



## PAUTAS DE RECONVERSIÓN

## R-470B (RS-51)

El RS-51 es una mezcla de HFC's y HFO diseñada para sustituir al R-404A, el R-507A y el R-407F y que cuenta con el GWP más bajo del mercado. Se trata de un refrigerante de alta seguridad de grupo A1, siendo por tanto no inflamable y no tóxico, y con una capacidad frigorífica y eficiencia energética, similar a los sustitutos del R-404A. Debido a que su GWP es aproximadamente un 80% inferior al del R-404A y un 45% inferior al del R-448A y R-449A, el impuesto sobre gases fluorados que se aplica a este producto es el más bajo entre los refrigerantes de alta seguridad (grupo A1).

### 1. INSTALACIONES CON R-404A, R-507, R-407F, R-449A, R-448A o R-22

- Equipos de refrigeración de media y baja temperatura.

En equipos de refrigeración comercial, industrial o enfriadoras de agua, vea la tabla a continuación, para determinar los cambios que implica la conversión a RS-51 para cada refrigerante:

Conversión	Configurar VEE	Cambio orificio VET	Lubricante	Notas
R-407F – RS-51	⚠ Necesario	☑ No necesario	☑ Sin cambio	Con válvula de expansión termostática solo ajuste
R-404A – RS-51	⚠ Necesario	⚠ Puede ser necesario	☑ Sin cambio	Con válvula de expansión termostática puede requerir orificio menor
R-507 – RS-51	⚠ Necesario	⚠ Puede ser necesario	☑ Sin cambio	Con válvula de expansión termostática puede requerir orificio menor
R-449A – RS-51	⚠ Necesario	⚠ Necesario	☑ Sin cambio	Con válvula de expansión termostática requiere orificio menor
R-448A – RS-51	⚠ Necesario	⚠ Necesario	☑ Sin cambio	Con válvula de expansión termostática requiere orificio menor
R-22 – RS-51	⚠ Necesario	☑ No necesario	⚠ Requiere cambio	Cambio de lubricante de Mineral a POE

### 2. SUSTITUCIÓN DEL GAS

El proceso de sustitución con RS-51 sigue básicamente el procedimiento especificado por el fabricante del equipo. Dado que el RS-51 es una mezcla zeotrópica es muy importante que la carga al sistema se lleve a cabo en fase líquida.

- Asegurar tener disponible el equipamiento necesario, por ejemplo, manómetros, máquina de recuperación, botellas de recuperación, contenedor para el aceite, bomba de vacío, báscula, entre otros.
- Antes de extraer el refrigerante, si es posible, operar la unidad bajo condiciones estándar y monitorizar las presiones, temperaturas y cualquier otro dato relevante para establecer las condiciones de trabajo del equipo. Si ello no es posible, las condiciones de trabajo apropiadas acostumbra a especificarlas el fabricante.
- Recuperar y pesar el refrigerante de la unidad. El peso debe encontrarse dentro del rango indicado por el fabricante.

4. Si puede compruebe el estado del lubricante, Ej. (agua, ácido, sólidos e incondensables) y si fuera necesario sustituya el aceite contaminado con el mismo tipo de lubricante. Si la instalación funcionaba con R-404A o R-507 seguro que contiene aceites POE. El RS-51 es compatible con lubricantes polioléster (POE), y por lo tanto puede trabajar con el mismo tipo de aceite.

*OBSERVACIÓN:* Si el refrigerante existente era R-22 o sus sustitutos (R-434A, R-438A, R-453A) es posible que la instalación contenga aceites minerales o alquibencénicos y por lo tanto deberán ser reemplazados por aceites POE. Anote el nivel de aceite extraído y verifique que es la misma que la recomendada por el fabricante. Esa cantidad ha de ser la sustituida por aceite POE. La cantidad de aceite mineral residual debería ser inferior al 5%. Gas Servei dispone de kits de análisis de aceite para esta función.

5. Si puede, compruebe el nivel de aceite y añada si fuese necesario ya que al extraer el refrigerante podríamos haber arrastrado algo de aceite. En el caso de que el nivel estuviera bajo, no rellene hasta el máximo, pues el nivel podría volver a subir (tras un corto periodo de tiempo el nivel de aceite se estabilizará).
6. Compruebe el estado de las juntas y de los cierres de la instalación y sustituya los que no estén en buenas condiciones.

*OBSERVACIÓN:* Si el refrigerante existente era R-22 o sus sustitutos (R-434A, R-438A, R-453A) es posible que los elementos de la instalación tengan juntas de goma. En ese caso, se recomienda el uso de juntas metaloplásticas, tipo Klingerit u otras resinas fluoradas, como teflón o similares, compatibles con el R-404A y R-507.

7. Según el tipo de expansión de la instalación habrá que configurar la válvula de un modo u otro. En los puntos 2.1 y 2.2 encontrará la información al respecto.
8. Se recomienda sustituir el filtro y hacer vacío al sistema.
9. Pruebe la estanqueidad del sistema, con nitrógeno seco a 25 bar y luego extráigalo con una bomba de vacío de dos etapas equipada con vacuómetro. Si se ha sustituido el aceite evacue entre 50 y 10 mbar, si no, será suficiente llegando a 500 mbar.

10. Cargar la unidad siempre en fase líquida con RS-51. Inicialmente la carga de RS-51 debe ser un 90% de la carga del refrigerante original, es decir:  $m_{RS-51} = m_{ORIGINAL} \times 0,9$ .

*OBSERVACIÓN:* Es adecuado disponer de las tablas de Presión/Temperatura del RS-51.

11. Opere la unidad en condiciones similares a las originales controlando el visor de líquido, el nivel de aceite del compresor y el recalentamiento en la aspiración.
12. Mientras se siguen controlando los aspectos además de los parámetros de funcionamiento citados vaya añadiéndose el 10% restante de RS-51 hasta completar la carga. Si el sistema dispone de un visor de líquido, cargue gradualmente hasta verificar que únicamente pasa líquido refrigerante. No sobrecargue el sistema.

Operar el equipo con las mismas condiciones que en el punto 2 y comprobar que el funcionamiento es similar. Para conseguir las condiciones de trabajo óptimas con el punto medio de temperatura el procedimiento variará dependiendo del tipo de expansión del equipo:

1. válvula de expansión electrónica (EEV).
2. válvula de expansión termostática (TXV) u otros sistemas de expansión.

### 3. AJUSTE DE LA INSTALACIÓN

#### 3.1 CONFIGURACIÓN CON EEV (VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA)

Podemos encontrar dos situaciones:

1. El controlador de la EEV tiene preconfigurados distintos refrigerantes, y entre ellos se encuentra el R-470B. En este caso, debemos seleccionarlo para que el equipo adapte sus condiciones de trabajo para funcionar en condiciones óptimas con este refrigerante.
2. En el controlador de la EEV no se encuentra el R-470B dentro de la lista de selección del refrigerante. En este caso deberemos configurarlo introduciendo las constantes de Antoine del RS-51 para el punto de rocío y de burbuja:

	Punto de rocío	Punto de burbuja
A (A <sub>1</sub> )	10,70	8,99
(* ) B (A <sub>2</sub> )	2.407,27	1.698,03
C (A <sub>3</sub> )	256,64	250,97

$$T_e = \frac{A_2}{\ln(P_e) - A_1} - A_3$$

**Nota:** Algunos fabricantes identifican los coeficientes A, B y C como A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>.

\* Como puede observarse en la fórmula anterior, la constante B (A<sub>2</sub>) tiene signo positivo en la fórmula, si es así, introducir el valor con el signo negativo. Para comprobar si el signo ya está incorporado a la fórmula, consulte la documentación del controlador o mire el valor de B para cualquier otro gas que ya esté introducido en el sistema.

#### 3.2 CONFIGURACIÓN CON TXV (VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA)

Para conseguir que el equipo trabaje en buenas condiciones con RS-51, es necesario verificar la válvula de expansión:

Seleccione la válvula y su orificio del mismo modo que lo haría para R-407C o R-22. Si el equipo ya funcionaba con alguno de estos gases, no es necesaria su sustitución.

Cuando esté funcionando el sistema, compruebe las condiciones operativas y contrástelas con las que ha tomado al inicio aún con el refrigerante antiguo. Ajuste el recalentamiento con la válvula de expansión.

**OBSERVACIÓN:** Si el fabricante del equipo recomienda cargar el sistema original con R-404A o R-507 mediante el recalentamiento del evaporador o mediante el subenfriamiento del condensador, use los mismos valores con el RS-51.

Si el refrigerante original era R-22, aunque la presión de succión del compresor sea similar a la experimentada usando R-22, la presión de descarga será superior con lo que requerirá ajustar los presostatos de alta. Verifique los límites operativos del compresor.

13. Compruebe que el nivel de aceite del compresor es el correcto y añada o extraiga si es necesario. Es probable que observe una mejora en el retorno del aceite comparado con la instalación trabajando con R-404A o R-507.

Es importante garantizar que, en el caso de agregar aceite polioléster al sistema, el nivel de aceite (inmediatamente después de agregarlo) se mantenga por debajo del punto medio del nivel de aceite del sistema (por ejemplo, a la mitad del visor).

También es importante mantener un registro preciso de la cantidad de aceite introducido para evitar un llenado excesivo.

14. Desconectar los envases de refrigerante del sistema, inmediatamente después de finalizar el llenado o vaciado del mismo.
15. Verifique nuevamente la estanqueidad de la instalación, buscando posibles fugas, cualquier detector apto para HFC, será adecuado para el RS-51. Solicite a Gas Servei el detector de HFC's.
16. Etiquete la instalación con el nuevo refrigerante.

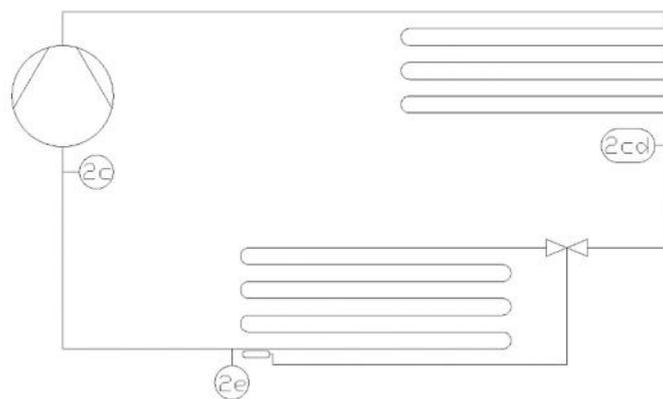
### 3.2.1. COMO AJUSTAR EL RECALENTAMIENTO (SH) DE LA INSTALACIÓN

#### Consideraciones previas:

El recalentamiento (SH) total debe encontrarse idealmente entre 7K y 12K.

$$SH_{TOTAL} = SH_{\text{ÚTIL}} + SH_{\text{LÍNEA SUCCIÓN}}$$

- $SH_{\text{ÚTIL}}$ : Es el recalentamiento que se produce en el evaporador, por tanto, es el que debe considerarse para evaluar el ajuste sistema. El valor típico recomendado se encuentra entre 5K y 8K.
- $SH_{\text{LÍNEA SUCCIÓN}}$ : Es el que se produce entre la salida del evaporador y la entrada del compresor. Su valor debe ser lo más bajo posible, pero garantizando que no se produce un retorno de líquido. Los valores son aceptables si se encuentran entre 2K y 4K.



#### Cálculo del recalentamiento útil real

- T2e: Tome la temperatura en el punto "2e" con un termómetro.
- T1: Mire la presión en el manómetro de aspiración y vea a que temperatura corresponde según la presión de vapor (también conocida como punto de rocío o dew point) en las tablas de Presión/Temperatura de la Ficha Técnica del RS-51.

$$SH_{\text{ÚTIL}} = T2e - (T1)$$

**Recalentamiento total real**

- T2c: Tome la temperatura en el punto "2c" con un termómetro.
- T1: Mire la presión en el manómetro de aspiración y vea a que temperatura corresponde según la presión de vapor (también conocida como punto de rocío o dew point) en las tablas de Presión/Temperatura de la Ficha Técnica del RS-51.

$$SH_{TOTAL} = T2c - (T1)$$

**Recalentamiento de la línea de succión real (SH<sub>LÍNEA SUCCIÓN</sub>)**

$$SH_{LÍNEA SUCCIÓN} = SH_{TOTAL} - SH_{ÚTIL}$$

**3.2.2. SUBENFRIAMIENTO (SC) DE LA INSTALACIÓN****Consideraciones previas:**

El subenfriamiento (SC) para instalaciones medianas/grandes debe encontrarse idealmente entre 8K y 12K.

**Cálculo del subenfriamiento efectivo**

- T<sub>líquido real</sub>: Tome la temperatura en el punto "2cd" con un termómetro.
- T<sub>rocío</sub>: Mire la presión en el manómetro de alta y vea a que temperatura corresponde según la presión de vapor (también conocida como punto de rocío o dew point) en las tablas de Presión/Temperatura del refrigerante.

$$\text{Subenfriamiento efectivo} = (T_{\text{rocío}} - \text{glide}_{\text{efectivo}}) - T_{\text{líquido real}}$$

**OBSERVACIÓN:** Normalmente, se definiría como: T<sub>burbuja</sub> - T<sub>líquido real</sub>

En el caso del RS-51, el cálculo clásico de subenfriamiento como T<sub>burbuja</sub> - T<sub>líquido</sub> puede inducir a error debido a la presencia de CO<sub>2</sub> en la mezcla, que no condensa a las presiones típicas del sistema. Por eso es recomendable calcular el Subenfriamiento efectivo aplicando un ajuste con el *glide efectivo* o usar otras variables más representativas.

**4. COMO CALCULAR EL RECALENTAMIENTO (SH) DE LA INSTALACIÓN A EFECTOS DE CÁLCULOS TERMODINÁMICOS**

$$T_{\text{evap}} = T_{\text{rocío}} - \frac{\text{Glide}_{\text{efectivo}}}{2}$$

glide<sub>efectivo</sub> del RS-51: 4,1K

**Aclaraciones:**

En el apartado 4 se ha explicado como ajustar el recalentamiento real de la instalación, aunque a efectos de cálculos de rendimiento (COP), análisis de ciclos termodinámicos, etc. es más conveniente tener en cuenta esta fórmula por los siguientes motivos:

Cuando se lleva a cabo el ajuste, no se tiene en cuenta que los componentes más volátiles de la mezcla empiezan a evaporar a una temperatura inferior. Por este motivo y para cálculos termodinámicos (que no para el ajuste) se recomienda tener en cuenta el *glide*. Para ello se recomienda tomar la temperatura media de evaporación, es decir el punto medio entre la temperatura de evaporación del componente más volátil y el componente menos volátil.

En efecto, se trataría de tomar la temperatura de burbuja (o líquido) y la temperatura de rocío (o vapor) para la presión de aspiración de la instalación y calcular la media (suma de los dos valores dividido por dos), aunque esto tampoco sería correcto para RS-51.

En mezclas con CO<sub>2</sub> como RS-51, parte del *glide teórico* corresponde al CO<sub>2</sub>, que no condensa ni evapora en condiciones normales del sistema. Por eso, el cálculo termodinámico debe considerar solo el *glide efectivo*, es decir, la diferencia de temperatura entre los componentes que realmente cambian de fase en el circuito frigorífico.