y principales diferencias entre los distintos sistemas.	19
1. CIRCUITO CON VÁLVULA DE EXPANSIÓN (SISTEMAS DE EVAPORACIÓN DE LÍQUIDO)	19
2. CIRCUITO CON ESTRANGULADOR (SISTEMAS DE INUNDACIÓN DE LÍQUIDO)	21
3. SENSOR DE PRESIÓN ELECTRÓNICO.	23
A) FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISOR:	24
B) TEST DEL SENSOR PRESIÓN PWM	26

TEMA 4: Termocontrol en vehículos híbridos.	28
1. CLIMATIZACIÓN DEL HABITÁCULO.	28
2. EL COMPRESOR DE ALTO VOLTAJE.	29
3. GESTIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA BATERÍA.	31
TEMA 5: HFO – 1234yf. Una solución verde para un reto global.	35
1. INTRODUCCIÓN.	35
2. MEJOR PARA EL MEDIO AMBIENTE.	35
3. SEGURIDAD VERIFICADA.	35
4. EXTREMADAMENTE COMPATIBLE Y FÁCIL DE UTILIZAR.	36
5. TABLA DE PRESIÓN/TEMPERATURA.	36
6. PROPIEDADES FÍSICAS DE HFO – 1234YF.	37
7. TOXICIDAD E INFLAMABILIDAD.	37
8. DETENCIÓN DE FUGAS.	38
9. COMPATIBILIDAD CON PLÁSTICOS Y ELASTÓMEROS.	38
10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO A GRANEL Y EN CILINDROS.	39
11. OTRAS APLICACIONES DE REFRIGERACIÓN Y. AIRE ACONDICIONADO.	40
12. FÁCIL MANTENIMIENTO.	40
13. SOLUBILIDAD DE AGUA EN HFO – 1234YF.	41
14. LUBRICANTES.	41
TEMA 6: Diagrama de Mollier.	42
1. EL CICLO FRIGORÍFICO.	51

TEMA 1: RD 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan.

1. RESUMEN DE LOS ASPECTOS MÁS DESTACADOS DE ESTE R.D. PARA EL SECTOR DE LA CLIMATIZACIÓN.

El objetivo de la regulación relativa a los gases fluorados es controlar la contribución de sus emisiones al cambio climático debido, por un lado a su Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO) y por otro a su Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA). Las dos normas europeas que regulan actualmente esta materia son:

- **Reglamento 1005/2009**, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (CFC – Clorofluorocarburos y HCFC – Hidroclorofluorocarburos).
- **Reglamento 517/2014**, sobre los gases fluorados de efecto invernadero (HFC – Hidrofluorocarburos, etc.), que deroga el Reglamento 842/2006.

El Reglamento 1005/2009 especifica la necesidad de que el personal que utilice estas sustancias disponga de la cualificación necesaria. El Reglamento 517/2015 va mucho más allá recogiendo un ambicioso programa de certificación del personal involucrado en la instalación, mantenimiento, control de fugas y recuperación de sistemas frigoríficos fijos y móviles, así como estableciendo una disminución gradual de los gases fluorados de efecto invernadero, lo que lleva al uso de refrigerantes con bajo PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico), como es el caso del R32 y de las HFO (Hidrofluorolefinas). A pesar de que estos requerimientos ya son obligatorios al derivar de reglamentos europeos, para la mejor aplicación en España de algunos de ellos se ha considerado oportuno desarrollar una norma interna a través del Real Decreto 115/2017, cuya finalidad es evitar las emisiones a la atmósfera y dar cumplimiento a la normativa europea.

R.D. 115/2017 deroga al R.D. 795/2010 sobre comercialización y manipulación de GF

2. OBJETO.

- Regular la distribución y puesta en el mercado de gases fluorados, así como su manipulación y la de los equipos basados en su empleo a efectos del control de fugas o emisiones y de su desmontaje y recuperación de los gases.
- Establecer los procedimientos de certificación del personal que realiza determinadas actividades.
- Establecer requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, con el fin de evitar la emisión de gases fluorados.
- Modificar el Real Decreto 138/2011, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias, para incluir ciertos aspectos del Reglamento 517/2014.

3. APLICACIÓN.

Distribuidores de gases fluorados y de equipos y productos basados en ellos, así como al personal que realice ciertas actividades relacionadas con estos gases, a los titulares de los distintos tipos de instalaciones, a los comercializadores y a las empresas instaladoras y mantenedoras.

4. ASPECTOS RELEVANTES DEL R.D. 115/2017, EN RELACIÓN CON EL ANTERIOR R.D. 795/2010.

Artículo 2. Definiciones.

En la definición de empresas habilitadas se incluyen las contempladas en la anterior normativa y aquellas facultadas para la instalación y el mantenimiento de instaladores eléctricos de alta tensión.

Asimismo se incluyen algunas otras definiciones como las correspondientes a: Aplicaciones o aparatos fijos; Aplicaciones o aparatos no fijos; Desmontaje y Reparación.

Artículo 3. Actividades restringidas a personal en posesión de la certificación exigida.

Apartados 1 a 6: Estos apartados recogen las actividades que puede realizar el personal, dependiendo del tipo de certificación que posea.

Respecto a los apartados 1, 2 y 4 hay que destacar que en este nuevo Real Decreto, en relación con el personal habilitado para la manipulación de cualquier carga, así como a los de carga inferior a 3 kg de gases fluorados y a los de sistemas de protección contra incendios que empleen gases fluorados, les permite, además de la instalación, el mantenimiento y la manipulación de contenedores, el DESMONTAJE.

Apartado 8: En relación con la certificación exigida a los profesionales, amplía a todo tipo de actividades recogidas en los apartados 1 a 6 del citado artículo 3, la exigencia de que los certificados no habilitan por sí solos para la realización de dichas actividades sino que éstas deben ser ejercidas en el seno de una empresa habilitada.

Apartado 10: Los centros formativos pondrán a disposición del personal ya certificado que desee actualizar sus conocimientos, cursos adaptados de formación.

Artículo 5. Procedimiento para la expedición de certificaciones.

Establece el procedimiento para expedir las oportunas certificaciones. Este nuevo R.D. incorpora en el apartado 6 de este artículo la Disposición Transitoria Tercera del anterior R.D., relativa a que en los casos en los que se necesite acreditar experiencia laboral se exigirá demostrar fehacientemente la experiencia declarada, mediante la presentación de documentación que refleje que el trabajador realizaba las funciones con gases fluorados objeto de la certificación, como por ejemplo: contratos de trabajo, certificados de empresa, boletines de cotización a la Seguridad Social, etc.

Artículo 7. Registro y Acceso Único.

Además de para el **Registro de Certificados Expedidos ya existente**, las Comunidades Autónomas designarán un órgano competente para dos registros más:

- Registro de Centros formativos y evaluadores
- Registro de Cesiones y ventas entre distribuidores y empresas habilitadas.

El Mº de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente con la colaboración de las CCAA, constituirá un registro unificado que se nutrirá automáticamente de los registros de las Comunidades Autónomas. Este registro constará de 3 secciones:

- Sección de certificados expedidos
- Sección de centros formativos y evaluadores
- Sección de cesiones y ventas entre distribuidores y empresas habilitadas.

Artículo 9. Obligaciones específicas relativas a la distribución, comercialización y titularidad de los fluidos y equipos basados en ellos.

Los distribuidores de gases fluorados, además de ceder o vender a empresas habilitadas o fabricantes de equipos basados en dichos fluidos, también puedan cederlos o venderlos a los centros de investigación de las universidades y a los centros formativos y evaluadores (Apartado 3).

Asimismo, este artículo incorpora que las empresas habilitadas deberán realizar la oportuna comunicación al órgano competente de su Comunidad Autónoma del inicio de su actividad como *productor de residuos* (Apartado 5).

El apartado 8 de este artículo desarrolla lo establecido en el Reglamento 517/2014, sobre la **obligatoriedad de que los aparatos o equipos precargados de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor que no estén herméticamente sellados y que estén cargados con gases fluorados de efecto invernadero solo podrán venderse al usuario final cuando se aporten pruebas de que la instalación será realizada por una empresa habilitada.**

Para ello el comercializador del aparato deberá informar de esta obligación legal al comprador a través del documento que figura en el **Anexo VI, parte A*** y podrá facilitar un listado de empresas habilitadas o bien registros electrónicos o bases de datos existentes que recojan las empresas habilitadas.

Además el comercializador entregará al comprador dos ejemplares del documento que aparece en el **Anexo VI, parte B*** del nuevo R.D. 115/2017. En el plazo máximo de 1 año, el comprador del equipo deberá remitir al comercializador un ejemplar del citado documento (*parte B*), en el que se acredite la instalación por parte de una empresa habilitada con personal certificado para ese tipo de instalación.

El comprador conservará su ejemplar de la **parte B** durante 5 años.

El comercializador deberá informar anualmente, a partir de enero de 2018, al órgano competente de la Comunidad Autónoma sobre aquellos compradores que no

hayan remitido el oportuno documento. El comercializador deberá conservar a disposición de las autoridades competentes tanto el modelo de la **parte A firmado**, como el ejemplar para el comercializador de la **parte B**.

El incumplimiento de estas obligaciones será sancionado, en base a lo previsto en el capítulo VII de la Ley 34/2007 de calidad del aire y de protección de la atmósfera.

****Los documentos A y B se incluyen a continuación.***

ANEXO VI

Documentos en el caso de comercialización de equipos no herméticamente sellados que contengan gases fluorados

PARTE A)

DECLARACIÓN DEL COMERCIALIZADOR DE EQUIPOS NO HERMETICAMENTE SELLADOS Y CARGADOS CON GASES FLUORADOS DE EFECTO INVERNADERO QUE REQUIEREN SER INSTALADOS POR EMPRESAS HABILITADAS CON PERSONAL CERTIFICADO PARA SU INSTALACIÓN.

DATOS DEL COMPRADOR DEL EQUIPO

Nombre y apellidos/ Razón social		NIF/DNI	
Domicilio			
CP		Localidad	
		Provincia	

DATOS DEL EQUIPO

Marca	
Modelo	
Número de serie	
Cantidad y tipo de gas	

DECLARACIÓN

Declaro que he informado al comprador de un equipo no herméticamente sellado y cargado con gases fluorados de la obligación de que la instalación de este equipo se lleve a cabo por parte de una empresa habilitada con personal certificado para su instalación conforme al Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, y el Reglamento (UE) 517/2014, sobre gases fluorados de efecto invernadero así como su obligación de remitirme en un plazo de un año declaración acreditativa del cumplimiento de este requisito legal.

Asimismo, se le ha informado al comprador las responsabilidades que se derivarán en caso de incumplimiento de esta obligación legal

En a de de

Firma del comercializador del equipo

Firma del comprador del equipo

PARTE B)

DECLARACIÓN DEL COMPRADOR DE EQUIPOS NO HERMETICAMENTE SELLADOS Y CARGADOS CON GASES FLUORADOS DE EFECTO INVERNADERO QUE REQUIEREN SER INSTALADOS POR EMPRESAS HABILITADAS CON PERSONAL CERTIFICADO PARA SU INSTALACIÓN.

DATOS DE LA INSTALACIÓN

Titular de la Instalación		NIF/DNI	
Domicilio			
CP:	Localidad	Provincia	

DATOS DEL EQUIPO INSTALADO

Marca	
Modelo	
Número de serie	
Cantidad y tipo de gas	

EMPRESA INSTALADORA HABILITADA

Nombre:	CIF:
Domicilio:	
Nº Registro empresa:	
Expedido por (Indicar Comunidad Autónoma):	

INSTALADOR CERTIFICADO Y TIPO DE CERTIFICADO DE MANIPULADOR DE G.F.

Nombre:	
Número de registro:	
Expedido por (Indicar Comunidad Autónoma):	
Tipo de Certificación (Mayor o Menor de 3 kg de carga)	

OBSERVACIONES:

DECLARACIÓN

Declaro que la instalación de este equipo y, en su caso, el desmontaje del equipo existente, se ha llevado a cabo por parte de una empresa habilitada con personal certificado para su instalación conforme al Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, y el Reglamento (UE) 517/2014, sobre gases fluorados de efecto invernadero.

Asimismo, declaro ser consciente de las responsabilidades que derivan en caso de incumplimiento de esta obligación legal.

En a de de

Firma del Titular del Equipo a Instalar

Firma del instalador certificado y

Sello de la empresa

Esta declaración se remitirá a la empresa comercializadora en un plazo máximo de UN AÑO desde la compra del aparato por vía telemática o correo certificado.

En relación, igualmente, con el artículo 9, el apartado 12 contempla que los importadores de equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor cargados con HFCs, que los comercialicen por primera vez en el mercado europeo, deberán tener **autorización de cuota o delegación de la misma** según se establece en el Reglamento 517/2014.

Los artículos que no se mencionan en este resumen no sufren modificaciones sustanciales respecto al anterior R.D. o no son de especial relevancia para el sector de la climatización.

5. DISPOSICIONES ADICIONALES.

Disposición Adicional Décima. Modificación de los títulos y certificados de profesionalidad

Los profesionales que dispongan del certificado de manipulación de equipos con cualquier carga, así como los que dispongan del certificado de manipulación de equipos con sistemas frigoríficos de carga inferior a 3 kg de gases fluorados deberán, en un plazo de 4 años, realizar formación complementaria sobre tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos.

Disposición Transitoria Única. Validez de certificados existentes

Todos los certificados de empresas y de formación existentes expedidos al amparo del Real Decreto 795/2010 mantendrán su validez, sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 115/2017 respecto a la formación complementaria sobre tecnologías alternativas para sustituir o reducir el uso de gases fluorados de efecto invernadero y la manera segura de manipularlos.

Disposición Final Primera. Modificación del Real Decreto 138/2011 por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

Se modifica la IF-06 (punto 4.3) del citado Reglamento en relación con que las instalaciones que empleen refrigerantes fluorados deben contar con sistemas de detección de fugas en cada sistema frigorífico que contenga fluorados de efecto invernadero en cantidad de 500 toneladas equivalentes de CO₂ o más.

Se modifica la IF-17, (2.3, apartado 22 y 2.5.2) en relación con las cantidades a partir de las cuales es obligatorio contar con sistemas de detección de fugas y en relación con la periodicidad de las revisiones.

ENTRADA EN VIGOR: 19 de Febrero de 2017.

Texto completo del R.D. 115/2017:

<https://www.boe.es/boe/dias/2017/02/18/pdfs/BOE-A-2017-1679.pdf>

TEMA 2: Derogación del RD 795/2010 y entrada en vigor del RD 517/2014.

El RD 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero, es el Reglamento Europeo para el cumplimiento obligado de revisiones periódicas de fugas de gases de efecto invernadero en equipos con circuito de refrigeración, para evitar emisiones de gases fluorados de efecto invernadero.

Este reglamento anula el anterior reglamento (CE) N° 842/2006, entra en vigor el 9 de junio de 2014 y será de obligado cumplimiento a partir del 1 de enero de 2015. Esto implica la modificación del R.D. 795/2010 de gases fluorados de efecto invernadero vigente en España.

A partir del 1 de enero de 2016 se deberán revisar sistemáticamente todos los equipos que contengan en su interior gas refrigerante, que dependiendo del tipo que sea y de su carga se determinará, aplicando una fórmula, cuantas veces se ha de revisar los equipos por año (una o dos).

Esta inspección ha de ser realizada únicamente por empresas acreditadas por industria, con el certificado de empresa instaladora y mantenedora de equipos de refrigeración.

El presente reglamento tiene por objeto proteger el medio ambiente mediante la reducción de las emisiones de gases fluorados de efecto invernadero (GFEI), para ello:

- a) Establece normas sobre contención, uso, recuperación y destrucción de gases fluorados de efecto invernadero.
- b) Establece condiciones a la comercialización de productos y aparatos específicos que contengan gases fluorados de efecto invernadero o cuyo funcionamiento dependa de ellos.
- c) Establece condiciones a usos específicos de gases fluorados de efecto invernadero.
- d) Fija límites cuantitativos para la comercialización de hidrofluorocarburos (HFC).

1. MODIFICACIONES.

A) CONTROL DE FUGAS.

En lo referente al **control de fugas**, éstas deben prevenirse y cuando se detectan es obligatorio repararlas, debe hacerse sin dilaciones indebidas.

B) LÍMITE DE LOS PESOS DE LOS GASES.

Se sustituye los **límites de los pesos** de los gases fluorados por límites de toneladas equivalentes de CO₂. Según la siguiente conversión:

- 3 kg. equivalen a 5 T de CO₂ (5 T de CO₂e)
- 30 kg. Equivalen a 50 T de CO₂ e
- 300 kg. Equivalen a 500 T de CO₂e

Así, el límite de carga dependerá del PCG del refrigerante del equipo.

Refrigerante	Otro nombre	PCG	5 T CO ₂ equiv.(kg)	10 T CO ₂ equiv. 7 (kg)	50 T CO ₂ equiv. 7 (kg)	500 T CO ₂ equiv. 7 (kg)
23		14.800	0,34	0,68*	3,37	33,78
32		675	7,41	14,82	74,07	740,74
134a		1.430	3,50	7,00	34,96	349,65
125		3.500	1,42	2,84*	14,28	142,86
245fa		1.030	4,85	9,71	48,54	485,44
404A		3.922	1,27*	2,54*	12,75	127,49
407A		2.107	2,37*	4,74*	23,73	237,30
407C		1.774	2,82*	5,64*	28,18	281,85
407D		1.627	3,07	6,14	30,73	307,31
407F	PerformaxLT™	1.825	2,74*	5,48*	27,40	273,97
410A		2.088	2,39*	4,78*	23,95	239,46
417A	ISCEON® MO59	2.346	2,13*	4,26*	21,31	213,13
422A	ISCEON® MO79	3.143	1,59*	3,18*	15,91	159,08
422D	ISCEON® MO29	2.729	1,83*	3,66*	18,32	183,22
423A	ISCEON® 39TC™	2.280	2,19*	4,38*	21,93	219,30
424A	RS44	2.440	2,02*	4,04*	20,49	204,92
426A	RS24	1.508	3,32	6,64	33,16	331,56
427A	FX100	2.138	2,34*	4,68*	23,39	233,86
428A	RS52	3.607	1,39*	2,78*	13,86	138,62
434A	RS45	3.245	1,54*	3,08*	15,41	154,08
437A	ISCEON® MO49plus	1.805	2,77*	5,54*	27,70	277,01
438A	ISCEON® MO99	2.265	2,21	4,42*	22,07	220,75
442A	RS50	1.888	2,65	5,30*	26,48	264,83
449A		1.397	3,58*	7,16	35,79	357,91
507		3.985	1,25*	2,51*	12,55	125,47
508A		13.214	0,38*	0,76*	3,78	37,83
508B	Suva95	13.396	0,37*	0,74*	3,73	37,32
-	ISCEON® MO89	3.805	1,31*	2,62*	13,14	131,41

* controles de fugas regulares aplicables solo a partir del 1 de enero de 2017 (ver explicación abajo)

Tabla 1: conversión de los refrigerantes más utilizados

Los nuevos límites tendrán efectos muy importantes en equipos que trabajan con refrigerantes de alto PCG que serán susceptibles de controles regulares de fugas aunque contengan menos de 3 kg. de refrigerante (límite mínimo en el Reglamento 842/2006). Este es el caso de los refrigerantes destacados en **color rojo en la tabla superior**.

C) OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA (INSTALADOR).

Se especifica que los contratistas tanto operarios como empresas tienen que estar certificados para llevar a cabo:

- Instalación
- Mantenimiento
- Puesta en servicio
- Reparación
- Verificación de fugas
- Transporte de gases fluorados
- Desmantelamiento y recuperación de gases fluorados

D) ARTÍCULO 4. - CONTROL DE FUGAS

Los operadores de aparatos (propietarios) que contienen gases fluorados de efecto invernadero en cantidades equivalentes a 5 toneladas de CO₂ o más, no incluidos en espumas velarán porque dichos equipos sean objeto de control de fugas.

Los instaladores deben informar a los titulares (operadores) del control de fugas de los nuevos límites a partir del 1 de enero de 2015.

No se realizará control de fugas hasta el 1 de enero de 2017 a instalaciones con más de 5 T (menos de 3 kg. de gases fluorados de efecto invernadero y menos de 6 kg. de gases fluorados de efecto invernadero en aparatos sellado).

Frecuencia del control de fugas:

- **5 T CO₂ e ≤ carga de GTEF < 50 T CO₂ e**: cada 12 meses y con sistemas de detección de fugas cada 24 meses.
- **50 T CO₂ e ≤ carga de GTEF < 500 T CO₂ e**: cada 6 meses y con detección cada 12 meses.
- **500 T CO₂ e ≥ carga de GTEF**: cada 3 meses y con detección cada 6 meses y es obligatorio el sistema de detección de fugas para aparatos fijos.

El control de fugas también es aplicable a unidades de refrigeración en camiones y remolques frigoríficos.

E) ARTÍCULO 5. - SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS

El sistema de detección de fugas es obligatorio para equipos fijos que contengan GFEI de carga mayor o igual a 500 T de CO₂e y se controlará el buen funcionamiento de este sistema cada 12 meses.

En los aparatos eléctricos o los ciclos Rankine con fluido orgánico, con carga GF mayor o igual a 500 T CO₂e, el sistema de detección de fugas será obligatorio desde el 1 de enero de 2017. Se comprobará el buen funcionamiento del detector de fugas cada 6 meses en aparatos eléctricos.

F) ARTÍCULO 6: REGISTROS

Los operadores (titulares) de aparatos que deban someterse a control de fugas con arreglo al artículo 4, establecerán y mantendrán respecto a cada parte de dichos aparatos un registro que especifique los siguientes datos:

- a) cantidad y tipo de los gases fluorados de efecto invernadero instalados;
- b) las cantidades de gases fluorados de efecto invernadero que se hayan añadido durante la instalación, el mantenimiento o la revisión o que se deban a fugas;
- c) si las cantidades de gases fluorados de efecto invernadero instalados han sido recicladas o regeneradas, incluyendo el nombre y la dirección del centro de reciclado o regeneración y, en su caso, el número de certificado;
- d) la cantidad de gases fluorados de efecto invernadero recuperados;
- e) la identidad de la empresa que haya instalado, revisado, efectuado el mantenimiento y, en su caso, las reparaciones o el desmontaje de los aparatos, incluyendo en su caso el número de su certificado;
- f) las fechas y resultados de los controles que se lleven a cabo con arreglo al artículo 4.
- g) si los aparatos se han desmontado, las medidas tomadas para recuperar y eliminar los gases fluorados de efecto invernadero.

Estos registros pueden tomarse del Reglamento de Frío RD 138/2011, IF-10 o de los registros que desarrollaron alguna comunidad autónoma.

Los titulares de la instalación conservarán los registros de cada equipo al menos 5 años y los tendrán a disposición de la autoridad competente del país previa solicitud. Las empresas de mantenimiento contratadas por los titulares, también conservarán una copia de los registros durante al menos 5 años.

G) REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE HIDROFLUOROCARBUIROS COMERCIALIZADOS.

La comisión velará porque la cantidad de HFC que los productores e importadores tengan derecho a comercializar en la Unión cada año no supere la cantidad máxima establecida para el año en cuestión.

Los productores e importadores velarán porque la cantidad de HFC que cada uno de ellos comercialice, no exceda de la cuota que le haya sido asignada calculada de conformidad con el anexo V del Reglamento.

En el mencionado anexo se establece una reducción gradual, calculada en base a la aplicación de los porcentajes que figuran en la siguiente tabla, a la media anual de la cantidad total comercializada en la Unión durante el periodo comprendido entre 2009 y 2012:

AÑOS	Porcentaje para calcular la cantidad máxima y las cuotas para la comercialización de HFC
2015	100%
2016 - 2017	93%
2018 -2020	63%
2021 - 2023	45%
20124 - 2026	31%
2027 - 2029	24%
2030	21%

La citada reducción no se aplicará a:

- Los productores o importadores de menos de 100 toneladas de CO₂ de HFC al año.
- Los HFC directamente suministrados por un productor o importador a empresas para ser exportados fuera de la Unión, siempre que tales HFC no sean puestos después a disposición de ningún tercero dentro de la Unión, antes de la exportación.

Previa solicitud motivada de una autoridad competente de un Estado miembro, la comisión podrá, con carácter excepcional, autorizar mediante actos de ejecución una exención temporal de hasta cuatro años, para excluir del oportuno requisito de cuota a los

HFC que vayan a utilizarse en aplicaciones específicas, o a categorías específicas de productos y aparatos cuando se haya demostrado que:

- Para esas aplicaciones, productos o aparatos en particular, no se dispone de alternativas o no puede recurrirse a ellas por motivos técnicos o de seguridad.
- No puede asegurarse un suministro suficiente de HFC sin que ello genere cuotas desproporcionadas.

2. ASIGNACIÓN DE CUOTAS DE COMERCIALIZACIÓN DE HFC.

A más tardar el 31 de octubre, la comisión determinará mediante actos de ejecución, respecto a cada productor o importador de HFC que haya notificado datos respecto del reglamento 842/2006 de un valor de referencia basado en la media anual de las cantidades de HFC que el productor o importador haya notificado haber comercializado entre 2009 y 2012.

Los productores e importadores que no hubieran notificado ninguna comercialización con HFC podrán declarar su intención de comercializar HFC en el año siguiente. La declaración debe dirigirse a la Comisión especificando los tipos de HFC y las cantidades que prevé comercializar.

La Comisión publicará un anuncio de la fecha límite para la presentación de esas declaraciones. Antes de presentar una declaración, las empresas se inscribirán en el registro.

3. REGISTRO.

A más tardar el 1 de enero de 2015, la Comisión creará un registro electrónico de cuotas de comercialización de HFC y garantizará su funcionamiento (registro).

La inscripción en el Registro será obligatoria para los productores e importadores de HFC.

Asimismo, y a partir del 1 de enero de 2017, será obligatoria su inscripción para los importadores que comercialicen aparatos precargados, en caso de que los HFC contenidos en ellos no hayan sido comercializados en el mercado de la Unión antes de la carga de dicho aparato. (Artículo 14. Precarga de aparatos con HFC).

Transferencia de cuotas y autorización de utilizar las cuotas para la comercialización de HFC en aparatos importados.

Todo productor o importador al que se le haya asignado una cuota podrá transferir dicha cuota en el oportuno registro, en relación con la totalidad o una parte de las cantidades, a otro productor o importador de la Unión o que esté representado en la Unión por un representante exclusivo.

TEMA 3: Análisis de la función de los componentes de los circuitos de expansión seca o bien inundados. (Válvula de expansión termostática o tubo O.T.) y estudio del funcionamiento y principales diferencias entre los distintos sistemas.

Hay dos tipos básicos de sistemas de aire acondicionado para automóviles.

En el sistema de aire acondicionado de un coche, el fluido refrigerante que se encuentra en el condensador de alta presión es liberado dentro del evaporador, a través de un dispositivo que disminuye su presión.

El tipo de dispositivo que se utilice para ello es la clave de la diferencia entre los dos módulos básicos de sistema de aire acondicionado

1. CIRCUITO CON VÁLVULA DE EXPANSIÓN (SISTEMAS DE EVAPORACIÓN DE LÍQUIDO)

Este circuito está formado por los elementos que aparecen en la figura:

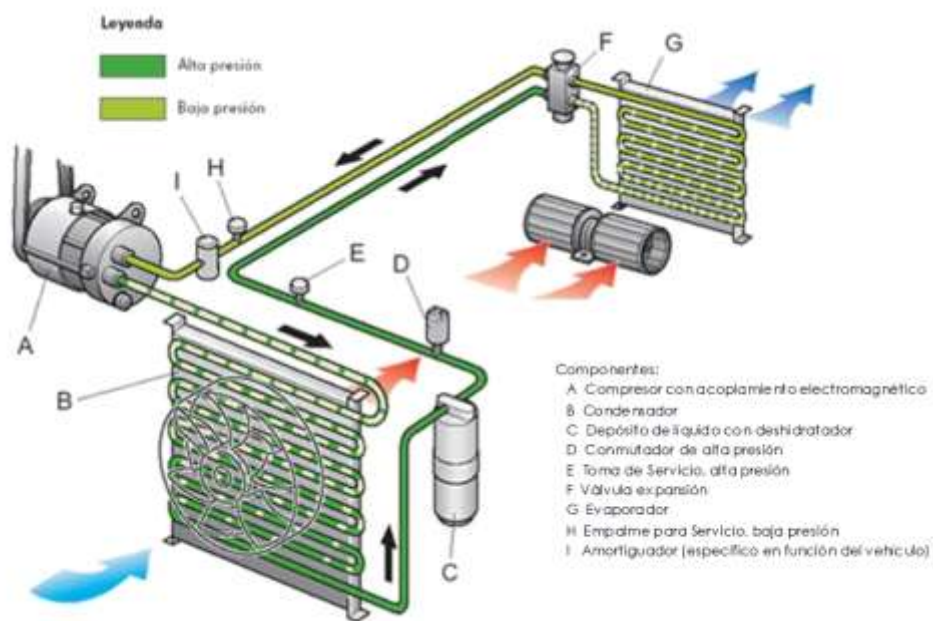


Figura 1: Expansión seca

El compresor aspira el fluido frigorífico en estado de vapor sobrecalentado a baja presión, comprimiéndolo y aumentando su presión. El fluido entra en el compresor a una presión

de 1,2 bares y -1°C aproximadamente. A la salida tiene una presión de 14 bares y 85°C y circula en dirección al condensador.

El condensador se encuentra en el circuito de alta presión y el aire que lo atraviesa procede del exterior del vehículo.

El fluido que transita por el interior del condensador, entra en forma de vapor sobrecalentado, y al pasar a través del flujo de aire cede calor; como consecuencia se produce la condensación del mismo, transformándose en líquido subenfriado.

A modo orientativo, y con valores aproximados, a la salida del condensador el fluido frigorífico tiene una presión de unos 14 bares y 55°C .

El fluido sale del condensador y se dirige hacia el filtro deshidratador. En el filtro deshidratador se eliminan la humedad y las impurezas existentes en el líquido y se evita la formación de burbujas, de forma que el flujo que llega a la válvula de expansión sea totalmente limpio y continuo.

A la salida de la válvula de expansión se produce una rápida evaporación del gas y una bajada de su temperatura debido a una pérdida de presión. A la salida de la válvula de expansión el fluido tiene una presión de 2,5 bares y una temperatura de -10°C , en forma de vapor saturado. A continuación, el fluido frigorífico sale de la válvula de expansión y se dirige hacia el evaporador. En el evaporador se produce el intercambio de calor entre el aire de entrada al habitáculo, impulsado por la turbina de ventilación, y el fluido frigorífico.

El gas sale del evaporador en dirección al compresor a 2,5 bares y 6°C . El fluido frigorífico, en forma de vapor sobrecalentado, circula en dirección al compresor, donde se inicia de nuevo el ciclo de refrigeración.

Con el ciclo completo se consigue absorber calor del habitáculo y expulsarlo al exterior del vehículo, es decir, enfriar la zona del habitáculo.

2. CIRCUITO CON ESTRANGULADOR (SISTEMAS DE INUNDACIÓN DE LÍQUIDO)

Este circuito está formado por los elementos que aparecen en la figura:

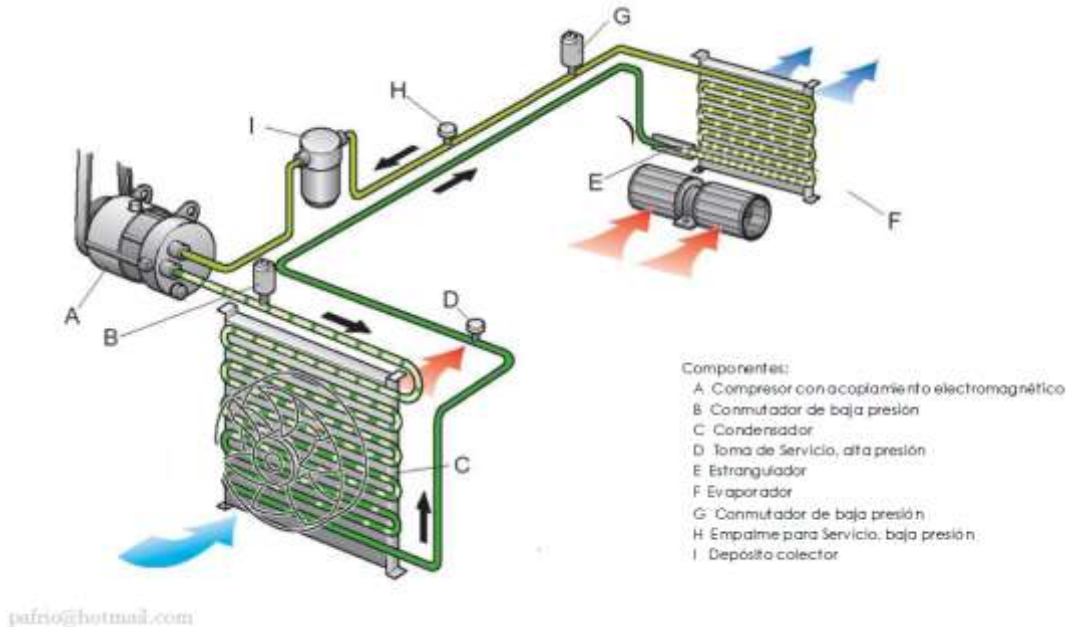


Figura 2: circuito inundado.

Este circuito es muy similar al anterior. De hecho, los componentes, en su mayoría, son los mismos. Las únicas diferencias, como puede apreciarse en la figura 2, son que el filtro deshidratador se sustituye por el depósito colector, que pasa al circuito de baja presión y también se sustituye la válvula de expansión por un tubo de orificio fijo o estrangulador. El estrangulador es un conducto calibrado con el que se permite el paso de una cantidad de fluido determinada.

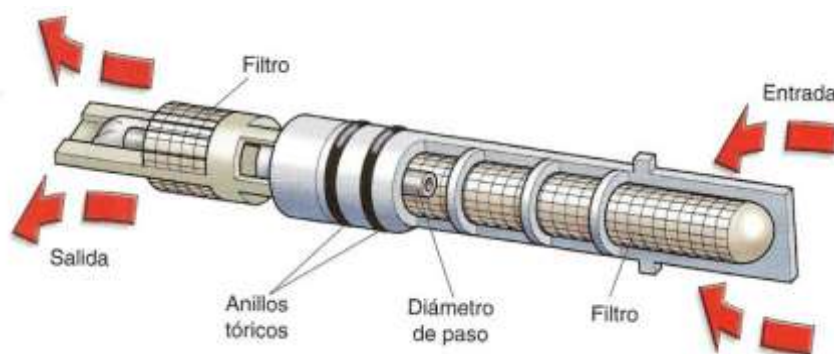


Figura 3: Estrangulador.

En el lado de alta mantiene la presión y, con ello, el estado líquido del fluido. En su interior posee un agujero de paso de sección muy reducida por donde circula el fluido frigorífico; a la salida de la estrangulación el fluido sufre una expansión y, por tanto, desciende la presión a la vez que sufre un enfriamiento considerable. El fluido frigorífico, en su paso por el estrangulador, es pulverizado, de forma que facilita su posterior evaporación (similar a la válvula de expansión).

En los sistemas de aire acondicionado que llevan tubo de orificio fijo (estrangulador) en lugar de válvula de expansión, se sustituye el filtro deshidratador por un depósito colector, similar al anterior pero instalado entre el evaporador y el compresor. Su misión es:

- Retener la humedad.
- Conducir aceite hacia el circuito, junto con el fluido frigorífico.
- Asegurar que el compresor solo aspire fluido en estado gaseoso, debido a que en estado líquido puede provocar daños en el compresor.

El fluido frigorífico entra en el depósito colector en estado gaseoso, se acumula en la parte superior y es aspirado por el compresor; de esta forma se asegura que únicamente aspire fluido en estado gaseoso. En caso de existir humedad, esta es retenida en el secador integrado en el depósito. El aceite para la lubricación del compresor se acumula en el fondo del depósito colector, y es absorbido, a través de un taladro unido a un tamiz filtrante, para evitar la entrada de aceite con impurezas.

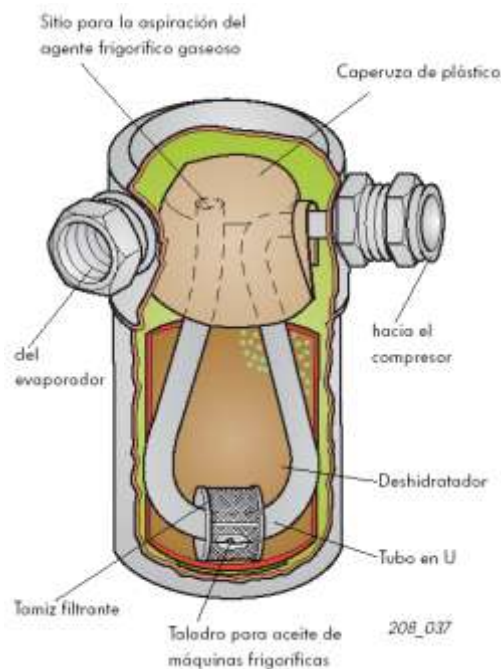


Figura 4: depósito colector.

3. SENSOR DE PRESIÓN ELECTRÓNICO.

Algunos sistemas sustituyen el presostato mecánico de contactos por un sensor de alta presión que, a diferencia del anterior, no solo actúa sobre un valor preestablecido de máxima presión, sino que detecta cualquier valor de presión en el circuito y la transforma en una señal eléctrica que la unidad de control utiliza para el control de la velocidad del ventilador y para la activación del embrague del compresor.



Figura 5: Sensor de presión electrónico.

Su funcionamiento se basa en un microprocesador unido a un cristal de silicio que se deforma en mayor o menor medida al recibir la presión del fluido refrigerante.

Este cristal, alimentado por corriente, varía su resistencia según el grado de su deformación. Esta tensión pasa al microprocesador, que la convierte en una señal modulada. Así, cuanto mayor sea la presión del refrigerante mayor será la deformación del cristal y mayor la resistencia a la tensión aplicada.

Las comprobaciones a realizar en este tipo de sensor son:

- Tensión de alimentación con el circuito funcionando.
- Tensión de la señal de salida (0 - 5 V).
- Visualizar con un osciloscopio la señal de anchura variable.

Con ayuda de las señales se detectan las cargas que supone el climatizador para el motor y se reconocen las condiciones de presión reinantes en el circuito frigorífico.

Con la unidad de control para el ventilador del líquido refrigerante se procede a activar y desactivar el siguiente escalón de velocidad superior para el ventilador y se gestiona la función del acoplamiento electromagnético del compresor.

Es posible adaptar la marcha al ralentí del motor exactamente a la potencia absorbida por el compresor.

Las operaciones activación desactivación de los escalones de velocidad para el ventilador se llevan a cabo de forma decalada, con un breve tiempo de retardo.

De esa forma, apenas si resultan perceptibles las variaciones de régimen del ventilador para líquido refrigerante al funcionar el motor al ralentí, y particularmente en el caso de los motores de potencias inferiores aumentan los niveles de confort.

Aplicaciones de la señal:

- En la unidad de control del motor
- En la unidad de control para el ventilador del líquido refrigerante

Ventajas:

Si la unidad de control para el ventilador del líquido refrigerante no detecta ninguna señal, se encarga de desactivar el compresor por motivos de seguridad.

A) FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISOR:

La tensión de medición se transmite hacia un microprocesador, en el cual se transforma en una señal modulada en anchura de los impulsos (A = anchura del impulso; B = distancia de la señal).

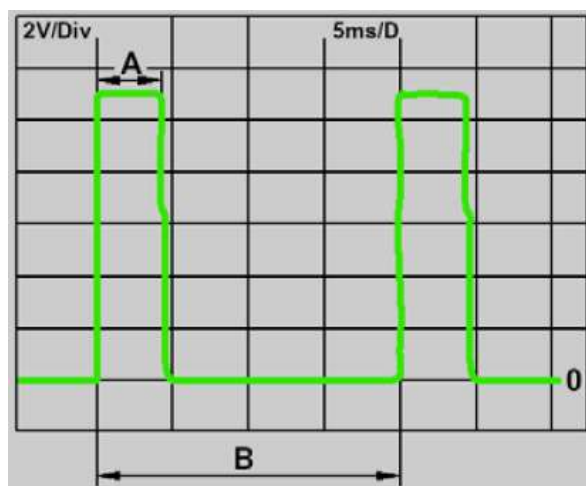


Figura 6: Medición del microprocesador

Habiendo una presión baja, el cristal sólo se “deforma” levemente. De ese modo se opone sólo una baja resistencia eléctrica a la tensión aplicada. La variación de la tensión es leve.

Presión baja

El microprocesador del transmisor de alta presión transmite una reducida anchura de los impulsos al haber una presión baja.

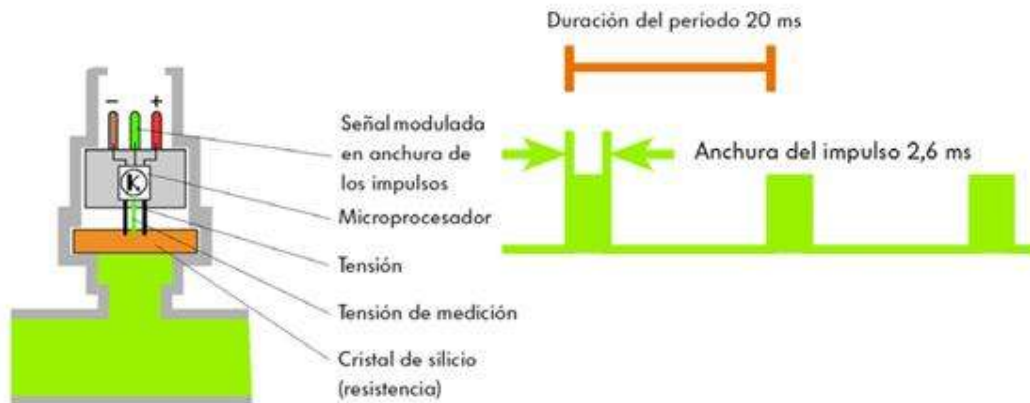


Figura 7: señal del transmisor a presión baja

Las señales de anchura variable se generan con una frecuencia de 50 Hz por segundo. Eso equivale a una duración del período de 20 ms = 100 %.

Habiendo una presión baja de 0,14 MPa (1,4 bares), la anchura de los impulsos es de 2,6 ms.

Esto equivale a un 13 % de la duración del período.

La presión del agente frigorífico se aplica contra un cristal de silicio. Según la intensidad de la presión, el cristal se “deforma” en una mayor o menor medida.

El cristal de silicio está integrado en el sensor, conjuntamente con un microprocesador, y se alimenta con tensión.

El cristal de silicio tiene la propiedad de modificar su resistencia eléctrica en función de su deformación. Según sea el desarrollo de la presión, varía correspondientemente también una tensión.

Presión alta.

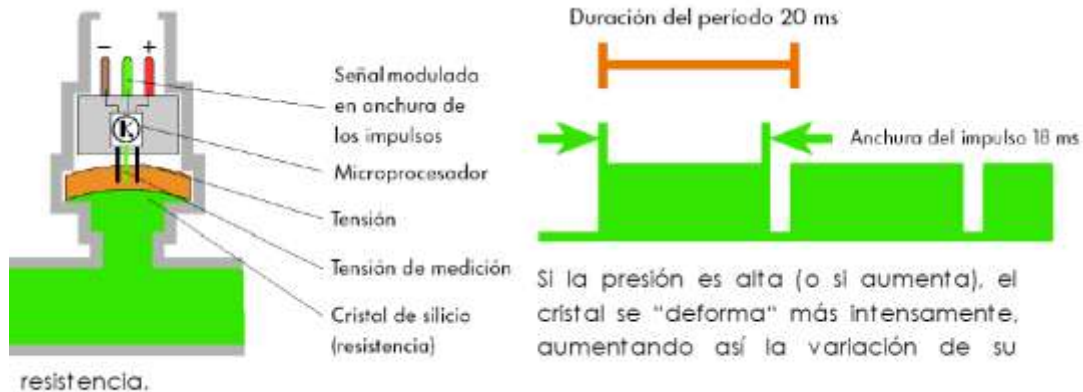


Figura 8: señal del transmisor a presión alta

Si la presión es alta (o si aumenta), el cristal se “deforma” más intensamente, aumentando así la variación de su resistencia.

La tensión de medición se reduce en esa misma proporción.

La anchura de los impulsos aumenta en la misma relación en que aumenta la presión. Al haber una alta presión de 3,7 MPa (37 bars), la anchura de los impulsos es de 18 ms. Esto equivale a un 90 % de la duración del período.

B) TEST DEL SENSOR PRESIÓN PWM

La unidad de control usa esta señal para el reconocimiento de la presión del circuito, en base a la anchura de la señal PWM, según la presión actúa de la siguiente manera.

Cuando la presión es superior a 2bars:

Autoriza a la activación del compresor.

Autoriza a la activación de la primera velocidad del ventilador.

Con la presión mayor de 16 bars y la temperatura del motor es superior a 99 °C:

Autoriza a la activación de la segunda velocidad del ventilador.

Con la presión superior a 32 bars:

Apaga el compresor y reanuda a los 24bar.

Autoriza a la activación de la segunda velocidad del ventilador.

Con sensor de presión defectuoso:

No se autoriza la activación del compresor.

Autoriza a la activación de la segunda velocidad del ventilador.

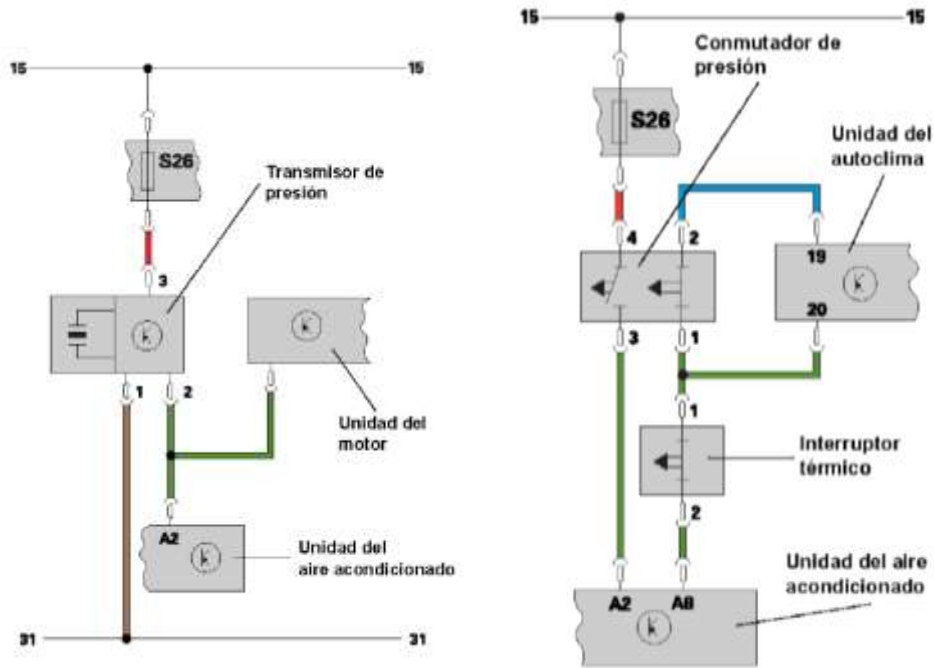


Figura 9.

TEMA 4: Termocontrol en vehículos híbridos.

1. CLIMATIZACIÓN DEL HABITÁCULO.

En los vehículos denominados micro-híbridos por los expertos, que solamente disponen de la función Start-Stop, también se emplean compresores con transmisión por correa. De ahí surge la problemática de que, solo 2 segundos después de parar el vehículo y apagar el motor, sube la temperatura de salida del evaporador del aire acondicionado. A los ocupantes del vehículo les parece molesto que poco a poco aumente la temperatura del aire de salida de la ventilación, así como también que aumente la humedad del aire.

Para solucionar este problema, se pueden emplear en el futuro acumuladores de frío de nuevo desarrollo, los llamados evaporadores acumuladores.

El *evaporador acumulador* se compone de dos bloques: un evaporador y un bloque acumulador. El refrigerante pasa por ambos bloques en la fase de inicio o con el motor en marcha.

Un agente activo latente que se encuentra en el evaporador se irá refrigerando mientras tanto hasta congelarse. Así se convierte en un acumulador de frío.



Figura 10.

En la fase de Stop el motor está apagado y el compresor no se accionará. El aire caliente que fluye por el evaporador se refrigera y se produce un intercambio de calor. Este intercambio dura hasta que el agente activo latente se ha derretido.

Al iniciarse de nuevo la conducción, el proceso empieza de nuevo de modo que, transcurrido un minuto, el evaporador acumulador puede volver a refrigerar el aire.

En los vehículos sin evaporador acumulador y cuando el tiempo es muy caluroso, es necesario tras poco tiempo volver a arrancar el motor de nuevo. Solamente así se puede mantener la refrigeración en el interior.

Como climatización del habitáculo también puede encontrarse, si así se necesita, la calefacción para los ocupantes. En los vehículos totalmente híbridos, el motor de combustión interna se desconecta cuando se pasa a la fase de conducción eléctrica.

El calor que queda en el circuito del agua solo es suficiente para calentar el interior del habitáculo durante poco tiempo. A modo de ayuda, se conectan entonces los elementos calefactores PTC eléctricos, que asumen la función de la calefacción. Su funcionamiento es similar al de un secador de pelo: el aire aspirado por la unidad de ventilación del habitáculo se calienta al pasar por los elementos calefactores y se transmite después al interior.

2. EL COMPRESOR DE ALTO VOLTAJE.

En los vehículos con tecnología completamente híbrida se emplean compresores eléctricos de alto voltaje que no dependen del funcionamiento del motor de combustión interna.

Gracias a este novedoso accionamiento son posibles las funciones que conllevan un mayor confort relacionado con la climatización del vehículo.

Así, es posible refrigerar, a la temperatura deseada, un habitáculo caliente antes de entrar en el vehículo. Esta función puede controlarse con un control remoto.

Esta refrigeración solamente puede efectuarse dependiendo de la capacidad disponible de la batería. El compresor se controla con la menor potencia posible teniendo en cuenta los requisitos necesarios para la climatización.

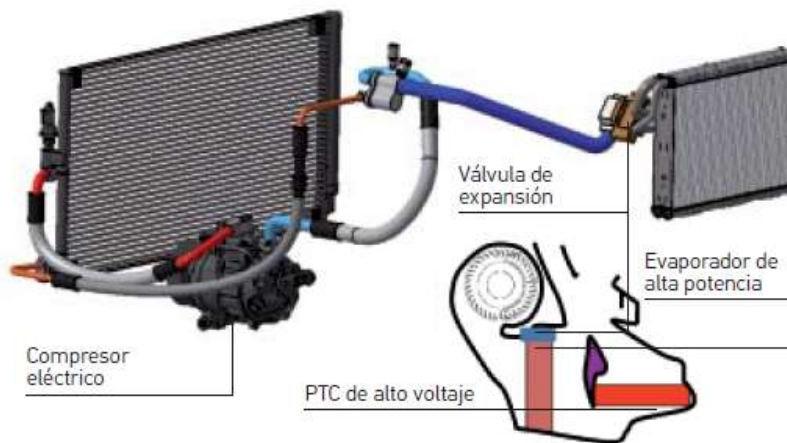


Figura 11.

En los compresores de alto voltaje empleados actualmente, la regulación de la potencia se realiza ajustando el número de revoluciones correspondiente en etapas de 50 min⁻¹. Por ello, no se precisa una regulación interna de la potencia.

En contraposición al principio del disco oscilante, que se utiliza preferentemente en los compresores accionados por correa, en los compresores de alto voltaje se emplea el principio scroll para comprimir el refrigerante. Las ventajas son una reducción del peso de aprox. 20 % y también una reducción similar de la cilindrada para conseguir la misma potencia.

Para generar el par correspondiente para el accionamiento del compresor eléctrico, se utiliza una tensión continua de más de 200 voltios: una tensión muy elevada en este tipo de vehículos.

El inversor integrado en la unidad del motor eléctrico transforma esta tensión continua en la tensión alterna trifásica que precisa el motor eléctrico sin escobilla. Se consiguen la dispersión térmica necesaria del inversor y los bobinados del motor mediante la circulación de retorno del refrigerante hasta la zona de succión.



Compresor de alto voltaje





Figura 12.

3. GESTIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA BATERÍA.

Para el funcionamiento de un vehículo híbrido lo esencial es la batería. Ésta debe proporcionar la cantidad de energía necesaria para un accionamiento rápido y fiable. Principalmente, estas baterías son baterías de alta tensión híbridas de níquel y metal; no obstante, cada vez es más común el uso de **baterías de alta tensión de iones de litio**. Así se siguen reduciendo el tamaño y el peso de las baterías de los vehículos híbridos.

Es indispensable que las baterías utilizadas funcionen en un rango de temperatura determinado. A partir de una temperatura de funcionamiento de $+40^{\circ}\text{C}$, disminuye la vida útil, mientras que, por debajo de -10°C , el grado de efectividad decrece y la potencia disminuye. Además, la diferencia de temperatura de cada una de las células no debe superar los $5^{\circ}\text{--}10^{\circ}$ Kelvin. Las cargas máximas breves en combinación con corrientes elevadas como la recuperación o el "boost" tienen como resultado un notable calentamiento de las células. Además, las altas temperaturas exteriores en los meses de verano contribuyen a que la temperatura alcance rápidamente el valor crítico de 40°C .

La consecuencia de un exceso de temperatura es el envejecimiento más rápido y el fallo prematuro de la batería. Los fabricantes de vehículos aspiran a una vida útil calculada de la batería que sea igual a la vida del automóvil (aprox. 8-10 años). De este modo, el proceso de envejecimiento únicamente puede contrarrestarse con una gestión adecuada de la temperatura.

Hasta ahora se emplean tres opciones diferentes para gestionar la temperatura:

Opción 1.

El aire se succiona desde el interior del vehículo, ya climatizado, y se utiliza para enfriar la batería. El aire frío que se ha succionado del habitáculo tiene una temperatura inferior a 40°C .

Este aire se utiliza para que fluya por las superficies libres de la batería.

Las desventajas de esta opción son:

- La reducida efectividad de refrigeración.
- El aire que se ha succionado del habitáculo no puede utilizarse para reducir la temperatura en la misma medida.
- El notable coste de la conducción del aire.
- Posibles ruidos molestos en el habitáculo debidos a la ventilación.
- A través de los canales de aire hay una unión directa entre el espacio de los ocupantes y la batería. Esto podría resultar problemático por motivos de seguridad (p. ej. gasificación de la batería).
- Tampoco hay que menospreciar el riesgo de la entrada de polvo en la batería, ya que el aire que viene del habitáculo contiene polvo. El polvo se almacena entre las células y forma, junto con la humedad condensada del aire, una película conductora. Esta película propicia la formación de corrientes de fuga en la batería.

Para evitar este peligro, el aire aspirado se filtrará. Como alternativa, la refrigeración del aire puede realizarse con un pequeño climatizador, parecido al aire acondicionado separado que llevan en la parte trasera los vehículos de gama alta.

Opción 2.

Una placa evaporadora conectada a la célula de la batería se une al aire acondicionado del vehículo. Esto se lleva a cabo, en el llamado método separado, en la zona de alta y baja presión a través de una tubería y de una válvula de expansión. Así, el evaporador del habitáculo y la placa evaporadora de la batería, que funciona como un evaporador convencional, están conectados al mismo circuito.

Debido a las diferentes tareas de ambos evaporadores, surgen diferentes necesidades en cuanto a la circulación del refrigerante. Mientras que la refrigeración del habitáculo satisface las exigencias de confort de los ocupantes, la batería de alto voltaje, según la situación de la conducción y la temperatura ambiente, debe refrigerarse de manera más o menos intensa.

De estas necesidades resulta una regulación bastante laboriosa del refrigerante evaporado. La forma especial de la placa evaporadora y su integración en la batería

proporcionan una gran superficie de contacto para el intercambio de calor. Así puede garantizarse que no se supere la temperatura crítica o máxima de 40°C.

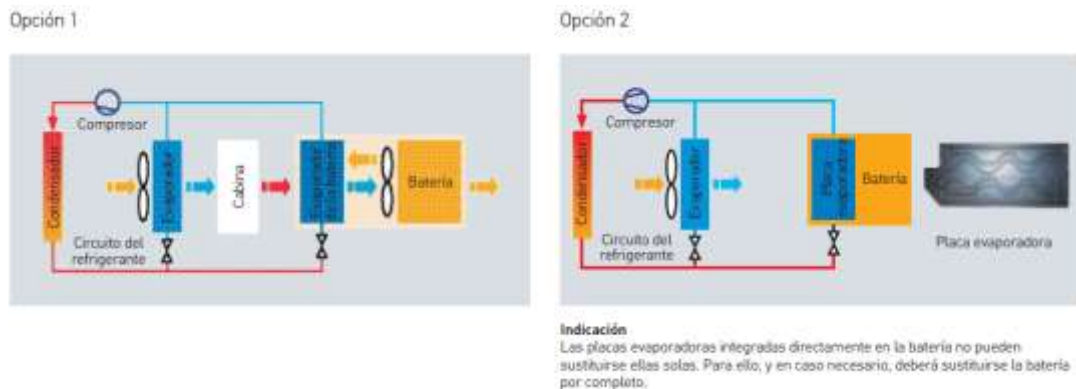


Figura 13.

En caso de temperaturas exteriores muy bajas, sería necesario aumentar la temperatura a la temperatura idónea de la batería, como mín. 15°C. Aunque, en este caso, la placa evaporadora no puede ofrecer ningún rendimiento. Una batería fría rinde menos que una templada y apenas puede cargarse si la temperatura está muy por debajo del punto de congelación.

En el sistema híbrido Mild podría aceptarse, en caso extremo, la función híbrida estaría disponible solo de manera limitada. No obstante, es posible conducir con el motor de combustión interna. Por el contrario, un vehículo totalmente eléctrico deberá contar con una calefacción para la batería con el fin de poder arrancar el motor y conducir en invierno en cualquier situación.

Opción 3.

En las baterías con mayor capacidad, el acondicionamiento térmico desempeña un papel primordial. Por ello, en caso de temperaturas muy bajas se necesita una calefacción auxiliar de la batería para llevarla a un rango idóneo de temperatura.

Solamente de esta manera puede alcanzarse una "conducción eléctrica" satisfactoria.

Para llevar a cabo esta calefacción auxiliar, la batería se integra en un circuito secundario. Este circuito se ocupa de mantener continuamente una temperatura de servicio idónea, entre 15°C y 30°C.

Una placa de refrigeración con refrigerante, que consta de agua y glicol (circuito verde), atraviesa el bloque de la batería. A bajas temperaturas, el refrigerante puede calentarse

muy rápidamente con una calefacción para alcanzar la temperatura idónea. Si durante el uso de las funciones híbridas aumenta la temperatura de la batería, la calefacción se desconecta. El refrigerante puede refrigerarse mediante el refrigerador de batería, que se encuentra en la parte delantera del vehículo, con el viento exterior.

Opción 3

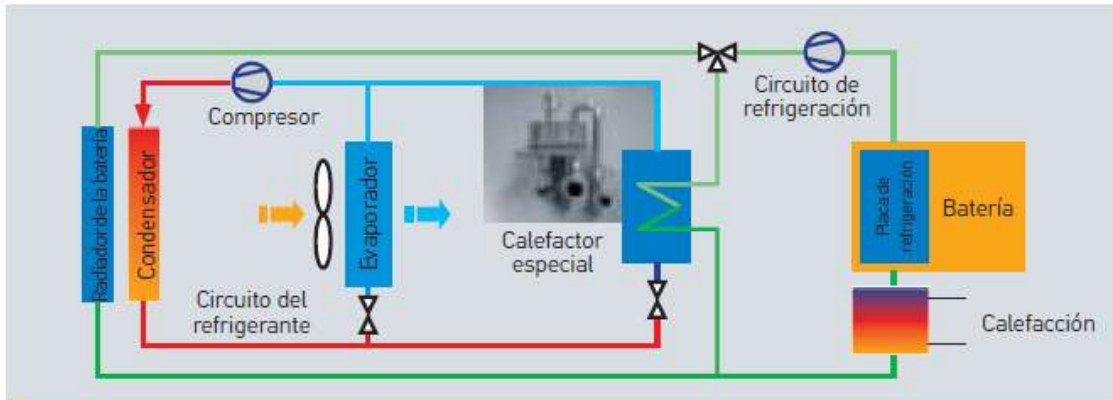


Figura 14.

TEMA 5: HFO – 1234yf. Una solución verde para un reto global.

1. INTRODUCCIÓN.

A partir del 2011 los fabricantes de automóviles deben cumplir la Directiva MAC de la unión europea, que prohíbe el uso de refrigerantes con un potencial de calentamiento global (Global Warming Potencial, GWP) superior a 150 en nuevos modelos de vehículos.

Esta directiva hizo necesario encontrar un sustituto para el refrigerante R – 134 a que fuera aceptable en todo el mundo, un reto en el que Honeywell ha trabajado durante varios años. Honeywell ofrece una solución equivalente o prácticamente equivalente denominada HFO – 1234yf. Su valor GWP es 4, un 97% menor de lo que exige la nueva normativa de la UE y un 99,7% más bajo que el R 134a.

Los sistemas de aire acondicionado móviles que utilizan Honeywell HFO – 1234yf son también más eficientes energéticamente que aquellos que emplean CO₂, especialmente a temperaturas ambiente elevadas; los vehículos equipados con HFO – 1234yf consumen menos combustible y emiten menor cantidad de gases de efecto invernadero que las alternativas con CO₂, lo que acrecienta sus beneficios ecológicos y reduce la huella de carbono.

2. MEJOR PARA EL MEDIO AMBIENTE.

HFO -1234yf tiene una vida atmosférica de tan solo 11 días, frente a los 13 años del R 134a y más de 500 años del dióxido de carbono. Al contrario que los HFC y CFC, que tardan décadas en descomponerse, HFO – 1234yf no permanece en la atmósfera. Además, los vehículos que terminen el refrigerante HFO – 1234yf consumirán menos combustible y producirán menos emisiones que con la mayoría de las alternativas existentes.

3. SEGURIDAD VERIFICADA.

La seguridad de HFO -1234yf para su uso en automoción ha sido contrastada mediante minuciosas pruebas externas, incluyendo pruebas realizadas por la Society of Automotive Engineers (SAE) y simulaciones de accidente realizadas por fabricantes de automóviles. Hoy en día HFO – 1234yf es el refrigerante más recomendado para sistemas de aire acondicionado en automoción.

4. EXTREMADAMENTE COMPATIBLE Y FÁCIL DE UTILIZAR.

Debido a que la presión y rendimiento de HFO – 1234yf son muy parecidos a los de 134 a, puede utilizarse como sustituto para HFC – 134 a con pocas o ninguna modificación en los sistemas de automoción. Esto permite a los fabricantes cumplir la nueva normativa de la UE de forma rápida y rentable.

5. TABLA DE PRESIÓN/TEMPERATURA.

TEMPERATURA (°C)	PRESIÓN (KPa)
-40	63
-35	79
-30	99
-25	123
-20	151
-15	184
-10	222
-5	266
0	316
5	373
10	438
15	510
20	592
25	683
30	784
35	896
40	1018
45	1154
50	1302
55	1464
60	1642
65	1834
70	2044

Tabla 2

6. PROPIEDADES FÍSICAS DE HFO – 1234YF.

Componente	Nombre químico	Fórmula molecular
HFO-1234yf	2,3,3,3-Tetrafluoroprop-1-eno	CF ₃ CF=CH ₂
Peso molecular	(g/gmol)	114
Punto de ebullición a 101,3 kPa	(°C)	-29,55
Punto de congelación a 101,3 kPa	(°C)	-150
Densidad de vapor en el punto de ebullición	(kg/m ³)	5,98
Densidad de líquido	(kg/m ³)	1092
Capacidad calorífica de líquido a 25 °C	(kJ/kg·°K)	1,411
Capacidad calorífica de vapor a 25 °C	(kJ/kg·°K)	1,066
Calor de vaporización en el punto de ebullición	(kJ/kg)	180,1
Presión de vapor a 25 °C	(kPa)	683
Conductividad térmica de líquido a 25 °C	(W/m·°K)	0,067
Conductividad térmica de vapor a 25 °C	(W/m·°K)	0,016
Viscosidad de líquido a 25 °C	(μPa·seg)	155,4
Viscosidad de vapor a 25 °C	(μPa·seg)	12,3
Solubilidad de HFO-1234yf en agua	(% m/m)	0,020
Solubilidad de agua en HFO-1234yf	(% m/m)	0,025
Potencial de agotamiento del ozono (ODP-R11=1)		0

Tabla 3: propiedades físicas

7. TOXICIDAD E INFLAMABILIDAD.

HFO – 1234yf ha sido sometido a exhaustivas de toxicidad y se ha determinado que es seguro para su uso en las aplicaciones a las que está destinado. También está registrado en la UE en la categoría de más de 1000 toneladas conforme a REACH. Consulte la hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS) antes de utilizar HFO – 1234yf.

Conforme a la norma 34 de ASHRAE, HFO – 1234yf está clasificado dentro del grupo de seguridad A2L. Esto significa que se encuentra en el segmento inferior de refrigerantes de inflamabilidad reducida. La tabla4 de la página siguiente muestra sus características de inflamabilidad.

Límites de Inflamabilidad, ASTM E681-01 a 21 °C	Calificación
LIE (% vol. en aire)	6,2
LSE (% vol. en aire)	12,3
Energía de ignición mínima (mJ)	> 5000
Temperatura de autoignición (°C)	405
Calor de combustión (kJ/g)	9,5
Velocidad de propagación (cm/s)	1,5

Tabla 4: límites de inflamabilidad.

HFO – 1234yf ha sido sometido a exhaustivas pruebas de inflamabilidad y evaluaciones de riesgo para aplicaciones específicas mediante el estudio SAE CRP 1234. Basándonos en estos resultados, los patrocinadores de SAE CRP 1234 han llegado a la conclusión de que puede utilizarse como refrigerante de sustitución global en aire acondicionado móvil.

8. DETENCIÓN DE FUGAS.

Es posible utilizar detectores de fugas para detectar fugas o supervisar de manera constante un sistema. La detección de fugas es importante para conservar el refrigerante, el rendimiento y la protección de equipos, reducir las emisiones y proteger a las personas que entren en contacto con el sistema. Los clientes deben consultar a los fabricantes de equipos en lo referente a sistemas detectores adecuados.

9. COMPATIBILIDAD CON PLÁSTICOS Y ELASTÓMEROS.

La tabla 5 resume los datos de compatibilidad de materiales obtenidos de las pruebas realizadas por Honeywell y otras organizaciones globales. Debido a que existen calidades y fórmulas para estos materiales, es recomendable realizar pruebas de compatibilidad con las características específicas del material estudiado a la hora de diseñar nuevos sistemas.

Estos datos solamente deben emplearse con fines orientativos en cuanto a la compatibilidad de los materiales con HFO – 1234yf. Los valores de la tabla 5 deben interpretarse con precaución, ya que constituyen dictámenes basados en muestras limitadas. Se aconseja a los clientes que consulten al fabricante o realicen nuevas pruebas independientes.

Material	Rating
HNBR	S
Poliéster	Su
Nylon	S
Epoxi	S
Pollamida	S
Neopreno	S
HNBR	S
EPDM	S
Silicona	S
Caucho butilo (IIR)	Su
Fluoruro de polivinilideno y copolímero de fluoruro de polivinilideno y hexafluoropropileno	U

S = Compatible. Su = Compatible con algunas excepciones. U = Incompatible

Tabla 5: compatibilidad de materiales

10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO A GRANEL Y EN CILINDROS.

Los cilindros de HFO-1234yf deben estar claramente marcados y almacenarse en una zona fría, seca y con ventilación adecuada, alejada del calor, las llamas, sustancias químicas corrosivas, vapores y explosivos, además de estar protegidos en general contra cualquier daño. Bajo ninguna circunstancia debe rellenarse un cilindro vacío con ninguna sustancia que no sea producto puro. Una vez vacío, la válvula del cilindro debe cerrarse correctamente y es preciso sustituir el tapón de la válvula. Los cilindros vacíos deben ser devueltos a un distribuidor de Honeywell.

Los cilindros que contengan HFO - 1234yf deben mantenerse alejados de la luz solar directa, especialmente durante las estaciones cálidas. En forma líquida, el HFO - 1234yf se dilata considerablemente cuando se calienta, reduciendo la cantidad de espacio libre para vapor disponible en el cilindro. Una vez el cilindro está completamente lleno de líquido, cualquier nuevo aumento de la temperatura puede provocar una rotura o explosión, con el resultado potencial de daños y lesiones graves. Nunca debe permitirse que un cilindro alcance una temperatura mayor de 50°C.

Los recipientes, contenedores, conducciones de transferencia, bombas y otros equipos utilizados con HFO - 1234yf no deben estar expuestos a fuentes de altas temperaturas hasta que no hayan sido limpiados minuciosamente y se haya verificado que están libres

de vapores o líquidos. Nunca deben exponerse los cilindros a soldadura blanda o fuerte o al fuego. El mantenimiento o limpieza de los equipos debe de realizarse sin acceder al interior en el recipiente, siempre que sea posible. Si es preciso entrar en un depósito u otro espacio confinado, deben seguirse los procedimientos formales de acceso a espacios confinados. Dichos procedimientos exigen el uso de un equipo de trabajo debidamente cualificado y completar un formulario de acceso a espacios confinados.

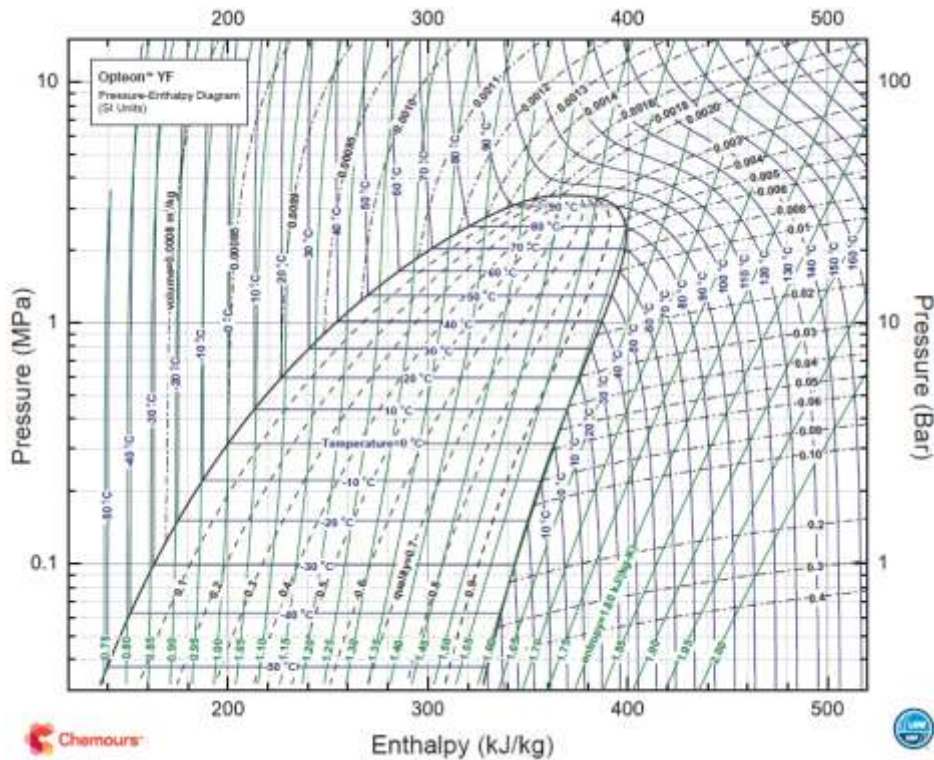


Figura 15: diagrama presión-entalpía para HFO - 1234yf

11. OTRAS APLICACIONES DE REFRIGERACIÓN Y. AIRE ACONDICIONADO.

El HFO - 1234yf ha sido desarrollado para otras aplicaciones además de aire acondicionado para automoción. Estas incluyen expositores refrigerados en supermercados, cámaras frigoríficas, neveras domésticas y enfriadores. Por regla general, es necesario realizar pocos cambios en el compresor para optimizar el rendimiento de HFO - 1234yf en estas aplicaciones, por lo que, de nuevo, aporta considerables beneficios de forma muy sencilla.

12. FÁCIL MANTENIMIENTO.

Las piezas y componentes empleados en sistemas con HFO - 1234yf son idénticos o similares a los utilizados en sistemas con CFC - 134 a: ambos utilizan mangueras flexibles

para la conexión de los componentes. Dichas piezas se producen en serie en gran volumen en todo el mundo y se comercializan a precios razonables. Esto significa que la reparación y montaje de los sistemas es simple y económica.

13. SOLUBILIDAD DE AGUA EN HFO – 1234YF.

En la siguiente figura se muestra la gráfica de la solubilidad de agua en HFO – 1234yf. Es menor que la de HFC – 134 a.

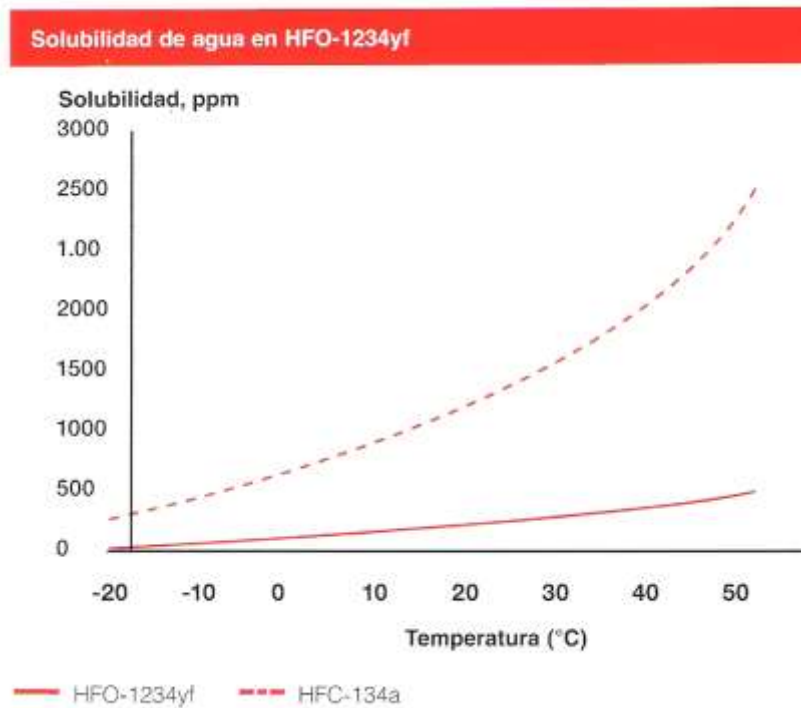


Figura 16: Solubilidad de agua en HFO – 1234yf

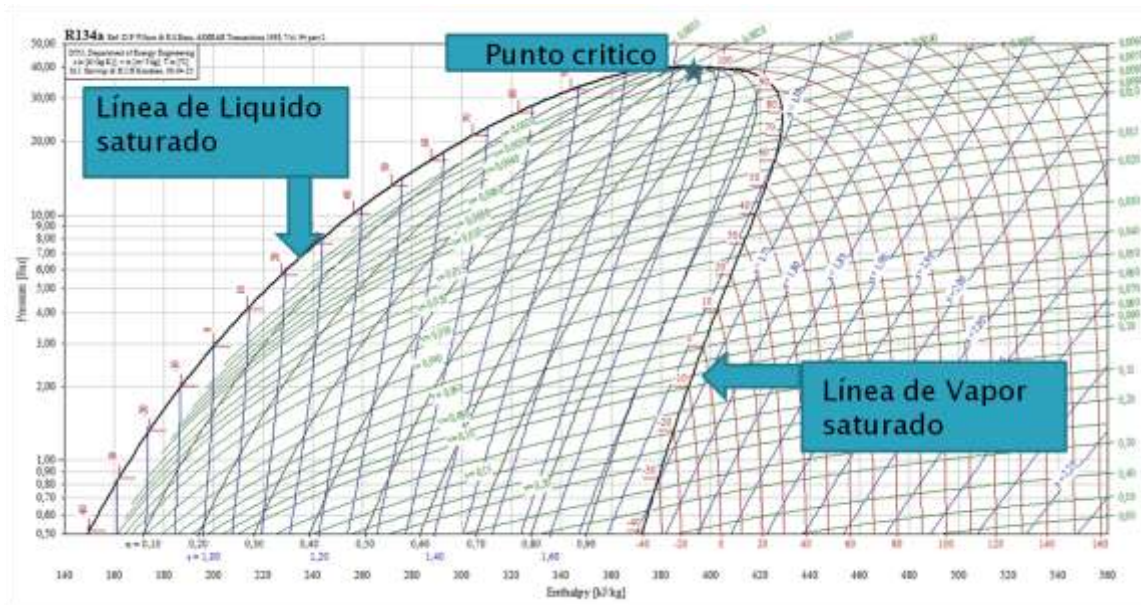
14. LUBRICANTES.

El HFO – 1234yf responde bien cuando se utiliza con lubricantes de polialquilenglicol (PAG) y polioliol – éster. La mayoría de los fabricantes de equipos de automoción originales han elegido lubricantes PAG específicos para sus sistemas. En aplicaciones distintas de automoción, la mayoría de los fabricantes de compresores recomiendan lubricantes de polioliol –éster concretos. Los usuarios deben consultar al fabricante del equipo en cuanto a los lubricantes recomendados para el sistema.

TEMA 6: Diagrama de Mollier.

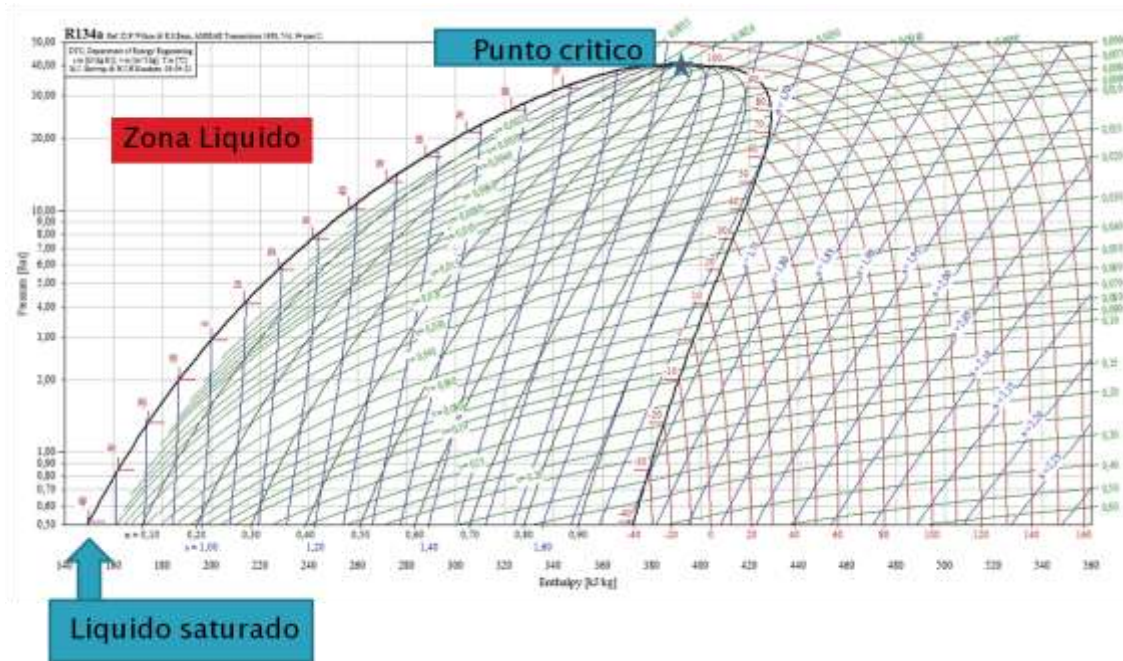
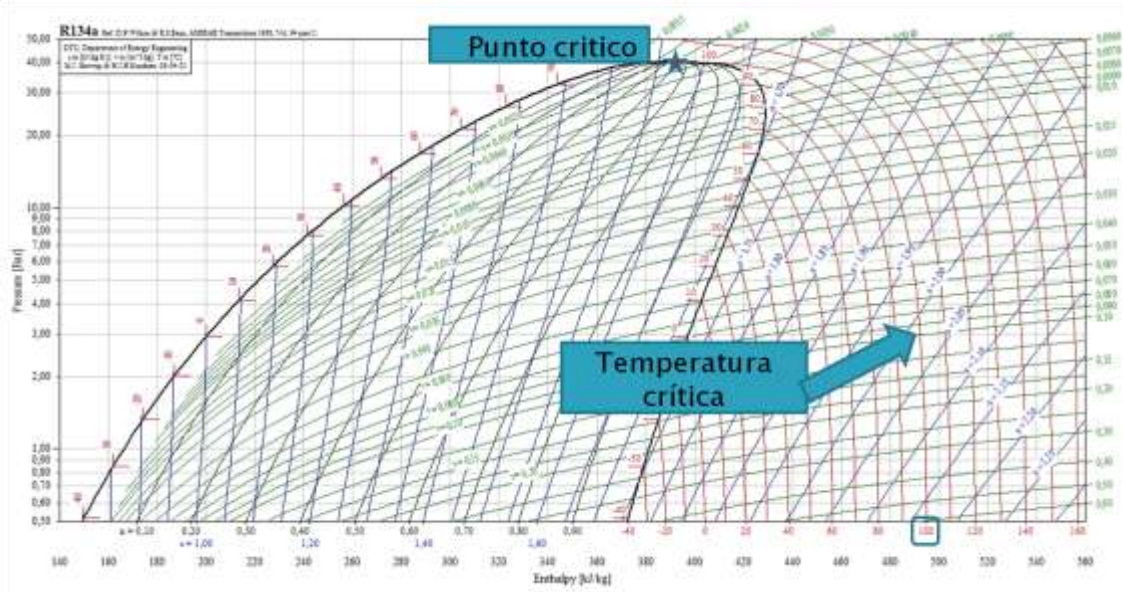
Las **líneas de líquido saturado** y la **línea de vapor saturado** son las que delimitan la denominada campana. En la línea de líquido saturado solo hay líquido al 100% (en estado de equilibrio), a la temperatura de saturación que le corresponde, de acuerdo con la presión a la que está sometido. De forma que la más ligera adición de calor provocará la aparición de la primera burbuja.

En la **línea de vapor saturado** solo hay vapor al 100%, en estado de equilibrio, de forma que la más pequeña sustracción de calor provocará la aparición de una gota de líquido



Punto crítico: Es el punto más alto de la campana, en este punto por mucho que se incremente la presión ya no es posible condensar.

Temperatura crítica: Es la temperatura límite a la cual un gas no puede ser licuado por compresión. Por encima de esta temperatura es imposible condensar un gas aumentando la presión



El **SUBENFRIAMIENTO** del líquido se representa en la zona izquierda del diagrama correspondiente al líquido más o menos subenfriado.

Un punto de esta zona representa un estado de líquido a una temperatura inferior a la de saturación.



El **RECALENTAMIENTO** como la compresión de los vapores se efectuará en la zona derecha del diagrama.

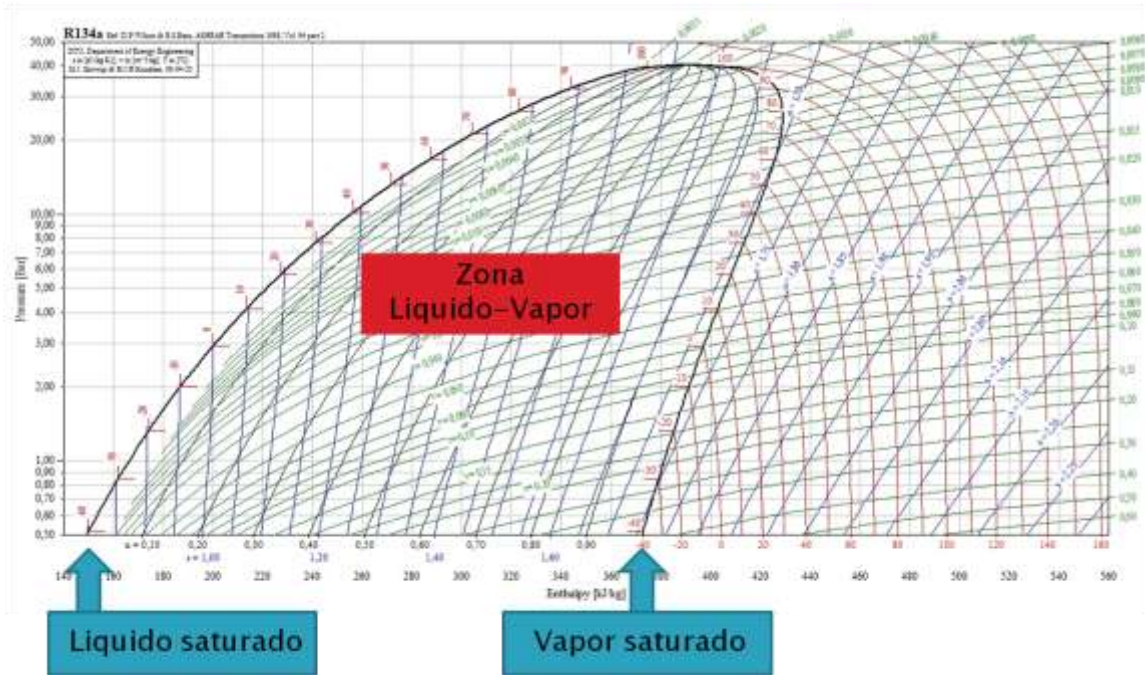
Un punto en esa zona representa un estado de vapor calentado tras sufrir la ebullición, es decir, vapor a una temperatura superior a la de saturación.

RECALENTAMIENTO:

Es la diferencia de temperaturas existente entre la temperatura real del refrigerante en estado vapor y la temperatura de saturación correspondiente a la presión a la cual se halla el mismo. La primera se mide con un termómetro (temperatura termométrica), mientras que la segunda se mide con un manómetro, y se lee o bien en el mismo manómetro o, transformándose a presión absoluta, en la tabla de refrigerante, recibiendo por ello el nombre de temperatura manométrica. Ambas mediciones deben hacerse en el mismo punto del circuito, pues de lo contrario no medirían un recalentamiento real.

SUBENFRIAMIENTO:

Es la diferencia de temperaturas existente entre la temperatura de saturación correspondiente a la presión a la cual se halla el refrigerante y la temperatura real del líquido. Como en el caso anterior se deben comparar las temperaturas manométrica y termométrica.

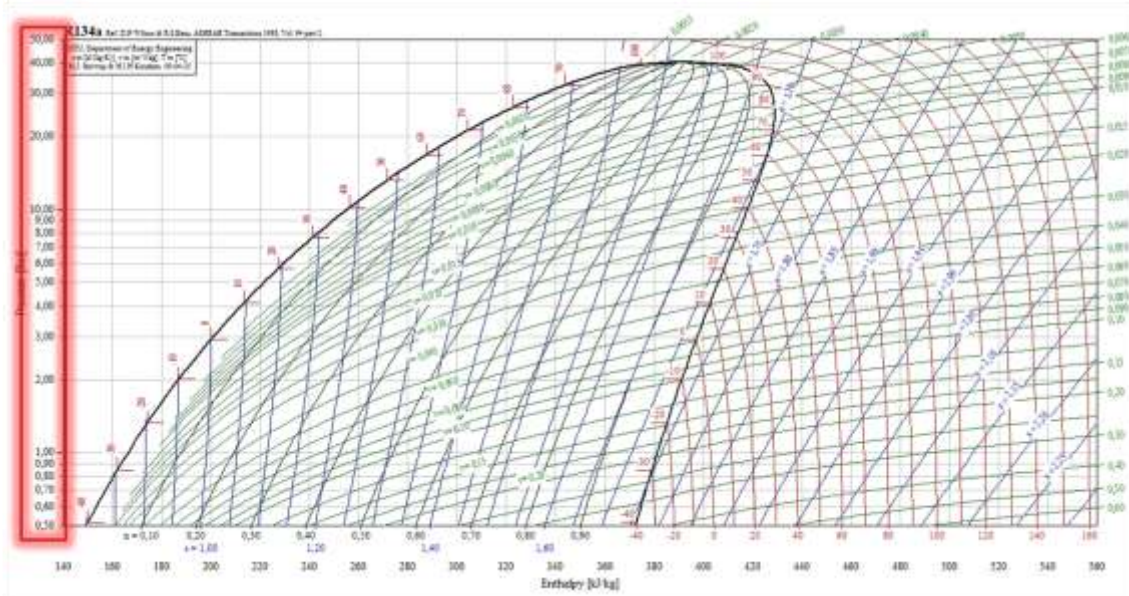


Cuando se representa el funcionamiento de una instalación en el diagrama, veremos que la condensación y la evaporación del fluido se efectúan en el interior de la campana, ya que en estos procesos tenemos diferentes proporciones de líquido y vapor.



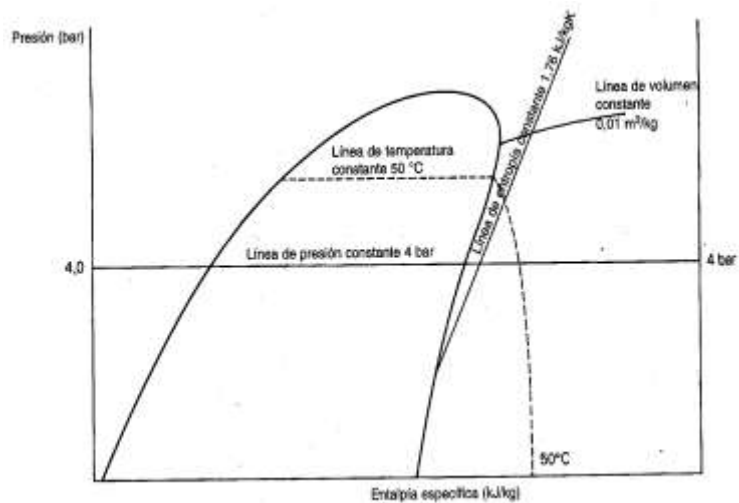
Líneas de presiones: Las líneas horizontales corresponden a las **presiones absolutas** (Pre. absoluta=Pre. relativa o manométrica + Pre. atmosférica).

En el lenguaje técnico a estas líneas horizontales se les llama abscisas, y al efectuarse los cambios de estado a presión constante tanto en el condensador como en el evaporador reciben el nombre de **isóbaras**.



Líneas de presión constante-isobaras unen puntos de igual presión, son horizontales en el diagrama de presión-entalpía (en presiones absolutas y no relativas)

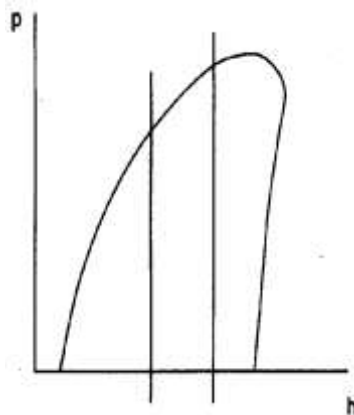
Las unidades habituales son kPa, bar o atmósfera.





Con este dato podremos conocer cuánto calor lleva el refrigerante en la entrada del evaporador, y saber cuánto lleva en la salida, ya que solo nos bastará con restarlos dos valores y sabremos cuanto calor ha sido capaz de absorber cada Kg de refrigerante que ha pasado por el evaporador, así como la cantidad de calor que tendrá que evacuar el condensador cuando le sumemos el correspondiente al trabajo de compresor.

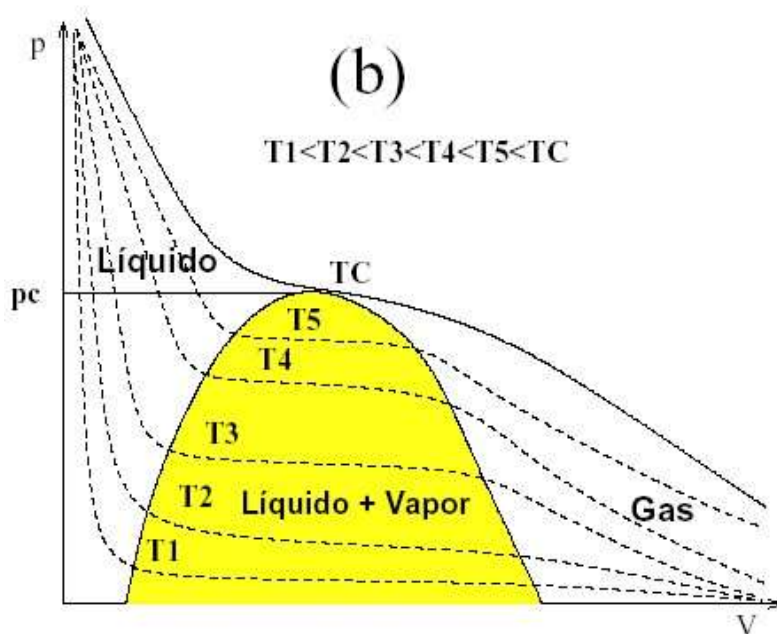
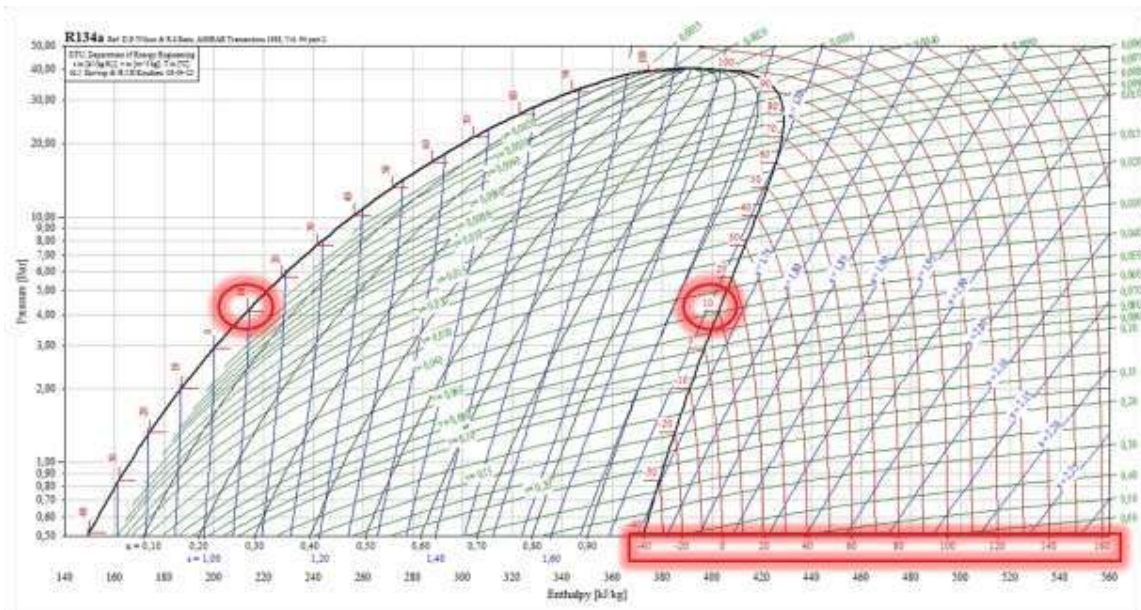
Líneas de Entalpía en el Diagrama de Mollier:



- Líneas de entalpía constante-isotérmicas, unen puntos de igual entalpía, son verticales en el diagrama de presión-entalpía
- Las unidades habituales en que se mide KJ /kg o Kcal/ kg
- Lo importante es la diferencia de entalpía entre dos puntos.

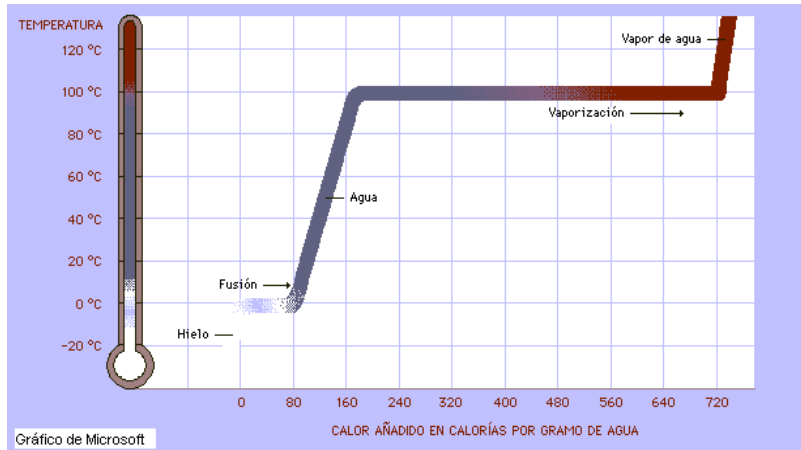
Líneas de temperatura: Reciben el nombre de **isotermas**. En la zona de líquido se aproximan mucho a la vertical, y no se suelen representar en el diagrama, mientras que en la zona de líquido-vapor se superponen a la isóbara correspondiente, debido a que el cambio de fase se hace a una temperatura y presión constante (pasan a ser líneas horizontales). En la zona de vapor, las isotermas empiezan a descender de forma asintótica.

La unidad empleada en el SI es el °C



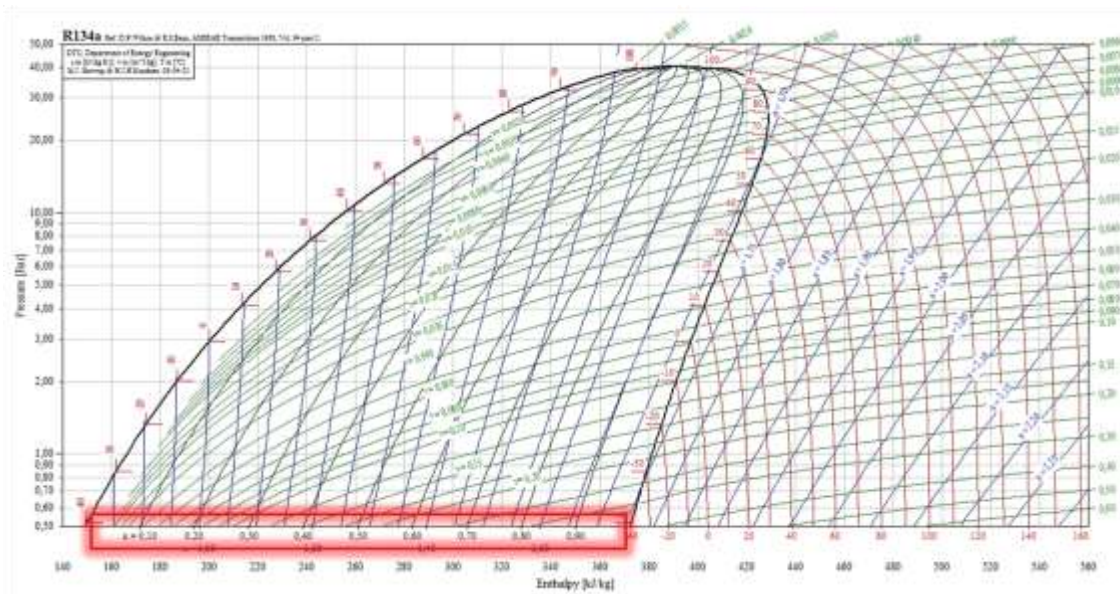
El calor que se emplea en variar la temperatura del cuerpo se conoce como **CALOR SENSIBLE**

El calor que se utiliza para que se produzcan los cambios de estado (sólido, líquido o gaseoso) se conoce como **CALOR LATENTE**.



Líneas de calidad: Son líneas oblicuas y casi verticales en el interior de la campana, entre las curvas de líquido saturado y vapor saturado, indican el porcentaje de líquido y vapor existente en la mezcla. P.ej. 0 100 % líquido y 0 % vapor.

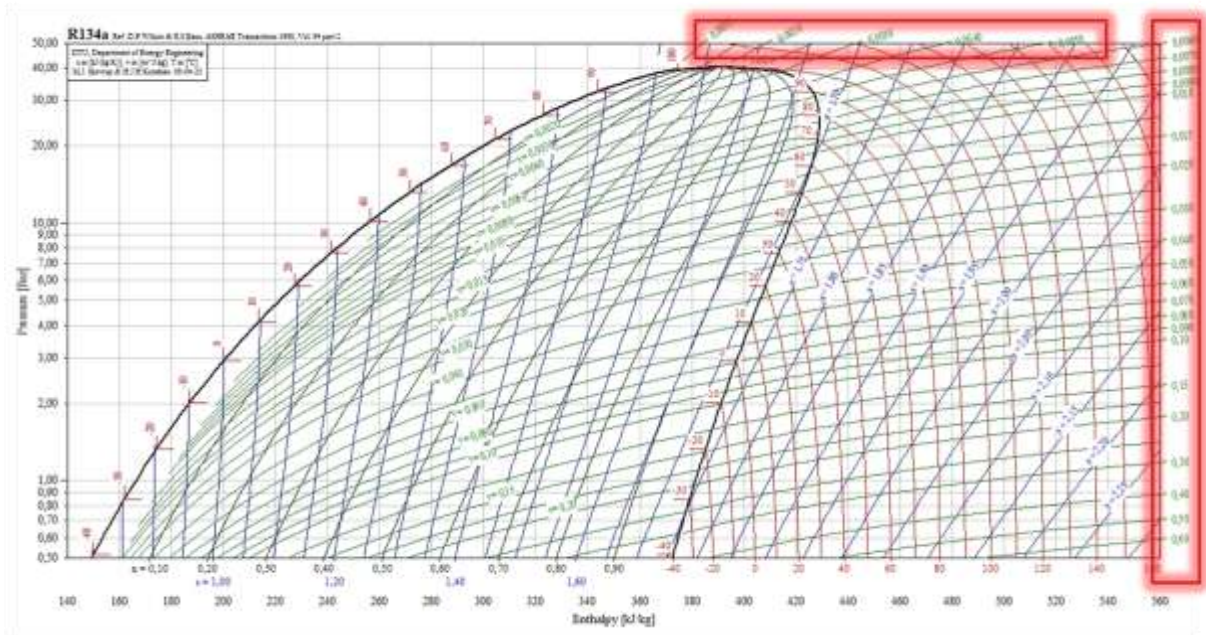
Si la línea está más próxima a la curva de líquido saturado hay más líquido que vapor en la mezcla, p.ej. 0,2 20 % vapor y 80 % líquido; y al contrario si está más próximo a la curva de vapor saturado, p.ej. 0,8 80 % vapor y 20 % líquido



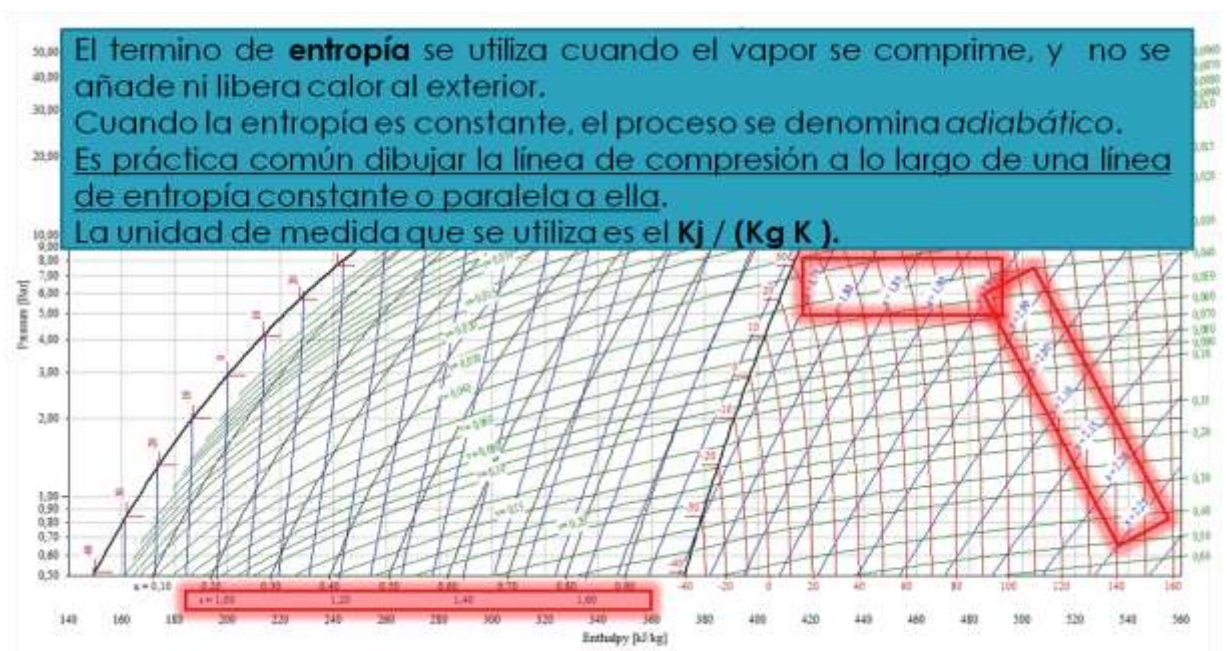
Líneas de volumen específico constante: Este dato nos permitirá conocer el volumen que ocupa un Kg de refrigerante que ya está totalmente evaporado, bajo unas condiciones de trabajo específicas.

La unidad más empleada para el volumen específico es el m³/Kg.

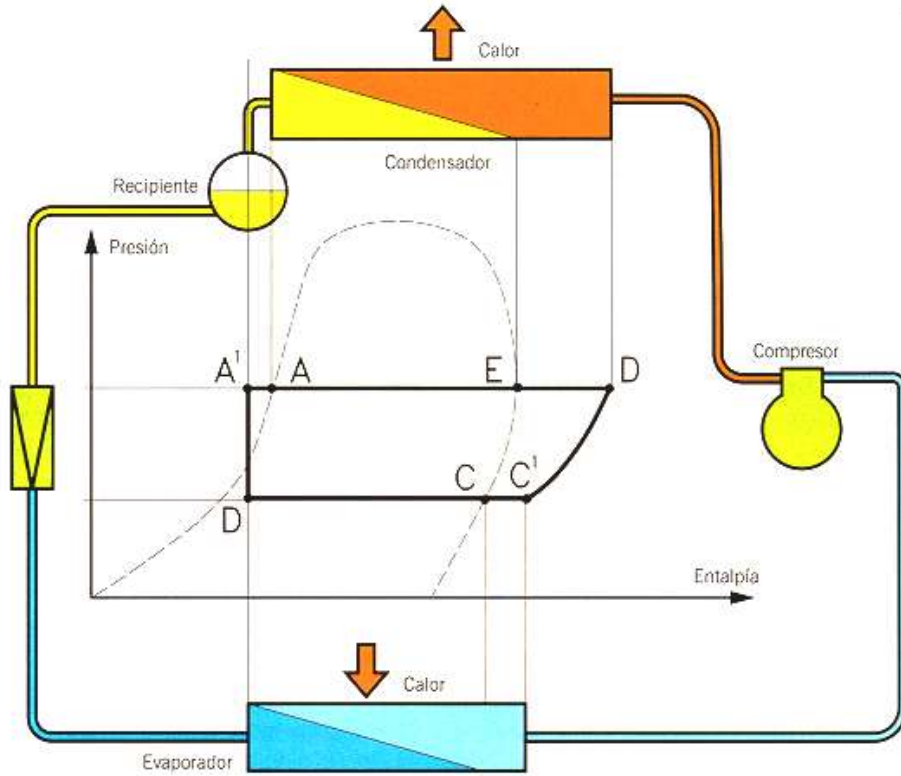
Las líneas de volumen constante reciben el nombre de **isocoras**.



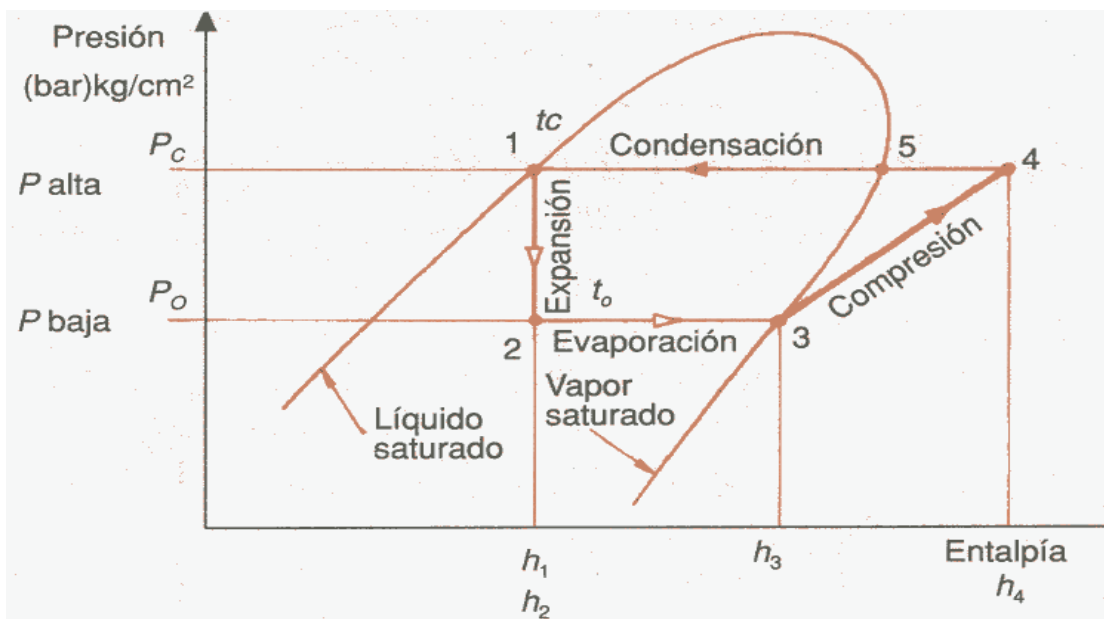
Líneas de entropía constante, isoentrópicas: Son líneas casi verticales algo inclinadas a la derecha que se emplean para el trazado de los procesos de compresión.



1. EL CICLO FRIGORÍFICO.



Trazado ciclo ideal o teórico de refrigeración por compresión de vapor.

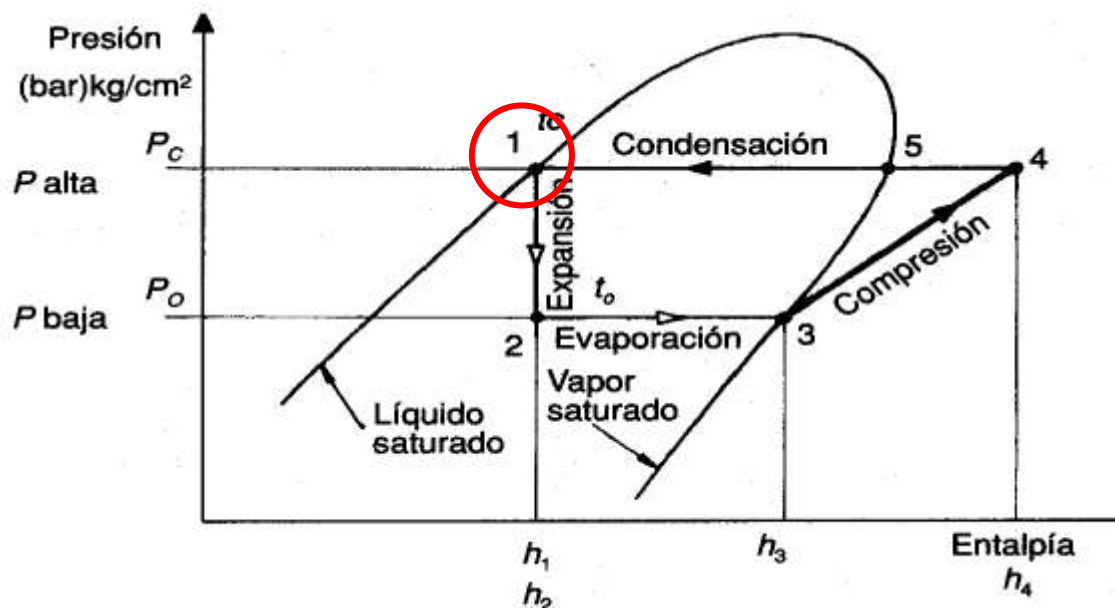


Hipótesis sobre el ciclo:

- La vaporización y la condensación del refrigerante se realizan a presión constante (rectas horizontales en el diagrama p-h).
- El refrigerante en la aspiración del compresor es vapor saturado, se representa por un punto sobre la línea de vapor saturado.
- El refrigerante a la salida del condensador es líquido saturado, se representa por un punto sobre la línea de líquido saturado.

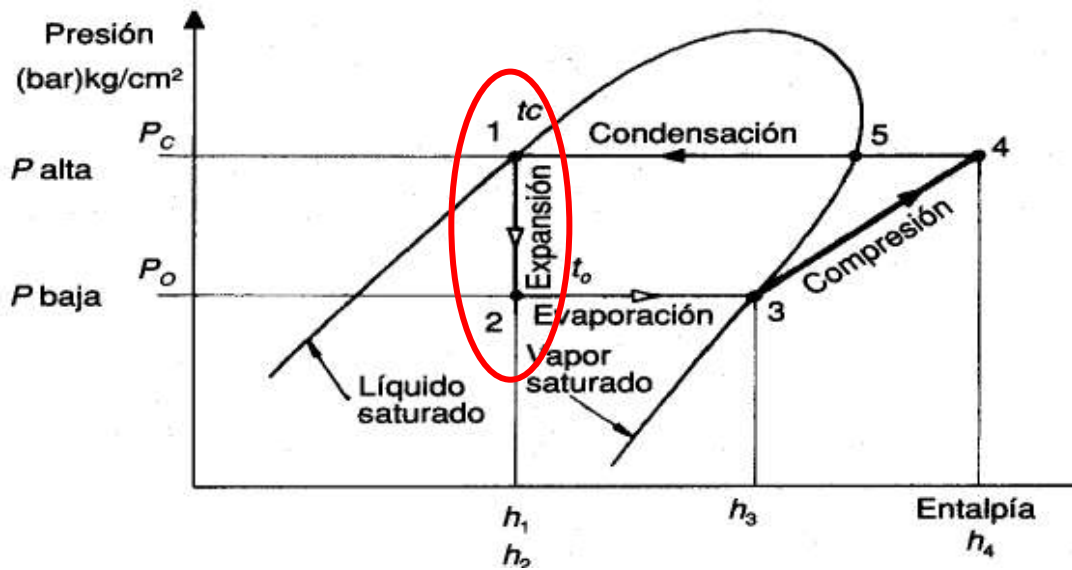
Punto 1.- Refrigerante en estado líquido saturado a presión y temperatura de condensación, está en la intersección de la curva de líquido saturado con la isobara de la presión de condensación

Refrigerante a la salida del condensador, antes del dispositivo de expansión.



Expansión, recta 1-2 el caudal de fluido refrigerante atraviesa el dispositivo de expansión, el cual provoca un fuerte descenso, caída en la presión desde la presión de condensación que había en el punto 1 hasta la presión de evaporación en el punto 2, parte del líquido se evapora

El refrigerante en este proceso ni absorbe ni cede calor del exterior, por tanto lo realiza a entalpía constante, que en el diagrama se representa con una línea vertical

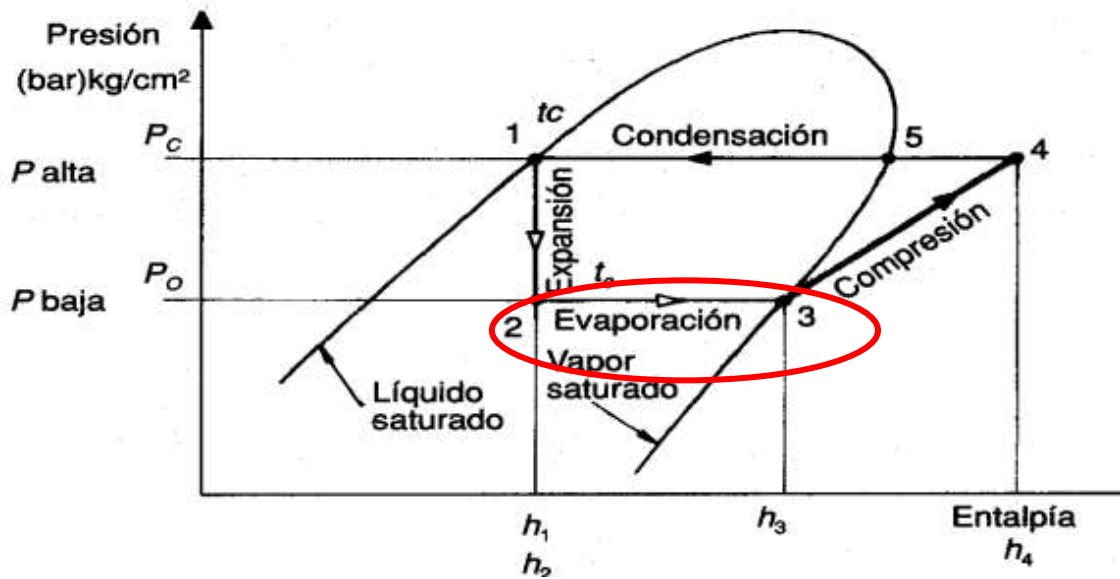


Punto 2.- Refrigerante en estado de mezcla líquido-vapor a la temperatura y presión de evaporación en un proceso de entalpía constante. Está en el corte de la isobara de la presión de evaporación con la línea isoentálpica trazada desde el punto 1.

El refrigerante está detrás del dispositivo de expansión en la entrada del evaporador.



Evaporación, recta 2-3 transformación a presión constante en que la mezcla líquido - vapor hierve, se evapora por la bajada de presión que ha sufrido, tomando calor del recinto en el que se encuentra, a través del aire que está a una temperatura superior a la de la evaporación. El líquido se va transformando en vapor en el interior de los tubos del evaporador hasta completar el proceso en el punto 3.



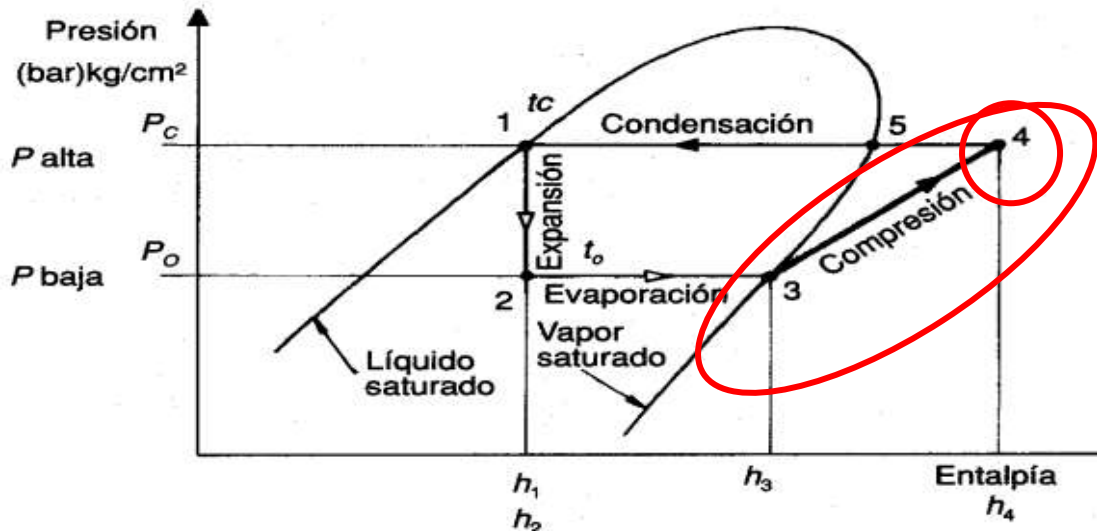
Punto 3.- Refrigerante en estado vapor saturado a la temperatura y presión de evaporación que ha incrementado su entalpía. Está en el corte de la línea isobara de la presión de evaporación o baja presión con la curva de vapor saturado

El refrigerante ha salido del evaporador y está en la tubería de aspiración a la entrada del compresor.



Compresión, línea 3-4 transformación isoentrópica en la que el refrigerante es comprimido aumentando su presión y su temperatura siguiendo, en el diagrama, la línea de entropía constante que parte desde el punto 3 hasta cortar a la isobara correspondiente a la presión de condensación y obtenemos así el punto 4.

El punto 4 representa vapor sobrecalentado a la presión de condensación con un aumento de entalpía a la salida del compresor y a la entrada del condensador.



Condensación, recta 4-1 transformación isóbara en la que el gas es enfriado y condensado en el condensador a la presión de condensación o de alta, mediante la acción de un fluido exterior (aire o agua) que primero extrae calor sensible al gas refrigerante, para enfriarlo hasta el punto 5 (vapor saturado) y luego extrae calor latente ya a la temperatura constante de condensación, para condensarlo eliminando todo el calor que el refrigerante había absorbido en el proceso de evaporación y compresión, para convertirlo en líquido saturado (punto 1), cerrando el ciclo.

