

# LINEAMIENTOS TÉCNICOS AMBIENTALES PARA EL MANEJO INTEGRAL DE GASES REFRIGERANTES EN LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN, RECICLAJE, ACOPIO Y REGENERACIÓN

**RED R&R&R COLOMBIA**

**RED DE RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES**



# MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA**  
JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

**MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**  
LUIS GILBERTO MURILLO

**VICEMINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**  
CARLOS ALBERTO BOTERO LÓPEZ

**DIRECTOR DE ASUNTOS AMBIENTALES, SECTORIAL Y URBANA**  
WILLER EDILBERTO GUEVARA HURTADO

## UNIDAD TÉCNICA OZONO

**COORDINADORA NACIONAL**  
LEYDY MARÍA SUÁREZ OROZCO

### EQUIPO TÉCNICO

ANGÉLICA NATALY ANTOLINEZ ESQUIVEL  
EDWIN MAURICIO DICKSON BARRERA  
GABRIEL FELIPE MARTÍNEZ ROMERO  
HILDA CRISTINA MARIACA OROZCO  
NIDIA MERCEDES PABÓN TELLO  
XIOMARA IBETH STAVRO TIRADO

### EQUIPO ADMINISTRATIVO

MYRIAM CRISTINA JIMÉNEZ MORENO  
OSCAR MAURICIO JAIMES GONZÁLEZ

### DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

CATALINA RODRÍGUEZ FRANKY

### IMPRESIÓN

CONTACTO GRÁFICO LTDA.

**LINEAMIENTOS TÉCNICOS AMBIENTALES PARA  
EL MANEJO INTEGRAL DE GASES REFRIGERANTES  
EN LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN, RECICLAJE,  
ACOPIO Y REGENERACIÓN**

### RED R&R&R COLOMBIA

RED DE RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES  
REFRIGERANTES EN COLOMBIA

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO  
**PNUD**

### COORDINADOR RESIDENTE HUMANITARIO - PNUD

MARTÍN SANTIAGO HERRERO

### DIRECTORA PAÍS PNUD COLOMBIA

PABLO RUIZ HIEBRA

### CONSULTORÍA Y TEXTOS

Fabián Mauricio Pinzón Rincón  
Francisco Pinzón Avendaño (capítulo 3)

Con el apoyo de Martha Cecilia Hoyos Calvete,  
consultora del Grupo de Residuos Peligrosos,  
Sustancias Químicas y UTO en los anexos: 8, 9, 10, 11 y 12.

### CORRECCIÓN DE ESTILO

María Emilia Botero Arias  
Minambiente, Grupo Cultura Ambiental

### REVISIÓN TÉCNICA

Edwin Mauricio Dickson Barrera  
Consultor Unidad Técnica Ozono Colombia



**Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

Lineamientos técnicos ambientales para el manejo integral de gases refrigerantes en las operaciones de recuperación, reciclaje, acopio y regeneración: Red R&R&R Colombia –Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Gases Refrigerantes en Colombia / Unidad Técnica Ozono Colombia: Pinzón Rincón, Fabián Mauricio; Pinzón Avendaño, Francisco (cap. 3). ---- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016. 280 p. : il. + 1CD-ROM (Anexos)

ISBN versión electrónica: 978-958-8901-41-1

ISBN versión impresa: 978-958-8901-40-4

Con: Manual de operación del equipo analizador de gases refrigerantes Ultima ID Pro™

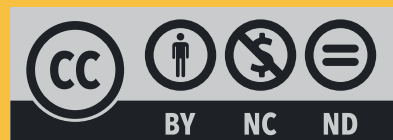
1. Buenas prácticas 2. Subsector refrigeración 3. Gases refrigerantes 4. Recuperación y regeneración de gases refrigerantes 5. Sustancias peligrosas 6. Gestión ambiental 7. Seguridad industrial 8. Sustancias agotadoras de la capa de ozono 9. Protocolo de Montreal I. Tit. II. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible III. Unidad Técnica Ozono Colombia

CDD: 697

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

**No comercializable - Distribución gratuita**



# CONTENIDO

<i>Pág.14</i> .....	INTRODUCCIÓN	
<i>Pág.15</i> .....	CÓMO UTILIZAR LA GUÍA	
<i>Pág.16</i> .....	GENERALIDADES	<b>1.</b>
<i>Pág.16</i> .....	OBJETIVO Y ALCANCE DE LA GUÍA	1.1
<i>Pág.17</i> .....	DEFINICIONES	1.2
<i>Pág.23</i> .....	ANTECEDENTES	1.3
<i>Pág.26</i> .....	LOS GASES REFRIGERANTES EN EL SECTOR DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN COLOMBIA	1.4
<i>Pág.28</i> .....	MARCO NORMATIVO DE INTERÉS AMBIENTAL APLICABLE A LA GESTIÓN DE GASES REFRIGERANTES EN COLOMBIA	1.5
<i>Pág.38</i> .....	CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y EN SALUD, DE LOS GASES REFRIGERANTES	<b>2.</b>
<i>Pág.39</i> .....	GENERALIDADES DE LAS SUSTANCIAS O GASES REFRIGERANTES	2.1
<i>Pág.39</i> .....	DENOMINACIÓN DE LOS REFRIGERANTES	2.1.1
<i>Pág.40</i> .....	CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES POR GRUPO DE SEGURIDAD	2.1.2
<i>Pág.41</i> .....	CLASES DE REFRIGERANTES	2.1.3
<i>Pág.42</i> .....	IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL USO DE REFRIGERANTES	2.2
<i>Pág.43</i> .....	AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO	2.2.1
<i>Pág.44</i> .....	CALENTAMIENTO GLOBAL	2.2.2
<i>Pág.46</i> .....	PLANEACIÓN Y GESTIÓN	2.3
<i>Pág.47</i> .....	PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR GASES REFRIEGRANTES	2.4
<i>Pág.50</i> ....	LICENCIAMIENTO AMBIENTAL REQUERIDO PARA CENTROS DE REGENERACIÓN, ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES	2.5
<i>Pág.52</i> .....	MANEJO DE CILINDROS RECARGABLES PARA GASES REFRIGERANTES	<b>3.</b>
<i>Pág.53</i> .....	NORMATIVA Y REGLAMENTOS APLICABLES A LOS CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGEANTES	3.1
<i>Pág.53</i> .....	NORMATIVA INTERNACIONAL	3.1.1
<i>Pág.54</i> .....	NORMATIVA NACIONAL	3.1.2
<i>Pág.55</i> .....	CARACTERÍSTICAS DE LOS CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES Y NO RETORNABLES O DESECHABLES PARA EL ALMACENAMIENTODE GASES REFRIGERANTES	3.2

3.2.1	GENERALIDADES .....	<i>Pág.55</i>
3.2.2	CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES. ESPECIFICACIONES DOT 4BA Y DOT 4BW .....	<i>Pág.56</i>
3.2.2.1	MARCACIÓN PARA CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES ESPECIFICACIÓN DOT 4BA Y DOT 4BW.....	<i>Pág.58</i>
3.2.2.2	ROTULADO Y ETIQUETADO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.59</i>
3.2.2.3	RECALIFICACIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.59</i>
3.2.2.4	INSPECCIÓN VISUAL PERIÓDICA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.55</i>
3.2.2.5	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS PARA CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.61</i>
3.2.3	CILINDROS NO RETORNABLES O DESECHABLES. ESPECIFICACIÓN DOT 39.....	<i>Pág.62</i>
3.2.3.1	MARCACIÓN PARA CILINDROS NO RETORNABLES, NO REUSABLES O DESECHABLES. ESPECIFICACIÓN DOT 39.....	<i>Pág.64</i>
3.2.3.2	PELIGRO AL RECARGAR O RECUPERAR GAS REFRIGERANTE EN CILINDROS NO RETORNABLES O DESECHABLES.....	<i>Pág.64</i>
3.2.3.3	ROTULADO Y ETIQUETADO DE CILINDROS NO RETORNABLES, NO REUSABLES O DESECHABLES.....	<i>Pág.65</i>
3.3	PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN, LIMPIEZA, Y DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES.....	<i>Pág.65</i>
3.3.1	INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTE.....	<i>Pág.66</i>
3.3.1.1	CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.66</i>
3.3.1.2	ETAPAS PARA LA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.67</i>
3.3.1.3	ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE INSPECCIÓN.....	<i>Pág.72</i>
3.3.2	LIMPIEZA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES.....	<i>Pág.74</i>
3.3.2.1	LIMPIEZA EN HÚMEDO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES.....	<i>Pág.74</i>
3.3.2.1.1	CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA LIMPIEZA EN HÚMEDO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.74</i>
3.3.2.1.2	ETAPAS PARA LA LIMPIEZA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.75</i>
3.3.2.1.3	ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA EN HÚMEDO.....	<i>Pág.78</i>
3.3.2.2	LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES.....	<i>Pág.78</i>
3.2.2.2.1	CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.79</i>
3.2.2.2.2	ETAPAS PARA LA LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.81</i>
3.2.2.2.3	ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA EN SECO.....	<i>Pág.82</i>

DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES	3.3.3
<i>Pág.82</i> .....(INCLUIDOS CILINDROS DESECHABLES)	
<i>Pág.83</i> .....CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS PARA GASES REFRIGERANTES	3.3.3.1
<i>Pág.85</i> .....ETAPAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS DE GASES REFRIGERANTES	3.3.3.2
<i>Pág.86</i> .....ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE DISPOSICIÓN FINAL	3.3.3.3
CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS EN LA INSPECCIÓN, LIMPIEZA Y DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS	3.3.4
<i>Pág.88</i> .....RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES	
<i>Pág.98</i> .....MANEJO INTEGRAL DE GASES REFRIGERANTES REUTILIZABLES Y NO REUTILIZABLES	<b>4.</b>
OPERACIONES DE RECUPERACIÓN, RECICLAJE, MOVILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO INTERNO DE GASES REFRIGERANTES, EN ACTIVIDADES	4.1
<i>Pág.99</i> .....DE MANTENIMIENTO, INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, ACONDICIONAMIENTO Y CALEFACCIÓN	
<i>Pág.99</i> .....CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	4.1.1
<i>Pág.100</i> .....CARACTERIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	4.1.2
<i>Pág.110</i> .....CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS EN LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	4.1.3
<i>Pág.126</i> .....SEGUIMIENTO Y MONITOREO EN OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	4.1.4
<i>Pág.126</i> .....REGISTROS MODELO PARA OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	4.1.4.1
<i>Pág.127</i> .....LISTA DE VERIFICACIÓN	4.1.4.2
<i>Pág.131</i> .....OPERACIONES DE ACOPIO	4.2
<i>Pág.131</i> .....CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LAS OPERACIONES DE ACOPIO	4.2.1
<i>Pág.137</i> .....CARACTERIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE ACOPIO	4.2.2
<i>Pág.146</i> .....CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS A LAS OPERACIONES DE ACOPIO	4.2.3
<i>Pág.171</i> .....SEGUIMIENTO Y MONITOREO EN OPERACIONES DE ACOPIO	4.2.4
<i>Pág.171</i> .....REGISTROS MODELO PARA OPERACIONES ACOPIO	4.2.4.1
<i>Pág.175</i> .....LISTA DE VERIFICACIÓN	4.2.4.2
<i>Pág.181</i> .....OPERACIONES DE REGENERACIÓN	4.3
<i>Pág.181</i> .....REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES	4.3.1
<i>Pág.181</i> .....CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LAS OPERACIONES DE REGENERACIÓN	4.3.1.1

4.3.1.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE REGENERACIÓN.....	<i>Pág.183</i>
4.3.1.3	CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS A LAS OPERACIONES DE REGENERACIÓN.....	<i>Pág.194</i>
4.3.1.4	SEGUIMIENTO Y MONITOREO EN OPERACIONES DE REGENERACIÓN.....	<i>Pág.216</i>
4.3.1.4.1	REGISTROS MODELO PARA OPERACIONES DE REGENERACIÓN.....	<i>Pág.216</i>
4.3.1.4.2	LISTA DE VERIFICACIÓN.....	<i>Pág.223</i>
4.3.2	PRUEBAS DE CALIDAD DE LOS GASES REGENERADOS.....	<i>Pág.228</i>
4.3.2.1	CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA PRUEBAS DE CALIDAD.....	<i>Pág.228</i>
4.3.2.2	CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD Y PROTOCOLOS PARA LOS PRINCIPALES ENSAYOS DE LABORATORIO.....	<i>Pág.228</i>
4.3.2.3	CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS A LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CALIDAD DE REFRIGERANTES.....	<i>Pág.229</i>
4.3.2.4	SEGUIMIENTO Y MONITOREO A LAS PRUEBAS DE CALIDAD DE REFRIGERANTES.....	<i>Pág.279</i>

## ANEXOS...

<b>ANEXO 1</b>	- MODELO DE FORMATO PARA REGISTRO DE INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.1</i>
<b>ANEXO 2</b>	- MODELO DE LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.2</i>
<b>ANEXO 3</b>	- MODELO DE FORMATO PARA EL REGISTRO DE LIMPIEZA O LAVADO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES.....	<i>Pág.3</i>
<b>ANEXO 4</b>	- EJEMPLO DE PLANO DE DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASAS.....	<i>Pág.4</i>
<b>ANEXO 5</b>	- INSTRUCTIVO MANEJO DE LA RECUPERADORA.....	<i>Pág.4</i>
<b>ANEXO 6</b>	- MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO ANALIZADOR DE GASES REFRIGERANTES ULTIMA ID PRO.....	<i>Pág.8</i>
<b>ANEXO 7</b>	- INSTRUCTIVO MANEJO DE LA UNIDAD REGENERADORA.....	<i>Pág.15</i>
<b>ANEXO 8</b>	- DETERMINACIÓN DE ACIDEZ EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR MÉTODO DE TITULACIÓN.....	<i>Pág.24</i>
<b>ANEXO 9</b>	- DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR PRECIPITACIÓN DE CLORURO DE PLATA.....	<i>Pág.29</i>
<b>ANEXO 10</b>	- DETERMINACIÓN DE AGUA EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR TITULACIÓN COULOMÉTRICA DE KARL- FISCHER...	<i>Pág.34</i>
<b>ANEXO 11</b>	- DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR MEDICIÓN VOLUMÉTRICA O GRAVIMÉTRICA Y DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PARTÍCULAS POR INDICACIÓN VISUAL.....	<i>Pág.40</i>
<b>ANEXO 12</b>	- DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REFRIGERANTES R-11, R-12, R-22, R-134A Y R-410 NUEVOS Y REGENERADOS POR CROMATOGRAFÍA DE GASES, DE COLUMNA CAPILAR Y COLUMNA EMPACADA.....	<i>Pág.45</i>

# LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	Equipo de regeneración de gases refrigerantes. Cámara hermética de destilación 202..... <i>Pág.23</i>
<b>FIGURA 2</b>	Análisis al gas refrigerante regenerado..... <i>Pág.24</i>
<b>FIGURA 3</b>	Transporte, recolección y almacenamiento de los centros de acopio de gases refrigerantes..... <i>Pág.24</i>
<b>FIGURA 4</b>	Ciclo conceptual de operaciones de la Red R&R&R en Colombia..... <i>Pág.25</i>
<b>FIGURA 5</b>	Datos de consumo (año 2015), y consumo destinado para el sector servicio de mantenimiento..... <i>Pág.27</i>
<b>FIGURA 6</b>	Clasificación de seguridad de los refrigerantes e inflamabilidad de los hidrocarburos..... <i>Pág.40</i>
<b>FIGURA 7</b>	Clasificación de los niveles de potencial de calentamiento global a 100 años..... <i>Pág.44</i>
<b>FIGURA 8</b>	Potenciales de calentamiento global de gases refrigerantes..... <i>Pág.45</i>
<b>FIGURA 9</b>	Esquema general del sistema de gestión..... <i>Pág.46</i>
<b>FIGURA 10</b>	Modelo operativo Red R&R&R en Colombia..... <i>Pág.47</i>
<b>FIGURA 11</b>	Ejemplo de formato para monitoreo y control de fugas..... <i>Pág.49</i>
<b>FIGURA 12</b>	Información básica a ser suministrada a las autoridades ambientales en el marco de un trámite de licenciamiento ambiental para un centro de acopio y almacenamiento o de regeneración de gases refrigerantes..... <i>Pág.51</i>
<b>FIGURA 13</b>	Tipos de especificaciones de cilindros para gases refrigerantes..... <i>Pág.56</i>
<b>FIGURA 14</b>	Ejemplo típico de diferentes cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.57</i>
<b>FIGURA 15</b>	Ubicación del dispositivo de seguridad (disco de ruptura)..... <i>Pág.58</i>
<b>FIGURA 16</b>	Marcación DOT de un cilindro retornable o recargable..... <i>Pág.58</i>
<b>FIGURA 17</b>	Ejemplos de rotulado y etiquetas, según NTC 2462:2008..... <i>Pág.59</i>
<b>FIGURA 18</b>	Daños por grietas y protuberancias..... <i>Pág.60</i>
<b>FIGURA 19</b>	Oxidación excesiva..... <i>Pág.60</i>
<b>FIGURA 20</b>	Daño por fuego..... <i>Pág.60</i>
<b>FIGURA 21</b>	Daño rosca válvula..... <i>Pág.60</i>
<b>FIGURA 22</b>	Esquema máquina para prueba de camisa de agua..... <i>Pág.22</i>
<b>FIGURA 23</b>	Ejemplo típico de cilindros no retornables o desechables..... <i>Pág.63</i>
<b>FIGURA 24</b>	Cilindro no retornable o desechable, señalando disco de ruptura..... <i>Pág.63</i>
<b>FIGURA 25</b>	Etiqueta de advertencia estándar para cilindros DOT 39..... <i>Pág.64</i>
<b>FIGURA 26</b>	Restricción de recarga de un cilindro no retornable o desechable..... <i>Pág.65</i>
<b>FIGURA 27</b>	Diagrama de flujo para la inspección de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.67</i>
<b>FIGURA 28</b>	Diagrama de flujo para la limpieza en húmedo de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.75</i>



<i>Pág.81</i> .....Diagrama de flujo para la limpieza en seco de cilindros retornables o recargables	<b>FIGURA 29</b>
<i>Pág.85</i> .....Diagrama de flujo para la disposición final de cilindros de gases refrigerantes	<b>FIGURA 30</b>
<i>Pág.99</i> .....Condiciones y recursos necesarios para operaciones de recuperación y reciclaje	<b>FIGURA 31</b>
<i>Pág.126</i> .....Modelo de formato para recuperación y reciclaje de refrigerantes	<b>FIGURA 32</b>
Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para posterior regeneración e identificación de datos	<b>FIGURA 33</b>
<i>Pág.126</i> .....básicos a suministrar por el técnico	
<i>Pág.131</i> .....Recursos necesarios para operaciones de acopio y almacenamiento	<b>FIGURA 34</b>
<i>Pág.135</i> .....Rótulo en rombo	<b>FIGURA 35</b>
<i>Pág.136</i> .....Rotulado del vehículo	<b>FIGURA 36</b>
<i>Pág.136</i> .....Rótulo rectangular	<b>FIGURA 37</b>
<i>Pág.137</i> .....Diagrama general de las operaciones de acopio	<b>FIGURA 38</b>
<i>Pág.172</i> .....Modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento	<b>FIGURA 39</b>
<i>Pág.137</i> .....Modelo de formato para salida de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento	<b>FIGURA 40</b>
Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para regeneración e información a ser complementada	<b>FIGURA 41</b>
<i>Pág.174</i> .....por el centro de acopio y almacenamiento	
<i>Pág.174</i> .....Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados no aptos para regeneración	<b>FIGURA 42</b>
<i>Pág.182</i> .....Recursos necesarios para operaciones de acopio y almacenamiento	<b>FIGURA 43</b>
<i>Pág.183</i> .....Diagrama general de las operaciones de regeneración	<b>FIGURA 44</b>
<i>Pág.217</i> .....Modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de regeneración	<b>FIGURA 45</b>
<i>Pág.218</i> .....Modelo de certificado de manejo seguro y ambientalmente adecuado de refrigerantes en centros de regeneración	<b>FIGURA 46</b>
<i>Pág.219</i> .....Modelo de formato para la etapa de regeneración de refrigerantes	<b>FIGURA 47</b>
<i>Pág.220</i> .....Modelo de formato para salida de refrigerantes de los centros de regeneración	<b>FIGURA 48</b>
Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para regeneración e información a ser complementada	<b>FIGURA 49</b>
<i>Pág.221</i> .....por el centro de regeneración	
<i>Pág.222</i> .....Modelo de etiqueta para envase primario de refrigerantes regenerados en el centro de regeneración	<b>FIGURA 50</b>
<i>Pág.222</i> .....Modelo de etiqueta para envase/embalaje de refrigerantes regenerados en el centro de regeneración	<b>FIGURA 51</b>
<i>Pág.228</i> .....Descripción general de etapas adelantadas en las pruebas de calidad de gases regenerados	<b>FIGURA 52</b>

# LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	Tipos y capacidad de almacenamiento mínima de los centros de acopio de gases refrigerantes..... <i>Pág.25</i>
<b>TABLA 2</b>	Capacidad de almacenamiento mínima y capacidad de regeneración, de los centros de regeneración de gases refrigerantes..... <i>Pág.25</i>
<b>TABLA 3</b>	Marco normativo de interés ambiental aplicable a la gestión gases refrigerantes en Colombia..... <i>Pág.28</i>
<b>TABLA 4</b>	Clasificación de los refrigerantes según ANSI /ASHRAE 34..... <i>Pág.39</i>
<b>TABLA 5</b>	Clases de refrigerantes..... <i>Pág.41</i>
<b>TABLA 6</b>	Especificaciones para acero fabricación cilindros DOT 4BA y DOT 4BW..... <i>Pág.56</i>
<b>TABLA 7</b>	Especificaciones para acero en la fabricación de cilindros DOT 39..... <i>Pág.62</i>
<b>TABLA 8</b>	Proceso de inspección de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.68</i>
<b>TABLA 9</b>	Proceso de limpieza en húmedo de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.76</i>
<b>TABLA 10</b>	Proceso de limpieza en seco de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.80</i>
<b>TABLA 11</b>	Proceso de disposición final de cilindros de gases refrigerantes..... <i>Pág.84</i>
<b>TABLA 12</b>	Matriz de identificación y manejo de riesgos en la inspección de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.90</i>
<b>TABLA 13</b>	Matriz de identificación y manejo de riesgos en la limpieza en húmedo de cilindros retornables o recargables..... <i>Pág.92</i>



<b>TABLA 14</b>	Matriz de identificación y manejo de riesgos en la limpieza en seco de cilindros retornables o recargables.....	<b>Pág. 94</b>
<b>TABLA 15</b>	Matriz de identificación y manejo de riesgos en la disposición final de cilindros para gases refrigerantes.....	<b>Pág. 96</b>
<b>TABLA 16</b>	Operaciones de recuperación y reciclaje de refrigerantes.....	<b>Pág. 108</b>
<b>TABLA 17</b>	Matriz de riesgos asociados a las operaciones de recuperación y reciclaje.....	<b>Pág. 125</b>
<b>TABLA 18</b>	Modelo de lista de verificación para operaciones de recuperación y reciclaje.....	<b>Pág. 130</b>
<b>TABLA 19</b>	Requerimientos generales relacionados con las instalaciones de almacenamiento de gases refrigerantes.....	<b>Pág. 135</b>
<b>TABLA 20</b>	Requerimientos generales para los vehículos de transporte de gases refrigerantes.....	<b>Pág. 136</b>
<b>TABLA 21</b>	Operaciones de acopio de refrigerantes.....	<b>Pág. 145</b>
<b>TABLA 22</b>	Matriz de riesgos asociados a las operaciones de acopio y almacenamiento.....	<b>Pág. 171</b>
<b>TABLA 23</b>	Modelo de lista de verificación para operaciones de acopio y almacenamiento.....	<b>Pág. 175</b>
<b>TABLA 24</b>	Operaciones de regeneración de refrigerantes.....	<b>Pág. 193</b>
<b>TABLA 25</b>	Matriz de riesgos asociados a las operaciones de regeneración.....	<b>Pág. 75</b>
<b>TABLA 26</b>	Modelo de lista de verificación para operaciones de regeneración.....	<b>Pág. 227</b>
<b>TABLA 27</b>	Matriz de riesgos asociados a la realización de pruebas de calidad a gases regenerados.....	<b>Pág. 229</b>

# SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACGIH:	Association Advancing Occupational and Environmental Health	EIGA:	European Industrial Gases Association
AHRI:	Air-Conditioning, Heating, & Refrigeration, Institute	EPA:	Environmental Protection Agency o Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América
ANSI:	American National Standards Institute	EPP:	Elementos de Protección Personal
AREP:	Alternative Refrigerants Evaluation Program	FID:	Detector de Ionización de Llama
ASHRAE:	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado	FNPT:	Female National Pipe Thread (hilo de rosca hembra)
CA:	Centro de Acopio de Gas Refrigerante	FR:	Response Factors (factores de respuesta)
CFC:	Clorofluorocarbonos	GC:	Gas Chromatography (cromatografía de gases)
CFR:	Code of Federal Regulations. Código de Regulaciones Federales de Estados Unidos de América	GEI:	Gases de Efecto Invernadero
CGA:	Compressed Gas Association, Inc.	GWP:	Global-Warming Potential (potencial de calentamiento global (PCG))
CR:	Centro de regeneración de gas refrigerante	HAZMAT:	Hazardous material (materiales peligrosos)
DDI:	Deep drawn and ironed (proceso de transformación de la placa de acero de la forma de retención de material a través de un estirado profundo y planchado)	HBR:	High Boiling Residue (residuo de alto punto de ebullición)
DIN:	Deutsche Industrie Normen o Instituto de Normalización de Alemania	HCFC:	Hidroclorofluorocarbonos
DL:	Detection Limit (límite de detección)	HDSP:	Hoja de datos de seguridad de producto, conocido también como MSDS: Material safety data sheet
DOT:	Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América	ICONTEC:	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
		IPCC:	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
		ISO:	Organización Internacional de Normalización
		LCD:	Liquid Crystal Display (pantalla de cristal líquido)

LED:	Light Emitting Diode (diodo de emisión de luz)	PEL:	Permissible Exposure Limits límites permisibles de exposición
MAVDT:	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
MinAmbiente:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	PRODOC:	Documento de Proyecto
MNPT:	Male National Pipe Thread (hilo de rosca macho)	RC:	Refrigeración y Calefacción
MSDS:	Material Safety Data Sheet, (hoja de seguridad de producto (HDSP))	Red R&R&R:	Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración
NCL:	Norma de Competencia Laboral	RESPEL:	Residuos Peligrosos Requalifier Identification Number
NDIR:	Non-Dispersive Infrared (infrarrojo no dispersivo)	RIN:	(número de identificación del recalificador)
NGT:	National Gas Thread (hilo de gas nacional)	RTOC:	Refrigeration, Air Conditioninig and Heat Pump Thecnical Options Committee
NTC:	Norma Técnica Colombiana	SAO:	Sustancias Agotadoras de Ozono
OD:	Outside Diameter, (diámetro exterior)	SENA:	Servicio Nacional de Aprendizaje (de Colombia)
ODP:	Ozone Depletion Potential o también conocido como PAO	TCD:	Termal Conductivity Detector (detector de conductividad térmica)
OFP:	Protección de Sobrellenado	TLV:	Threshold Limit Value (valor umbral límite)
OSHA:	Occupational Safety and Health Administration	TW:	Tare Weight (peso de tara)
PAO:	Potencial de Agotamiento de Ozono también conocido como ODP, por su sigla en inglés	UTO:	Unidad Técnica Ozono
PCG:	Potencial de Calentamiento Global también conocido como GWP, por su sigla en inglés	UNFCCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
		WC:	Water Capacity (capacidad de agua)



▲ CENTROS DE ACOPIO  
 ■ CENTROS DE REGENERACIÓN

# INTRODUCCIÓN

Colombia como signataria del Protocolo de Montreal, ratificado mediante la Ley 29 de 1992, se ha comprometido a la eliminación, mediante cronogramas definidos, del consumo de las sustancias agotadoras de ozono (SAO) listadas en los anexos A, B, C y E de dicho Protocolo.

Gobierno Nacional, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, creó la Unidad Técnica Ozono - UTO como un grupo de trabajo al interior del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente. La UTO recibe asistencia técnica del PNUD y simultáneamente asesora técnicamente al MinAmbiente, en la implementación del Protocolo de

Montreal razón, por la cual esta Unidad ha venido generado desde su creación en 1994 una serie de acciones y estrategias que han llevado a la eliminación del 100% de la línea base de consumo de CFC, halones y tetracloruro de carbono en el País, pretendiendo la eliminación paulatina y sostenida del consumo de las SAO.

Como parte de las actividades del Plan Nacional de Eliminación, proyecto PNUD 36433, suscrito el 14 de julio de 2004, el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, hoy MinAmbiente), realizó el montaje de cinco centros de regeneración en Colombia, donde el principal objetivo de los centros, es separar las impurezas de aquellos gases refrigerantes que han sido recuperados por los técnicos, y empresas de mantenimiento del sector. El gas refrigerante recuperado es aquel que ha sido usado en equipos de refrigeración y de aire acondicionado. La regeneración o limpieza se realiza en cámaras de destilación, y los gases refrigerantes regenerados pueden ser utilizados nuevamente debido a que alcanzan una pureza mayor al 99.9%, similar a los gases refrigerantes vírgenes, la cual es verificada con pruebas de laboratorio.

El 10 de agosto de 2011 se firmó por parte del Ministerio y el PNUD el documento del Proyecto (PRODOC) denominado “Etapa I del plan de manejo para la eliminación del consumo de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC)”, proyecto que fue aprobado en la reunión 62 del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal en diciembre de 2010. La estrategia del plan cumplió con los objetivos y metas de eliminación progresiva del consumo de HCFC en el marco del Protocolo de Montreal, de tal forma que se congeló el consumo al nivel de la línea base (promedio consumo 2009 - 2010) en el año 2013 y se redujo el 10% de la línea base en el año 2015.

Cabe resaltar, que durante los programas desarrollados en la I etapa, se destaca el programa para la eliminación de los HCFC en el sector de refrigeración y aire acondicionado, el cual incluyó el desarrollo del proyecto para la consolidación de la red de recuperación, reciclaje y regeneración - Red R&R&R, en el cual se conformaron los centros de acopio de gases refrigerantes del país, para el fortalecimiento de la operación de los centros de regeneración, y la reutilización de gases refrigerantes.

La etapa II del Plan de Gestión para la Eliminación del Consumo de HCFC en Colombia - HPMP II (Proyecto COL ID 00097647) (Periodo 2016-2021) aprobada en la reunión 75 del Comité Ejecutivo del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal del año 2015, comprende la estrategia para la reducción del 60% del consumo de los HCFC para el año 2020 y la reducción del 65% para el año 2021. Así mismo, la estrategia está conformada por cinco (5) programas, entre los cuales se destaca el programa para la eliminación del consumo de HCFC en el sector de servicio de refrigeración y aire acondicionado, el cual busca promover la eliminación del consumo del HCFC-22 en este sector en particular a través de diferentes proyectos, como el relacionado con articular las operaciones de recuperación, reciclaje y regeneración de gases refrigerantes como una Red nacional dentro de la gestión integral de residuos peligrosos del país.

El proyecto anterior trae consigo, la ampliación de la capacidad operativa, principalmente de los procesos de recuperación y almacenamiento de gases refrigerantes en el sector, con lo cual se busca fortalecer la estrategia de aprovechamiento y valorización a nivel nacional de los gases refrigerantes residuales.

Priorizar sobre los procesos de recuperación y almacenamiento de gases refrigerantes conlleva a que el trabajo en conjunto realizado entre los técnicos del sector, centros de acopio y los centros de regeneración sea viable, operacional y económicamente. Para cumplir operativamente con la articulación de la Red nacional R&R&R dentro de la gestión integral de residuos peligrosos del país, y teniendo en cuenta que existen una serie de etapas para cada una de las operaciones, se hace necesario definir, orientar y armonizar los procedimientos consecutivos requeridos en las operaciones de recuperación, acopio y de regeneración a través de una serie de lineamientos, de tal forma que se disponga de un documento con los pasos estandarizados necesarios para el manejo integral y ambientalmente seguro de los refrigerantes, así como las recomendaciones y consideraciones a ser tenidas en cuenta para mejorar el rendimiento y eficacia en los procesos adelantados en el marco de Red.

El presente documento se estructura en cuatro grandes capítulos. En el primero de ellos se abordan algunas generalidades con el fin de contextualizar el marco en el cual se crea la Red R&R&R. En el segundo capítulo, se presentan las principales características de los gases refrigerantes y sus principales efectos en el ambiente. En el tercer capítulo se presentan las características y principales recomendaciones para el manejo de cilindros retornables o recargables de contención de gases refrigerantes. Por último, en el capítulo 4 se presentan las características, requerimientos y recomendaciones para una adecuada implementación de las operaciones de recuperación, reciclaje, acopio y regeneración de gases refrigerantes en el marco de la conceptualización de la Red R&R&R en Colombia. En los anexos podrán encontrar algunos instructivos relacionados con los equipos más importantes utilizados durante estas operaciones, así como los protocolos para adelantar las pruebas de calidad de los gases refrigerantes regenerados.

## CÓMO UTILIZAR LA GUÍA

Se sugiere al lector de esta guía no concebirla como un documento procedimental, sino orientador que brinda insumos complementarios y estandarizados asociados a las acciones y procedimientos implementados por cada organización o usuario de la misma, para el mejoramiento de sus operaciones relacionadas con recuperación, reciclaje, acopio y regeneración de gases refrigerantes. Las recomendaciones aquí presentadas hacen parte de una revisión y compilación de criterios planteados en diferentes referencias nacionales e internacionales aplicables de acuerdo con el objeto de la guía, las cuales deberán ser implementadas en el marco de lo establecido en la normativa vigente aplicable y de manera articulada con los lineamientos establecidos al interior de cada organización o usuario.



# 1. GENERALIDADES

## 1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA GUÍA

Contar con un documento orientador para los actores involucrados en la Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración - R&R&R a nivel nacional, con los principales procedimientos estandarizados y recomendaciones para el manejo integral y ambientalmente seguro de los gases refrigerantes halogenados con potencial de agotamiento de ozono o de calentamiento global, en las operaciones de recuperación, reciclaje, acopio, almacenamiento y regeneración de los mismos.

El documento se encuentra dirigido a empresas y técnicos independientes de las áreas de mantenimiento e instalación de sistemas de refrigeración, aire acondicionado y calefacción, así como a centros de acopio y centros de regeneración de gases refrigerantes y autoridades ambientales, en especial para el manejo de R22 (HCFC-22), R134a (HFC-134a) y demás gases refrigerantes halogenados con potencial de agotamiento de ozono o de calentamiento global<sup>1</sup>.

Para los objetivos propuestos en el presente documento, son considerados gases refrigerantes con potencial de calentamiento global (PCG), aquellos que poseen un PCG mayor o igual a "100", y son considerados gases refrigerantes con potencial de agotamiento de ozono (PAO), aquellos que poseen un PAO mayor a "0"

## 1.2. DEFINICIONES

Para efectos de facilitar la utilización e interpretación de la presente guía, se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

- **Abolladura:** deformación de una superficie de un cilindro a causa de un golpe o mediante presión.
- **Acopio y almacenamiento de gases refrigerantes:** acción tendiente a reunir los refrigerantes recuperados con el fin de mantenerlos durante un periodo de tiempo determinado en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, a fin de facilitar su recolección y posterior manejo integral dependiendo de si son aptos o no para su regeneración (adaptado de Colombia - MAVDT, 2005).
- **Adulteración estampado original:** Es toda modificación fraudulenta de la información originalmente estampada por el fabricante en un cilindro.
- **Aprovechamiento y valorización de gases refrigerantes:** es el proceso de recuperar el valor remanente de los gases refrigerantes, mediante operaciones de recuperación, reciclaje o regeneración (adaptado de Colombia -MAVDT, 2005).

# A

# C

- **Caudal:** cantidad de gas o líquido que pasa a través de un orificio controlado durante un período de tiempo determinado. Puede ser expresado en: litros por minuto, entre otros.
- **Centro de acopio y almacenamiento:** es el lugar donde se desarrollan operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes, que cuenta con las autorizaciones requeridas por la autoridad ambiental competente para adelantar dichas operaciones.
- **Centro de regeneración:** es el lugar donde se desarrollan operaciones de regeneración de gases refrigerantes, que cuenta con las autorizaciones requeridas por la autoridad ambiental competente para adelantar dichas operaciones.

- **Cero absoluto:** punto mínimo en la escala de temperatura termodinámica (-459.69 °F o -273.16 °C).
- **CFR:** abreviatura de Code of Federal Regulations, Código de Regulaciones Federales de Estados Unidos de América.
- **CGA:** siglas de la Compressed Gas Association, Inc. Asociación técnica sin fines de lucro de EUA, que promueve estándares y procedimientos de seguridad para la producción, almacenamiento, transporte y uso de gases comprimidos. Siglas también comúnmente usadas para referirse a las conexiones de salida de válvulas de cilindro.
- **Cilindro:** envase diseñado para contener gases comprimidos o gases comprimidos licuados. Los cilindros son producidos y testeados de acuerdo con especificaciones del Departamento de Transporte de EUA (DOT) entre otras normas. Este envase puede ser reutilizable (o de uso repetitivo) o descartable (o de un solo uso) diseñado para el almacenamiento de gases comprimidos a presiones superiores a 40 psia.
- **Cilindro de alta presión:** cilindro diseñado con presión de servicio mayor o igual a 900 psig.
- **Cilindro de baja presión:** cilindro diseñado con presión de servicio inferior a 900 psig.
- **Cilindro no recargable:** cilindros conocidos como cilindros desechables o cilindros "de un solo viaje" (no retornables), son recipientes fabricados con especificación DOT-39, la cual estipula que estos son diseñados para soportar una presión de 260 psi.
- **Cilindro recargable:** cilindros conocidos también como retornables, específicamente para el almacenamiento de gases refrigerantes; se fabrican bajo especificación DOT 4BA con presiones de servicio a 260 psi, 350 psi y 400 psi.
- **Cilindro rechazado:** recipiente que no puede seguir en uso al menos que sea reparado, reconstruido, recalificado.
- **Cilindro sin costura:** son cilindros fabricados en acero o aleación de aluminio sin juntas soldadas (sin soldaduras). Los principales métodos de fabricación de cilindros sin costura son por bloque (billet pierce), tubo (spun) y plato (Deep Drawn and Ironed - DDI).

- **Condiciones normales de presión y temperatura):** base de referencia de la industria de gas. Definidas como 21 °C (70 °F) y 1 atmósfera o 760 mm de mercurio (14,696 psia).
- **Condenación:** es la determinación de que un cilindro es inservible, en el comercio, para transportar mercancías peligrosas, y que el cilindro no puede ser restaurado mediante reparación, reconstrucción o recalificación, o cualquier otro procedimiento. (Fuente: 49 CFR 180.205).
- **Corrosivo:** capacidad de un producto químico de atacar y producir daños irreversibles a algunas sustancias con las que entra en contacto, como polímeros, metales e incluso tejido vivo.

## D

- **Densidad:** cantidad de masa ejercida por un volumen dado de un material. Usualmente expresada en libras por pie cúbico (lb/ft<sup>3</sup>) o gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>). En el caso de los gases, la densidad es afectada de manera importante por la temperatura y la presión. Véase también: *gravedad específica*.
- **Densidad crítica:** densidad de un material puro a su temperatura y presión críticas.
- **Densidad de llenado:** relación porcentual del peso de un gas en un envase con respecto al peso del agua que el envase podría contener a 15.5 °C (60 °F).
- **Densidad del líquido:** relación de la masa de un líquido por unidad de volumen a una temperatura definida. Es generalmente expresado en libras por galón, libras por pie cúbico o kilogramo por metro cúbico.
- **DIN:** sigla de Deutsche Industrie Normen, Instituto de Normalización de Alemania. La norma DIN 477 recomienda conexiones de salida de válvulas de cilindros para servicios específicos de gas basados en consideraciones de seguridad.
- **Disco de ruptura:** disco metálico que es parte de un dispositivo de seguridad, y que, dentro de límites de presión determinados, se rompe para permitir la fuga del gas con el fin de prevenir la ruptura del dispositivo

sobre el que está instalado. Es similar en su función a la válvula de seguridad, a excepción de que no tiene capacidad de re-sellarse.

- **Dispositivo de alivio de seguridad:** dispositivo de seguridad generalmente incorporado en una válvula de cilindro que es activado por presión o temperatura excesivas. El dispositivo de alivio se abre al alcanzar los límites predeterminados, con el fin de evitar la falla del envase presurizado (cilindro).
- **DOT:** sigla del U.S. Department of Transportation, en español: Departamento de Transporte de los EUA, cuyo Título 49 del Código de Regulaciones Federales, regula el transporte de materiales peligrosos.

## E

- **EIGA:** sigla de la European Industrial Gases Association. Organización técnica que representa compañías (europeas y no europeas) productoras y distribuidoras de gases industriales. La EIGA trabaja en pos de la seguridad y el cuidado ambiental en el manejo de estos gases, y mantiene comunicación con organizaciones de estandarización, regulación y comercio.
- **Envase criogénico:** envase aislado diseñado para el almacenaje, manipuleo y transporte de líquidos criogénicos con puntos de ebullición por debajo de los 54°C.
- **EPA:** sigla de la U.S. Environmental Protection Agency; Agencia de Protección Ambiental de EUA quien define estándares de emisión y políticas de monitoreo para contaminantes ambientales del aire, el agua y el suelo.
- **Esmerilado:** consiste en la eliminación de material mediante la utilización de partículas o elementos abrasivos que deforman la superficie o el grosor de la pared del cilindro, alterando los números o marcas del estampado. Estampado del cilindro: marcación en bajo relieve permanente localizada en el hombro del cilindro con caracteres alfanuméricos o símbolos, que lo identifican e indican sus datos de diseño básicos. Facilita la trazabilidad del proceso.



- **Fase gaseosa:** materiales puros o mezclas de gas en los que todos los componentes se mantienen en estado gaseoso (vapor) dentro de las condiciones recomendadas para el producto.

## F

## G

- **Gas asfixiante:** gas que puede causar pérdida de conciencia y muerte al desplazar el aire, privando al organismo de oxígeno contenido en este.
- **Gas comprimido:** gas o mezcla de gases que, en el envase, tienen una presión absoluta de más de 2,8 kgf/cm<sup>2</sup> (40 psia) a 21°C (70°F); o una presión absoluta de más de 73 kgf/cm<sup>2</sup> (104 psia) a 54,4°C (130 °F) independientemente de su presión a 70°F (21°C); o material líquido inflamable con presión de vapor mayor a 2,8 kgf/cm<sup>2</sup> (40 psia) a 100°F de acuerdo con lo determinado por la norma ASTM D-323-72.
- **Gas comprimido licuado:** gas que, bajo la presión de llenado, está parcialmente licuado a una temperatura de 21 °C (70 °F).
- **Gas inflamable:** de acuerdo al DOT, cualquier gas que en condiciones normales de temperatura y presión forme una mezcla inflamable con el aire en una concentración menor o igual al 13%, o cualquier gas que, a condiciones normales de temperatura y presión, tenga un rango de mezclas inflamables con el aire mayor al 12%, independientemente de su límite inferior de inflamabilidad.
- **Gas inerte:** gas no reactivo bajo determinadas condiciones de presión y temperatura. Los gases inertes más comunes son el nitrógeno y los gases nobles.
- **Gas oxidante:** gas capaz de soportar o incrementar la combustión con un oxipotencial superior al del aire, y que contribuyen a la combustión de otros materiales al producir oxígeno. Los gases oxidantes en un estado concentrado o presurizado no deben entrar en contacto con lubricantes, aceites o cualquier material orgánico.
- **Gas tóxico:** gas o vapor que tiene una concentración letal media (LC50) en el aire de 200 partes por millón (ppm) en volumen, o 2 miligramos por litro o menos en niebla, humo o polvo, cuando se administra por inhalación

continúa durante una hora (o menos, si la muerte ocurre antes de la hora) en ratas albinas de entre 200 y 300 gramos cada una.

- **Gas refrigerante:** es un gas comprimido licuado que por sus características fisicoquímicas es aprovechado para el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado o calefacción.
- **Gas refrigerante apto para regeneración:** es aquel en el que su componente principal se encuentra en una concentración igual o superior al 98% y por ello es susceptible de ser recuperado y regenerado con el fin de volverlo a incorporar a los sistemas de refrigeración, aire acondicionado o calefacción.
- **Gas refrigerante reutilizable:** es aquel que por sus características de composición fisicoquímica, es susceptible de ser recuperado y reciclado o recuperado y regenerado con el fin de volverlo a incorporar a los sistemas de refrigeración, aire acondicionado o calefacción.
- **Gas refrigerante no reutilizable o gas residual:** es aquel que por sus características de composición fisicoquímica, no es susceptible de ser reciclado ni regenerado y se convierte en un gas residual.
- **Gestión integral:** conjunto articulado e interrelacionado de acciones de política, normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo a través de toda la cadena de manejo de una sustancia o residuo, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (adaptado de Colombia - MAVDT, 2005).

## H

- **Halocarbonos:** cualquier hidrocarburo combinado con cualquiera de los cinco elementos del grupo VIIA de la tabla periódica (F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br, I, At).
- **HAZMAT:** acrónimo de hazardous material, en español: materiales peligrosos.
- **Hoja de datos de seguridad de producto (HDSP, también: MSDS):** documento que contiene información de seguridad de diversos materiales industriales. Incluye características, riesgos, precauciones para la manipulación y procedimientos de emergencia y primeros auxilios, entre otros. También conocido por sus siglas en inglés MSDS (material safety data sheet).

- **Hombro del cilindro:** corresponde a la parte curva que sigue arriba del cuerpo del cilindro. Generalmente tienen un espesor de pared de mínimo dos veces el espesor de diseño del área cilíndrica y en el que se estampan en bajo relieve todas las marcas de fabricación.

- I**
- **Impacto ambiental:** cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adversa o beneficiosa, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de una actividad (adaptado de Colombia - MAVDT, 2005).
  - **Indentación:** según la Norma Técnica Colombiana NTC 2699:2009 es la depresión en el cilindro que no ha penetrado ni removido metal y cuya profundidad es mayor que el 1 % del diámetro externo.
  - **Inerte:** material que, bajo condiciones normales de temperatura y presión, no reacciona con otros materiales. Son ejemplos de gases inertes el Nitrógeno, Helio, Dióxido de Carbono y Metano.
  - **Inspección visual:** es el examen interno o externo, o ambos, realizado como parte del proceso de recalificación de un cilindro (fuente: 49 CFR 180.205). Para efectos de esta guía, es la inspección del estampado original y aspecto físico de los cilindros objeto de esta guía por parte de un organismo de inspección acreditado por la Entidad de Acreditación.
  - **Irritante:** capacidad de un químico, que no es corrosivo, de provocar efectos inflamatorios reversibles en el tejido vivo, por acción química en la zona de contacto.
  - **ISO:** siglas de International Standard Organization, en español: Organización Internacional de Estandarización.

- K**
- **Kelvin (K):** unidad de temperatura relacionada al punto triple del agua.

- **Límite de exposición:** concentración (y condición) bajo las cuales se presume que cualquier trabajador puede ser expuesto en forma repetitiva día tras día sin efectos adversos para su salud. Los límites dados por la Association Advancing Occupational and Environmental Health - ACGIH son llamados: valor umbral límite (TLV, por su sigla en inglés) y los emitidos por la Occupational Safety and Health Administration - OSHA son llamados límites permisibles de exposición (PEL, por sus siglas en inglés).

- **Límites de inflamabilidad:** límites de concentración superior e inferior de un gas inflamable, sobre o debajo de los cuales no ocurre propagación de la llama en contacto con una fuente de ignición. Los límites inflamables son calculados a temperatura y presión ambiente en el aire.

- L**
- M**
- **Manejo integral:** es la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento o valorización, tratamiento y disposición final, importación y exportación de sustancias o residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales o permanentes que puedan derivarse de estos (adaptado de Colombia - MAVDT, 2005).
  - **Medidas de mitigación:** son las acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos de una actividad sobre el medio ambiente o la salud (adaptado de Colombia - MinAmbiente, 2014).
  - **Medidas de prevención:** son las acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar una actividad sobre el medio ambiente o la salud (adaptado de Colombia - MinAmbiente, 2014).

- **Mezcla:** cualquier combinación de dos o más químicos siempre que dicha combinación no sea, en su totalidad o en parte, el resultado de una reacción química.
- **Mezcla azeotrópica (azeotropo):** mezcla líquida de dos o más sustancias que se comporta como una sustancia única, en el hecho en que el vapor producido por la evaporación parcial del líquido tiene la misma composición que el líquido. La mezcla en ebullición constante muestra un punto máximo o mínimo de ebullición, comparado con el de otras mezclas de las mismas sustancias.
- **MSDS:** véase: hoja de datos de seguridad.

## N

- **NGT (National Gas Thread):** estándar americano para la rosca cónica de válvulas de cilindros.
- **NTC:** sigla de Norma Técnica Colombiana.
- **Número CGA:** número de conexión de salida de válvulas de cilindro o envase asignado por la Compressed Gas Association, Inc. Los números CGA están detallados en el documento: CGA Standard V-1.
- **Número de identificación DOT:** número de identificación de productos, asignado por el Departamento de Transporte de EUA -DOT. Los números de identificación DOT contienen dos letras seguidas de cuatro dígitos. El prefijo UN (por Naciones Unidas: United Nations) identifica los productos reconocidos a nivel mundial (por ej.: el oxígeno gaseoso es identificado como UN 1072).

## O

- **ONU:** sigla de Organización de las Naciones Unidas.
- **OSHA (Occupational Safety and Health Administration, Administración de Seguridad y Salud Ocupacional):** Organización del Departamento de Trabajo de de EUA que establece estándares para asegurar condiciones de trabajo seguras y salubres para los empleados.

- **Plan de manejo ambiental:** es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de una actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono, según la naturaleza de la actividad (adaptado de Colombia - MinAmbiente, 2014).
- **Peso tara:** peso de un cilindro vacío sin tapa ni válvula.
- **Presión de prueba:** presión aplicada a dispositivos de control para verificar su integridad estructural. A esta presión, no se permite ninguna deformación ni pérdida excesiva y el elemento debe funcionar normalmente luego de esta prueba. Generalmente, el estándar de la industria es 1.5 veces (150%) la presión de trabajo. Véase también: presión de ruptura y presión máxima de operación.
- **Presión de ruptura:** presión para el control de diseño bajo la cual puede haber deformación del material y aparición de pérdidas permanentes, pero las partes deben permanecer ensambladas (es decir, sin roturas repentinas). El estándar normal de la industria es 4 veces (400%) la presión máxima de trabajo.
- **Presión máxima de operación:** máxima presión de uso para la que un sistema fue diseñado. También conocida como: presión de trabajo.
- **Presión de trabajo:** es la presión a la que se opera un cilindro, la cual no debe exceder el límite establecido por el fabricante.
- **Prueba hidrostática:** conocida también como prueba hidráulica. Control realizado sobre los envases a intervalos definidos, para determinar las condiciones de resistencia a través de la expansión elástica. La finalidad de la prueba es verificar la seguridad del envase para su uso continuo.
- **PSI:** abreviatura de pound square inch, en español significa libra por pulgada cuadrada. Es una unidad de presión utilizada en el sistema métrico inglés.

## P

## R

- **Rango de inflamabilidad:** rango en el que un gas, en condiciones normales de temperatura y presión, formará una mezcla inflamable con el aire.

- **Recuperación de gases refrigerantes:** es la etapa mediante la cual se remueve el gas refrigerante, en cualquier condición, de un sistema y se almacena en un contenedor externo, sin analizarlo ni procesarlo (adaptado de ASHRAE, 1990).
- **Reciclaje de gases refrigerantes:** es la etapa mediante la cual se limpia el gas refrigerante para volverlo a utilizar, retirándole el aceite, o haciéndolo pasar por múltiples dispositivos, tales como filtros deshidratadores, que reducen la humedad, la acidez y la presencia de sólidos. El término reciclar, usualmente se aplica a los procedimientos que se pueden implementar en sitio o en el taller de servicio (adaptado de ASHRAE, 1990).
- **Regeneración de gases refrigerantes:** es la etapa mediante la cual el gas refrigerante es reprocesado hasta que alcance las especificaciones de un gas nuevo. Este proceso se basa en operaciones de destilación. Se requiere de un análisis químico del gas refrigerante para determinar que alcanzó las especificaciones. El término regenerar o también conocido como reclaim, implica el uso de procesos y procedimientos que solamente se pueden ejecutar en un equipo reprocesador o unidad regeneradora o en la planta del fabricante (adaptado de ASHRAE, 1990).
- **Residuo o desecho:** es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normativa vigente así lo estipula (Colombia - MAVDT, 2005).
- **Residuo o desecho peligroso:** es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se consideran residuos o desechos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Colombia - MAVDT, 2005).
- **Riesgo:** probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana o al ambiente (Colombia - MAVDT, 2005).

- **Temperatura crítica:** temperatura límite por encima de la cual un gas no puede ser licuado por compresión.
- **TLV (threshold limit value, valor umbral límite):** concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 horas por día, 5 días a la semana, durante 40 años.
- **Tratamiento:** es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de los mismos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.
- **Trasvase de gases:** procedimiento mediante el cual se transfiere un gas de un cilindro o recipiente contenedor a otro.
- **Tóxico:** sustancia que tiene la capacidad de producir lesiones o efectos letales a través de su interacción química con el cuerpo humano.
- **Tubo aductor / tubo pescador (entrega líquida):** tubo dentro de un cilindro o envase unido a la válvula del cilindro, que permite la extracción de producto líquido del mismo.
- **TWA (time - weighted average, promedio ponderado en el tiempo):** concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día, de exposición a la sustancia peligrosa.

## T

## V

- **Válvula de alivio:** tipo de dispositivo de seguridad diseñado para abrirse y aliviar la presión excesiva, re-sellándose una vez que se alcanza un nivel de presión seguro preestablecido.
- **Veneno:** sustancia que en dosis relativamente pequeñas ejerce una acción al ser ingerida, inyectada, inhalada, absorbida o aplicada a un organismo vivo, que destruye la vida o deteriora seriamente la función de uno o más órganos o tejidos.
- **Volumen específico (Sp. Vol.):** volumen ocupado por una unidad de masa de una sustancia a una temperatura dada. Generalmente expresada en m<sup>3</sup>/kg o ft<sup>3</sup>/lb a 21 °C o 70 °F. En el caso de los gases el volumen es afectado de manera importante por la temperatura y la presión.





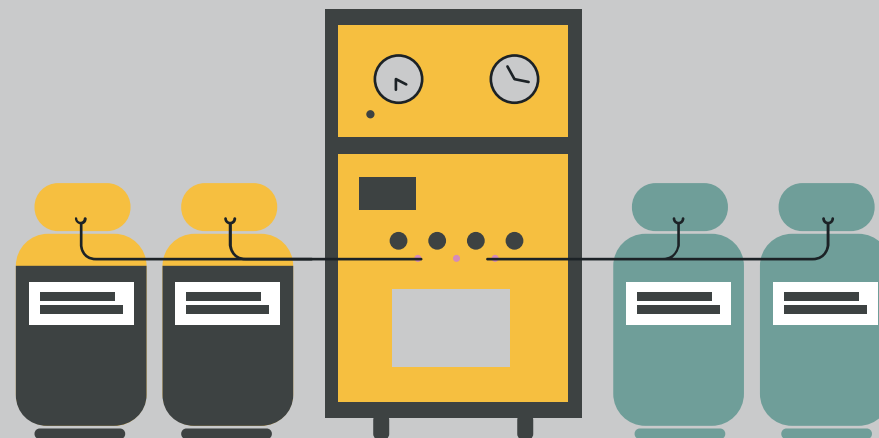
## 1.3. ANTECEDENTES

La Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración - R&R&R ha sido concebida en Colombia como un mecanismo que permite reducir las emisiones de gases refrigerantes a la atmósfera y el consumo de gases vírgenes o nuevos durante las operaciones de mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración, aire acondicionado y calefacción.

Como antecedentes de la Red R&R&R, deben ser mencionadas las fases desarrolladas por el Programa nacional de recuperación y reciclaje de refrigerantes entre los años 1995 y 1999 y el Plan Nacional de Eliminación de CFC y Halones ejecutado entre los años 2007 y 2012, mediante el cual se realizó la capacitación y entrega de equipos y herramientas a talleres y empresas en el área de mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, con el fin de incentivar y generar la cultura de la recuperación y el reciclaje de gases refrigerantes. Así mismo, durante el plan se implementaron cinco centros de regeneración de gases refrigerantes, ubicados en las principales ciudades del país, con el objeto de reprocesar a través de cámaras herméticas de destilación (ver figura 1.), aquellos gases refrigerantes que han sido recuperados por los técnicos y empresas beneficiarias de dichas dotaciones, y que contienen impurezas, como humedad, partículas y acidez.

A partir de este momento, la Red se proyectó no solo como estrategia de Recuperación y Reciclaje, sino como una Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración de gases refrigerantes, en la cual se incluyeron las dos funciones básicas que cumplen los centros de regeneración, como son:

- Prestar el servicio de regeneración de gases refrigerantes a los demás integrantes de la Red y,
- Suministrar gas refrigerante reusable certificado al mercado nacional (ver figura 2).



**FIGURA 1.**

Equipo de regeneración de gases refrigerantes.  
Cámara hermética de destilación

Fuente: MinAmbiente, UTO, 2015

No obstante, los centros de regeneración solo eran utilizados por los talleres o empresas ubicadas en las ciudades principales, por lo que se evidenció la necesidad de soportar y completar la Red incluyendo las ciudades intermedias con un consumo significativo de CFC HCFC, HFC y mezclas, con el objeto de generar el dinamismo e intercambio necesario para consolidar la Red conforme la geografía Colombiana. Por esta razón, se crearon los centros de acopio de gases refrigerantes capaces de entrelazar el servicio de regeneración con aquellos talleres o empresas del área del mantenimiento de refrigeración que se encuentran en grandes ciudades y en ciudades periféricas con un consumo importante de gases refrigerantes halogenados.



**FIGURA 2.**  
Análisis al gas refrigerante regenerado

Fuente: MinAmbiente, UTO, 2015



**FIGURA 3.**  
Transporte, recolección y almacenamiento de gases refrigerantes por parte de los centros de acopio

Fuente: MinAmbiente, UTO, 2015

Es así, como el papel de los centros de acopio de gases refrigerantes fue fundamental para garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto denominado "Etapa I del Plan de Manejo para la Eliminación del Consumo de los Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)", por tanto que permitió consolidar la Red de recuperación, reciclaje y regeneración de gases refrigerantes y apoyar la gestión integral de SAO en Colombia.

La Unidad Técnica Ozono ha conformado inicialmente dieciocho (18) centros de acopio de gases refrigerantes, de tres clases, los cuales difieren por su capacidad de almacenamiento, y cumplen con las siguientes funciones:

- Prestar el servicio de recolección, transporte y almacenamiento de gases refrigerantes recuperados por los técnicos, talleres, empresas o usuarios finales de aquellas sustancias (ver figura 3.).
- Orientar la alternativa de manejo que debe darse a los gases refrigerantes almacenados según las características de las sustancias y los requerimientos de los usuarios finales (regeneración o destrucción).
- Abastecer, surtir y proporcionar a los centros de regeneración establecidos, los gases refrigerantes recolectados en ciudades intermedias o de aquellos lugares geográficos en los que se dificulte el acceso directo a la Red de Regeneración de refrigerantes.
- Abastecer, surtir y proporcionar gases reutilizables y certificados al mercado de sustancias refrigerantes.

La operatividad y el comportamiento de la Red R&R&R durante su fase inicial de operación hasta el momento está enfocada a promover la reutilización especialmente de dos gases refrigerantes, el HCFC - 22 y HFC - 134a, pero en el transcurso de su mejora continua se incluirán las mezclas de HFC y sustancias puras con bajo, medios y altos potenciales de calentamiento global, de tal forma que se contribuirá con la estrategia de prevención ambiental y el desarrollo sostenible del sector.

La capacidad instalada en la fase inicial de implementación de la Red R&R&R en Colombia, tanto para centros de acopio como de regeneración, se presenta en las siguientes tablas:

**Tabla 1.** Tipos y capacidad de almacenamiento mínima de los centros de acopio de gases refrigerantes

TIPOS	NÚMERO DE CENTROS DE ACOPIO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN KILOGRAMOS	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL EN KILOGRAMOS
A	6	1218	7308
B	7	754	5278
C	5	418	2090
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>2390</b>	<b>14676</b>



**Tabla 2.** Capacidad de almacenamiento mínima y capacidad de regeneración de los centros de regeneración de gases refrigerantes

CENTROS DE REGENERACIÓN	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN KILOGRAMOS	CAPACIDAD DE REGENERACIÓN KILOGRAMOS / HORA	CAPACIDAD DE REGENERACIÓN MÍNIMA KILOGRAMOS / DÍA	CAPACIDAD DE REGENERACIÓN MÁXIMA KILOGRAMOS / MES
SENA Colombo - Aleman (Barranquilla)	1660	10 a 20	40 - 80	1600
SENA CEET (Bogotá)	1660	10 a 20	40 - 80	1600
SENA CDTI (Cali)	1660	10 a 20	40 - 80	1600
Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) (Medelín)	1660	10 a 20	40 - 80	1600
Universidad Tecnológica de Pereira (UTP)	1660	10 a 20	40 - 80	1600
<b>TOTAL</b>	<b>8300</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>8000</b>

\*La capacidad de regeneración real depende del número de operarios con los que cuenta cada uno de los centros de regeneración. Normalmente en el país, las etapas requeridas para la regeneración son ejecutadas por un técnico.



## 1.4. LOS GASES REFRIGERANTES EN EL SECTOR DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN COLOMBIA<sup>2</sup>

La refrigeración doméstica, comercial e industrial y el aire acondicionado son sectores de gran importancia en la actividad humana. Especialmente para la conservación de alimentos, y en el manejo de fluidos de interés médico (medicamentos, sueros, vacunas, entre otros). Muchas aplicaciones industriales necesitan igualmente de medios que permitan producir frío, así como condensar o congelar materiales. El frío ha permitido la adaptación en ambientes inhóspitos, generando además medios para vivir con mayor comodidad, mediante el uso de sistemas de acondicionamiento de aire tanto en espacios estáticos como en aire acondicionado móvil.

Los gases refrigerantes más utilizados para la generación de frío por más de 40 años fueron los clorofluorocarbonos (CFC), como el CFC-12, comercialmente conocido como R-12, y el R-502, el cual es una mezcla de CFC-115 (51.2%) y HCFC-22 (48.8%). En menor escala se ha utilizado el CFC-11 (triclorofluorometano), el CFC-13 (clorotrifluorometano), el CFC-113 (1,1,2-triclorotrifluoroetano), entre otros.

La industria mundial ha desarrollado sustancias alternativas que no afecten la capa de ozono, o que disminuyan su efecto; entre las principales se encuentran los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los hidrofluorocarbonos (saturados) (HFC), hidrofluorocarbonos (HFC) insaturados, los hidrocarburos (HC) y algunos refrigerantes naturales, como el amoníaco y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Es importante resaltar que los HCFC son considerados transitorios debido a su potencial de agotamiento de ozono y de calentamiento global. Así mismo, los HFC, mezclas zeotropicas de HFC y mezclas de HFC insaturado con HFC, son considerados transitorios, debido a que poseen potencial de calentamiento global, a pesar de no agotar la capa de ozono.

De los HCFC el más utilizado ha sido el R-22 (clorodifluorometano) especialmente en el sector de refrigeración comercial y aire acondicionado como reemplazo del CFC-12. Otros HCFC son el R-123 (2,2 dicloro -1, 1,1 trifluoroetano) utilizado en chillers (equipos de enfriamiento), el R-21 (diclorofluorometano), entre otros.

Dentro de los HFC utilizados en el sector de refrigeración, los cuales no son SAO, se destaca el HFC-134a (1,1,1, 2 tetrafluoroetano), el cual ha sido la alternativa al CFC-12 en la refrigeración doméstica en Colombia y en gran parte de América. Del mismo modo, los HFC-134a están siendo utilizados en refrigeración comercial tipo exhibidores de alimentos, en equipos de enfriamiento tipo chillers (enfriadores) y en aire acondicionado móvil. Otra forma de utilización de los HFC son las mezclas, utilizadas en el sector de refrigeración industrial y comercial, aire acondicionado y transporte refrigerado. Para la refrigeración comercial e industrial y el transporte refrigerado se destaca el R-404A, una mezcla compuesta por 44% R-125 (pentafluoroetano),

<sup>2</sup> Texto tomado del documento interno de trabajo (aún no publicado) elaborado por la UTO como insumo para la Guía Ambiental de SAO para Colombia del año 2013 – MinAmbiente, MADS – UTO, 2013 (a).



4% de R-134a y 52% de R-143a (1,1,1 trifluoroetano), usada para obtener bajas temperaturas, y que reemplazó al R-502, y que probablemente se reemplace por el R-407F. De la misma manera, el R-507 combinado con sistemas que trabajan con R-404A, es utilizado en refrigeración comercial e industrial especialmente en supermercados.

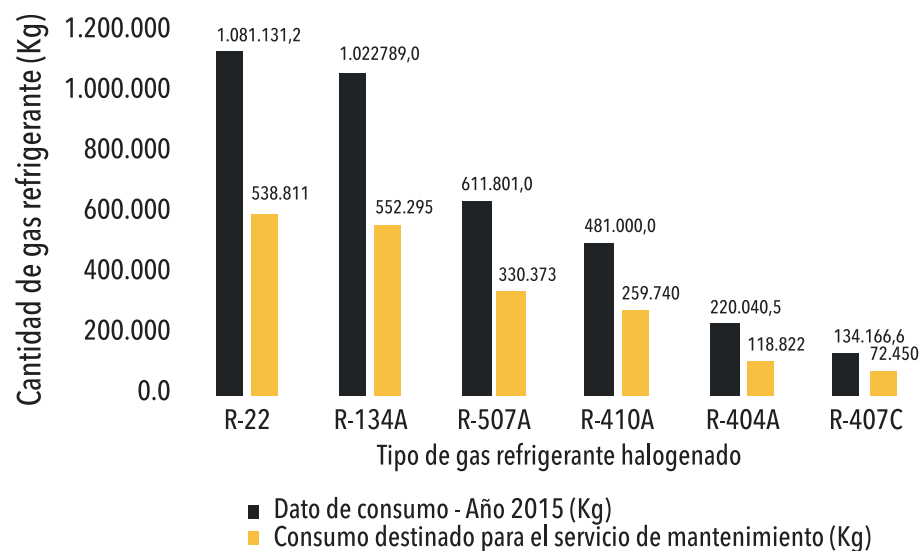
Para el sector de aire acondicionado o grandes sistemas de acondicionamiento de aire, y enfriadores (chillers) que se basan en el principio de enfriar agua para con ésta enfriar el aire de la instalación, las mezclas de HFC como los son el R-410A y R-407C están siendo utilizados como reemplazo del R-22.

Finalmente, entre los refrigerantes definitivos que poseen un despreciable o muy bajo potencial de calentamiento global ( $PCG^3 \leq 100$ ) y cero potencial de agotamiento de la capa de ozono, con una participación en el mercado baja o nula a la fecha, se encuentran el R-600a (isobutano con % pureza  $\geq 99.5$ ) y HFO-1234yf (Hidrofluorolefinas, HFC insaturado) utilizados en refrigeración doméstica, el R-290 (propano con % pureza  $\geq 99.5$ ) utilizado en equipos de aire acondicionado y refrigeración comercial, el R-744 (CO<sub>2</sub>) utilizado en refrigeración comercial, específicamente en supermercados, como también el HFO-1234yf y HFO-1234ze utilizado en unidades de autocontenido. En refrigeración industrial, se destaca la implementación de distritos térmicos, y el uso del R-717 (amoníaco) que es una excepción a este grupo, debido a que se utiliza desde hace mucho tiempo. En aire acondicionado móvil se destaca el HFO-1234yf y a nivel de equipos tipo chillers (equipos de enfriamiento) se utilizan los HCFO-1233zd, HFO-1234yf, y HFO-1234ze.

En el país, algunas de las sustancias definitivas expuestas anteriormente no estarán disponibles en el mercado para cierto tipo de aplicaciones, y antes de utilizar estas sustancias el mercado migrará a mezclas con potenciales de calentamiento global medios ( $PCG$  entre 300 y 1000). Las mezclas estarán compuestas por HFC saturados con HFC insaturados (HFO) y algunas veces, con un contenido bajo de hidrocarburos. Entre estos tipos de mezclas se

destacan el R-448A, R-449A, R-450A y R-513A, utilizados en unidades condensadoras y equipos de autocontenido en supermercados, el R-452A en transporte refrigerado, en chillers (equipos de enfriamiento) el R-450A, R-452B, R- 513A, R-514A, y el R-32 como sustancia pura. Para Aire acondicionado móvil se destaca la mezcla de R-444A y R- 445A y la sustancia pura R-152a. A nivel de aires acondicionados una de las alternativas disponibles es la sustancia pura R-32 y las mezclas R-447A y R-444B.

En conclusión, lo principales gases refrigerantes halogenados con consumo significativo en el país son el R- 22, R-134a, R-507, R-410A, R-404A, y R-407C; el 54 % de las cantidades importadas de estos gases es utilizada para el mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado (ver figura 5). Este dato es un estimativo de la demanda actual de gas refrigerante halogenado que existe sobre el servicio que suministra la Red nacional R&R&R, que puede ser adquirido por el sector de refrigeración y aire acondicionado.



Fuente: MinAmbiente, UTO, 2016

3 PCG: Potencial de Calentamiento de Global.

## 1.5 MARCO NORMATIVO DE INTERÉS AMBIENTAL APLICABLE A LA GESTIÓN DE GASES REFRIGERANTES EN COLOMBIA

El marco normativo de interés ambiental aplicable a la gestión de gases refrigerantes en Colombia, se resume en la siguiente tabla:

GESTIÓN DE SAO	INSTRUMENTO	EXPEDIDO POR
	Resolución 131 del 24 de enero de 2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
	Resolución 0171 del 22 de febrero de 2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
	Resolución 2329 del 26 de diciembre de 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
	Circular Externa 050 del 22 de noviembre de 2012	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
	Decreto 2820 del 05 de agosto de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
	Ley 1333 del 21 de julio de 2009	Congreso de la República
	Resolución 0426 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
	Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008	Congreso de la República
	Resolución 5049 del 12 de diciembre de 2008	Ministerio de la Protección Social
	Circular No. 0039 de 2008	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
	Resolución 1708 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## DESCRIPCIÓN

Por la cual se establecen medidas para controlar las exportaciones de sustancias agotadoras de la capa de ozono y se adoptan otras disposiciones. Deroga la Resolución 2188 de 2005, la Resolución 1708 de 2008 y demás disposiciones que le sean contrarias.

Por la cual se prohíbe la fabricación e importación de refrigeradores, congeladores y combinaciones de refrigerador - congelador, de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias hidroclorofluorocarbonadas (HCFC) listadas en el Anexo C del Protocolo de Montreal, y se adoptan otras determinaciones.

Por la cual se prohíbe la importación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en los grupos II y III del Anexo C del Protocolo de Montreal, se establecen medidas para controlar las importaciones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en el grupo I del Anexo C del Protocolo de Montreal y se adoptan otras disposiciones. Deroga la Resolución 2120 del 31 de octubre de 2006.

Actualización de la lista de productos que requieren vistos buenos para la presentación de solicitudes de registro y de licencia de importación.

Por la cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

Establece las medidas ambientales para la aplicación de la sustancia bromuro de metilo en tratamientos cuarentenarios en Colombia. Especifica los materiales y equipos necesarios, así como el correspondiente procedimiento para su correcta aplicación. Deroga la Resolución 1047 del 12 de junio de 2006.

Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

Modifica el literal b) del párrafo 2° del artículo 1° de la Resolución 2152 de 1996, modificada por la Resolución 3587 de 2008, el cual quedó así: b) Las medidas ambientales que para el efecto establezca el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Presenta la actualización del listado de productos sujetos a control previo por parte del Ministerio, para su correspondiente Importación, siguiendo el trámite de solicitud a través de la Ventanilla Única de Comercio Exterior.

Indica los requisitos que deben cumplirse para permitir las exportaciones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono en cualquier cantidad.

**GESTIÓN DE SAO**

**INSTRUMENTO**

**EXPEDIDO POR**

Resolución 5049 de 2008

Ministerio de la Protección Social

Resolución 03587 de 2008

Ministerio de Ambiente, Vivienda y  
Desarrollo Territorial

Resolución 910 del 05 de junio de 2008

Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial

Resolución 301 de 2008

Ministerio de la Protección Social

Circular Externa No. 53 de 2007

Ministerio de Comercio,  
Industria y Turismo

Resolución 1652 del 10 de septiembre de 2007

Ministerio de Ambiente, Vivienda y  
Desarrollo Territorial y Ministerio de  
Comercio, Industria y Turismo

Resolución 2120 del 31 de octubre de 2006

Ministerio de Ambiente, Vivienda y  
Desarrollo Territorial y Ministerio de  
Comercio, Industria y Turismo

Resolución 1047 del 12 de junio de 2006

Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial

Resolución 1800 del 26 de mayo de 2006

Ministerio de la Protección Social

## DESCRIPCIÓN

Modifica la Resolución 03587 de 2008. En ella se autoriza la importación, comercialización y uso del bromuro de metilo únicamente en tratamiento cuarentenario para el control de plagas cuarentenarias en productos agrícolas y embalajes de madera a nivel de las zonas de influencia establecidas en un radio máximo de 10 kilómetros a partir del puerto o paso fronterizo.

Modifica el artículo 1 de la Resolución 2152 de 1996 modificado a su vez por el artículo 1 de la Resolución 00643 de 2004. En ella se autoriza la importación, comercialización y uso del bromuro de metilo únicamente en tratamiento cuarentenario para el control de plagas cuarentenarias en productos agrícolas y embalajes de madera a nivel de las zonas de influencia establecidas en un radio máximo de 10 kilómetros a partir del puerto o paso fronterizo. Aplicación en cámaras herméticas de fumigación en productos agrícolas en zonas de acción de puertos y pasos fronterizos.

Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones entre las cuales se incluyen los requisitos por Protocolo de Montreal para vehículos.

Prohíbe el uso de los clorofluorocarbonados (CFC) como propelentes y solventes en los productos farmacéuticos y en los de aseo, higiene y limpieza; también como coadyuvantes en sistemas de esterilización, funcionamiento o mantenimiento de equipamiento biomédico o de uso industrial y en desarrollo de nuevas tecnologías así como la expedición de nuevos registros o sus renovaciones.

Informa acerca de la entrada en vigencia de la Resolución 1652 de 2007 por la cual se prohíbe la fabricación e importación de equipos y productos que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias agotadoras de la capa de ozono y adopta medidas para la importación de algunas mercancías. Se presenta la clasificación arancelaria de los bienes, equipos o artefactos y su descripción según texto de arancel, que se encuentran sujetos al cumplimiento de la Resolución 1652 de 2007.

Indica la prohibición para la fabricación e importación de equipos y productos que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias agotadoras de la capa de ozono, estos son listados en los Anexos A y B del Protocolo de Montreal y en los artículos 3 y 4 de esta Resolución, así mismo hace a la descripción arancelaria de los equipos y productos prohibidos.

Indica la prohibición para la importación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en los grupos II y III del Anexo C del Protocolo de Montreal y se establecen medidas para controlar las importaciones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en el grupo I del Anexo C del Protocolo. Así mismo se fijan los requisitos necesarios para la Importación de sustancias del grupo I, los requisitos de visto bueno, su vigencia y de la licencia ambiental de las sustancias importadas.

Por la cual se establecen las medidas ambientales para la aplicación de bromuro de metilo en tratamientos cuarentenarios en Colombia.

Modifica el literal b) del párrafo 2.º del artículo 1.º de la Resolución 2152 de 1996, modificada por la Resolución 0643 de 2004 sobre bromuro de metilo. Se modifica el concepto favorable del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por el cumplimiento de las medidas ambientales expedidas por él.

**GESTIÓN DE SAO**

**INSTRUMENTO**

**EXPEDIDO POR**

Resolución 902 del 23 de mayo de 2006

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Resolución 901 del 23 de mayo de 2006

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Resolución 2188 del 29 de diciembre de 2005

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Ley 960 del 28 de junio de 2005

Congreso de Colombia

Circular Externa No. 023 de abril 07 de 2005

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Circular Externa No. 022 de abril 01 de 2005

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Circular Externa No. 021 de abril 01 de 2005

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Decreto 423 del 21 de febrero de 2005

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Resolución 874 del 23 de Julio de 2004

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Resolución 734 del 22 de Junio de 2004

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

## DESCRIPCIÓN

Se toman medidas para controlar las importaciones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en los grupos I, II y III del Anexo B del Protocolo de Montreal, así como la prohibición de la importación de sustancias del grupo I, los cupos para los grupos II y III y el procedimiento para la obtención del visto bueno para su importación.

Se toman medidas para controlar las importaciones y el uso de las sustancias agotadoras de la capa de ozono listadas en el grupo II del Anexo A del Protocolo de Montreal; así mismo se fija el cupo para el grupo II y el procedimiento para la obtención del visto bueno para su importación.

Establece los requisitos, términos, condiciones y obligaciones para controlar las exportaciones de las sustancias agotadoras de la capa de ozono a las cuales hace referencia el Decreto 423 del 21 de febrero de 2005, así como los cupos para importaciones y exportaciones de los grupos I, II y III de los Anexos A, B, y C y el procedimiento para la obtención del visto bueno para su exportación.

Ratifica la Enmienda al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, adoptada en Beijing, China.

Se actualiza la lista de sub partidas arancelarias correspondientes a refrigeradores, congeladores y combinación refrigerador - congelador de uso doméstico que están controlados por la UTO. Fue derogada en el 2007.

Se adoptan medidas para la exportación de las SAO. Las exportaciones serán sometidas a control por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial quien asignará cupos anuales para cada tipo de sustancia del Anexo A, grupos I y II, del Anexo B, grupos I, II y III, del Anexo C, grupos I, II y III, y del Anexo E, grupo I conforme el Decreto 423 del 21 de febrero de 2005, por el cual se adoptan medidas para la exportación de sustancias agotadoras de la capa de ozono.

Se relacionan las sub partidas arancelarias que se encuentran sometidas a visto bueno por parte de la UTO del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Anexo A, grupos I y II, Anexo B, grupos I, II y III, Anexo C, grupos I, II y III, Anexo E, grupo I, sustancias sustitutas HFC, mezclas refrigerantes con SAO, mezclas refrigerantes con HFC, mezclas a base de Br-Me.

Adopta las medidas para el control de las exportaciones de las sustancias listadas, requiriendo el visto bueno del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, sujetas a los cupos autorizados por el mismo. Sustancias del Anexo A, grupos I y II, del Anexo B, grupos I, II y III, del Anexo C, grupos I, II y III y del Anexo E, grupo I.

Establece la metodología para la asignación del remanente de importación de CFC, Anexo A, grupo I, en atención del artículo sexto de la Resolución 304 del 16 de abril de 2001 modificada por la Resolución 734 del 22 de junio de 2004.

Modifica la Resolución 304 de 2001 y establece la adopción de medidas para importación de SAO, importación de CFC, Anexo A, grupo I.



**INSTRUMENTO****EXPEDIDO  
POR**

Resolución 0643 del 11 de marzo de 2004

Ministerio de la Protección Social

Resolución 304 del 16 de abril de 2001

Ministerio del Medio Ambiente y de  
Comercio Exterior

Decreto 1776 del 28 de agosto de 2001

Ministerio de Hacienda y Crédito  
Público y de Comercio Exterior

Ley 618 del 6 de octubre de 2000

Congreso de Colombia

Resolución 528 del 16 de junio de 1997

Ministerio del Medio Ambiente y de  
Comercio Exterior

Resolución 2152 del 28 de junio de 1996

Ministerio de Salud

Decreto 948 de junio 5 de 1995

Ministerio del Medio Ambiente

Resolución 004 del 5 de agosto de 1994

Ministerio de Comercio Exterior

Ley 99 de diciembre 22 de 1993

Congreso de Colombia

La Ley 29 de diciembre 28 de 1992

Congreso de Colombia

Ley 30 de marzo 5 de 1990

Congreso de Colombia

Resolución 526 de marzo de 1989

Superintendencia de Industria  
y Comercio



## DESCRIPCIÓN

Modifica el artículo 1.º de la Resolución 2152 del 28 de junio de 1996, en la cual se autoriza la importación, comercialización y uso del bromuro de metilo únicamente en tratamiento cuarentenario para el control de plagas en tejidos vegetales frescos y embalajes de madera a nivel de puertos y pasos fronterizos.

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Transporte.

Crea nuevas sub partidas en el arancel de aduanas con el fin de cuantificar con exactitud las cantidades de sustancias agotadoras de la capa de ozono que ingresan al país, para dar cumplimiento a lo estipulado en el Protocolo de Montreal.

Aprueba la Enmienda del Protocolo de Montreal dada en la novena reunión de las Partes en la que se define un periodo de un año para prohibir la importación de la sustancia que figura en el anexo E: bromuro de metilo.

Prohíbe la producción de refrigeradores domésticos, que requieran para su operación o producción clorofluorocarbonos y se fijan los requisitos para importación de los mismos. Fue derogada en el año 2007.

Autoriza la importación, comercialización y uso de bromuro de metilo, solo para tratamiento cuarentenario para el control de plagas exóticas en tejidos vegetales frescos a nivel de puertos y pasos fronterizos, hasta que se encuentre un sustituto viable que permita su reemplazo.

Reglamenta parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

Modifica el régimen de importación de algunos productos (traslada al régimen de licencia previa el halón).

Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposiciones.

Adopta el Protocolo de Montreal y su Enmienda de Londres.

Adopta el Convenio de Viena.

Establece la norma técnica para los envases de aerosol de 1.400 cc, aclarada más adelante por la Resolución 2 de noviembre de 1989.

## GESTIÓN DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS

### INSTRUMENTO

### EXPEDIDO POR

Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Decreto 1079 del 26 de mayo de 2015

Ministerio de Transporte

Ley 1252 del 27 de noviembre de 2008

Congreso de Colombia

Resolución 1362 del 2 de agosto de 2007

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Resolución 0062 del 30 de marzo de 2007

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

Decreto 4741 del 30 de Diciembre de 2005

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos del 15 de diciembre de 2005

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Decreto 1609 del 31 de julio de 2002

Ministerio de Transporte

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 - Título F de noviembre de 2000

Ministerio de Desarrollo Económico

Ley 430 del 16 de enero de 1998

Congreso de Colombia

## DESCRIPCIÓN

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Transporte.

Dicta normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

Establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos.

Adopta los protocolos para el muestreo y análisis de las características de peligrosidad de los residuos o desechos peligrosos.

Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

Su objetivo es, en el marco de ciclo de vida, prevenir la generación de residuos peligrosos (RESPEL) y promover el manejo ambientalmente adecuado de los que se generen, con el fin de minimizar los riesgos sobre la salud y el ambiente contribuyendo al desarrollo sostenible.

Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

Provee en su título F, lineamientos y directrices para el diseño, construcción y operación de sistemas de aseo urbano, involucrando aspectos relacionados con la gestión integral de residuos.

Dicta normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

---

Fuente: MinAmbiente, UTO, 2011



## **2. CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y EN SALUD, DE LOS GASES REFRIGERANTES**



## 2.1 GENERALIDADES DE LAS SUSTANCIAS O GASES REFRIGERANTES<sup>4</sup>

Un fluido refrigerante es una sustancia que puede absorber y transportar grandes cantidades de calor. El refrigerante en fase líquida absorbe calor estando a baja presión, con lo cual cambia a fase vapor; ese calor absorbido lo libera cuando está a alta presión y pasa de fase gaseosa a líquida. Los refrigerantes, dependiendo de su interacción con su objetivo primario, se pueden agrupar en:



### REFRIGERANTES PRIMARIOS:

aquellos que absorben calor al evaporarse a cierta temperatura y presión, para transferirlo hacia la atmósfera.



### REFRIGERANTES SECUNDARIOS:

cualquier fluido enfriado mediante un refrigerante primario que circula como fluido de transferencia de calor para retirar la carga térmica del sistema.

<sup>4</sup>Tomado del Manual de buenas prácticas en refrigeración (MinAmbiente - UTO, 2014).

## 2.1.1. DENOMINACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

La nomenclatura de los refrigerantes corresponde a algunas características de su origen las cuales conforman las series que se conocen universalmente, tal como se muestra en la siguiente tabla de la clasificación del estándar 34 de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado - ASHRAE.

Serie	Nombre	Refrigerante
000	Metanos	R-12; R-22; R-32
100	Etanos	R-134a; R-141b
200	Propanos	R-290
400	Zeotropos	R-407C; R-410A
500	Azeotropos	R-502; R-507
600	Orgánicos	R-600; R-600a
700	Inorgánicos	R-707; R-744
1000	Orgánicos insaturados	R-1234yf; R-1234ze

**Tabla 4.**

Clasificación de los refrigerantes según ANSI /ASHRAE 34<sup>5</sup>

Fuente: MinAmbiente, UTO, 2014

Los refrigerantes se conocen por su denominación simbólica numérica adoptada internacionalmente por la Organización Internacional de Normalización - ISO, por su fórmula o por su nombre químico y en el estándar americano ANSI/ASHRAE mediante denominación simbólica numérica, asignando un código que identifica a cada refrigerante el cual consiste de una letra seguida por un número. Para mayores detalles en relación con la codificación de refrigerantes, se recomienda consultar el Manual de buenas prácticas en refrigeración (Minambiente - UTO, 2014), así como las normas internacionales ISO 817 y ANSI/ASHRAE 34 citadas en dicho manual.

<sup>5</sup>Estándar 34 - 2010 "Designación y clasificación de seguridad de los refrigerantes" del Instituto Nacional Americano de Estándares - ANSI citado en MinAmbiente, MADS - UTO, 2014.



## 2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES POR GRUPO DE SEGURIDAD

La clasificación de seguridad para los gases refrigerantes, se basa en la toxicidad y la inflamabilidad. La clasificación de la toxicidad está basada en los índices TLV/TWA. Siendo:

TLV (threshold limit value): la concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 horas por día, 5 días a la semana, durante 40 años. TWA (time-weighted average): la concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día, de exposición a la sustancia peligrosa.

Los gases refrigerantes están clasificados en dos clases, dependiendo del tiempo máximo permisible en que una persona puede estar expuesta a estos. De acuerdo con el estándar ANSI/ASHRAE 34 se clasifican los refrigerantes por su grupo de seguridad, esta clasificación consta de una letra que indica su toxicidad y un número que indica su inflamabilidad.



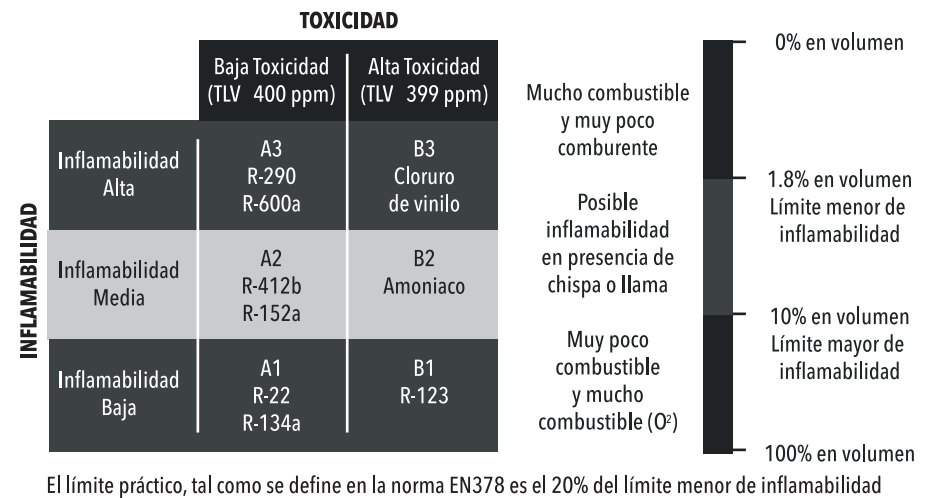
Según su toxicidad, los refrigerantes están divididos en dos grupos:

- ▲ **Clase A:** toxicidad no identificada a concentraciones iguales o superiores a 400 ppm (400 ml/m).
- ▼ **Clase B:** se tiene evidencia de toxicidad a concentraciones inferiores a 400 ppm (400ml/m).



Según su inflamabilidad, los refrigerantes están divididos en tres grupos:

- ▶ Clase 1: no muestra propagación de llama. Prueba en aire a 21°C y 101 kPa.
- ▼ Clase 2: baja propagación de llama. Límite inferior de inflamabilidad superior a 0.10 kg/m a 21°C y 101 kPa, calor de combustión inferior a 19 kJ/kg.
- ▲ Clase 3: altamente inflamable, límite inferior de inflamabilidad inferior o igual a 0.10 kg/m a 21°C, 101 kPa, calor de combustión superior o igual a 19 kJ/kg.i



**Figura 6.** Clasificación de seguridad de los refrigerantes e inflamabilidad de los hidrocarburos

Fuente: MinAmbiente, UTO, 2014

Para el caso específico de los refrigerantes que actualmente son manejados en mayor medida por los diferentes actores de la Red R&R, es decir HCFC - 22, HFC - 134a y algunas mezclas zeotrópicas, estos se encuentran clasificados como A1, lo que indica que poseen baja inflamabilidad y baja toxicidad.



## 2.1.3. CLASES DE REFRIGERANTES

En la tabla siguiente se presenta una síntesis de las diferentes clases de refrigerantes:

Clase	Descripción	Serie	Grupos	Ejemplos de denominación o composición de algunos de ellos
<b>ORGÁNICOS</b>	Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que contienen carbono, excepto el CO <sub>2</sub> (R-744). Los refrigerantes orgánicos más comunes son los hidrocarburos HC, los halocarbonados y las combinaciones entre ellos.	Metano	Halogenados (CFC, HCFC y HFC)	CFC-11;CFC-113;CFC114;CFC115;CFC12;CFC13;HFC-32; HFC-41; HCFC-22
			Hidrocarburo (HC)	R-50
		Etano	Halogenados (HCFC, HFC)	HFC-134a; HCFC -141b; HCFC-123; HCFC-142b.
			Hidrocarburo (HC)	R-170
		Propano	Halogenados (HFC)	HFC-227ea; HFC-236fa; HFC-245fa
			Hidrocarburo (HC)	R-290
		Otros hidrocarburos	Hidrocarburo (HC)	R-600; R-600a; R-601; R-601a; R-610
		Mezclas zeotrópicas <sup>6</sup>	Halogenados (HCFC, HFC)	R-401A; R-401B; R-402A; R-402B; R-403A; R-403B; R-404A; R-405A; R-406A;R-407A; R-407B; R-407C; R-407D; R-407E; R-407F; R-408A; R-409A; R-409B; R-410A; R-410B;R-411A; R-411B;R-412A; R-413A; R-414A; R-414B; R-415A; R-415B; R-416A; R-417A; R-417B; R-417C; R-418A; R-419A; R-419B; R-420A; R-421A; R-421B; R-422A; R-422B; R-422C; R-422D; R-422E; R-423A; R-424A; R-425A; R-426A; R-427A; R-428A; R-429A; R-430A; R-431A; R-434A; R-435A; R-437A; R-438A; R-439A; R-440A; R-442A; R-444A; R-444B;R-445A; R-446A; R-447A; R-448A; R-449A; R-449B; R-450A; R-451A; R-451B; R-452A; R-453A; R-454A; R-454B
		Mezclas zeotrópicas con hidrocarburo	Halogenados con y sin Hidrocarburo (HFC, HC y Éteres)	R-432A; R-433A; R-433B; R-433C; R-436A; R-436B; R-441A; R-443A
		Mezclas azeotrópicas <sup>7</sup>	Halogenados (CFC,HCFC,HFC)	R-500; R-502; R-503; R-507A; R-508A; R-508B; R-509A; R-512A; y R-513A
Mezclas azeotrópicas con hidrocarburo	Hidrocarburo (HC y Éteres)	R-510A;R-511A		

<sup>6</sup> **Mezcla zeotrópica:** Es aquella formada por dos o más componentes (refrigerantes puros) de diferente volatilidad. Cuando estas mezclas se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, su composición y su temperatura de saturación cambian.

<sup>7</sup> **Mezcla azeotrópica:** Es aquella formada por dos o más componentes (refrigerantes puros) con similar volatilidad. Cuando estas mezclas se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, su composición y su temperatura de saturación no cambian.

Clase	Descripción	Serie	Grupos	Ejemplos de denominación o composición de algunos de ellos
<b>INORGÁNICOS</b>	Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que no contienen carbono, excepto el CO <sub>2</sub> . (R-744) Los refrigerantes inorgánicos más comunes son el agua, el amoníaco y el dióxido de carbono.	.....	.....	R-717 (Amoníaco); R-718 (Agua); R-729 (Aire); R-744 (CO <sub>2</sub> ); R-764; R-732; R-744A; R-702; R-704
		.....	.....	
<b>ORGÁNICOS INSATURADOS</b>	Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que contienen carbono, excepto el CO <sub>2</sub> (R-744). Adicionalmente, contienen enlaces carbono-carbono dobles o triples, como los que se encuentran en los alquenos.	.....	Halogenados (HFC)	HFC-1234yf, HFC-1234ze
		.....	Hydrocarburo (HC)	R-1270 (Propileno); R-1150 (Etileno)

Elaboración propia a partir de MinAmbiente, - UTO, 2014

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL USO DE REFRIGERANTES<sup>8</sup>

Uno de los conceptos que permite explicar los impactos ambientales que pueden esperarse de una sustancia química liberada al ambiente, es el tiempo de vida media. La vida media de una sustancia es el tiempo necesario para que la concentración original de esa sustancia en la atmósfera disminuya a la mitad por acción de las transformaciones químicas o por remoción.

Cuando la presencia de una sustancia en la atmósfera es larga, se dice que esa sustancia es estable, muy persistente y que sus efectos dañinos seguirán sucediendo con la misma intensidad. Por ejemplo, si un CFC en particular tiene una vida media de 100 años significa que la emisión de una pequeña cantidad de este refrigerante tomará cerca de 700 años hasta que sus efectos

ambientales sean despreciables. Por lo tanto, para la sustitución de refrigerantes, es importante elegir sustancias con una vida media corta, que aseguran un menor impacto ambiental. Los principales impactos ambientales asociados al uso de refrigerantes son el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

Desde el sector de la refrigeración, la contribución directa de gases de efecto invernadero y SAO, ha disminuido gracias a la limitación de las emisiones tanto por la aplicación de buenas prácticas, el uso de métodos más estrictos para evitar fugas en los sistemas de refrigeración, por las prácticas de recuperación y reciclaje, como por el uso de sustancias alternativas como refrigerantes (WMO, 2007) (IPCC, 2005).

## 2.2.1 AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

El Ozono ( $O_3$ ) es un gas incoloro, inestable, de olor característico, que está presente en la atmósfera terrestre de manera natural. Las moléculas de ozono son químicamente idénticas, cada una con tres átomos de oxígeno, pero su concentración varía con la altura. Se debe tener en cuenta que el *ozono de la estratosfera* nos protege de la radiación ultravioleta del sol, mientras que el ozono presente *en la troposfera* u ozono troposférico se considera un contaminante criterio para calidad del aire, dado que tiene efectos tóxicos sobre los seres vivos.

Se le llama "capa de ozono" a la concentración máxima de ozono presente en la atmósfera terrestre de manera natural. Esta capa está ubicada en la estratosfera, por encima de los 15 km. de altura, tiene un espesor de unos 40 km y rodea a la Tierra como un tenue manto esencial para la vida en la superficie del planeta, porque actúa como un escudo protector ante los peligrosos rayos ultravioleta del Sol.

Hacia 1980 la comunidad científica mundial demostró el daño que ciertos productos químicos denominados halocarbonados le hacen a la capa de ozono, debido a su alta persistencia en la atmósfera y a la comprobada acción del cloro libre sobre las moléculas de ozono. Se estima que cada átomo de cloro puede destruir unas 100.000 moléculas de ozono antes de desaparecer de la estratosfera.

El efecto directo que ocasiona la reducción de la concentración estratosférica de ozono es un incremento de la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre, lo cual origina consecuencias sobre la salud humana (aumento de determinadas afecciones oculares, como cataratas y de la incidencia de cáncer de piel y debilitamiento del sistema inmunológico) y sobre los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, fundamentalmente un descenso en la productividad primaria y una mayor incidencia de necrosis en vegetales, con las consiguientes afecciones secundarias sobre las diferentes redes tróficas y sobre determinados sectores económicos que, en concreto, se traducirían en una menor producción pesquera y agrícola.

El potencial de destrucción del ozono varía según las moléculas. Los compuestos sustitutos, HCFC y HFC, son más inocuos en este sentido, pero en contrapartida resultan ser gases con efecto invernadero, que generan calentamiento global.

La unidad de medida para determinar la capacidad de agotamiento de la capa de ozono de una sustancia es el *potencial de agotamiento de ozono (PAO<sup>9</sup>) (ODP, por sus siglas en inglés)*. El PAO es la relación del impacto sobre el ozono que posee una sustancia química comparada con el impacto de una masa igual de CFC-11. Así, el PAO del CFC- 11 es definido como 1. Otros CFC y HCFC tienen PAO en el intervalo entre 0.01 y 1.0. Los HFC tienen un PAO cero debido a que estos no contienen cloro.

En 1981, a partir de la creación de un grupo de trabajo conformado por expertos y técnicos para elaborar lineamientos tendientes a proteger la capa de ozono, nace el Convenio de Viena, el cual se convirtió en el primer mecanismo internacional para proteger la salud de las personas y el ambiente, a raíz de los daños detectados en la capa de ozono. Los países firmantes se comprometieron a adoptar medidas para controlar, limitar, reducir o prevenir actividades que puedan causar daño a la capa de ozono. Este convenio fue adoptado el 22 de marzo de 1985 y entró en vigencia el 22 de septiembre de 1989; Colombia aprobó el Tratado con la Ley 30 de 1990, adhirió el 16 de julio de 1990 y entró en vigencia el 14 de octubre de 1990.

En concordancia con lo anterior, en el mes de septiembre de 1987, 196 países firmaron el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, con el fin de establecer plazos máximos para la eliminación de la producción y consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono. La entrada en vigencia del Protocolo fue en enero de 1989.

Debido a las diferencias económicas y tecnológicas de las naciones, las disposiciones del Protocolo de Montreal no se pueden aplicar igual para todos los países firmantes; por lo tanto, se han establecido diferencias en los cronogramas de cumplimiento de obligaciones y metas para los países en desarrollo y para los países desarrollados. Los países en desarrollo, cuyo consumo anual es menor de 0,3 kg per cápita de SAO controladas enumeradas en el Anexo A del Protocolo de Montreal, son considerados como países que operan al amparo del artículo 5 del Protocolo de Montreal, mientras que los países que operan al amparo del artículo 2, son todos los otros países signatarios, principalmente los desarrollados.

<sup>9</sup> Potencial de Agotamiento de Ozono.



## 2.2.2 CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global, por otra parte, es un efecto generado principalmente por la emisión de gases de combustión, los cuales al acumularse en la atmósfera actúan como un blindaje de la radiación infrarroja, en lo que comúnmente se conoce como: efecto invernadero, atrapando parte de dicha radiación, lo cual provoca aumento de la temperatura del planeta.

La probabilidad de que los SAO afectarán también al sistema climático se descubrió por primera vez en los años setenta, y los efectos de calentamiento atmosférico a nivel mundial de los halocarbonos, incluidos los HFC, se han ido conociendo en mayor detalle en los últimos tres decenios. Por ejemplo, en la evaluación científica del ozono estratosférico de 1989 se incluyó un capítulo sobre el potencial de calentamiento mundial (PCM) de los halocarbonos, y en la evaluación tecnológica de 1989 se indicaron los valores de ese PCM al analizar la importancia de la eficiencia energética en las espumas aislantes, la refrigeración y los sistemas de aire acondicionado. A medida que se iban ideando diversos métodos de eliminación gradual de las SAO en aplicación del Protocolo de Montreal, se advirtió que algunas medidas adoptadas para reducir el agotamiento de la capa de ozono en el futuro, en particular la introducción de los HFC, podían aumentar o reducir los efectos de calentamiento atmosférico a nivel mundial<sup>10</sup>. Este problema ya quedó recogido también en el Protocolo de Montreal. En la Conferencia Mundial del Clima de Kyoto (1997) sobre el cambio climático se acordó establecer controles sobre otras sustancias con efecto invernadero no recogidas en acuerdos anteriores. Un avance en relación a este tema fue la aprobación la enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal, relativa a los HFC durante el mes de octubre de 2016. La agenda alcanzada en Kigali establece tres calendarios distintos para congelar y posteriormente reducir la producción y uso de los HFC en todos los países desarrollados y en desarrollo.

<sup>10</sup> Cuestiones relativas a los hidrofluorocarbonos y a los perfluorocarbonos. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (GETE)

La unidad de medida para determinar la capacidad de calentamiento global de una sustancia es el potencial de calentamiento global (PCG) (GWP, por sus siglas en inglés). El PCG es usado para comparar la capacidad de diferentes gases de efecto invernadero (GEI) para atrapar calor de la atmósfera. Los PCG están basados en la eficiencia radiactiva (capacidad de absorber calor) de cada gas, relativa al dióxido de carbono, así como la velocidad de descomposición de cada uno (la cantidad eliminada de la atmósfera en un número dado de años) relativa a la del CO. Los PCG ofrecen una vía para convertir las emisiones de diferentes GEI en una medida común que permita a los analistas del clima integrar los impactos radiactivos de varios gases de efecto invernadero en una medida uniforme denominada equivalentes en carbón o dióxido de carbono. De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el PCG tiene típicamente una incertidumbre en su determinación de un 35%. Así mismo, el reporte del comité de opciones técnicas en refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor del Protocolo de Montreal (RTOC11, por sus siglas en inglés) de 2014, definió unos niveles de clasificación para los PCG de los gases refrigerantes, con el fin de identificar cuando un refrigerante tiene un impacto directo mínimo o representativo sobre el ambiente (ver figura 7.).

Clasificación	PCG a 100 años
<30	Utra bajo o despreciable
<100	Muy bajo
<300	Bajo
300 - 1000	Medio
>1000	Alto
>3000	Muy alto
>10000	Ultra alto

**Figura 7.**

Clasificación de los niveles de potencial de calentamiento global a 100 años

Fuente: Comité de opciones técnicas en refrigeración, aire acondicionado, y bombas de calor del Protocolo de Montreal

<sup>11</sup> RTOC: Refrigeration, Air Conditioninig and Heat Pump Thecnical Options Committee.

Como la degradación del CO<sub>2</sub> en la atmósfera sigue un mecanismo diferente al de otros gases de efecto invernadero, los tiempos de vida media de las sustancias juegan un papel importante en los valores del PCG. Las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), por sus siglas en inglés) han estado de acuerdo en usar los PCG basados en un tiempo de 100 años (ver figura 8. PCG de gases refrigerantes).

\* Las designaciones de los gases refrigerantes y la clasificación de seguridad se toman del Programa de Evaluación de Refrigerantes Alternativos – AREP por sus siglas en inglés (Alternative Refrigerants Evaluation Program) del El Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración – AHRI (Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute) cuando aplique, de lo contrario de la revisión pública No. 34 de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado – ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air- Conditioning Engineers), (ASHRAE, 2015).

\*\* Los valores de "Potencial de Calentamiento Global (PCG)" se toman del informe del Comité de Opciones Técnicas de Refrigeración, Aire Acondicionado y Bombas de Calor (RTOC - Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee) de 2014 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) cuando aplique; Cuando no aplique, el valor se calcula con base en los valores de los fluidos puros del informe de la RTOC de 2014 (PNUMA).

\*\*\* Los valores "PCG (IPCC5)" se toman del Quinto informe de evaluación (AR5 – Fifth Assessment Report) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) de 2014 para fluidos puros; Para los valores de las mezclas se calculan los valores con base en los fluidos puros del mismo informe.

**Figura 8.**

Potenciales de calentamiento global de gases refrigerantes

Fuente: Comité de opciones técnicas en refrigeración, aire acondicionado, y bombas de calor del Protocolo de Montreal

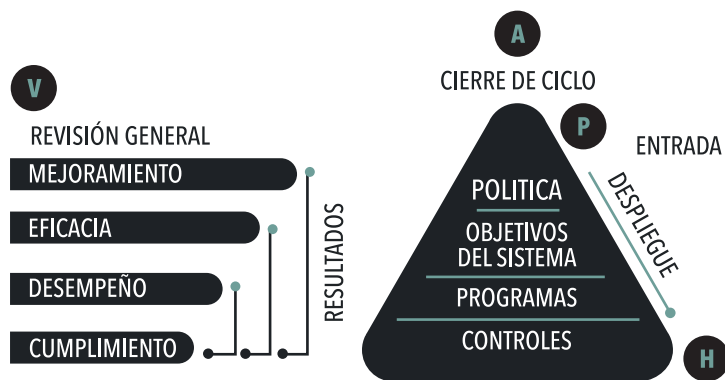
Gas refrigerante *	Clasificación de seguridad *	PAO *	PCG 100 A AÑO (IPCC5**)	PCG 100 A AÑO (RTOC***)
R-22	A1	0,055	1760	1780
R-123	B1	0,01	79	79
R-134a	A1	0	1300	1360
R-32	A2L	0	677	704
R-404A	A1	0	3900	4200
R-410A	A1	0	1900	2100
R-507	A1	0	4000	4300
R-407C	A1	0	1600	1700
R-407A	A1	0	1900	2100
R-407F	A1	0	1700	1800
R-450A	A1	0	550	570
R-444A	A2L	0	89	93
R-445A	A2L	0	120	120
R-456A	A1	0	630	650
R-407G	A1	0	1300	1400
R-444B	A2L	0	300	310
R-442A	A1	0	1800	1900
R-449B	A1	0	1300	1400
R-449C	A1	0	1100	1200
R-453A	A1	0	1600	1700
R-407H	A1	0	1400	1500
R-449A	A1	0	1300	1400
R-452A	A1	0	1900	2100
R-452C	A1	0	2000	2200
R-448A	A1	0	1300	1400
R-454A	A2L	0	240	250
R-454C	A2L	0	150	150
R-457A	A2L	0	140	150
R-455A	A2L	0	150	150
R-454B	A2L	0	470	490
R-452B	A2L	0	680	710
R-446A	A2L	0	460	480
R-447A	A2L	0	570	600
R-447B	A2L	0	710	750
R-514A	B1	0	1,7	1,7
R-513A	A1	0	570	600
R-515A	A1	0	400	380
R-513B	A1	0	540	560
R-290	A3	0	-	5
R-600a	A3	0	-	-20
R-1270	A3	0	-	1,8
R-1233zd(E)	A1	0	1	1
R-1234yf	A2L	0	<1	<1
R-1234ze(E)	A2L	0	<1	<1
R-1336mzz(Z)	A1	0	2	2
R-717	B2L	0	-	-
R-744	A1	0	1	1



## 2.3 PLANEACIÓN Y GESTIÓN

Cualquier actividad que se desarrolle, se puede considerar como un sistema que interactúa con el entorno, en esta interacción, lo afecta positiva o negativamente para lograr los objetivos propuestos o los resultados requeridos, ya sean estos garantizar la seguridad de los productos, responder los compromisos con la sociedad, prevenir la contaminación ambiental, ganar dinero, entre otros.

Estas actividades se relacionan entre sí y forman los denominados procesos que son la base para la gestión. Esta gestión aplica o hace referencia a un concepto desarrollado por Deming el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar). Es decir que cada proceso debe contar con una etapa de planificación, resultado del despliegue de los objetivos que se tienen al nivel correspondiente; una etapa de ejecución de lo establecido en la planificación; una etapa de verificación con el fin de determinar que en realidad se hizo lo planificado y una etapa de toma de decisiones con los resultados obtenidos en la verificación, las tendencias y oportunidades. Este es entonces el ciclo PHVA sistémico, basado en el enfoque por procesos.



**Figura 9.**

Esquema general del sistema de gestión

Fuente: ICONTEC, 2006

Para la gestión ambiental en un proyecto u organización, se puede plantear un enfoque basado en procesos y así desarrollar un sistema de gestión ambiental, cuyo objetivo fundamental es la prevención de la contaminación, es decir evitar la contaminación antes de ejecutar las actividades y no realizar maniobras de compensación, corrección o mitigación.

Este modelo de sistema de gestión ambiental, a pesar de estar dirigido a un objetivo externo, permite reducir el desproporcionado uso de recursos naturales, rediseñar los procesos y los productos, aprovechar las materias primas de una manera mejor, etc.

Es un modelo que se aprueba internacionalmente, en 1996 como consecuencia del creciente interés mundial por los impactos globales como el efecto invernadero, los daños en la capa de ozono, lluvias ácidas.

Dentro de las actividades más importantes del modelo de gestión ambiental de un sistema de gestión ambiental, está la planeación. La planeación ambiental puede describirse como un conjunto de lineamientos básicos que deben considerarse con el propósito de conservar el entorno natural, realizar una eficiente utilización de los recursos, aumentar la productividad y el cumplimiento de la normativa ambiental.

La planeación ambiental se fundamenta en la definición de los puntos específicos del proceso o las actividades donde se tipifican los aspectos ambientales representativos que generan o afectan el entorno, en conjunción con el cumplimiento legal y normativo, la prevención de la contaminación y la mejora continua.

En otras palabras, se deben definir tanto los elementos estratégicos, donde se determinan o establecen los objetivos y programas de la gestión ambiental, así como los elementos operativos donde se definen los controles operacionales y el tipo de planes de emergencia que se van a manejar a partir de las condiciones evaluadas inicialmente.

Existen innumerables herramientas para adelantar revisiones ambientales con el fin de determinar estos aspectos además de los requisitos legales aplicables y metodologías de revisión y seguimiento, con el fin de convertir la planeación y gestión ambiental un proceso dinámico en el desarrollo del proyecto o las actividades de la organización.



En conclusión la gestión ambiental es un sistema dinámico que sigue el modelo PHVA, lo que lo convierte en una estrategia mediante la cual se manejan las actividades para evitar la afectación del entorno y conseguir un equilibrio entre desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos, protección y conservación del ambiente.

## 2.4 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR GASES REFRIGERANTES

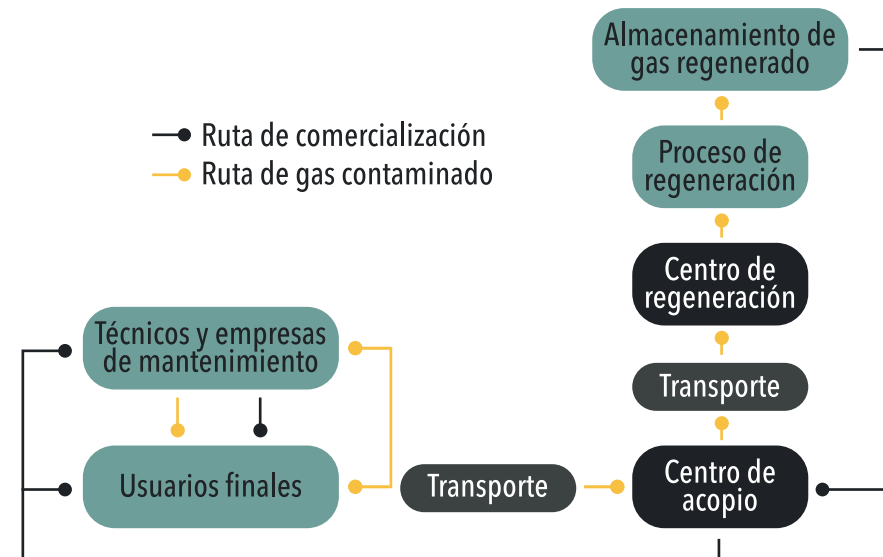
Existen diversas medidas para la prevención de la contaminación por gases refrigerantes, una de las más efectivas es contar con un programa de monitoreo y control de fugas, que consiste en establecer verificaciones periódicas a los cilindros contenedores de los gases refrigerantes, con el fin de realizar pruebas para identificar posibles fugas de gas en estos; dichas pruebas pueden realizarse con un detector de fugas si se dispone de él o de lo contrario, pueden efectuarse aplicando una solución jabonosa sobre la válvula y superficie del cilindro, con el fin de observar si se evidencia formación de burbujas.

Es muy importante que el programa de monitoreo y control de fugas, cuente con los respectivos registros que evidencien las condiciones de almacenamiento y eventuales fugas que se puedan presentar en un formato que resulte adecuado para ello, el cual puede ser diseñado por cada usuario según sus necesidades. Sin embargo, para ilustrar de manera general este formato, en la figura 11 se presenta un ejemplo del mismo con la información básica que podría contener.

Por otra parte, en el marco de la planeación y gestión ambiental, y una vez no se logre prevenir o contener una fuga se cuenta con otro mecanismo muy eficiente para la prevención de la contaminación por gases refrigerantes, que consiste en la conceptualización de la Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración -Red R&R&R, en aras de favorecer la reutilización de los gases refrigerantes dada durante las operaciones de mantenimiento y reparación, y su posterior reutilización.

La recuperación, reciclaje y regeneración de gases refrigerantes es un método eficaz para reducir considerablemente las emisiones de estos, así como la demanda de gases vírgenes, favoreciendo el consumo de aquellos que han sido regenerados, como una medida transitoria hacia el posterior uso de nuevos gases con nulo PAO, muy bajo PCG y alta eficiencia energética (INN, 2011).

Para ello la UTO ha diseñado el modelo operativo para la Red R&R&R sintetizado en la figura que se presenta a continuación:



**Figura 10.**  
Modelo operativo Red R&R&R en Colombia

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015

En el siguiente recuadro se sintetizan algunas de las principales recomendaciones para la prevención de la contaminación y minimización de riesgos asociados a los gases refrigerantes objeto de esta guía, las cuales serán detalladas en el capítulo 4 para cada una de las operaciones de: recuperación, reciclaje, acopio y regeneración.



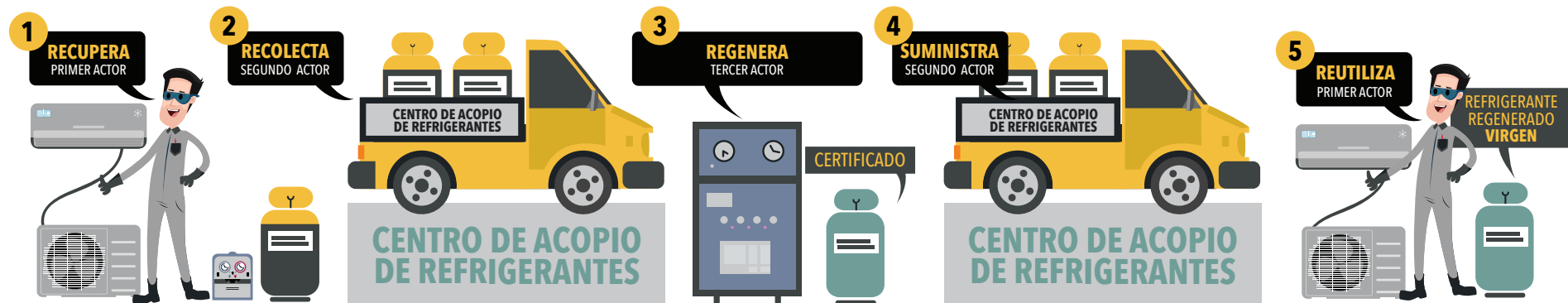
## Recomendaciones generales a tener en cuenta en aras de minimizar los riesgos asociados al manejo de gases refrigerantes:

- Al abordar un procedimiento de recuperación, reciclaje y regeneración, se debe contar con las herramientas y equipos necesarios para una manipulación adecuada y segura, además de los contenedores o cilindros aprobados para tal operación (INN, 2011).
- Verificar que todas los gases almacenados estén debidamente etiquetados o marcados según su condición de reutilizable regenerado o para regenerar y no reutilizable o residual, con el fin de evitar el uso inadecuado de los mismos o contaminación cruzada.
- Verificar que las hojas de seguridad de los gases y otras sustancias empleadas, han sido proporcionadas y puestas a disposición de los trabajadores.
- Contar con los elementos de protección personal (EPP), acordes a la actividad que adelanta cada uno de los trabajadores. Para manipulación de gases refrigerantes se requiere como mínimo:
  - Lentes de seguridad con protección lateral.
  - Guantes de carnaza.
  - Ropa de manga larga, overol o similar.
  - Botas de seguridad (con punta acero en los casos en que se manipulen cilindros grandes).
  - Casco cuando las actividades se adelanten en áreas detrabajo que así lo ameriten.
- Mantener un registro de los gases recuperados almacenados en la bodega, con sus respectivas hojas de seguridad. El registro deberá ser accesible a todos los trabajadores.
- Cuando se trasvasen gases a otros recipientes o equipos, se debe indicar el contenido de estos últimos con el fin de que los trabajadores estén informados de la identidad de estas sustancias, de los riesgos asociados a su utilización y de todas las precauciones de seguridad que se deben tomar.
- Instruir a los trabajadores sobre la forma de acceder y usar la información que aparece en las etiquetas y en las hojas de seguridad.
- Capacitar a los trabajadores en forma continua sobre los procedimientos y prácticas que deben seguir.
- Conocer y cumplir las leyes y regulaciones ambientales, de salud ocupacional, seguridad industrial y demás regulaciones que sean pertinentes a nivel nacional, regional y local que se aplican a este tipo de actividad.
- Organizar y desarrollar un plan de emergencia y contingencia acorde al manejo y manipulación de gases refrigerantes.
- Definir políticas claras en cuanto al almacenamiento de los gases recuperados y otras sustancias involucradas, y difundirlas a todos los trabajadores, así como organizar sistemas de trabajo seguro y grupos de seguridad entre los trabajadores, asegurando a su vez que proveedores, contratistas y visitantes conozcan los riesgos y cumplan las reglas de seguridad.
- Analizar accidentes que se hayan presentado en sus instalaciones o las de terceros relacionados con sus actividades y establecer mecanismos que eviten su recurrencia.
- Revisar la eficiencia de las prácticas y procedimientos de trabajo desde el punto de vista ambiental y de seguridad.
- Establecer y documentar procedimientos para el manejo de visitantes con el fin de asegurar la integridad física del visitante en caso de emergencia y para evitar actos inseguros por inadecuada manipulación de los gases almacenados.
- En las actividades en las cuales se generen residuos bien sea peligrosos o no peligrosos, se deberá garantizar que su manejo se realiza de una manera ambientalmente segura y responsable.
- Mantener las áreas de trabajo ordenadas y limpias.

FORMATO DE MONITOREO Y CONTROL DE FUGAS

FECHA	RESPONSABLE DEL MONITOREO	IDENTIFICADOR O SERIE DEL CILINDRO	TIPO DE REFRIGERANTE (R12, R22, R134a)	MECANISMO DE VERIFICACIÓN		SE EVIDENCIA ALGUNA FUGA?		ACCIÓN TOMADA EN CASO DE EVIDENCIAR FUGAS	COMENTARIOS SOBRE CONDICIONES AMBIENTALES Y OTRAS OBSERVACIONES
				DETECTOR DE FUGAS	MANUAL CON SOLUCIÓN JABONOSA	SÍ	NO		

**Figura 11.**  
Ejemplo de formato para monitoreo y control de fugas  
RED DE RECUPERACIÓN RECICLAJE Y REGENERACIÓN  
DE GASES REFRIGERANTES DE COLOMBIA





## 2.5 LICENCIAMIENTO AMBIENTAL REQUERIDO PARA CENTROS DE REGENERACIÓN, ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

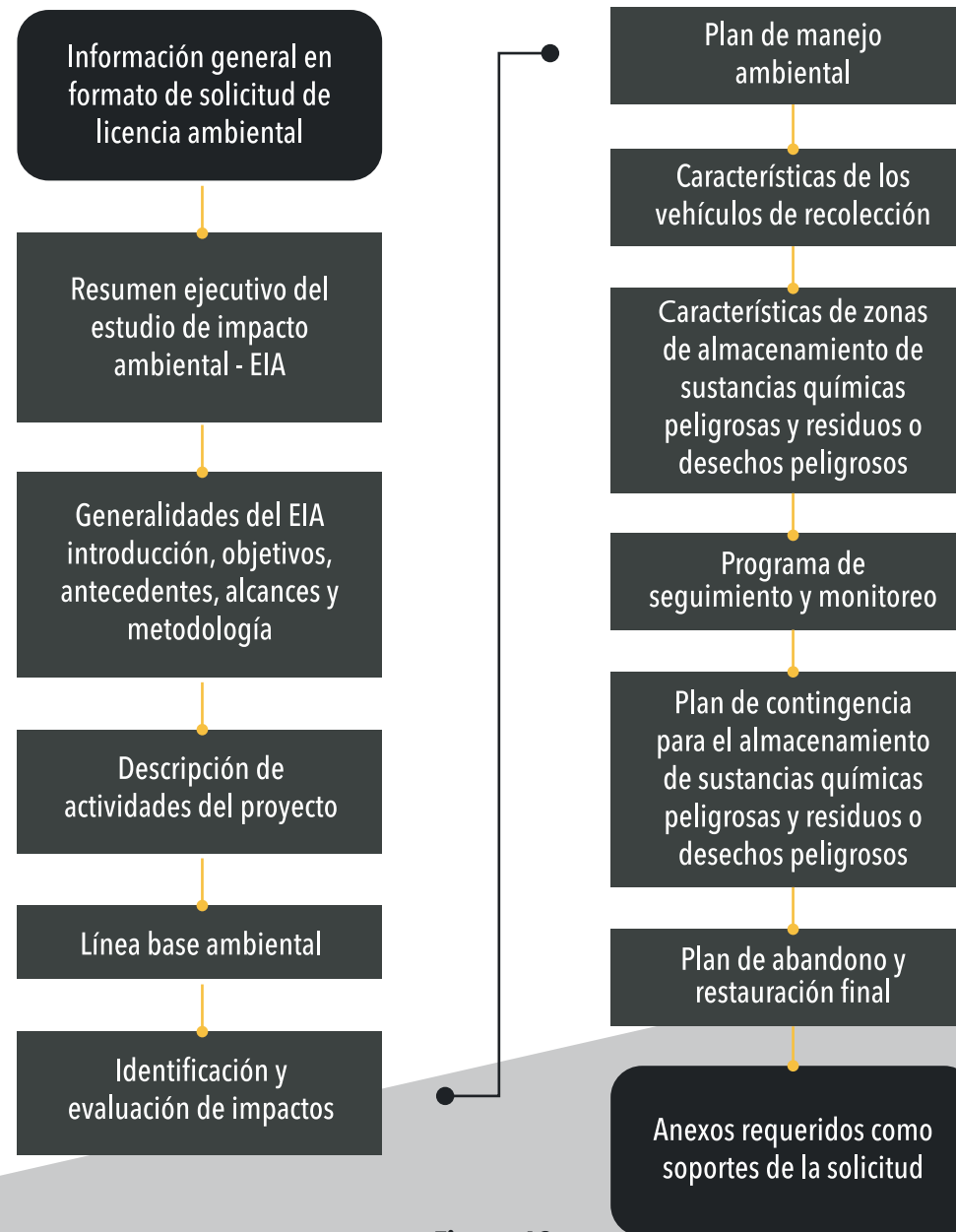
De acuerdo con lo establecido en el numeral 10 del artículo 9.º del Decreto 2041 de 2014 por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, las operaciones relacionadas con la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación o disposición final de residuos o desechos peligrosos, requieren de licencia ambiental otorgada por las autoridades ambientales competentes, es decir las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002. En este marco y teniendo en cuenta que los centros de regeneración, acopio y almacenamiento de gases refrigerantes, almacenan SAO y que algunos de ellos pueden ser o convertirse en gases residuales y por ende residuos peligrosos, estos centros están sujetos a trámites de licenciamiento ambiental.

La licencia ambiental es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables, o al medio ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de ésta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada. La licencia ambiental lleva implícitos todos los permisos, autorizaciones o concesiones para el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, obra o actividad.

Se debe tener en cuenta que la licencia ambiental debe obtenerse previamente a la iniciación del proyecto, obra o actividad y que ningún proyecto, obra o actividad requiere más de una licencia ambiental. Así mismo se debe considerar que el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables deben ser claramente identificados en el respectivo estudio de impacto ambiental.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la conceptualización dada para la Red R&R&R en Colombia, los centros de acopio y almacenamiento, así como los de regeneración de gases refrigerantes, adelantan sus trámites de licenciamiento ambiental de manera previa al inicio de sus operaciones ante la autoridad ambiental que tenga jurisdicción en el lugar donde se vaya a ubicar la instalación física de dichos centros. Esta autorización debe incluir de manera explícita el manejo de sustancias agotadoras de la capa de ozono.

A continuación se sintetizan de manera gráfica los principales criterios e información a ser tenidos en cuenta como insumos mínimos para ser suministrados a la autoridad ambiental competente en el marco del trámite de licenciamiento ambiental y especialmente para la elaboración del estudio de impacto ambiental requerido para ello. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la información aquí presentada puede variar dependiendo los requerimientos específicos y términos de referencia establecidos por cada una de las autoridades ambientales ante la cual se realice la solicitud.



**Figura 12.** Información básica a ser suministrada a las autoridades ambientales en el marco de un trámite de licenciamiento ambiental para un centro de acopio y almacenamiento o de regeneración de gases refrigerantes

Elaboración propia a partir de AMVA, 2011

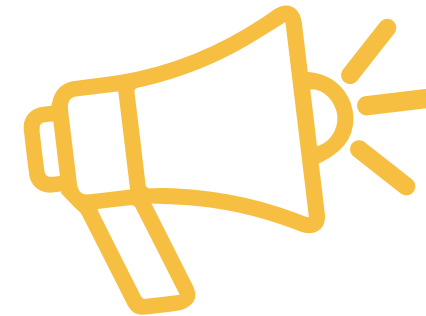


### **3. MANEJO DE CILINDROS RECARGABLES PARA GASES REFRIGERANTES**



## 3.1 NORMATIVA Y REGLAMENTOS APLICABLES A LOS CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

Dentro de las normas, estándares y legislación vigente se encuentran documentos que se aplican, a nivel internacional y nacional, para cilindros retornables o recargables para gases refrigerantes para garantizar su uso y manejo adecuado. A continuación se hacen una relación y una pequeña descripción del contenido de estos documentos.



### 3.1.1 NORMATIVA INTERNACIONAL

**CFR 49 USA - DOT:** el Código de Regulaciones Federales Título 49 contiene codificadas las leyes federales y reglamentos de los EEUU que están en vigor en la fecha de esta publicación, y relaciona todas las formas de transporte terrestre y de seguridad en el transporte, que incluyen: tuberías; ferrocarriles (pasajeros y carga); automóviles, camiones y carreteras. Este código referencia el transporte de materiales peligrosos y las partes relacionadas con cilindros (incluidos los de uso para gases refrigerantes especificación DOT 4BA) los cuales son:

- **178.51 Especificación 4BA para cilindros de acero soldados o con cordón de soldadura:** en esta parte del código se establecen la especificación DOT 4BA para cilindros de acero con partes soldadas o con cordón de soldadura, igualmente establece el tipo, tamaño y presión de servicio, la capacidad hidráulica de menos de 1000 libras y una presión de servicio de menos de 225 psi y no superior a 500 psi; su forma de construcción, el tipo de acero a ser utilizado (composición), tratamiento térmico y las pruebas a las cuales debe ser sometido el cilindro en su fabricación y durante su uso.
- **178.61 Especificación 4BW para cilindro de acero soldado con cordón de soldadura longitudinal por arco eléctrico:** en esta parte del código se establecen la especificación DOT 4BW para cilindros de acero

soldado con una costura longitudinal soldado por arco eléctrico, igualmente establecen el tipo, tamaño y presión de servicio, la capacidad hidráulica no mayor de 1000 libras y una presión de servicio de al menos 225 psig y no mayor de 500 psig.; su forma de construcción, el tipo de acero a ser utilizado (composición), tratamiento térmico y las pruebas a las cuales debe ser sometido el cilindro en su fabricación y durante su uso.

- **180.205 Requisitos generales para la recalificación de cilindros con especificación:** en esta parte se establecen los requisitos para la recalificación de cilindros, tales como las condiciones que deben cumplir las empresas que hacen recalificación de cilindros, los periodos y frecuencias de recalificación de los mismos, las inspecciones visuales a realizar, las presiones de prueba y las especificaciones para condenar un cilindro.
- **180.209 Requisitos para recalificación de cilindros con especificación:** en esta parte se establecen los requisitos para la recalificación de cilindros incluyendo la especificación DOT-4BA, la presión de prueba y las frecuencias de la recalificación.
- **180.213 Marcación de recalificación:** en esta parte se establece cómo se debe hacer el marcado del cilindro una vez pase la prueba hidrostática e inspecciones aplicables, para que el recalificador aprobado por DOT estampe su número de identificación del recalificador (RIN, siglas en inglés de *requalifier identification number*).

**Normas CGA (Compressed Gas Association):** la Asociación de Gases Comprimidos de los Estados Unidos de América representa a todos los segmentos de la industria de gases, incluyendo a fabricantes, distribuidores, proveedores y transportadores de gases comprimidos, líquidos criogénicos, y productos relacionados. Su ámbito de influencia abarca gases industriales, medicinales y especiales en forma de gases comprimidos o licuados, y una gama de equipos para el manejo de gases. Entre las normas que aplican para la presente guía, están:

- **CGA C1 Métodos para pruebas hidrostáticas de cilindros para gases comprimidos:** Esta norma establece las condiciones de operación y los equipos necesarios para el correcto desarrollo de pruebas a cilindros de gases comprimidos. Relaciona los métodos de camisa de agua, expansión directa y presión de prueba. En nuestro país se adoptó este estándar y se convirtió en la Norma Técnica Colombia NTC 5171 emitida por el ICONTEC.
- **CGA C6 Estándar para inspección visual de cilindros de acero para gases comprimidos:** Esta norma establece los criterios para aceptar, rechazar y condenar cilindros de acero para gases comprimidos. Relaciona los equipos utilizados para realizar la inspección y los diferentes tipos de cilindros de acero sujetos a esta inspección. En nuestro país se adoptó este estándar y se convirtió en la NTC 5137 emitida por el ICONTEC.

**Normas EIGA (European Industrial Gases Association):**

la Asociación Europea de Gases Industriales, EIGA, es una organización orientada a la seguridad para el manejo de gases, que representa a la gran mayoría empresas europeas y un número de empresas no europeas que producen y distribuyen gases industriales, medicinales y para alimentos. Las empresas miembros cooperan estrechamente en cuestiones técnicas relativas a la producción, transporte, almacenamiento y aplicación de gases para lograr el más alto nivel de seguridad y el cuidado del medio ambiente, en el manejo de los gases. EIGA también inicia el desarrollo de normas adecuadas y proporciona a los organismos de normalización los conocimientos tecnológicos relacionados con gases. Entre las normas EIGA a tener en cuenta para el manejo de gases refrigerantes tenemos:

**Doc 30/13 Disposición de gases:** Esta norma establece los requisitos para realizar la disposición segura de gases en la industria. Relaciona los procedimientos de entrenamiento y seguridad, la selección del método de disposición segura del gas, las características y recomendaciones para la disposición, cómo se hace la identificación del contenido de los cilindros y la disposición de los cilindros inservibles.

## 3.1.2 NORMATIVA NACIONAL

**Normas técnicas colombianas:**

- **NTC 2462 Transporte. Rotulado de recipientes para gases a presión:** Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las etiquetas para gases comprimidos y brinda las recomendaciones sobre etiquetado de cilindros.
- **NTC 4702-2 Embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas clase 2. Gases:** Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter los recipientes y envases para el transporte de mercancías peligrosas clase 2, correspondiente a gases, además de las instrucciones para los diferentes tipos de transporte (aéreo, marítimo, terrestre y fluvial).
- **NTC 3264 Recipientes metálicos. Recomendaciones para la disposición de cilindros y acumuladores inservibles que contienen gases conocidos:** Esta norma establece los procedimientos para destruir cilindros que por algún motivo no pasaron la prueba hidrostática o inspección visual; y se encuentran condenados.
- **NTC 4975 Cilindros de gas. Seguridad en el manejo y almacenamiento:** Esta norma establece el procedimiento para identificar el contenido de los recipientes de gases comprimidos, los requisitos para su manejo seguro, el uso de los cilindros, que incluye las etiquetas y hojas de seguridad, válvulas, equipos para el servicio de gases comprimidos, cambio del servicio de los equipos. Adicionalmente da pautas para el almacenamiento de los cilindros y gases.

- **NTC 5137 Inspección visual de cilindros de acero de alta presión para gases comprimidos:** Esta norma relaciona los procedimientos y especificaciones para realizar la inspección visual de cilindros de acero que contengan gases comprimidos, y los equipos necesarios para desarrollar la inspección externa e interna de cilindros. Esta norma es una adopción idéntica por traducción de la norma CGA C- 6.
- **NTC 5171 Métodos de pruebas hidrostáticas para cilindros de gas comprimido:** Esta norma contiene los requisitos de operación y el equipo necesario para desarrollar adecuadamente la prueba de presión hidrostática a cilindros de gases comprimidos. Incluye la descripción y procedimiento de los métodos de camisa de agua, expansión directa y presión de prueba. Esta norma es una adopción idéntica de la norma CGA C-1.

#### Decretos y resoluciones:

- **Resolución 2400 de 1979. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social: por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.** CAPÍTULO III. - DE LOS CILINDROS PARA GASES COMPRIMIDOS. Los cilindros deben ser sometidos a una prueba neumática y a una prueba hidrostática, y a otras pruebas físicas necesarias que garanticen su seguridad, según ICONTEC. Las características físicas del cilindro y sus aditamentos deben ser plenamente establecidos para el gas que contienen. En el manejo y transporte de los cilindros, deberá evitarse su caída. Todos los cilindros deben tener de forma indeleble y visible: la clase de gas, la presión máxima de carga permitida, el peso del cilindro vacío, su capacidad máxima de gas, y nombre del envasador.
- **Resolución 2400 de 1979, artículo 526.** Cada cilindro de gas comprimido deberá llevar grabado en su estructura, en forma permanente, el nombre del fabricante, la presión máxima de trabajo y el número serial.
- **Decreto 1609/02 - Transporte de Mercancías Peligrosas.** Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES Y NO RETORNABLES O DESECHABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

### 3.2.1 GENERALIDADES

Los gases refrigerantes generalmente vienen envasados en cilindros de acero que son de dos tipos: retornables o recargables y desechables o no recargables. Generalmente, pueden tener una capacidad de almacenamiento de 1 kg, 6,8 kg, 13,6 kg, 22,6 kg, 40 kg o 1000 kg estas presentaciones pueden variar según el tipo de gas refrigerante o según la especificación del fabricante.

Los cilindros para almacenar y transportar gases refrigerantes se fabrican según especificaciones establecidas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América (DOT, por sus siglas en inglés). Las especificaciones de los cilindros de gases refrigerantes más utilizadas son:

- **DOT 4BA o DOT 4BW:** estos cilindros son retornables o recargables, están aprobados para usarse como cilindros recuperadores de gas refrigerante.
- **DOT 3AA:** bajo esta especificación se aprueban cilindros para usarse con refrigerantes de alta presión. Ejemplo R702, R704, R729 o R744.
- **DOT 39:** son cilindros desechables, no recargables de "un solo llenado".

Las presiones de trabajo de los cilindros fabricados bajo las especificaciones DOT son:

<b>DOT 4BA 400:</b>	Presión de trabajo 400 psi, aprobado para recargar R 410A
<b>DOT 4BA 350:</b>	Presión de trabajo 350 psi.
<b>DOT 4BA 260:</b>	Presión de trabajo 260 psi.
<b>DOT 3AA 1800:</b>	Presión de trabajo hasta 1800 psi, aprobado para recargar R744.
<b>DOT 3AA 2015:</b>	Presión de trabajo hasta 2015 psi.
<b>DOT AA2300:</b>	Presión de trabajo hasta 2300 psi, aprobado para recargar R704.

<b>DOT 3AA</b>	<b>DOT 4BA DOT 4BW</b>	<b>DOT 39</b>
<b>DOT 4BA 260</b>	<b>DOT 4BA 350</b>	<b>DOT 4BA 400</b>

**Figura 13.**

Tipos de especificaciones de cilindros para gases refrigerantes

Es muy importante que al recuperar y recargar cilindros con gases refrigerantes solo se utilicen cilindros con especificación DOT 4BA o DOT 3AA, y nunca sobrepasar la presión de trabajo ni los rangos de llenado, para esto es necesario consultar las fichas técnicas del fabricante del gas refrigerante. No se deben utilizar cilindros con especificación DOT 39: cilindros no retornables o no reusables.

Para la fabricación de cilindros retornables o recargables se debe emplear cualquier acero de calidad uniforme, especificado en la tabla 6.

### 3.2.2 CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES. ESPECIFICACIONES DOT 4BA Y DOT 4BW

Este tipo de cilindros pueden ser construidos con aleación de acero y de dos formas:

- De dos piezas unidas por un cordón de soldadura circunferencial, de aleación de acero (DOT 4BA)
- De tres piezas, con cordón de soldadura longitudinal, de aleación de acero (DOT 4BW).

Característica	Acero Grado 1 <sup>(1)</sup>	Acero Grado 2 <sup>(1)(2)</sup>	Acero Grado 3 <sup>(2)(4)(5)</sup>
Carbono (C), % masa <sup>(3)</sup>	0,10 - 0,20	0,24 máximo	0,22 máximo
Manganeso (Mn), % masa <sup>(3)</sup>	1,10 - 1,60	0,50 - 1,00	1,25 máximo
Fósforo (P), % masa, máximo <sup>(3)</sup>	0,04	0,04	0,045 <sup>(7)</sup>
Azufre (S), % masa, máximo <sup>(3)</sup>	0,05	0,05	0,05
Silicio (Si), % masa <sup>(3)</sup>	0,15 - 0,30	0,30 máximo	-
Cobre (Cu), % masa, máximo <sup>(3)</sup>	0,40	-	-
Niobio (Nb) (Columbio), % masa <sup>(3)</sup>	-	0,01 - 0,04	-
Tratamiento térmico autorizado	<sup>(7)</sup>	<sup>(7)</sup>	<sup>(7)</sup>
Esfuerzo máximo a la tensión en el punto de fluencia, en kPa (psi)	No menor de 241 000 (35 000)	No menor de 241 000 (35 000)	No menor de 241 000 (35 000)

**Tabla 6.**

Especificaciones para acero fabricación cilindros DOT 4BA y DOT 4BW

Especificaciones de la tabla 6 - siguiente página.



- (1) No se autoriza la adición de otros elementos para obtener un efecto de aleación.
- (2) El grano ferrítico tamaño 6 o más fino, debe estar de acuerdo a la norma ASTM E-112.
- (3) Los límites establecidos para la composición química se basan en análisis de cuchara, las tolerancias para cada caso se indican en la tabla 6.
- (4) Pueden ser adicionados otros elementos de aleación como níquel (Ni), cromo (Cr), molibdeno (Mo), zirconio (Zr) y aluminio (Al), los cuales deben ser reportados.
- (5) Cuando el análisis indique un contenido máximo de carbono de 0,15%, el límite máximo para manganeso será de 1,40%.
- (6) Acero grado 3 refosforizado con un contenido no mayor de 0,15% de fósforo, será permitido si el contenido de carbono no excede de 0,15% y el contenido de manganeso no excede de 1%.
- (7) Se permite cualquier tratamiento térmico apropiado que exceda 590°C (1 100 °F), excepto el temple líquido.

Estos cilindros deben ser fabricados por empresas con homologación y aprobación directa del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América y por personal calificado para tal efecto, en la forma siguiente: soldando dos casquetes, ambos obtenidos por el proceso de embutido en frío. Los casquetes deben estar unidos por soldadura autógena o eléctrica. No deben soldarse los casquetes cuando la pestaña de ellos se encuentre fruncida, ondulada o retorcida. Los casquetes deben soldarse hasta asegurar la penetración completa del material de aporte en las partes soldadas. La profundidad de la soldadura desde el fondo de la lámina del cuerpo, debe ser por lo menos cuatro veces el espesor del metal del cuerpo del cilindro. La unión del cuello protector y de la base de sustentación del cilindro debe realizarse mediante cordones de soldadura eléctrica o soldadura con latón.



**Figura 14.**

Ejemplo típico de diferentes cilindros retornables o recargables

Para la recuperación de gases refrigerantes solo deben utilizarse los cilindros de tipo retornable o recargable. Estos deben cumplir con las especificaciones DOT 4BA o DOT 3AA, relacionadas en el numeral 3.2 de este documento. Se encuentran pintados de amarillo en el área del hombro del tanque incluyendo la guarda o protección de la válvula "Y", el cuerpo del cilindro debe ser pintado de color gris. Sólo los cilindros para recuperar gas están identificados para utilizar refrigerantes usados. No utilizar cilindros diseñados con especificación DOT 39 para la recuperación de gases refrigerantes.

El cilindro de recuperación DOT 4BA típico, está diseñado para 350 psi con una presión en su dispositivo de alivio establecida a 500 psi. Estos cilindros no deben ser usados con el R-410A. Solo los cilindros diseñados a 400 psi con una válvula de alivio establecido a 600psi pueden ser usados con el R-410A. Si no utiliza el cilindro apropiado puede ser extremadamente peligroso, por el incremento súbito de presión. Siempre se deben revisar las fichas técnicas del gas refrigerante para establecer las presiones de llenado (vapor) de los mismos.

Los cilindros retornables o recargables aprobados por DOT 4BA y 4BW, tienen las siguientes características:

- Cada cilindro tiene un anillo de apoyo, una banda ancha de metal o bronce soldada en la base o el extremo inferior del cilindro.
- Las aberturas de las válvulas y los accesorios se encuentran en el extremo utilizable del cilindro, el accesorio viene con una combinación de válvula de servicio y de seguridad.
- Válvula en forma de Y para salida de vapor y líquido mediante sifón, con un sistema de alivio integrado.
- Conector de 3/4" con interruptor flotante para llenado a 80%.
- Conector de 1/4" para válvula de purga de aire.
- Los cilindros algunas veces tienen gas residual para asegurar un interior limpio y seco.

- Aptos para almacenar o transportar gases refrigerantes recuperados.
- Válvula e interruptor flotante con sello UL (Underwriters Laboratories).
- Capacidad de 1000 libras o menos.
- Tienen capacidad de agua de 1000 libras o menos y una presión de servicio de al menos 225 y no más de 500 libras por pulgada cuadrada.
- Son cilindros de dos hemisferios sin costura unidos por la soldadura de una costura circunferencial.
- El acero utilizado en la construcción del cilindro debe tener entre 0.25 y 0.35% de carbono.

Los cilindros fabricados bajo especificación DOT 4BA y 4BW deben contar con un dispositivo de seguridad, que se encuentra en la válvula tipo "Y", el cual ventea el gas a la atmósfera para prevenir una explosión del cilindro, por ejemplo:

- Si el cilindro DOT 4BA o DOT 4BW (presión de servicio 260 psi) alcanza una presión superior a las 390 psi.
- Si el cilindro DOT 4BA o DOT 4BW (presión de servicio 400 psi) alcanza una presión superior a las 600 psi.



**Figura 15.**

Ubicación del dispositivo de seguridad (disco de ruptura)

El dispositivo de seguridad se puede activar si la presión interna del cilindro se eleva por diferentes razones, pero la principal es el aumento de temperatura (calor).

### 3.2.2.1 MARCACIÓN PARA CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES. ESPECIFICACIÓN DOT 4BA Y DOT 4BW

Las marcas son obligatorias según las especificaciones del DOT y son el documento de identificación del cilindro. Las marcas deben ser permanentes, legibles y nítidas y estar en el collarín o en el cuerpo del cilindro. Las marcas incluyen información para seleccionar las válvulas del cilindro, el código de diseño de la especificación, el peso tara (TW, por sus siglas en inglés) del cilindro, la capacidad de agua (WC, por sus siglas en inglés) en libras, el nombre del fabricante y la fecha de comprobación o recalificación.

Las marcas de especificación del cilindro tienen dos partes básicas: el código de diseño y la presión de servicio. La especificación DOT-4BA 350 es una de las más comunes para cilindros retornables o recargables para gases refrigerantes. El término "4BA" indica que es un cilindro soldado (serie 4) de aleación de aceros (serie BA). El número "350" indica que la presión de servicio es de 350 libras por pulgada cuadrada (psi, por sus siglas en inglés). Adicionalmente la marcación DOT contiene información como:

- Especificación DOT con presión de servicio.
- Número serial de fabricación.
- Homologación DOT, dada por un representante de DOT.
- Capacidad de agua, el volumen en agua que contiene el cilindro.
- Fecha de fabricación.
- Nombre o símbolo del fabricante.
- Peso tara, en libras americanas.
- Fecha de la primera prueba hidrostática (mes/año), que es la de fabricación.

Norma DOT	DOT - 4BA 350	6-9	Fecha de fabricación
presión de servicio	AF505309	JS	
Número serial	M4499	MANCHESTER	Fabricante
Homologación DOT	WC 26.2 #	TW 15.4 #	Peso Tara
Capacidad agua	1 ST RETEST DATE 6-14		fecha 1ª Prueba
	RETESTED EVERY 5 YEARS		Frecuencia reprobación

**Figura 16.**

Marcación DOT de un cilindro retornable o recargable



### 3.2.2.2 ROTULADO Y ETIQUETADO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

El rotulado de los cilindros retornables debe estar en lugar visible alrededor del hombro o cuerpo del cilindro, de acuerdo con la figura 17 como lo describe la NTC 2462:2008. En las figuras 50 y 51 de la presente guía, se muestran algunos ejemplos de etiquetas de cilindros para gases refrigerantes regenerados o reciclados.

El rótulo o etiqueta debe estar disponible al momento de su comercialización al consumidor final de gases refrigerantes. Debe estar presente en la etiqueta el tipo de riesgo, por ejemplo si es un gas inerte debe contener las palabras: NO INFLAMABLE.

Las etiquetas o rótulos deben comprender como mínimo la siguiente información:

- Nombre del producto o identificación de los componentes que representan riesgo.
- Palabra de precaución.
- Términos que identifiquen el riesgo.
- Medidas de precaución.
- Instrucciones de primeros auxilios en caso de contacto o exposición.
- Antídotos y notas a los médicos (si se trata de gases tóxicos).
- Instrucciones en caso de fuego, derramamiento o pérdidas.
- Instrucciones para el manejo y almacenamiento del cilindro.
- El rótulo preventivo consta de uno o dos rombos para indicar el riesgo principal y el secundario según el gas contenido.
- Número ONU para el gas contenido.



Figura 16.

Ejemplos de rotulado y etiquetas, según NTC 2462:2008

### 3.2.2.3 RECALIFICACIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Únicamente los cilindros retornables o recargables se deben recalificar regularmente. Generalmente, la recalificación no se realiza en los centros de acopio y debe realizarse por empresas registradas en el DOT o acreditadas en Colombia por organismos competentes.

La recalificación de un cilindro consiste en la realización de una inspección visual o de pruebas hidrostáticas en el cilindro para determinar su idoneidad y aptitud para el servicio.

Según el Departamento de Transporte de los Estados Unidos -DOT (los cilindros con especificación 4BA se deben recalificar cada 5 años y su presión mínima de prueba debe ser 2 veces la presión de servicio. Los cilindros con DOT 3AA se deben recalificar cada 5 años y a una mínima presión de 5 a 6 veces la presión de servicio.

### 3.2.2.4 INSPECCIÓN VISUAL PERIÓDICA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Según los requisitos de la norma colombiana NTC 5137:2010 y del DOT Departamento de Transporte de EE.UU., se establece que se realice una inspección visual antes de recargar o llenar un cilindro para comprobar que esté en condiciones de uso. Antes de realizar la revisión, se deben retirar las etiquetas o rótulos de toda la superficie del cilindro para detectar con facilidad los problemas.

Finalizada la inspección, si se detecta algún problema, no se debe utilizar el cilindro para recarga, se debe identificar el motivo del problema, marcarlo con un rótulo y colocarlo en la zona de cuarentena designada para posteriormente hacer la disposición del cilindro, ya sea para enviarlo a una empresa recalificadora o para su destrucción. Algunos de los problemas por los que no se debe recargar nuevamente un cilindro son:

- Grietas o fugas.
- Protuberancias, abolladuras graves o cortes.
- Válvulas defectuosas, salvo que estén adecuadamente reparadas o reemplazadas.
- Dispositivo de seguridad defectuoso o con filtraciones, salvo que esté adecuadamente reparado o reemplazado,
- Válvula del cilindro, válvula de protección y anillos de apoyo del cilindro, dañados,
- Recalificación (prueba hidrostática) vencida.
- Evidencia de abuso físico, daño por fuego o calor u oxidación o corrosión excesivos.

La norma colombiana NTC 5137:2010, especifica los requisitos mínimos que se deben tener en cuenta en una inspección periódica y los ensayos que verifican la integridad de los cilindros de gas para su posterior servicio. Estos requisitos son:

- Identificación del cilindro y preparación para inspección y ensayo.
- Inspección visual externa.
- Inspección visual interna.
- Verificación de la masa del cilindro,
- Inspección de la rosca del cilindro,
- Prueba hidrostática.
- Inspección de la válvula.
- Inspecciones finales.



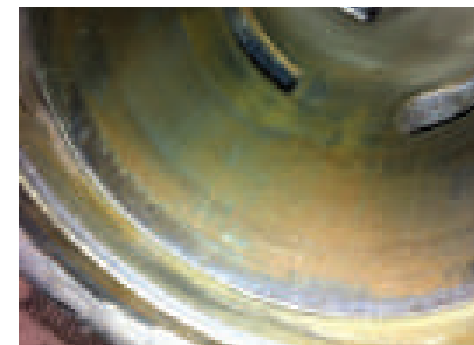
**Figura 18.**  
Daños por grietas y protuberancias



**Figura 19.**  
Oxidación excesiva



**Figura 20.**  
Daño por fuego



**Figura 21.**  
Daño rosca válvula

El cilindro retornable o recargable debe inspeccionarse y rechazarse cuando presente alguna de las siguientes características:

- Daño por calor
- Quemaduras por soplete o arco eléctrico
- Defectos tales como marcaciones de sello ilegibles, incorrectas o sin autorización, adiciones o modificaciones no autorizadas
- Abolladuras, cortes, incisiones, protuberancias, grietas, laminaciones, hendiduras, muescas, agujeros, marcas, desgaste o corrosión de la base del cilindro
- Corrosión, particularmente en la base
- Falta de estabilidad vertical o daño de accesorios (válvulas de descarga y llenado, válvula de seguridad y sensor de llenado)

Los cilindros de acero sometidos a fuego deben ser recalificados, reacondicionados o reparados por el fabricante original o en una empresa recalificadora autorizada por el DOT antes de volver a usarse.

Si se encuentra o llega al centro de regeneración y acopio un cilindro con marcas "XXX" sobre el número de especificación del DOT o con la marca "CONDENADO" o "CONDEMNED" en el hombro, el cuerpo o el protector de la válvula, no se debe volver a llenar. Se debe marcar y segregar en una zona designada previamente, para evitar que se llene. Cilindros en estas condiciones deben ser dispuestos según el numeral 3.3.2. del presente documento.

Las válvulas y los accesorios también se deben inspeccionar antes del llenado. Muchas válvulas de cilindros están hechas con empaques no metálicos y blandos, como nailon o Teflón®. Cuando estos materiales se dañan o gastan, el gas refrigerante puede fugarse por la válvula y crear una situación potencialmente peligrosa. Se les debe revisar regularmente para detectar signos de envejecimiento y desgaste.

Los accesorios de la válvula se pueden romper o perder y permitir que ingresen polvo o humedad en la válvula. Las válvulas también se pueden dañar por un mantenimiento inadecuado del cilindro. Por ejemplo, es posible que el personal de servicio no use brochas o aplicadores correctos al pintar alrededor de la válvula del cilindro, como consecuencia los orificios de las válvulas de carga y las aberturas de descarga del dispositivo de seguridad se pueden bloquear con pintura. Si se detecta en la inspección lo anterior debe hacerse un mantenimiento al cilindro para corregir la falla.

### 3.2.2.5 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS PARA CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

A los cilindros retornables o recargables se les debe hacer una prueba hidrostática cada cinco años. El ensayo de expansión volumétrica es una prueba de presión para determinar la expansión total y permanente de un cilindro a una presión dada.

Cada cilindro debe resistir con éxito una prueba hidrostática, de la siguiente manera:

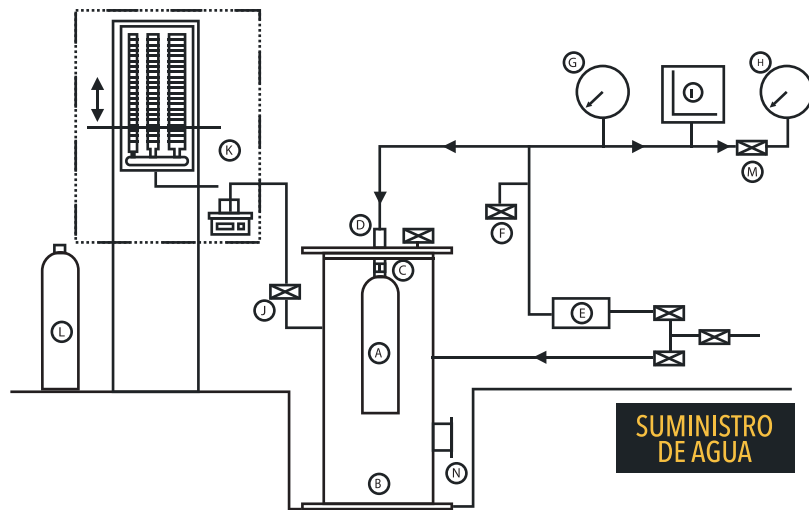
La prueba se realiza por el método de camisa de agua, que es el más común y el que garantiza seguridad al momento de realizar la prueba, u otro método adecuado, con el fin de obtener datos precisos.

El método de la camisa de agua es una prueba de expansión volumétrica para determinar la expansión total y permanente de un cilindro mediante la medición de la diferencia entre el volumen de agua que el cilindro desplaza externamente a la presión de prueba y el volumen de agua que el cilindro desplaza externamente a presión ambiente.

Un indicador de presión (manómetro) debe permitir la lectura con una precisión de 1 %. El indicador de expansión debe permitir la lectura de expansión total con una precisión del 1%.

La presión de prueba debe mantenerse durante al menos 30 segundos y por un tiempo suficiente para asegurar la expansión completa. Cualquier presión interna aplicada después del tratamiento térmico no podrá superar el 90 % de la presión de prueba.

La expansión volumétrica permanente no podrá superar el 10 % de la expansión volumétrica total a la presión de prueba. Si el cilindro supera esta especificación debe ser retirado del servicio, marcarse con la palabra "CONDENADO" y proceder posteriormente con su destrucción.



**Figura 22.**

Esquema máquina para prueba de camisa de agua

ITEM	DESCRIPCIÓN
A	Cilindro.
B	Camisa de agua con toapa de alivio sellada y conexiones de alta y baja presión.
C	Adaptador de prueba.
D	Conexión de presión.
E	Bomba (Manual, por aire, eléctrica o impulsada por motor).
F	Válvula de alivio de presión.
G	Dispositivo indicador de presión (PID).
H	Manómetro patrón (opcional).
I	Registrador gráfico de presión (opcional).
J	Válvula de expansión (opcional).
K	Dispositivo indicador de expansión (EDI)(Burela o Balanza Digital).
L	Cilindro calibrado.
M	Válvula de corte.
N	Puerto de alivio de seguridad.
	Valvulas de control de agua, eléctrica, aire: Manual y/o automática mediante PLC o computador control.

### 3.2.3 CILINDROS NO RETORNABLES O DESECHABLES. ESPECIFICACIÓN DOT 39

Los cilindros no retornables, no reusables o desechables son fabricados con base en las especificaciones establecidas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT), el cual tiene una autoridad reguladora sobre todos los materiales peligrosos en el transporte comercial. Los cilindros desechables o no reusables deben cumplir con la especificación DOT 39.

Un cilindro DOT 39 es un cilindro sin costura o con partes soldadas y con una presión de servicio que no exceda el 80% de la presión de prueba.

■ **Límite de tamaño:** la capacidad máxima en agua no podrá exceder de 25 kg (equivalente a 55 libras y 25 L aproximadamente) para una presión de servicio de 500 psig o menos, y 4.5 kg (equivalente a 10 libras y 4.5 L aproximadamente) para una presión de servicio en exceso de 500 psig.

■ **Presión de prueba:** la presión mínima de prueba es la presión máxima de contenido a 54°C (130 °F) o 180 psig, lo que sea mayor.

■ **Material de construcción:** el cilindro debe ser construido de acero o de aluminio según los siguientes requisitos:

a) **Acero.** El análisis de acero debe ajustarse a lo siguiente:

ANÁLISIS DE ACERO	ANÁLISIS DE COLADA	ANÁLISIS DE VERIFICACIÓN
Carbón, porcentaje máximo	0,12	0,15
Fósforo, porcentaje máximo	0,04	0,05
Azufre, porcentaje máximo	0,05	0,06

**Tabla 7.**

Especificaciones para acero en la fabricación de cilindros DOT 39

Un cilindro con especificación DOT 39 hecho de un tubo de acero sin costura, no podrá exceder el contenido de: carbono: 0,55; fósforo: 0.045; azufre: 0.050, en porcentaje (%).

Para cilindros de acero con costura no tratados con calor, se requiere una calidad del acero de tipo embutido profundo terminado de manera adecuada.

Cilindros con soldaduras longitudinales o helicoidales, no están autorizados para presiones de servicio superiores a 500 psig.

**b) Aluminio.** El aluminio no está autorizado para fabricar cilindros con especificación DOT 39 con presiones de servicio superiores a 500 psig. El análisis del aluminio debe ajustarse a la norma de la Asociación del Aluminio, para las aleaciones 1060, 1100, 1170, 3003, 5052, 5086, 5154, 6061 y 6063.

No se permite el material con costuras, grietas, laminaciones, u otros defectos perjudiciales.

Los cilindros desechables o no reusables, también conocidos como "cilindros de un solo viaje" siempre están referidos como "DOT-39", con lo cual se estipula que los cilindros diseñados para soportar una presión de 260 psi, deben ser probados a una presión de fuga o de falla de 325 psi.

El cilindro no retornable, no reusable o desechable no debe fallar a una presión menor de 650 psi. En el momento de su fabricación, un cilindro de cada 1000 se presuriza hasta el punto de falla o de fuga. Estas pruebas se hacen para asegurar que los usuarios tengan cilindros seguros y libres de fugas.



**Figura 23.**

Ejemplo típico de cilindros no retornables o desechables

Los cilindros no retornables o desechables utilizados para gases refrigerantes se diseñan para poder contener las presiones del producto que tiene la presión más alta. Los cilindros no retornables o desechables deben considerarse para trabajar a una presión de servicio de 260 psi (libra por pulgada cuadrada).

Existen dos versiones de cilindros aprobados bajo DOT-39:

- **Con disco de ruptura**, es el más común, generalmente se encuentra soldado en la parte superior del cilindro no retornable o desechable. Si la presión supera los 340 psi, este disco se romperá y el gas será venteadado a la atmósfera, previniendo una explosión del cilindro.
- **Con resorte de alivio**, está integrado en el interior de la válvula del cilindro. Cuando la presión interna supera los 340 psi, ocasiona que el resorte se abra, venteadando parte del gas contenido en el cilindro a través de la válvula.



**Figura 24.**

Cilindro no retornable o desechable, señalando disco de ruptura

Cada cilindro, tipo DOT 39, está equipado con un dispositivo o disco de ruptura que libera o ventea el gas antes de llegar a la presión de ruptura. Evitando que el cilindro explote.

La presión interna de los cilindros puede elevarse por diferentes razones, pero la principal es el calor. Cuando la temperatura se eleva, el refrigerante líquido se expande. A esta condición se le llama hidrostática. Cuando un cilindro alcanza esta condición, la presión interna se eleva rápidamente, aunque aumente ligeramente la temperatura del gas. Si el fusible de alivio no se abre, el cilindro puede explotar y ocasionar daños a los objetos cercanos. En casos



más graves puede causar la muerte de un técnico, por lo cual se recomienda jamás bloquear el fusible de venteo o de seguridad, ni sobrecargar el cilindro.

La presión de un cilindro también puede elevarse si se conecta al lado de la descarga de un sistema de refrigeración o aire acondicionado. En estos casos, el compresor puede crear presiones superiores a las que puede soportar el disco de ruptura del cilindro.

Al estar hechos de acero, las paredes de los cilindros pueden debilitarse debido al óxido, si esto sucede ya no podrán contener con seguridad el gas refrigerante.

### 3.2.3.1 MARCACIÓN PARA CILINDROS NO RETORNABLES, NO REUSABLES O DESECHABLES. ESPECIFICACIÓN DOT 39

Según, el CFR 49, Parte 178.65 - Especificación 39 para cilindros no reusables - no recargables, el fabricante de estos cilindros, bajo DOT 39, debe marcarlos en su hombro, de una forma duradera y resistente al agua, con la siguiente información:

- a) DOT-39.
- b) NRC (non re) non-refillable gas cylinders.
- c) Presión de servicio, en bar.
- d) El número de registro de fabricante ante DOT (M\*\*\*\*).
- e) El número de lote.
- f) La presión de la prueba hidrostática, en bar.
- g) La fecha de fabricación si el número de lote no establece la fecha de fabricación.
- h) Ser marcado con una de las siguientes declaraciones:
  - i. Para cilindros fabricados antes de octubre 1 de 1996: "La ley federal prohíbe el transporte del cilindro relleno con multa de hasta USD\$25 000 y pena de 5 años de prisión (49 USC 1809)" o "La ley federal prohíbe el transporte del cilindro relleno con multa de hasta USD\$500 000 y pena de 5 años prisión (49 USC 5124)".
  - ii. Para cilindros fabricados después de octubre 1 de 1996: "La ley federal prohíbe el transporte del cilindro relleno con multa de hasta USD\$500 000 y pena de 5 años de prisión (49 USC 5124)."

Las marcas requeridas por los anteriores literales deben tener números y letras de al menos 1/8 pulgada de alto y mostrarse de forma secuencial. Por ejemplo:



Figura 25.

Etiqueta de advertencia estándar para cilindros DOT 39

### 3.2.3.2 PELIGRO AL RECARGAR O RECUPERAR GAS REFRIGERANTE EN CILINDROS NO RETORNABLES O DESECHABLES

Los cilindros retornables o desechables son generalmente de una aleación de acero, por lo tanto el óxido puede eventualmente debilitar la pared del cilindro, al punto de no poder contener con seguridad el gas. Los cilindros deben ser transportados en ambientes secos. Los cilindros no retornables o desechables muy oxidados deben de ser descargados y destruidos. Cada cilindro de refrigerante es rotulado con la información de seguridad y precauciones

que se deben tener en el manejo del gas. Esta información y la hoja de seguridad del refrigerante están disponibles con el fabricante del mismo. Los fabricantes de cilindros desechables, bajo la especificación DOT-39, cambiaron la antigua válvula por una unidireccional o de un solo sentido, que únicamente permite el retiro del gas del cilindro, mas no permite que sea rellenado o recargado. La válvula verde de los tanques identifica a los cilindros nuevos (los anteriores utilizaban una válvula de color negro). Por lo tanto, debe ser prohibido rellenar o recargar cilindros no retornables o desechables, por ser un acto peligroso que pone en riesgo la integridad del personal.



Nunca debe usar un CILINDRO DESECHABLE O NO REUSABLE, con especificación DOT 39, para recuperar refrigerante. Los contenedores desechables de refrigerante se usan sólo para refrigerantes puros y son llenados por el fabricante POR UNA SOLA VEZ.

**Figura 26.**

Restricción de recarga de un cilindro no retornable o desechable

El DOT Departamento de Transporte EEUU emitió el 26 de noviembre de 2014 una Alerta de Seguridad a nivel mundial donde se prohíbe el rellenado de cilindros con especificación DOT 39, disponible en:

[http://wwphmsa.dot.gov/staticfiles/PHMSA/DownloadableFiles/Files/Hazmat/Safety\\_Alert\\_DOT\\_39\\_Cylinders.pdf](http://wwphmsa.dot.gov/staticfiles/PHMSA/DownloadableFiles/Files/Hazmat/Safety_Alert_DOT_39_Cylinders.pdf).

En la actualidad el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia está trabajando en un Reglamento Técnico para poder controlar el uso de cilindros con especificación DOT 39.

### 3.2.3.3 ROTULADO Y ETIQUETADO DE CILINDROS NO RETORNABLES, NO REUSABLES O DESECHABLES

El rotulado de los cilindros con especificación DOT 39 debe estar en lugar visible alrededor del hombro o cuerpo del cilindro, de acuerdo a lo establecido en la NTC 2462:2008. En las figuras 42 y 43 de la presente guía, se muestran algunos ejemplos de etiquetas de cilindros que contengan gases refrigerantes nuevos o vírgenes.

## 3.3 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN, LIMPIEZA, Y DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

En este capítulo se hace referencia a las actividades de inspección, limpieza y disposición final únicamente para cilindros retornables, reusables, o recargables utilizados para almacenar gases refrigerantes. Se exceptúan los cilindros con especificación DOT-39.

Adicionalmente, los cilindros recargables sometidos a estos procedimientos han recibido un proceso previo de recuperación y reciclaje (ver numeral 4.1) del refrigerante residual, y no contienen remanentes gaseosos o líquidos.

Las actividades de inspección y limpieza de los cilindros retornables o recargables para gases refrigerantes pueden ser realizadas por el personal técnico de los Centros de Regeneración pertenecientes a la Red de Recuperación, Reciclaje y Regeneración de Gases Refrigerantes en Colombia.

La actividad de disposición final debe ser realizada por empresas que cuenten con la competencia y experiencia en la disposición segura de cilindros, y garantice que la operación cuente con lo requerido por la normativa nacional e internacional.

### 3.3.1 INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

Esta actividad cubre la inspección visual (externa e interna) de los cilindros retornables o recargables, con fines de recuperación y almacenamiento de gases refrigerantes, adicionalmente evidencia el tipo de limpieza que requiere el cilindro retornable o recargable.

#### 3.3.1.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Para realizar la inspección visual (externa e interna) de los cilindros retornables o recargables por parte del personal técnico del centro de regeneración, es recomendable disponer de los siguientes recursos:

##### PERSONAL Y COMPETENCIA LABORAL:

El personal técnico encargado para realizar la inspección visual de los cilindros retornables o recargables debe estar capacitado y entrenado en el manejo seguro de gases, mercancías peligrosas en cilindros de gases refrigerantes (hazmat training), en normas técnicas aplicables, en este caso la norma colombiana NTC 5137:2010 Inspección visual de cilindros de acero para gases comprimidos, y en los procedimientos operativos establecidos por cada Centro de Regeneración y Acopio.

##### EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS

- Colector (manifold).
- Regulador de nitrógeno.
- Nitrógeno seco.
- Prensa neumática.
- Acople para llave fija (o llave inglesa abierta en el extremo) para retirar la válvula.
- Volvedor con copa.
- Lámpara de inspección (sonda).
- Galgas de medición.
- Flexómetro.
- Pie de rey.
- Profundímetro.
- Medidor de espesores (ultrasonido).
- Protección visual.
- Botas punta de acero.
- Guantes anti fluido.
- Ropa de trabajo que cubra torso y extremidades.

##### INSTALACIONES

Las instalaciones, en los centros de regeneración para realizar la inspección de cilindros retornables o recargables de gases refrigerantes, deben estar dedicadas exclusivamente para este fin y se aconseja un área mínima de 4m<sup>2</sup>

Se recomienda que la ubicación de la zona para realizar la inspección de cilindros esté retirada de áreas con alto tránsito de personas, que no esté cerca a zonas inestables, que se inundan o de otras que puedan ser posibles fuentes de peligro para adelantar este procedimiento. El área debe tener suministro de agua y electricidad; y contar con fácil acceso y evacuación en caso de presentarse alguna emergencia.

El área para realizar la inspección debe estar separada de otras áreas como la de almacenamiento de cilindros, y del área donde se realice el proceso de regeneración de gases refrigerantes.

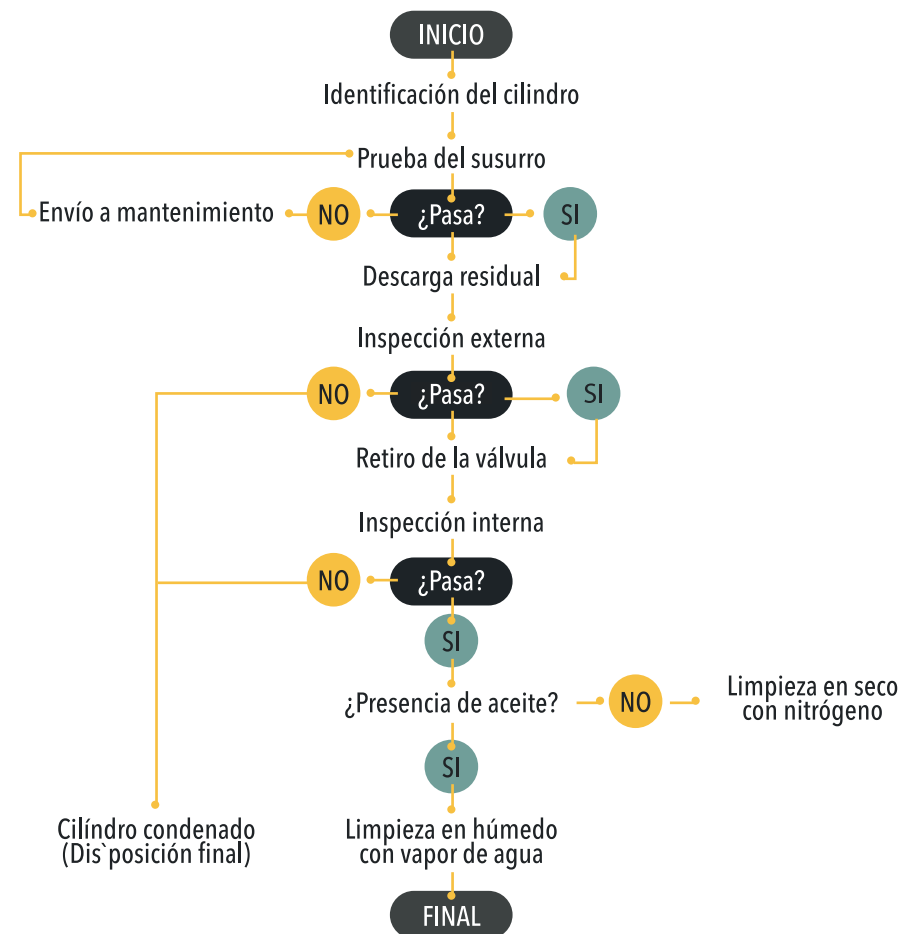
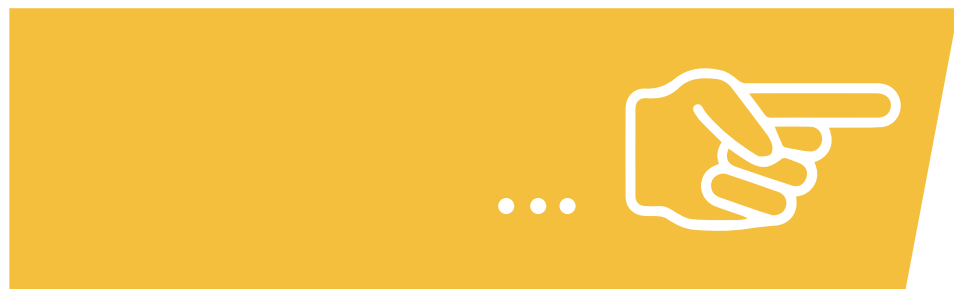
Los pisos del área de almacenamiento deben ser resistentes, sin desniveles, agrietamientos e impermeables y que se puedan limpiar fácilmente. Los techos deben garantizar que no entre lluvia o suciedad del exterior.

El área debe contar con una adecuada y suficiente ventilación que evite la formación de atmosfera asfixiante o inflamable, pero diseñada de tal forma que no entre agua o polvo del exterior.

Así mismo, el área destinada para la inspección de cilindros debe contar con una adecuada iluminación y tener la señalización exigida por los organismos de vigilancia y control en cuanto a lo relacionado con seguridad en el trabajo.

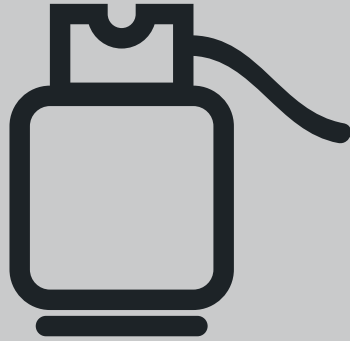
### 3.3.1.2. ETAPAS PARA LA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Las etapas para la inspección de cilindros retornables o recargables se siguen de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:



**FIGURA 27.**  
Diagrama de flujo para la inspección de cilindros retornables o recargables

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2016



## PROCESO DE INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

### ETAPA

### ACTIVIDADES

1

Identificación del cilindro

- Revisar el rótulo y etiqueta del cilindro a inspeccionar.
- Verificar la información DOT estampada en el collar del cilindro.
- Disponer el cilindro para prueba de susurro.

2

Prueba de susurro

- Revisar que la válvula no tiene algún bloqueo.
- Enviar a mantenimiento si la válvula está bloqueada.
- Identificar y separar el cilindro.
- Realizar prueba del susurro si la válvula no presenta bloqueo.
- Disponer el cilindro para descarga de residual.

3

Descarga residual o de gas de nitrógeno

- Descargar residual utilizando colector (manifold) de circuito cerrado.
- Equilibrar la presión interior del cilindro con la presión atmosférica.
- Disponer el cilindro para inspección externa.



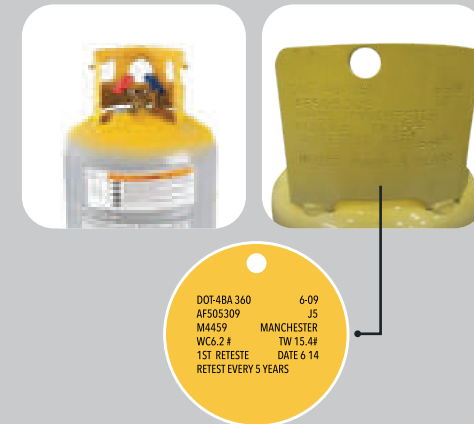
## DESCRIPCIÓN

Identificar las etiquetas y la información marcada en el cilindro antes de cualquier inspección.

Verificar la marcación en el collar del cilindro identificando:

- Norma de fabricación DOT-4BA XXX, que contiene la especificación (4BA) y la presión de servicio en psi (XXX).
- Fecha de fabricación (MM-AA).
- Número de serial del cilindro.
- Estampa del fabricante.
- Capacidad de agua y peso de tara en libras (WC XX # TW XX #).
- Primera fecha de prueba.
- Periodo de tiempo entre repuebas (RETEST EVERY 5 YEARS).
- Etiquetas en el cuerpo.
- Etiqueta sobre el gas refrigerante recuperado.
- Etiqueta de advertencia sobre el manejo, riesgos y peligros del gas refrigerante para la salud y el medio ambiente.

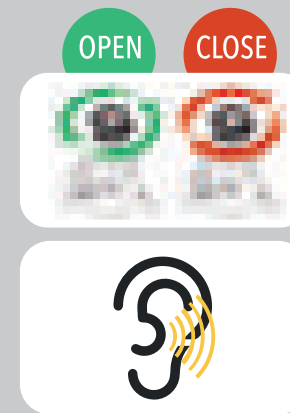
## FOTO



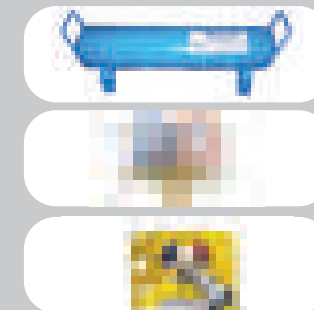
La prueba del susurro se realiza para garantizar que no hay presión residual en el cilindro, que pueda provocar algún incidente al retirar la válvula del cilindro.

Se realiza como sigue:

- Verifique si hay gas o remanente presente en el interior del cilindro accionando la válvula de gas hacia la izquierda moderadamente. (Enviar el cilindro al proceso previo de recuperación de refrigerante, si este contiene gas refrigerante residual. Ver numeral 4.1)
- Si el cilindro no contiene refrigerante residual, se deja la válvula en posición abierta.
- Se conecta a la válvula una manguera con su racor adecuado.
- Se presiona con nitrógeno a 20 psi y se debe escuchar un susurro del gas ingresando al interior del cilindro.
- Si no escucha el susurro es señal de que la válvula está bloqueada y el cilindro puede contener presión residual.
- Purgue el sistema hasta 0 psi y retire el racor y la manguera.
- Identifique el cilindro y envíelo a mantenimiento.



- Para descargar de forma segura el residual se puede utilizar un colector (manifold) de descarga de circuito cerrado para liberar controladamente el contenido.
- Para esto, acople la manguera de extensión a la válvula de gas y deje que se vacíe totalmente el contenido.
- Luego de la descarga, cerciórese que la presión interna del cilindro está en equilibrio con la presión atmosférica.



## ETAPA

## ACTIVIDADES

4

Inspección externa

- Verificar ausencia de cualquier defecto en la superficie del cilindro.
- Revisar la válvula.
- Aprobar o condenar el cilindro.
- Disponer el cilindro para retiro de válvula.

5

Retiro de la válvula

- Sujetar cilindro con prensa.
- Retirar válvula doble vía.
- Retirar el sensor de nivel de líquido.
- Disponer el cilindro para inspección interna.

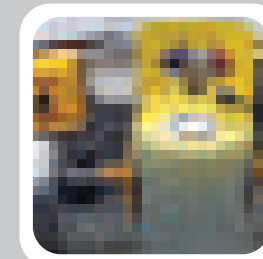
## DESCRIPCIÓN

- La inspección externa del cilindro incluye: cuerpo, cuello, rosca y válvula, conforme a los numerales 5.2.1 hasta 5.2.8 de la norma NTC 5137:2010, para corrosión, abolladuras, cortes, canales, surcos, fugas, daños por fuego, deformación general o cualquier otro defecto que pudiera indicar una debilidad que lo haría inapropiado para el servicio. La norma establece los criterios y límites aplicables a las pruebas de inspección para detección de defectos, con el fin de determinar el nivel de cumplimiento de los cilindros inspeccionados para su aprobación o rechazo.
- En cuanto a válvulas se debe verificar su correcto funcionamiento, presencia del dispositivo de alivio de seguridad para cuando se excede la presión máxima y el estado de los hilos de la rosca.
- Se deben realizar todos los ensayos que se necesiten para constatar la integridad del cilindro para su operación y uso seguro.
- Algunos de estos son: la verificación de escape mediante solución jabonosa (para lo anterior presurice el cilindro con nitrógeno), uso de galgas de profundidad, pie de rey, flexómetro, medición de espesores mediante un equipo detector de fallas ultrasónico, entre otros.
- Si detecta cualquier defecto el cilindro debe ser condenado, se debe identificar y se debe hacer su disposición final como se especifica en el numeral 3.3.2. del presente documento.

## FOTO



- Coloque el cilindro en la prensa neumática y use la llave, ajustada apropiadamente, para retirar la válvula del cilindro.
- Para retirar el sensor de nivel use el volvedor con una copa que coincida apropiadamente con la rosca hexagonal del sensor de nivel de líquido, para desmontarlo.
- No quite los anillos de sujeción ni el dispositivo flotante ya que puede perder su calibración.



ETAPA	ACTIVIDADES
<p><b>6</b> Inspección interna</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el interior del cilindro para detectar algún defecto o contaminante interno.</li> <li>• Revisar los dispositivos de seguridad.</li> <li>• Registrar datos de la inspección.</li> <li>• Aprobar o condenar el cilindro.</li> <li>• Si existe presencia de aceite en el interior, disponer el cilindro para limpieza en húmedo o lavado con vapor de agua.</li> <li>• Si no existe presencia de aceite en el interior, disponer el cilindro, para limpieza en seco o con nitrógeno.</li> </ul>

**Tabla 8.**  
Proceso de inspección de cilindros retornables o recargables

### 3.3.1.3 ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE INSPECCIÓN

Los cilindros retornables o recargables para gases refrigerantes por estar hechos de acero al carbón, pueden tener presencia de óxido, si esto sucede podría no almacenar de forma segura el gas refrigerante. Adicionalmente, se debe tener en cuenta:

- No golpear el cilindro, ni con el suelo, ni con un martillo u otra herramienta
- No calentar el cilindro con un soplete de flama directa

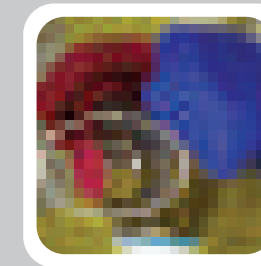
- No transportar el cilindro, cargándolo de la válvula
- No tratar de reparar la válvula
- No rellenar o recargar un cilindro desechable
- Al abrir la válvula, hacerlo despacio y cerrar después de usarlo

Los cilindros deben ser transportados en ambientes secos. Los muy oxidados deben ser descargados. Cada cilindro de refrigerante es rotulado con la información de seguridad y precauciones respecto al manejo del gas. Esta información y la hoja de seguridad del refrigerante deben ser suministradas por los fabricantes o por quien hace la regeneración del gas.

## DESCRIPCIÓN

- Inspeccione el cilindro internamente mediante una linterna de suficiente intensidad conforme a los numerales 6.1 y 6.2 de la norma NTC 5137:2010.
- Si se detecta algún problema, como corrosión interna, se debe segregar el cilindro y no debe usarse hasta que se repare y se someta a un nuevo proceso de inspección.
- En caso de presentarse algún defecto sin posibilidad de reparación se debe condenar el cilindro.
- Revisar todas las válvulas de alivio de presión, si están presentes, antes de llenar el cilindro. Las fugas de los tapones de reventones de emergencia deben sustituirse en lugar de repararse.
- Se deben registrar los resultados en un formato (como se relaciona en el anexo 1 de este documento): todos los defectos encontrados, datos de información del cilindro y observaciones pertinentes.
- Es importante verificar algún tipo de contaminante en el interior del cilindro, por ejemplo aceite, si se encuentra se le debe realizar una limpieza húmeda para retirar el contaminante, según lo relacionado en el numeral 3.3.2 de esta guía.
- Si el cilindro no contiene contaminantes en su interior se procede como se relaciona en el ítem 3.3.2. de este documento.
- Todas las actividades de inspección se deben relacionar en un registro, en el anexo 2 se muestra un ejemplo.

## FOTO



La mayoría de los refrigerantes son más pesados que el aire, inodoros, insípidos e invisibles. Antes de comenzar a trabajar con cualquier refrigerante, asegúrese de que la zona tiene una ventilación adecuada. El área debe tener al menos cuatro cambios de aire por hora.

Evite la inhalación prolongada de los vapores de refrigerante o neblina. La inhalación de refrigerante en altas concentraciones durante períodos prolongados es extremadamente peligrosa y puede causar irregularidades cardíacas o pérdida del conocimiento. La muerte puede ocurrir sin previo aviso.

En la mayoría de los accidentes de refrigerante donde ocurre la muerte, la causa principal es la falta de oxígeno debido a que el refrigerante desplaza el aire.

En el numeral 3.4 se presenta la "matriz de identificación y manejo de riesgos para inspección de cilindros retornables o recargables".



## 3.3.2 LIMPIEZA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

La limpieza de los cilindros retornables o recargables se lleva a cabo de dos formas; una en seco, en la cual se utiliza como agente de limpieza o de arrastre el gas de nitrógeno, y una en húmedo, en la cual se utiliza vapor de agua. Es bueno precisar que el vapor de agua puede ser sustituido por otro agente de limpieza o solvente, el cual debe ser gestionado al final de su vida útil, teniendo en cuenta las características de peligrosidad de esta sustancia química, y la normatividad ambiental existente.

### 3.3.2.1 LIMPIEZA EN HÚMEDO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

Esta actividad cubre la limpieza interna con vapor de agua de los cilindros retornables o recargables, y se aplica a aquellos cilindros que contienen contaminación interna o presencia de aceite o lubricantes.

#### 3.3.2.1.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA LIMPIEZA EN HÚMEDO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Para realizar la limpieza de los cilindros retornables o recargables por parte del personal técnico del centro de regeneración, se recomienda disponer de los siguientes recursos:

#### PERSONAL Y COMPETENCIA LABORAL

El personal técnico encargado para realizar la limpieza de los cilindros retornables o recargables debe estar capacitado y entrenado en los procedimientos operativos establecidos por cada centro de regeneración de gases refrigerantes.

#### EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS

- Hidrolavadora a vapor de agua.
- Sistema de recuperación de aguas residuales o de separación de aceites y sólidos. (Trampa de grasa).
- Secador de cilindros recargables de aire caliente forzado.
- Regulador para nitrógeno.
- Nitrógeno seco.
- Prensa neumática.
- Acople para llave fija (o llave inglesa abierta en el extremo) para retirar la válvula.
- Volvedor con copa.
- Bomba de vacío.
- Vacuómetro.
- Protección visual.
- Botas punta de acero.
- Guantes anti fluido.
- Ropa de trabajo que cubra torso y extremidades.

#### INSTALACIONES

Las instalaciones, en los centros de regeneración para realizar la limpieza de cilindros no retornables o recargables de gases refrigerantes, deben ser dedicadas exclusivamente para este fin y se aconseja un área mínima de 4 m<sup>2</sup>.

Se recomienda que la ubicación de la zona para realizar la limpieza de cilindros esté retirada de áreas con alto tránsito de personas, que no esté cerca a zonas inestables, que se inunden o de otras que puedan ser posibles fuentes de peligro para adelantar este procedimiento.

El área debe tener suministro de agua y electricidad; y contar con fácil acceso y evacuación en caso de presentarse alguna emergencia.

El área para realizar la limpieza debe estar separada o delimitada de otras áreas, como la de almacenamiento de cilindros y el área donde se realice el proceso de regeneración de gases refrigerantes.

Los pisos del área de limpieza deben ser resistentes, sin desniveles, agrietamientos e impermeables y que puedan limpiarse fácilmente. Los techos deben garantizar que no entre lluvia o suciedad del exterior.

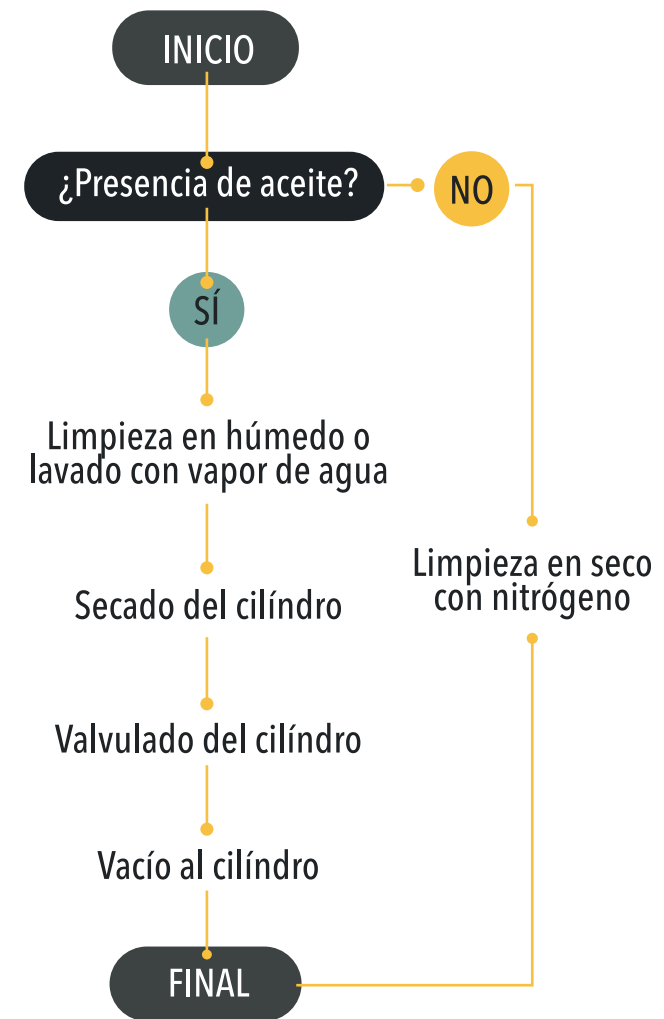
El área debe contar con una adecuada y suficiente ventilación que evite la formación de atmósfera asfixiante o inflamable, pero diseñada de tal forma que no entre agua o polvo del exterior.

Así mismo, el área destinada para la limpieza de los cilindros retornables o recargables debe contar con una adecuada iluminación y tener la señalización exigida por los organismos de vigilancia y control en cuanto a lo relacionado con seguridad en el trabajo.

Adicionalmente, el flujo de agua con el aceite o lubricante que se retira de la actividad de limpieza debe ser direccionado a una trampa de aceite que puede ser diseñada según el plano que se adjunta como sugerencia en el anexo 4 del presente documento. A los residuos generados de esta actividad se les deben dar el tratamiento adecuado con las empresas dedicadas al tratamiento y disposición final de estos residuos.

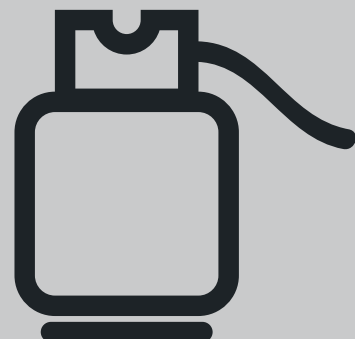
### 3.3.2.1.2 ETAPAS PARA LA LIMPIEZA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Es necesario entender que un cilindro con contaminación interna o suciedad puede afectar la pureza del gas refrigerante regenerado. Las etapas para la limpieza de cilindros retornables o recargables se siguen de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:



**FIGURA 28.**  
Diagrama de flujo para la limpieza en húmedo de cilindros retornables o recargables

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2016



## LIMPIEZA EN HÚMEDO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

### ETAPA

### ACTIVIDADES

1

Limpieza en húmedo  
con vapor de agua

Si el cilindro tiene contaminación interna (presencia de aceite o lubricantes):

- Aplicar vapor de agua en el interior y exterior del cilindro.
- Retirar el agua condensada y el contaminante interno.
- Verificar internamente el cilindro.
- Disponer el cilindro para secado.

2

Secado del cilindro

- Secar con aire caliente.
- Disponer el cilindro para colocar válvula.

3

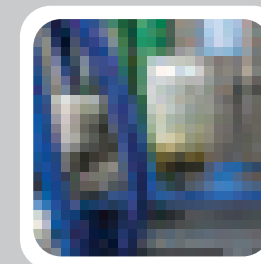
Valvulado del cilindro

- Sujetar el cilindro con prensa.
- Colocar el sensor de nivel de líquido.
- Colocar válvula de doble vía.
- Verificar fugas.
- Disponer el cilindro para hacerle vacío.

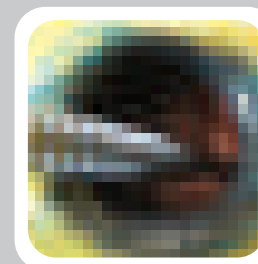
## DESCRIPCIÓN

- Haga uso de un sistema de agua a presión mediante una hidrolavadora a vapor.
- Introduzca la manguera con vapor en el interior del cilindro que se encuentra en posición vertical, por unos 10 minutos.
- Luego abarque todo el exterior del cilindro con el vapor para retirar cualquier contaminación.
- Voltee el cilindro y retire el exceso de humedad o agua que se pudo condensar en el interior del cilindro.
- Registrar los resultados en el formato de limpieza de cilindros recargables o retornables. (Ver anexo 3)

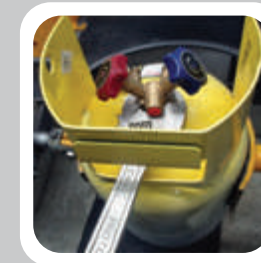
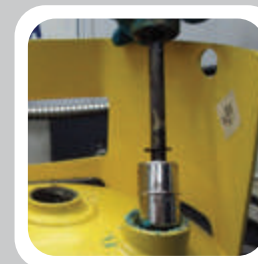
## FOTO



- Inspeccione visualmente el interior del cilindro si el contaminante (aceite o lubricante) no fue retirado repita la limpieza con el vapor de agua por otros 10 minutos.
- Asegúrese de que el agua, con los residuos, vaya a un sistema de almacenamiento (trampa de grasa) para que posteriormente sea tratada por una planta de limpieza.
- NUNCA deje correr el agua contaminada al sistema de alcantarillado. Ver anexo 4 Ejemplo de plano de diseño de la trampa de grasas.
- Para el secado y retiro de humedad del interior del cilindro se debe secar con un equipo apto para tal fin, como se muestra en la foto (secador de cilindros recargables, del tipo de aire caliente forzado) y que en posición invertida del cilindro inyecta al interior aire caliente para garantizar la eliminación de humedad.



- Coloque el cilindro en la prensa neumática y use la llave ajustada apropiadamente para colocar el sensor de nivel y la válvula del cilindro.
- Para colocar el sensor de nivel use el volvedor con una copa que coincida apropiadamente con la rosca hexagonal del sensor.
- Coloque la válvula y ajústela con la mano.
- Use una llave adecuada para terminar de ajustar la válvula a un torque mínimo de 110 N m. (válvula 3/4" NGT/12N), máximo 200 N m.
- Los anteriores son los valores recomendados por el fabricante Cavagna.
- Adicione unos 20 psi de nitrógeno al cilindro y verifique fugas con agua jabonosa en la rosca de la válvula y en la rosca del sensor de nivel. Si aparecen fugas rectifique el ajuste de las roscas.
- Retire el cilindro de la prensa y dispóngalo para la próxima etapa.



ETAPA	ACTIVIDADES
<p><b>4</b> Vacío al cilindro (retiro de humedad y aire del cilindro)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar a la bomba de vacío.</li> <li>• Hacer vacío al cilindro.</li> <li>• Disponer el cilindro para llenado.</li> </ul>

**Tabla 9.**  
Proceso de limpieza en húmedo de cilindros retornables o recargables

### 3.3.2.1.3 ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA EN HÚMEDO

Debido a la contaminación que puede generar un gas refrigerante para el medioambiente, se insiste en la importancia de reciclar y recuperar los refrigerantes de manera adecuada, tal como lo indican las normas. Al utilizar el vapor de agua se debe tener cuidado en la manipulación del equipo para evitar quemaduras. Se debe evitar que el agua contaminada con aceite o lubricantes que se genera en esta operación llegue al alcantarillado, se deben utilizar trampas de grasa y realizar la disposición adecuada de estos residuos. En el numeral 3.4 se presenta la matriz de identificación y manejo de riesgos para limpieza de cilindros retornables o recargables.

### 3.3.2.2 LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

Esta actividad cubre la limpieza interna con nitrógeno seco de los cilindros retornables o recargables, y se aplica a aquellos cilindros que no contienen contaminación interna o presencia de aceite o lubricantes.



## DESCRIPCIÓN

- Conecte el cilindro por la rosca de la válvula al sistema de vacío de la bomba de vacío.
- Ponga a funcionar la bomba y abra el paso de la válvula por la fase líquida.
- Realice vacío al menos hasta 29,9 mm Hg al nivel de mar o 22 mm Hg en una ciudad como Bogotá.
- Utilice un vacuómetro con escala para vacío en mm Hg. Cilindro listo para llenado.

## FOTO



### 3.3.2.2.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Para realizar la limpieza de los cilindros retornables o recargables por parte del personal técnico del centro de regeneración, se recomienda disponer de los siguientes recursos:

#### PERSONAL Y COMPETENCIA LABORAL

El personal técnico encargado para realizar la limpieza de los cilindros retornables o recargables debe estar capacitado y entrenado en los procedimientos operativos establecidos por cada centro de regeneración y acopio.

#### EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS

- Regulador para nitrógeno.
- Nitrógeno seco.
- Prensa neumática.
- Acople para llave fija (o llave inglesa abierta en el extremo) para retirar la válvula.
- Volvedor con copa.
- Bomba de vacío.
- Vacuómetro.
- Protección visual.
- Botas punta de acero.
- Guantes anti fluido.
- Ropa de trabajo que cubra torso y extremidades.

## ■ INSTALACIONES

Las instalaciones, en los centros de regeneración para realizar la limpieza de cilindros no retornables o recargables de gases refrigerantes, deben ser dedicadas exclusivamente para este fin y se aconseja un área mínima de 4 m<sup>2</sup>.

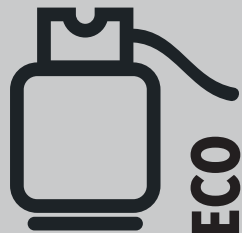
Se recomienda que la ubicación de la zona para realizar el lavado de cilindros esté retirada de áreas con alto tránsito de personas, que no esté cerca a zonas inestables, que se inunden o de otras que puedan ser posibles fuentes de peligro para adelantar este procedimiento. El área debe tener suministro de agua y electricidad; y contar con fácil acceso y evacuación en caso de presentarse alguna emergencia.

El área para realizar el lavado debe estar separada o delimitada de otras áreas, como la de almacenamiento de cilindros y el área donde se realice el proceso de regeneración de gases refrigerantes.

Los pisos del área de lavado con nitrógeno deben ser resistentes, sin desniveles ni agrietamientos e impermeables y a los que se pueda realizar posteriormente su limpieza de forma fácil. Los techos deben garantizar que no entre lluvia o suciedad del exterior.

El área debe contar con una adecuada y suficiente ventilación que evite la formación de atmósfera asfixiante o inflamable, pero diseñada de tal forma que no entre agua o polvo del exterior.

Así mismo el área destinada para el lavado de los cilindros retornables o recargables debe contar con una adecuada iluminación y tener la señalización exigida por los organismos de vigilancia y control en cuanto a lo relacionado con seguridad en el trabajo.



## LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

1

Valvulado del cilindro

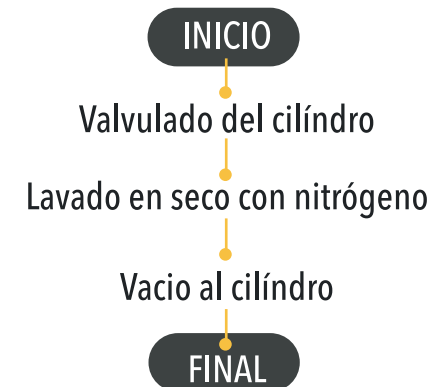
### ETAPA

### ACTIVIDADES

- Sujetar cilindro con prensa.
- Colocar el sensor de nivel de líquido.
- Colocar válvula de doble vía. Verificar fugas.
- Disponer el cilindro para hacerle vacío.

### 3.3.2.2.2 ETAPAS PARA LA LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Estas etapas incluyen un lavado con nitrógeno, que se realiza si el cilindro no tiene contaminación interna y debe ser preparado para un nuevo llenado. Es necesario entender que un cilindro con aire u humedad puede afectar la pureza del gas refrigerante recuperado. Las etapas para la limpieza en seco de cilindros retornables o recargables se siguen de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:



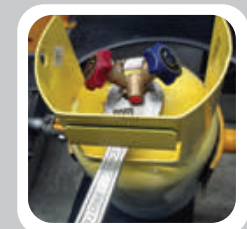
**FIGURA 29.**  
Diagrama de flujo para la limpieza en seco de cilindros retornables o recargables

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2016

#### DESCRIPCIÓN

- Coloque el cilindro en la prensa neumática y use la llave ajustada apropiadamente para colocar el sensor de nivel y la válvula del cilindro.
- Para colocar el sensor de nivel use el volvedor con una copa que coincida apropiadamente con la rosca hexagonal del sensor.
- Coloque la válvula y ajústela con la mano.
- Use una llave adecuada para terminar de ajustar la válvula a un torque mínimo de 110 Nm. (válvula 3/4" NGT/12N), máximo 200 Nm.
- Los anteriores son los valores recomendados por el fabricante Cavagna.
- Adicione unos 20 psi de nitrógeno al cilindro y verifique fugas con agua jabonosa en la rosca de la válvula y en la rosca del sensor de nivel. Si aparecen fugas rectifique el ajuste de las roscas.
- Retire el cilindro de la prensa y dispóngalo para la próxima etapa.

#### FOTO



ETAPA	ACTIVIDADES
<p><b>2</b> Limpieza en seco con nitrógeno agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar el cilindro para lavado con nitrógeno.</li> <li>• Lavar con nitrógeno.</li> <li>• Disponer el cilindro para valvulado.</li> </ul>
<p><b>3</b> Vacío al cilindro (retiro de humedad y aire del cilindro)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar a la bomba de vacío.</li> <li>• Hacer vacío al cilindro.</li> </ul>

**Tabla 10.**  
Proceso de limpieza en seco de cilindros retornables o recargables

### 3.3.2.2.3 ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA EN SECO

Debido a la contaminación que puede generar un gas refrigerante para el medioambiente, se insiste en la importancia de reciclar y recuperar los refrigerantes de manera adecuada, tal como lo indican las normas.

El uso de nitrógeno para la limpieza de los cilindros se debe realizar en sitios con adecuada ventilación.

En el numeral 3.4. se presenta la matriz de identificación y manejo de riesgos para la limpieza de cilindros retornables o recargables.

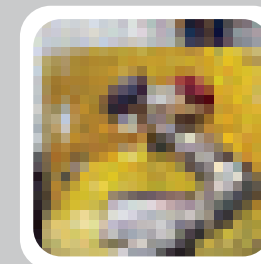
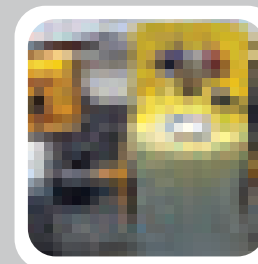
### 3.3.3 DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES (INCLUIDOS CILINDROS DESECHABLES)

La disposición final de cilindros de gases refrigerantes se basa en la Guía Q del Air-conditioning & Refrigeration Institute -ARI y en el documento 30 de la European Industrial Gases Association -EIGA.

## DESCRIPCIÓN

- Una vez el cilindro fue inspeccionado según el numeral 3.2.2.4 y fue aprobado para continuar en servicio, se debe acondicionar antes, instalando su válvula y los accesorios retirados previamente, para realizar su limpieza con nitrógeno.
- Una vez el cilindro tenga instalada su válvula como se describe en la etapa de 1, se lava con nitrógeno a una presión de 10 psi por 5 minutos.
- Se deben registrar las actividades, en el anexo 3 se encuentra un ejemplo.

## FOTO



- Conecte el cilindro por la rosca de la válvula al sistema de vacío de la bomba de vacío.
- Ponga a funcionar la bomba y abra el paso de la válvula por la fase líquida.
- Realice vacío al menos hasta 29,9 mm Hg al nivel de mar o 22 mm Hg en una ciudad como Bogotá.
- Utilice un mano vacuómetro con escala para vacío en mm Hg.



Esta actividad cubre la disposición final de cilindros retornables o recargables que sean condenados en el procedimiento de inspección visual externa o interna; lo cual se lleva a cabo para sacar de circulación y disponer [MEBA2] adecuadamente estos cilindros para que puedan ser chatarrizados y recuperar el acero al carbón, material con el cual están fabricados estos cilindros, a través de su fundición en una siderúrgica.

Antes de realizar la disposición final se debe realizar la recuperación total de cualquier gas refrigerante residual que pueda contener el cilindro con un equipo recuperador de gases refrigerantes, según lo establecido en el numeral 4.1 del presente documento.

Este procedimiento también se aplica para cilindros desechables o no recargables.

### 3.3.3.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS PARA GASES REFRIGERANTES

Para realizar la disposición final de los cilindros para gases refrigerantes por parte del personal técnico del centro de regeneración, es recomendable disponer de los siguientes recursos:

### PERSONAL Y COMPETENCIA LABORAL

El personal técnico encargado para realizar la disposición final de cilindros para gases refrigerantes, ya sean retornables o desechables, debe estar capacitado y entrenado en los procedimientos operativos establecidos por cada centro de regeneración y acopio.

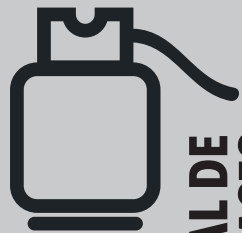
### EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS

- Martillo y punta de acero aguda.
- Prensa.
- Protección visual.
- Botas punta de acero.
- Guantes carnaza.

### INSTALACIONES

Las instalaciones, en los centros de regeneración para realizar la disposición final de cilindros de gases refrigerantes no retornables y desechables, deben ser dedicadas exclusivamente para este fin y se recomienda un área mínima de 2 m<sup>2</sup>.

Se recomienda que la ubicación de la zona para realizar la inspección de cilindros esté retirada de áreas con alto tránsito de personas, contar con fácil acceso y evacuación en caso de presentarse alguna emergencia. El área para realizar la disposición debe estar separada de otras áreas. Los pisos del área deben ser resistentes, sin desniveles ni agrietamientos y a los que se pueda realizar posteriormente su limpieza de forma fácil. Los techos deben garantizar que no entre lluvia o suciedad del exterior.



## DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS DE GASES REFRIGERANTES

### ETAPA

### ACTIVIDADES

1

Identificación del cilindro condensado

- Verificar la identificación CONDENADO

2

Ausencia de gas residual

- Comprobar ausencia de gas residual

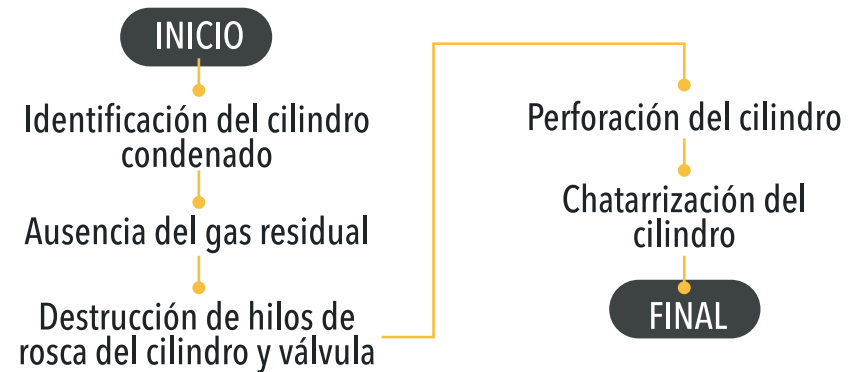


El área debe contar con una adecuada y suficiente ventilación, pero diseñada de tal forma que no entre agua o polvo del exterior.

Así mismo el área debe contar con una adecuada iluminación y tener la señalización exigida por los organismos de vigilancia y control en cuanto a lo relacionado con seguridad en el trabajo.

### 3.3.3.2 ETAPAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS DE GASES REFRIGERANTES

Las etapas para la disposición final de cilindros de gases refrigerantes se siguen de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:



**FIGURA 30.**  
Diagrama de flujo para la disposición de cilindros de gases refrigerantes

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2016

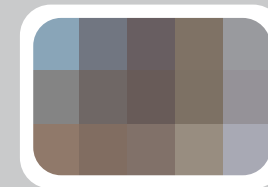
#### DESCRIPCIÓN

- Verifique que el cilindro posea etiqueta de "CONDENADO".
- Confirme que el cilindro no tenga residuo del gas. Normalmente están sin válvula.

#### FOTO



- Si el cilindro tiene válvula, proceder como se describe en las etapas del numeral 3.3.1.2 de esta guía.
- Si contiene residual proceda según el numeral 4.1, y luego según las etapas del numeral 3.3.1.2 de esta guía.



ETAPA	ACTIVIDADES
<b>3</b> Destrucción de hilos de rosca del cilindro y destrucción de hilos de rosca de la válvula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruir los hilos de rosca del cilindro y los de la válvula</li> </ul>
<b>4</b> Perforación del cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perforar el cilindro</li> </ul>
<b>5</b> Chatarización del Cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar el cilindro a siderúrgica.</li> </ul>

**Tabla 11.**  
Proceso de disposición final de cilindros de gases refrigerantes

### 3.3.3.3 ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE DISPOSICIÓN FINAL

Nunca use cilindros desechables o retornables para almacenar aire comprimido. Esta es una práctica insegura y peligrosa. Los cilindros desechables se fabrican con una carcasa de acero ligero sin pintura en el interior. Incluso muy poca corrosión interna (óxido) puede debilitar gravemente la estructura a pesar de que el exterior pintado se ve bien. La corrosión puede provocar que el cilindro explote.

## DESCRIPCIÓN

- Proceder a destruir los hilos de rosca del cilindro y los de la válvula con una punta de acero o con un golpe del martillo.

## FOTO



- Coloque el cilindro en una prensa y perfórelo con un golpe de la punta de acero y el martillo.
- Así se evita que el cilindro se utilice para cualquier propósito de almacenamiento de gas a presión.



- Envíe el cilindro a un centro de acopio de chatarra para que sea reciclado en una siderúrgica.



No deje cilindros desechables casi vacíos donde pueden ser olvidados hasta que se puedan oxidar y causar un accidente. En su lugar, recupere el refrigerante como lo tenga establecido el centro de regeneración, haga que el cilindro desechable quede inútil (punción de la pared del cilindro, destrucción de los hilos de rosca del cilindro y los de la válvula), y envíe el metal para reciclaje.

En el ítem 3.3.4 se presenta la matriz de identificación y manejo de riesgos para disposición final de cilindros para gases refrigerantes.

### 3.3.4 CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS EN LA INSPECCIÓN, LIMPIEZA Y DISPOSICIÓN FINAL DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES	ETAPA	ACTIVIDADES	FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE LA EXPOSICIÓN
	Identificación del cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el rótulo y etiqueta del cilindro a inspeccionar.</li> <li>• Verificar la información DOT estampada en el collar del cilindro.</li> <li>• Disponer el cilindro para prueba de susurro.</li> </ul>	<p>No cumplir con lo establecido en las normas técnicas. Desatender la información estampada en el cilindro.</p>
	Prueba de susurro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que la válvula no tiene algún bloqueo.</li> <li>• Enviar a mantenimiento si la válvula está bloqueada, identificar y separar el cilindro.</li> <li>• Realizar prueba del susurro si la válvula no presenta bloqueo.</li> <li>• Disponer el cilindro para descarga de residual.</li> </ul>	<p>No realizar la prueba de susurro. No identificar si la válvula está bloqueada.</p>
	Descarga residual o de gas de nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga residual utilizando colector (manifold) de circuito cerrado.</li> <li>• Equilibrar la presión interior del cilindro con la presión atmosférica.</li> <li>• Disponer el cilindro para inspección externa.</li> </ul>	<p>No utilizar el colector o manifold para realizar la descarga. No utilizar un regulador de presión.</p>

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Impactos ambientales:**  
No aplica.  
**Afectaciones a la salud:**  
No aplica.

- Realizar capacitación previa en la identificación del contenido del cilindro y del estampado del cilindro.

- Registro de capacitación.

**Riesgos ambientales:**  
No aplica.  
**Riesgos para la salud o seguridad:**  
No aplica

**Impactos ambientales:**  
No aplica.  
**Afectaciones a la salud:**  
Sobrepresión y golpes.

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizar la prueba y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.
- Seguir y cumplir lo descrito en la etapa 1 del numeral 3.2.2.4
- Utilizar regulador de presión y usar gafas de seguridad.

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar los elementos de protección y contar con una adecuada ventilación.

**Riesgos ambientales:**  
No aplica.  
**Riesgos para la salud o seguridad:**  
En caso de golpes o sofocación prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico.

**Impactos ambientales:**  
No aplica.  
**Afectaciones a la salud:**  
Sobrepresión y golpes.

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.
- Utilizar regulador de presión, manifold o colector de circuito cerrado.
- Usar gafas de seguridad.

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar los elementos de protección y tener adecuada ventilación.

**Riesgos ambientales:**  
No aplica.  
**Riesgos para la salud o seguridad:**  
En caso de golpes o sofocación prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico.

ETAPA	ACTIVIDADES	FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE LA EXPOSICIÓN
Inspección externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar ausencia de cualquier defecto en la superficie del cilindro.</li> <li>• Revisar la válvula.</li> <li>• Aprobar o condenar el cilindro.</li> <li>• Disponer el cilindro para retiro de válvula.</li> </ul>	<p>No cumplir con lo establecido en las normas técnicas. Caída de la herramienta, válvula o cilindro.</p>
Retiro de la válvula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetar cilindro con prensa.</li> <li>• Retirar válvula doble vía.</li> <li>• Retirar el sensor de nivel de líquido.</li> <li>• Disponer el cilindro para inspección interna.</li> </ul>	<p>Caída de la herramienta, válvula, sensor o cilindro.</p>
Inspección interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el interior del cilindro para detectar algún defecto o contaminante interno.</li> <li>• Revisión de los dispositivos de seguridad.</li> <li>• Registrar datos.</li> <li>• Aprobación o condenación del cilindro.</li> </ul>	<p>No cumplir con lo establecido en las normas técnicas. Caída de la herramienta, válvula, sensor o cilindro.</p>

**Tabla 12.**  
Matriz de identificación y manejo de riesgos en la inspección de cilindros retornables o recargables



IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO	MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO
<p><b>Impactos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Afectaciones a la salud:</b> Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.</li> <li>• Utilizar regulador de presión.</li> <li>• Usar gafas y botas de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitación.</li> <li>• Instructivos documentados.</li> <li>• Utilizar los elementos de protección.</li> </ul>	<p><b>Riesgos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Riesgos para la salud o seguridad:</b> En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, según severidad de la lesión.</p>
<p><b>Impactos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Afectaciones a la salud:</b> Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.</li> <li>• Utilizar prensa para asegurar le cilindro.</li> <li>• Usar gafas de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitación.</li> <li>• Instructivos documentados.</li> <li>• Utilizar los elementos de protección.</li> </ul>	<p><b>Riesgos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Riesgos para la salud o seguridad:</b> En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, dada la severidad de la lesión.</p>
<p><b>Impactos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Afectaciones a la salud:</b> Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.</li> <li>• Utilizar prensa para asegurar le cilindro.</li> <li>• Usar gafas y botas de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitación.</li> <li>• Instructivos documentados.</li> <li>• Utilizar los elementos de protección.</li> </ul>	<p><b>Riesgos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Riesgos para la salud o seguridad:</b> En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, según el tipo de lesión.</p>

**LIMPIEZA EN HÚMEDO DE CILINDROS RETORNABLES  
O RECARGABLES (VAPOR DE AGUA)**

ETAPA	ACTIVIDADES	FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE LA EXPOSICIÓN
Limpieza en húmedo con vapor de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar vapor de agua en el interior y exterior del cilindro.</li> <li>• Retirar el agua condensada y el contaminante interno.</li> <li>• Verificar internamente el cilindro.</li> <li>• Disponer el cilindro para secado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No manejar adecuadamente la hidrolavadora y la manguera.</li> <li>• Caída de la herramienta o cilindro.</li> </ul>
Secado del cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secar con aire caliente.</li> <li>• Disponer el cilindro para colocar válvula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No manejar adecuadamente la secadora de cilindros.</li> <li>• Caída de la herramienta o del cilindro.</li> </ul>
Valvulado del cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetar cilindro con prensa.</li> <li>• Colocar el sensor de nivel de líquido.</li> <li>• Colocar válvula de doble vía.</li> <li>• Verificar fugas.</li> <li>• Disponer cilindro para hacerle vacío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de la herramienta, válvula, sensor o cilindro.</li> </ul>
Vacío al cilindro (retirar humedad y aire)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar a la bomba de vacío.</li> <li>• Hacer vacío al cilindro.</li> <li>• Disponer el cilindro para llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída del cilindro.</li> </ul>

**Tabla 13.**  
Matriz de identificación y manejo de riesgos en la limpieza en húmedo de cilindros retornables o recargables

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Impactos Ambientales:**

Desecho de agua contaminada al alcantarillado.

**Afectaciones a la Salud:**

Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.
- Se deben instalar trampas de grasa para el manejo del agua con aceite.
- Utilizar traje enterizo con protección.
- Usar gafas y botas de seguridad.

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar los elementos de protección.
- Efectuar mantenimiento periodo a la trampa de grasa.

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad:**

En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, según el tipo de lesión.

**Impactos ambientales:**

No aplica.

**Afectaciones a la salud:**

Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.
- Utilizar traje enterizo con protección en extremidades.
- Usar gafas y botas de seguridad.

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar adecuada ventilación.
- Utilizar los elementos de protección.
- Efectuar mantenimiento periódico de la secadora de cilindros.

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad:**

En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, según el tipo de lesión.

**Impactos ambientales:**

No aplica.

**Afectaciones a la salud:**

Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.
- Utilizar prensa para asegurar le cilindro.
- Usar gafas de seguridad.

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar prensa.
- Utilizar los elementos de protección.

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad:**

En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, dada la severidad de la lesión.

**Impactos ambientales:**

No aplica.

**Afectaciones a la salud:**

Golpe en extremidad por caída del cilindro.  
Choque eléctrico.

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.
- Revisar conexiones y cables eléctricos.
- Usar gafas de seguridad.

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar prensa.
- Utilizar los elementos de protección.
- Realizar mantenimiento periódico a la bomba de vacío y cables eléctricos.

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad:**

En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, dada la severidad de la lesión.

**LIMPIEZA EN SECO DE CILINDROS  
RETORNABLES O RECARGABLES**

ETAPA	ACTIVIDADES	FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE LA EXPOSICIÓN
Valvulado del cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetar el cilindro con prensa.</li> <li>• Colocar el sensor de nivel de líquido.</li> <li>• Colocar válvula de doble vía.</li> <li>• Verificar fugas.</li> <li>• Disponer el cilindro para hacerle vacío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de la herramienta, válvula, sensor o cilindro.</li> </ul>
Limpieza con nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar cilindro para lavado con nitrógeno.</li> <li>• Lavar con nitrógeno.</li> <li>• Disponer el cilindro para valvulado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No realizar adecuadamente la purga del cilindro.</li> <li>• Sofocamiento con nitrógeno.</li> <li>• Caída de la herramienta o cilindro.</li> </ul>
Vacío al cilindro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar a la bomba de vacío.</li> <li>• Hacer vacío al cilindro.</li> <li>• Disponer el cilindro para llenado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída del cilindro.</li> </ul>

**Tabla 14.**  
Matriz de identificación y manejo de riesgos en la limpieza en seco de cilindros retornables o recargables

IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO	MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO
<p><b>Impactos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Afectaciones a la salud:</b> Golpe en extremidad por caída del cilindro o herramientas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.</li> <li>• Utilizar prensa para asegurar le cilindro.</li> <li>• Usar gafas de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitación.</li> <li>• Instructivos documentados.</li> <li>• Utilizar prensa.</li> <li>• Utilizar los elementos de protección.</li> </ul>	<p><b>Riesgos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Riesgos para la salud o seguridad:</b> En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, dada la severidad de la lesión.</p>
<p><b>Impactos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Afectaciones a la salud:</b> Sobrepresión, golpes y escape nitrógeno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.</li> <li>• Utilizar traje enterizo con protección.</li> <li>• Usar gafas y botas de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitación.</li> <li>• Instructivos documentados.</li> <li>• Utilizar adecuada ventilación.</li> <li>• Utilizar los elementos de protección.</li> </ul>	<p><b>Riesgos ambientales:</b> No Aplica.</p> <p><b>Riesgos para la salud o seguridad:</b> En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, según el tipo de lesión.</p>
<p><b>Impactos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Afectaciones a la salud:</b> Golpe en extremidad por caída del cilindro. Choque eléctrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizarla y tener procedimientos claros y documentados en el sitio de trabajo.</li> <li>• Revisar conexiones y cables eléctricos.</li> <li>• Usar gafas de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitación.</li> <li>• Instructivos documentados.</li> <li>• Utilizar prensa.</li> <li>• Utilizar los elementos de protección.</li> <li>• Realizar mantenimiento periódico a la bomba de vacío y cables eléctricos.</li> </ul>	<p><b>Riesgos ambientales:</b> No aplica.</p> <p><b>Riesgos para la salud o seguridad:</b> En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, dada la severidad de la lesión.</p>

Disposición final de cilindros para gases refrigerantes	ETAPA	ACTIVIDADES	FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE LA EXPOSICIÓN
	Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la identificación de CONDENADO.</li> <li>• Comprobar ausencia de gas residual.</li> <li>• Destrucción de los hilos de rosca del cilindro y los de válvula.</li> <li>• Perforación del cilindro.</li> <li>• Enviar cilindro a siderúrgica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No cumplir con lo establecido en las normas técnicas.</li> <li>• No prestar atención si el cilindro tiene o no gas residual.</li> <li>• Caída de válvula o cilindro.</li> </ul>

**Tabla 15.**  
Matriz de identificación y manejo de riesgos en la disposición final de cilindros para gases refrigerantes



**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales:**

No aplica.

**Afectaciones a la salud:**

Golpe en extremidad por caída del cilindro o válvula.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

- El personal que realice esta actividad debe estar capacitado y entrenado para realizar los procedimientos, los cuales deben ser claros y estar documentados en el sitio de trabajo.
- Utilizar prensa para asegurar el cilindro.
- Usar gafas y botas de seguridad.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Registro de capacitación.
- Instructivos documentados.
- Utilizar los elementos de protección.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad:**

En caso de golpes prestar los primeros auxilios y trasladar a un centro médico, dado el caso.



## **4. MANEJO INTEGRAL DE GASES REFRIGERANTES REUTILIZABLES Y NO REUTILIZABLES**



## 4.1 OPERACIONES DE RECUPERACIÓN, RECICLAJE, MOVILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO INTERNO<sup>12</sup> DE GASES REFRIGERANTES, EN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, INSTALACIÓN Y DESINSTALACIÓN DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, ACONDICIONAMIENTO Y CALEFACCIÓN

Las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes son actividades que comúnmente son adelantadas por empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento en refrigeración, durante las actividades de mantenimiento, desinstalación o instalación (si se está reemplazando) de sistemas de refrigeración, acondicionamiento y calefacción. Así mismo, se complementan en otro tipo de actividades de apoyo tales como la movilización de los gases entre los lugares en donde fueron recuperados y las instalaciones o talleres de la empresa o técnico de mantenimiento; así como actividades de acumulación de los refrigerantes recuperados por periodos muy cortos de tiempo en dichas instalaciones, mientras son movilizados hasta los respectivos centros de acopio para su posterior procesamiento en los centros de regeneración.

<sup>12</sup> Entiéndase por almacenamiento interno para este caso, aquel llevado a cabo dentro de las instalaciones de los talleres de las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento en refrigeración.

### 4.1.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

Con el fin de adelantar de manera adecuada las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes por parte de las empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento en refrigeración durante las actividades de mantenimiento, desinstalación o instalación de sistemas de refrigeración, acondicionamiento y calefacción, se recomienda contar como mínimo con los siguientes recursos:



Figura 31.

Condiciones y recursos necesarios para operaciones de recuperación y reciclaje

#### PERSONAL

El personal involucrado en las operaciones de recuperación y reciclaje de refrigerantes, debe no solamente encontrarse entrenado y capacitado en los procedimientos operativos, sino certificado por el SENA en la norma de competencia laboral NCL - 280501022 sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones RC<sup>13</sup> según normatividad ambiental, o aquella que la reemplace o modifique, y que esté relacionada con el manejo ambiental de sustancias refrigerantes de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

<sup>13</sup> RC: Refrigeración y calefacción

## ■ EQUIPOS Y ELEMENTOS

Las empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento en refrigeración deben contar como mínimo con los siguientes elementos o equipos:

- Cilindros de recuperación con las especificaciones DOT requeridas o equivalentes, con capacidad igual o mayor a 400 psi.
- Colector (manifold).
- Bomba de vacío.
- Vacuómetro.
- Máquina recuperadora de refrigerantes.
- Filtros para adelantar reciclaje de refrigerantes con separador de aceite o kit de reciclaje para acoplar a la máquina recuperadora con separador de aceite.
- Pincha tubos o válvula pincha tubos.
- Báscula.
- Curvas o tablas de refrigerantes para verificación de relaciones presión - temperatura (P/T).
- Cilindro de paso para realizar la recuperación con las especificaciones DOT requeridas o equivalentes, con capacidad igual o mayor a 400 psi (opcional).

## ■ MEDIOS DE MOVILIZACIÓN

En las operaciones de recuperación y reciclaje es común que el personal de las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento en refrigeración, utilicen vehículos no muy sofisticados como automóviles pequeños, para la movilización de los refrigerantes y los equipos necesarios para las actividades de instalación, desinstalación y mantenimiento de diferentes sistemas, dado que se trata de bajas cantidades movilizadas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta movilización se realice siempre manteniendo condiciones seguras.

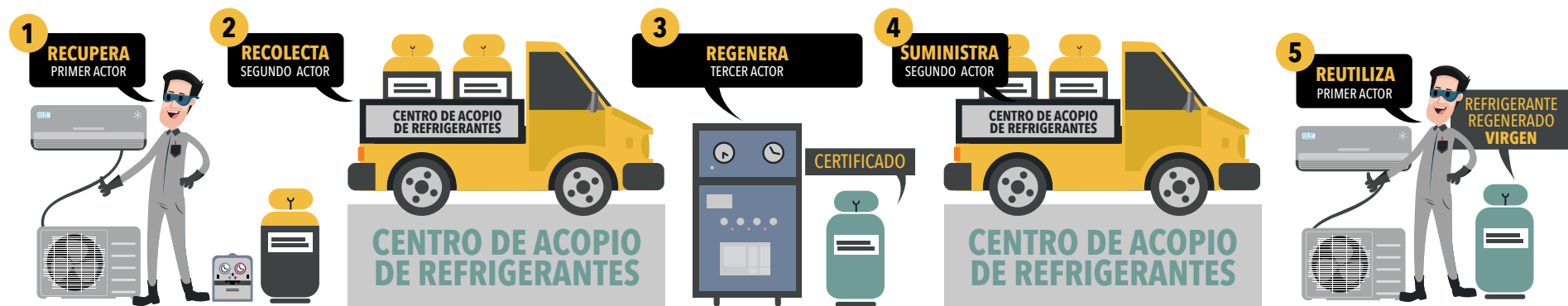
## ■ INSTALACIONES

En este tipo de operaciones de recuperación y reciclaje, las instalaciones comunes no son un aspecto controlable por las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento en refrigeración, dado que se adelantan normalmente in situ, es decir en donde se encuentre el ubicado el sistema de refrigeración, acondicionamiento o calefacción, ósea que las instalaciones asociadas dependen de la ubicación del sistema. Sin embargo, no se debe olvidar que as instalaciones de los talleres de las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento en refrigeración también se ven involucradas en el proceso, dado que allí reposan temporalmente los refrigerantes recuperados que han sido acumulados para su posterior regeneración, así como los gases ya regenerados para su reutilización. [MEBA3]

### 4.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

En la tabla siguiente, se presenta un flujograma detallado de las actividades involucradas en las operaciones de recuperación y reciclaje con una breve descripción de las diferentes etapas involucradas.





... **RECUPERACIÓN, RECOLECCIÓN, REGENERACIÓN,  
SUMINISTRO Y REUTILIZACIÓN**

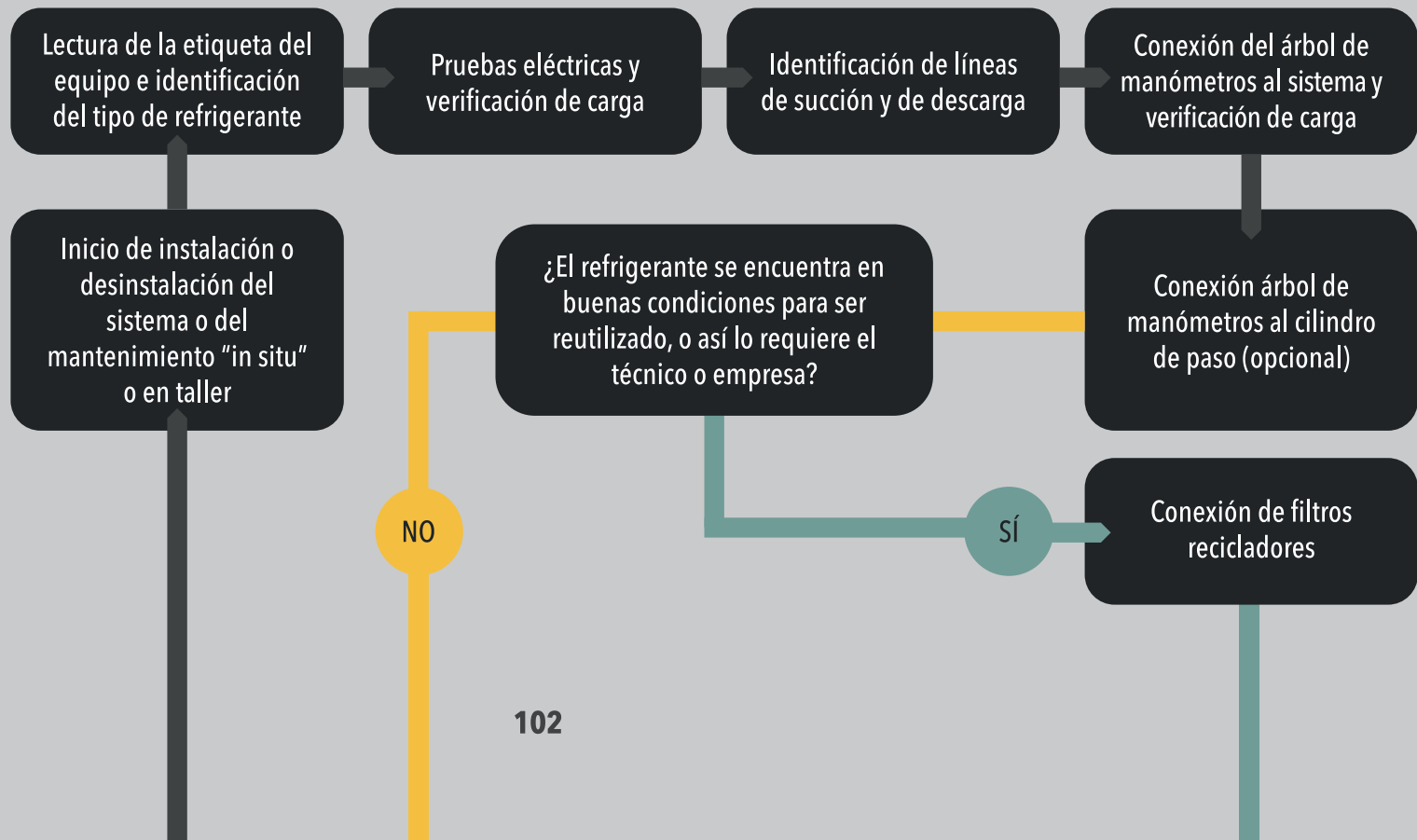
# OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

## ETAPA

INSTALACIÓN DE EQUIPOS

1

## ACTIVIDADES





## DESCRIPCIÓN

Como parte de las actividades de mantenimiento, desinstalación o instalación (si se está reemplazando) de sistemas de refrigeración, acondicionamiento y calefacción, se espera que las empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento en refrigeración, sigan las recomendaciones dadas tanto por los fabricantes de los equipos, así como las brindadas en el Manual de buenas prácticas en refrigeración emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente, 2014), documento en el cual se encuentran entre otras, las buenas prácticas para el mantenimiento relacionadas con los procedimientos preliminares. Se inicia con algunas etapas previas a la recuperación del refrigerante como las pruebas eléctricas y la verificación de la carga mediante relaciones Presión - Temperatura (P/T), para luego comenzar con el proceso de recuperación a través de la identificación de líneas de succión y de descarga para garantizar que el refrigerante se recupere por la línea correspondiente. Seguido a ello, se realiza la conexión del árbol de manómetros al sistema para prevenir el escape de gas a la atmósfera en cuya etapa se puede de manera opcional incluir la conexión a un cilindro de paso que sirve como trampa de líquido. Posteriormente se realiza la respectiva conexión del sistema de refrigeración a la máquina recuperadora y al cilindro de almacenamiento para realizar la recuperación del gas refrigerante. En algunos casos, el gas recuperado de equipos de refrigeración o aire acondicionado puede estar en buenas condiciones y no necesitar ser reciclado o regenerado. En estos casos se recupera el gas, se realiza la reparación del equipo y se vuelve a recargar el mismo gas recuperado; sin embargo, se debe tener en cuenta que esta recarga solo podrá hacerse al mismo sistema de refrigeración, aire acondicionado o calefacción. Por otra parte, cuando la operación deficiente de un sistema de refrigeración indica que el refrigerante puede tener un mal desempeño, éste debe ser procesado para retirar contaminantes. Este proceso se puede hacer con una recuperadora-recicladora (SEMARNAT, 2006).

## ILUSTRACIÓN



RECUPERACIÓN Y RECICLAJE  
DEL REFRIGERANTE

2

Conexión a máquina  
recuperadora

Conexión a máquina  
recuperadora

RECUPERA



Funcionamiento de la máquina  
recuperadora y almacenamiento  
de gases refrigerantes

Extracción de residuos del kit  
de filtros reciclador y  
separador de aceite

¿Se realizó reciclaje del  
refrigerante?

Para realizar la recuperación del refrigerante se utiliza una máquina recuperadora cuyo procedimiento de operación y sus características técnicas, pueden ser consultadas en el instructivo anexo al presente documento. Se debe tener en cuenta que los gases deben ser recuperados en los cilindros adecuados para ello, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el capítulo 3, con el fin de garantizar que se cuenta con condiciones seguras de contención de los gases para adelantar las etapas subsiguientes.

Existen tres formas de hacer recuperación del refrigerante (SEMARNAT, 2006):

**Recuperación por vapor o en fase gaseosa:** este procedimiento, por lo general es el más lento ya que el flujo de gas refrigerante es menor en fase gaseosa. En los grandes sistemas de refrigeración esto exige más tiempo que cuando se transfiere líquido.

**Recuperación por líquido o en fase líquida:** debido a que los compresores recíprocos sólo pueden trabajar con gas refrigerante en fase gaseosa, es necesario evaporarlo todo y extraerlo del sistema antes de que llegue al compresor, con la ayuda de la unidad recuperadora, para lo cual se debe verificar que ésta cuente con un sistema de evaporación o de lo contrario acoplado un juego de manómetros para ir dosificando con sus válvulas como dispositivos de expansión.

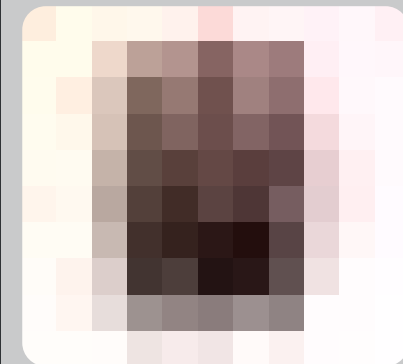
**Recuperación de líquido por succión y realimentación (Push & Pull):** el refrigerante líquido puede ser recuperado por técnicas de decantación, separación o succión y realimentación (push & pull), con el consiguiente arrastre de aceite. Las operaciones de succión y realimentación (push & pull), se llevan a cabo usando vapor del cilindro para empujar el refrigerante líquido fuera del sistema.

Para adelantar un adecuado proceso de recuperación se debe seleccionar una recuperadora adecuada dependiendo de la capacidad, tipo de refrigerante y presencia de aceite, entre otros aspectos. Adicionalmente, se deben considerar las diferentes opciones de conexiones (con interruptor de flotación - OFP, sobre báscula para medir peso y con OFP conectado o para observación manual), con el fin de controlar el llenado puesto que para cilindros recargables, éste no debe superar más allá del 80% en volumen con líquido (ver mayores detalles en MinAmbiente, 2014).

El procedimiento de reciclaje de un refrigerante, consiste en la reducción de los contaminantes presentes en los refrigerantes usados, mediante la separación de aceite, la extracción de condensables y la utilización de dispositivos, como por ejemplo filtros secadores para reducir la humedad, la acidez y todo material presente en forma de partículas (ISO 11650). Esta etapa comúnmente se lleva a cabo "in situ" o en taller.

Durante esta etapa se limpia el gas refrigerante para volverlo a utilizar, retirándole el aceite, o haciéndolo pasar por múltiples dispositivos, tales como filtros deshidratadores, que reducen la humedad, la acidez y la presencia de sólidos. Los residuos de estos filtros deben manejarse de manera ambientalmente segura, según si son o no peligrosos en cada caso, determinándose principalmente por la presencia o no de aceite en los mismos. El término reciclar, usualmente se aplica a los procedimientos que se pueden implementar en sitio o en el taller de servicio. (Guía 3-1990 de ASHRAE citado en SEMARNAT, 2006).

El equipo o montaje utilizado para adelantar la etapa de reciclaje del refrigerante, debe cumplir con las especificaciones dadas en la norma ISO 11650 o estándar equivalente y debe ser inspeccionado regularmente para garantizar su correcto funcionamiento (CEN, 2007).



RECARGA DEL REFRIGERANTE Y PUESTA EN MARCHA

3

ETIQUETADO Y MOVILIZACIÓN DEL REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN

4

NO

Recarga del refrigerante y puesta en marcha

SÍ

Etiquetado del refrigerante recuperado para ser regenerado

Movilización del refrigerante recuperado para ser regenerado

Durante esta etapa, una vez realizado el procedimiento de reciclaje del gas, se continúa con los procedimientos complementarios según las recomendaciones dadas tanto por los fabricantes de los equipos y las presentadas en el Manual de buenas prácticas en refrigeración (MinAmbiente, 2014), que incluye los procedimientos de sellamiento del sistema, prueba de estanqueidad, recarga del refrigerante reciclado y puesta en marcha del sistema.

Al llevar a cabo el procedimiento de recarga del refrigerante, se debe dejar registro de si éste fue realizado con el mismo refrigerante del sistema, bien sea porque éste estaba en buenas condiciones o porque se adelantó una etapa de reciclaje. En caso que no se haya realizado reciclaje del refrigerante, se debe registrar si se reemplazó el refrigerante por otro, por ejemplo un refrigerante regenerado. Siempre se debe dejar registrada la información pertinente a la actividad adelantada tanto con el refrigerante como con el aceite (INN, 2011).



La etapa de etiquetado del refrigerante recuperado, tiene como objetivo iniciar la cadena de trazabilidad del refrigerante mediante su identificación básica colocando una etiqueta distintiva en el respectivo cilindro, que permita conocer a simple vista como mínimo su procedencia y fecha de recuperación.

Una vez realizada esta actividad y culminados todos los procedimientos "in situ" o en taller, se procede a adelantar la movilización de los refrigerantes recuperados desde las instalaciones donde se llevaron a cabo las etapas anteriores, hasta los talleres de las empresas o técnicos independientes del área de mantenimiento en donde van a permanecer temporalmente acumulados, mientras son movilizados de nuevo hasta el Centro de acopio y almacenamiento seleccionado, para que posteriormente se adelanten las operaciones descritas en la sección 4.2.

Cabe anotar que eventualmente las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento en refrigeración, podrían realizar acuerdos comerciales con los Centros de acopio y almacenamiento, en los cuales se incluya el servicio de recolección de los refrigerantes en sus talleres.

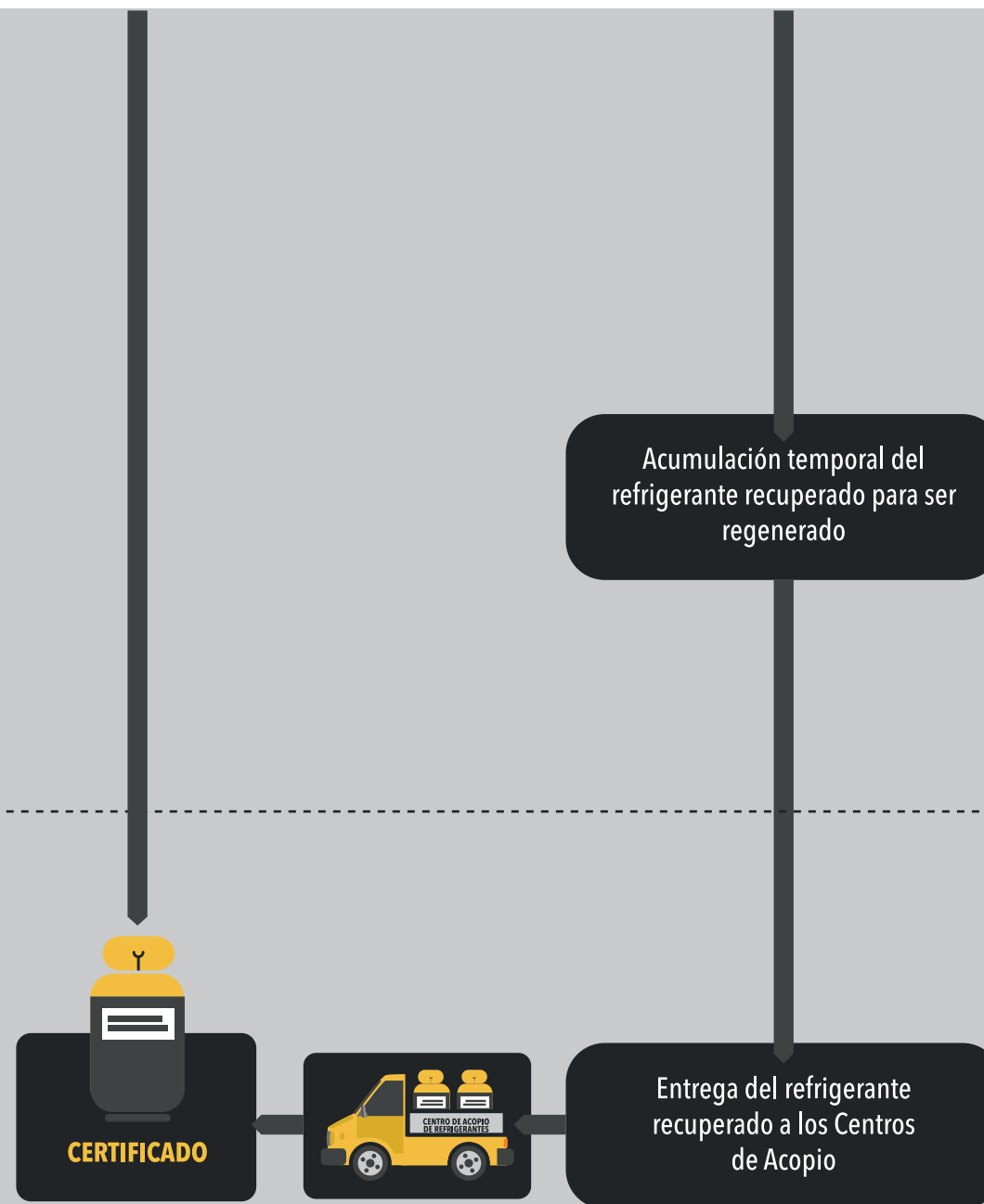


ACUMULACIÓN TEMPORAL DEL REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN

5

ENTREGA DEL REFRIGERANTE RECUPERADO AL CENTRO DE ACOPIO O CENTRO DE REGENERACIÓN

6



**Tabla 16.**

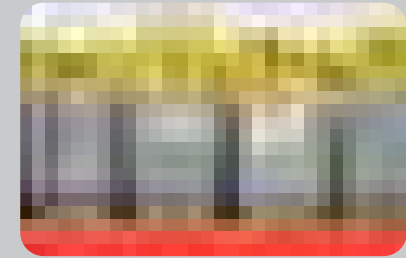
Operaciones de recuperación y reciclaje de refrigerantes

Elaboración propia a partir de información de CEN, 2007; INN, 2011; ISO, 1999; MinAmbiente - UTO, 2014 y SEMARNAT, 2006.



En algunos casos, las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento requieren acumular temporalmente en sus talleres, los refrigerantes recuperados para su posterior regeneración, dependiendo de los acuerdos en cuanto a cantidad y cronogramas definidos con los Centros de acopio y almacenamiento. Así mismo, aplica para los periodos de acumulación de los refrigerantes que ya han sido regenerados y devueltos a las empresas y técnicos para su reutilización en los diferentes sistemas de sus clientes.

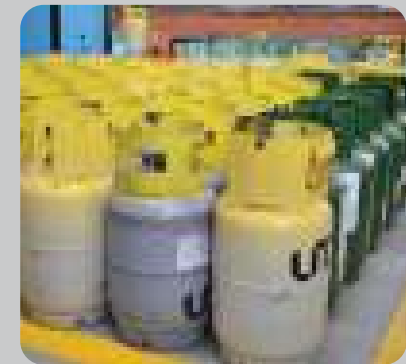
Esta acumulación de refrigerantes a pesar de ser una etapa temporal, debe llevarse a cabo de manera separada para los gases recuperados para regeneración y para los gases regenerados, bien sea a nivel de piso o en los casos que así lo amerite según el criterio de la empresa o técnico de mantenimiento, con la ayuda de estantería adecuada para garantizar condiciones seguras tanto a nivel operativo, como ambiental y de salud; así mismo, deben realizarse pruebas de fugas periódicas para prevenir que los refrigerantes escapen a la atmósfera durante dicha acumulación temporal (ver formato de control de fugas).



Por último, las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento coordinan con los Centros de acopio y almacenamiento o con los Centros de Regeneración, el intercambio de refrigerantes recuperados para regeneración por otros que ya han sido regenerados, bien sea en las instalaciones de los Centros o en los talleres, dependiendo las condiciones pactadas contractualmente.

En primera instancia, los refrigerantes recuperados para su posterior regeneración son recibidos por los Centros de acopio y almacenamiento de acuerdo con las características descritas en la sección 4.2 del presente documento, para que a su vez estos posteriormente los hagan llegar a los Centros de regeneración bajo las operaciones descritas en la sección 4.3.

En estas mismas secciones (4.2 y 4.3) se describe la cadena de retorno que tienen los refrigerantes regenerados desde la etapa de entrega de los gases regenerados con sus respectivos certificados de cumplimiento de criterios de calidad a los Centros de acopio y almacenamiento correspondientes, hasta su devolución o comercialización con las empresas y técnicos independientes de las áreas de mantenimiento para que a través de ellos se de la reutilización de los refrigerantes y de esta manera, cerrar el ciclo concebido en el marco de la Red R&R&R.



## 4.1.3 CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS EN LAS OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

A partir de la caracterización de las operaciones de recuperación y reciclaje, se presentan las siguientes fichas de manejo de riesgos asociados.

### ETAPA 1. INSTALACIÓN DE EQUIPOS

#### ACTIVIDADES

Inicio del mantenimiento "in situ" o instalación o desinstalación del sistema

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Deficiencias o ausencia de monitoreo y control de fugas y condiciones generales de funcionamiento del sistema

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Impactos ambientales:

Fugas del refrigerante contenido en el sistema a la atmósfera si sus tuberías se encuentran deterioradas contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

##### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de altas concentraciones alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Antes de iniciar las actividades de mantenimiento, instalación o desinstalación del sistema, se debe realizar una inspección previa del mismo y prever las medidas especiales para su manipulación.

En caso de evidenciar fugas, evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica.

#### Riesgos para la salud o seguridad

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

## ACTIVIDADES

Pruebas eléctricas y verificación de carga

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Desatención a las buenas prácticas en refrigeración

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

#### Afectaciones a la salud:

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones al recibir descargas eléctricas al no realizar una adecuada verificación de conexiones del sistema o al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Alteración de las condiciones operativas:**

Daño y salida de servicio de los equipos utilizados o del sistema intervenido de manera temporal o definitiva.

Se deben seguir las recomendaciones planteadas en el Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración expedido por MinAmbiente - UTO (2014) en especial las relacionadas con los procedimientos PP1 y PP2.

- Registros de capacitación y entrenamiento.

**Riesgos ambientales**

No aplica

**Riesgos para la salud o seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**Por choques eléctricos**, interrumpir de inmediato el flujo de corriente eléctrica y consultar con un médico inmediatamente.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto con ojos o piel**, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Condiciones operativas**

Someter los equipos o sistemas afectados a mantenimiento correctivo.

## ETAPA 2. RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DEL REFRIGERANTE

### ACTIVIDADES

Recuperación y reciclaje del refrigerante

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de dispositivos inadecuados para recuperación o inadecuada manipulación de la máquina recuperadora o los cilindros.
- Manipular los refrigerantes mediante métodos distintos a los establecidos para su recuperación y reciclaje.
- Exceder la presión máxima de operación o la capacidad indicada en el cilindro del refrigerante.
- Mezclar refrigerantes de distinto tipo.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

##### Afectaciones de la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones al recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

##### Alteración de las condiciones operativas:

Pérdida de gases reutilizables.

Daño y salida de servicio de los equipos de manera temporal o definitiva.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

El personal que adelante las actividades de recuperación de gases refrigerantes, debe estar debidamente capacitado y entrenado para adelantar estas labores específicas y contar con procedimientos claros en el lugar de trabajo. El personal involucrado debe contar y utilizar sus elementos de protección personal (EPP) para la manipulación de gases refrigerantes. Como mínimo debe contar con guantes impermeables, gafas con protección lateral, calzado cerrado y overol de trabajo o similar.

La recuperación de los gases se debe realizar en los cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3, incluyendo aquellas asociadas con la inspección de los cilindros.

No se deben utilizar cilindros que no cumplan con las especificaciones de seguridad de los cilindros recargables, como por ejemplo cilindros de los gases vírgenes o cilindros en mal estado o modificados.

No se debe superar el límite volumétrico de seguridad de llenado del cilindro, ya que la densidad de la mezcla con aceite es inferior a la del refrigerante solo.

La unidad recuperadora debe estar apagada antes de conectarla a cualquier cilindro o sistema. Se deben inspeccionar las conexiones de la máquina recuperadora antes de su uso; en caso de encontrarse deterioradas o contaminadas, estas se deben reemplazar. Se deben prever las posibles fuentes de contaminación cruzada durante las actividades de recuperación, con el fin de evitar que estas alteren la calidad de los gases recuperado. Por ningún motivo se deben mezclar refrigerantes de distinto tipo.

Se deben seguir las recomendaciones dadas por el fabricante de la máquina recuperadora en su manual para controlar las condiciones de operación de la misma y en general seguir los pasos del procedimiento que se sintetiza en el documento anexo 5 para recuperación y reciclaje.

No se deben direccionar las mangueras con salida de vapores de los refrigerantes hacia la piel o en general al cuerpo del personal.

La máquina recuperadora debe ser desarmada y desensamblada únicamente por personal autorizado e idóneo. Se debe ubicar en superficies planas y resistentes y no debe ser utilizada sobre superficies mojadas o húmedas para evitar choques eléctricos.

Evite inhalar o entrar en contacto directo con los gases refrigerantes durante las actividades realizadas con estos y mantenga las áreas de trabajo bien ventiladas.

**MEDIO DE  
IMPLEMENTACIÓN Y  
VERIFICACIÓN DE  
LA MEDIDA DE  
PREVENCIÓN**

- Registros de recuperación de refrigerantes.
- Registros de capacitación y entrenamiento.



## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Riesgos ambientales

No aplica.

### Riesgos para la salud o seguridad

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto con ojos o piel**, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Por choques eléctricos**, interrumpir de inmediato el flujo de corriente eléctrica y consultar con un médico inmediatamente.

## ETAPA 3. RECARGA DEL REFRIGERANTE Y PUESTA EN MARCHA

### ACTIVIDADES

Recarga del refrigerante y puesta en marcha

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de dispositivos inadecuados para la recarga del refrigerante o inadecuada manipulación de los equipos o los cilindros.
- Manipular los refrigerantes mediante métodos distintos a los establecidos para su recarga.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

#### Afectaciones de la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones al recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

### **Alteración de las condiciones operativas:**

Pérdida de gases reutilizables.

Daño y salida de servicio de los equipos de manera temporal o definitiva.

El personal que adelanta las actividades de recarga de gases refrigerantes, debe estar debidamente capacitado y entrenado para adelantar estas labores específicas y contar con procedimientos claros en el lugar de trabajo. El personal involucrado debe contar y utilizar sus elementos de protección personal (EPP) para la manipulación de gases refrigerantes.

Como mínimo debe contar con guantes impermeables, gafas con protección lateral, calzado cerrado y overol de trabajo o similar.

La recarga de los gases se debe realizar a partir de cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3, incluyendo aquellas asociadas con la inspección de los cilindros.

No se deben utilizar cilindros para la recarga que no cumplan con las especificaciones de seguridad de los cilindros recargables, como por ejemplo cilindros de los gases vírgenes o cilindros en mal estado o modificados.

Los equipos involucrados en esta etapa deben estar apagados antes de conectarlos a cualquier cilindro o sistema y se deben verificar sus conexiones y que no se encuentren contaminadas para evitar contaminación cruzada del gas a ser recargado al sistema.

Por ningún motivo se deben mezclar refrigerantes de distinto tipo.

Se deben seguir las recomendaciones dadas por el fabricante de los equipos involucrados en su manual para controlar las condiciones de operación de los mismos.

No se deben direccionar las mangueras con salida de vapores de los refrigerantes hacia la piel o en general el cuerpo del personal.

Los equipos involucrados deben ser desarmados y desensamblados únicamente por personal autorizado e idóneo. Se deben ubicar en superficies planas y resistentes y no deben ser utilizados sobre superficies mojadas o húmedas para evitar choques eléctricos.

Evite inhalar o entrar en contacto directo con los gases refrigerantes durante las actividades realizadas con estos y mantenga las áreas de trabajo bien ventiladas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Registros de capacitación y entrenamiento.
- Registros de recarga y puesta en marcha del sistema.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica

**Riesgos para la salud o seguridad**

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Por choques eléctricos**, interrumpir de inmediato el flujo de corriente eléctrica y consultar con un médico inmediatamente.

**ETAPA 4. ETIQUETADO Y MOVILIZACIÓN DEL REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN**

**ACTIVIDADES**

Etiquetado del refrigerante recuperado para ser regenerado

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Desorganización en el manejo de los refrigerantes recuperados.
- No contar con un mecanismo de etiquetado inmediato de los refrigerantes recuperados que genere confusión con otros.

## IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

### Impactos ambientales:

Poco probables

### Afectaciones en salud:

Poco probables

### Alteración de las condiciones operativas:

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Esta etapa se debe adelantar con etiquetas que permitan capturar la información mínima (p.ej. identificación del sistema del cual fue recuperado y fecha) y que sean fácilmente comprensibles para el personal involucrado en la cadena de manejo del refrigerante, de tal forma que proporcione información esencial sobre su posterior clasificación, los peligros asociados y las precauciones de seguridad que deban tenerse en cuenta para su acumulación temporal en los talleres de las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento, así como para su posterior almacenamiento y manejo por parte de los centros de acopio y de regeneración.

Teniendo en cuenta que no se posee en Colombia una reglamentación específica en cuanto al etiquetado para efectos de almacenamiento, se debe usar el Sistema Internacional de la Organización de las Naciones Unidas, adoptado en la Norma Técnica Colombiana 1692 sobre Transporte de mercancías peligrosas, clasificación, etiquetado y rotulado.

De acuerdo con la clasificación dada por Naciones Unidas en el documento conocido como Libro Naranja, los gases refrigerantes objeto de esta Guía<sup>14</sup> se clasifican como Clase 2.2. Gases no inflamables y no tóxicos.

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Etiquetas de cilindros.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Condiciones operativas

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y etiquetado de inmediato, rastreando los registros previos de su origen.

<sup>14</sup> Las recomendaciones presentadas en esta guía corresponde a los refrigerantes más comúnmente utilizados actualmente en el marco de la Red R&R que son R22 y R134a.

## ACTIVIDADES

Movilización del refrigerante recuperado para ser regenerado

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes recuperados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases recuperados.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el Agotamiento de la Capa de Ozono y el Calentamiento Global.

#### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por incendio**, si bien los gases refrigerantes abordados en este documento no son inflamables, estos pueden volverse inflamables si llegan a enriquecerse con oxígeno o aire y con cloro para algunas mezclas de HCFC o HFC. Estos gases tienden a descomponerse si entran en contacto directo con fuentes de calor, produciéndose en este caso compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que por tratarse de gases presentarían un incremento gradual de la temperatura y presión, lo que puede conllevar a una sobrepresión e incluso ruptura de los cilindros, provocando lesiones físicas.

Los gases refrigerantes no deben ser movilizadas en espacios cerrados como, por ejemplo, el baúl de un automóvil.

Se debe realizar mantenimiento periódico al medio usado para la movilización de los refrigerantes, para evitar situaciones inseguras que pudieran conducir a fugas, incendios u otro tipo de emergencia.

Es necesario contar con toda la información de seguridad de los gases refrigerantes a manipular como las hojas de seguridad, las instrucciones o procedimientos relacionados, los equipos de protección personal y las instrucciones a seguir en caso de accidente. Así mismo, el personal involucrado debe estar entrenado y capacitado para las operaciones de rutina y para saber cómo actuar ante una eventual emergencia.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Los gases recuperados no se deben movilizar junto con alimentos.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

No se deben movilizar refrigerantes recuperados con otras sustancias peligrosas que les sean incompatibles. Se debe verificar en la hoja de seguridad correspondiente a cada sustancia su compatibilidad con otras sustancias.

Los elementos movilizados deben ser adecuadamente acomodados y sujetos o asegurados al medio de movilización utilizado para evitar movimientos que puedan romper o averiar los cilindros y generar fugas. No debe interferir en la visibilidad del conductor, y no comprometer la estabilidad o conducción del medio utilizado. No está permitida bajo ninguna circunstancia la movilización de gases refrigerantes conjuntamente con animales, alimentos, personas, ni medicamentos.

Los residuos generados durante la actividad de movilización bien sea por operación normal o por eventuales emergencias, deben ser manejados de una manera ambientalmente segura y responsable, de acuerdo con la normativa ambiental vigente.

En caso de fuga de gas, si es posible, se debe actuar con prontitud para cortar el flujo.

Se debe además asegurar que la persona que realiza la movilización del refrigerante tiene el entrenamiento adecuado para dar la primera respuesta a una emergencia por fugas.

- Registros de capacitación y entrenamiento.

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad**

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.



## ETAPA 5. ACUMULACIÓN TEMPORAL DEL REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN

### ACTIVIDADES

Acumulación temporal del refrigerante para regeneración

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Manipulación inadecuada de cilindros durante el almacenamiento o su movilización interna.
- Deficiencias o ausencia de monitoreo y control de fugas y condiciones de almacenamiento.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### **Impactos ambientales:**

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

##### **Afectaciones en salud:**

Dependiendo del tipo de exposición de las personas involucradas en un accidente con gases refrigerantes pueden presentarse enfermedades profesionales, lesiones, invalidez o en casos extremos hasta la muerte.

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible por ser los gases refrigerantes más densos que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por incendio.** Si bien los gases refrigerantes abordados en este documento no son inflamables, estos pueden volverse inflamables si llegan a enriquecerse con oxígeno o aire y con cloro para algunas mezclas de HCFC o HFC. Estos gases tienden a descomponerse si entran en contacto directo con fuentes de calor, produciéndose en este caso compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que por tratarse de gases presentarían un incremento gradual de la temperatura y presión, lo que puede conllevar a una sobrepresión e incluso ruptura de los cilindros, provocando lesiones físicas.

## **MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Realizar la acumulación temporal de los cilindros con refrigerantes recuperados de manera ordenada. Es aconsejable dividir el área destinada para ello en los talleres, en sectores y demarcar cada sección claramente para gases recuperados para regeneración o reutilizables, gases regenerados y cilindros recargables vacíos.

Todos los cilindros deben ser acumulados en posición vertical o en un ángulo mínimo de 45° con un soporte o mecanismo que impida su volcamiento. Se debe evitar apilar los cilindros ya que pueden presentarse rupturas en las válvulas y escape del gas refrigerante.

A cambio se recomienda utilizar estantería adecuada de acuerdo con el tamaño de los cilindros. Acumular en áreas separadas los cilindros llenos y los vacíos, indicando además de la etiqueta del cilindro, en la debida señalización del área de acumulación si corresponde a cilindros vacíos o llenos y en el caso de los cilindros llenos, si corresponde a gas para regenerar, gas regenerado o gas residual (si aplica).

Los cilindros deben ser acumulados en áreas secas, frescas y bien ventiladas, lejos de áreas congestionadas o salidas de emergencia.

El área de acumulación debe ser protegida con el fin de prevenir en los cilindros ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión.

El área de acumulación debe ser protegida con el fin de prevenir en los cilindros ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión.

No acumular cilindros directamente bajo el sol ni exponerlos a una temperatura mayor a 50°C (120° F). Se deben mantener siempre lejos del calor, chispas o llamas.

Implementar prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas, bien sea mediante un detector de fugas o verificación con solución jabonosa. Así mismo, es recomendable realizar inspecciones ambientales y de seguridad de manera regular para asegurar que las medidas de control ambiental y preparación ante emergencias previstas para el taller, sean entendidas por el personal involucrado, y para que las deficiencias sean corregidas, estimulando de esta manera un mayor aprendizaje y concientización.

Usar carretillas adecuadas para el movimiento de cilindros o si en algún caso así lo amerita, montacargas.

Implementar prácticas y procedimientos para la prevención de incendios.

Eliminar fuentes de ignición y de calor, así como materiales combustibles durante el desarrollo de las actividades en el área de acumulación temporal de gases refrigerantes.

No realizar trabajos de mantenimiento que generen chispas o llamas en las áreas donde se encuentren acumuladas o en tránsito diferentes sustancias peligrosas.

Contar con elementos básicos para el control de incendios.

Concientización y verificación del uso de elementos de protección personal (EPP).

Implementar procedimientos simples sobre control de inventarios, para evitar que los gases acumulados temporalmente pierdan sus propiedades para ser reutilizados y se conviertan en gases residuales.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de monitoreo de condiciones de acumulación temporal y fugas.
- Registros de control de inventarios.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica.

#### Riesgos para la salud o seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar.

En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Por incendio**, activar los mecanismos de respuesta disponibles en caso de incendio y dar aviso a los bomberos de ser necesario. Mientras se controla el fuego, enfriar los cilindros con agua para evitar sobrepresiones y descomposición de los gases.

## ETAPA 6. ENTREGA DEL REFRIGERANTE RECUPERADO AL CENTRO DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE GASES REGENERADOS

### ACTIVIDADES

Entrega del refrigerante recuperado al centro de acopio o centro de regeneración y adquisición de gases regenerados

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases refrigerantes.
- Inadecuado etiquetado de cilindros con gases tanto recuperados como regenerados.

## IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

### Impactos ambientales

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

### Afectaciones a la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

### Alteración de las condiciones operativas

Pérdida de trazabilidad de los gases recuperados para regeneración y los regenerados, incurriendo en reprocesos.

Los gases recuperados para regeneración a ser entregados al centro de acopio y almacenamiento, deben encontrarse en los cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas verificar referencias cruzadas.

Se debe verificar que el centro de acopio y almacenamiento o centro de regeneración al cual se van a entregar los refrigerantes para regeneración o del cual se adquieren gases regenerados, se encuentre debidamente autorizado y cuente con la respectiva licencia ambiental de la autoridad ambiental competente.

Usar carretillas adecuadas para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite. Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo.

Implementar procedimientos y capacitación sobre manejo de gases refrigerantes que incluyan criterios de verificación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La entrega de gases recuperados al centro de acopio y almacenamiento o centro de regeneración, debe contar con un registro de cada uno de los lotes, para lo cual se sugiere que como mínimo contenga la información presentada en el modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento del numeral 4.2 correspondiente a centros de acopio.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

- Registros de despacho de gases regenerados.

**Riesgos ambientales**

No aplica

**Riesgos para la salud o seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Condiciones operativas**

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear su origen mediante registros previos.

**Tabla 17.**

Matriz de riesgos asociados a las operaciones de recuperación y reciclaje

Fuente: elaboración propia a partir de información de las hojas de seguridad Dupont para los refrigerantes R22 y R134a, MAVDT & CCS, 2003 y MinAmbiente - UTO, 2014.

## 4.1.4 SEGUIMIENTO Y MONITOREO EN OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

El seguimiento y monitoreo de las operaciones de recuperación y reciclaje, permiten contar con una trazabilidad de los refrigerantes manipulados, así como de las actividades adelantadas. En este sentido, a continuación se presentan algunos modelos de registros básicos sugeridos y listas de verificación que permiten mejorar esta actividad, para así mismo tomar acciones de mejora en cuanto se identifiquen desviaciones respecto a los objetivos propuestos en el marco de las operaciones.

### 4.1.4.1 REGISTROS MODELO PARA OPERACIONES DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

A continuación se presenta un modelo de registro básico con la información mínima que debería contener para adelantar operaciones de recuperación y reciclaje de refrigerantes:

FORMATO DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE GASES REFRIGERANTES						*Referencia N°.
<b>Información General</b>						
Nombre de la empresa usuaria del servicio de mantenimiento: Dirección de la empresa: _____						
Técnico u operador: _____						
Empresa o técnico de servicio de mantenimiento: _____						
Dirección de la empresa o técnico: Correo electrónico: _____						
Teléfono: _____						
Tipo de refrigerante _____ Cantidad total en kilogramos instalada en el equipo _____						
<b>REFRIGERANTE RECUPERADO DEL EQUIPO</b>						
**Fecha	Técnico	Cantidad Recuperada (kg)	N° de serie del cilindro de almacenamiento	¿Cuál fue la razón para recuperar el refrigerante?	¿Realizó reciclaje al gas? Sí No	
<b>REFRIGERANTE RECUPERADO DEL EQUIPO</b>						
**Fecha	Técnico	Cantidad Adicionada (kg)	Tipo de Gas Refrigerante utilizado (marque X) Reciclado Regenerado	N° de serie del cilindro	¿Cuál fue la razón para adicionar otro refrigerante (si aplica)?	
<b>OBSERVACIONES ADICIONALES</b>						
*Referencia N° = Corresponde a un código conformado por fecha de recuperación (DD/MM/AAAA) - hora americana (HHMM) tipo de gas (RXX); ejemplo: 26082014-0415-R22 * Fecha = Utilizar formato DD/MM/AAAA						

**FIGURA 32.**

Modelo de formato para recuperación y reciclaje de refrigerantes

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO, 2015

Así mismo, en aras de favorecer la trazabilidad de los refrigerantes recuperados, se sugiere utilizar como modelo parte de la información de la siguiente etiqueta, ya que si bien se encuentra diseñada para ser utilizada especialmente por parte de los centros de acopio y almacenamiento y los centros de regeneración, en la medida que puedan ser capturados los datos básicos desde el momento de la recuperación del refrigerante "in situ" y esta misma etiqueta pudiese ser complementada por el centro de acopio una vez se entregue a éste, se pueden reducir notablemente los riesgos de pérdida de trazabilidad de información mediante el uso de etiquetas estandarizadas para las diferentes etapas. Para el caso, en el cual se identifique un gas refrigerante no apto para regenerar o con contaminación cruzada, se podrá utilizar la etiqueta sugerida en la figura 42.

**GAS REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN**

Serie del cilindro	Referencia
	DDMMAAAA-HHMM-RXX
Fecha de recepción __/__/__	
Tipo de refrigerante ( )+( )+( )+( )	Identificación % % % %
Estado del cilindro ( Bueno ) (Malo)	Peso del cilindro      Kg
Peso bruto	Kg
Peso neto	Kg
Escriba aquí el nombre del técnico o empresa de mantenimiento si es entregado al Centro de acopio o el nombre del Centro de acopio si es entregado al Centro de Regeneración]	
Nombre del usuario que entrega el gas para regeneración	_____
Dirección	Teléfono
Cantidad esperada después de regeneración	Entre el 98% y 99% del peso neto      Kg      Observaciones:
En caso de emergencia llamar al teléfono:	
	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block; background-color: red; color: white; font-weight: bold;">UN</div>

**FIGURA 33.**

Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para posterior regeneración e identificación de datos básicos a suministrar por el técnico

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015



## 4.1.4.2 LISTA DE VERIFICACIÓN

El siguiente constituye un modelo de lista de verificación que podría ser utilizada para realizar seguimiento y monitoreo a la implementación de las recomendaciones de la presente guía en relación con las operaciones de recuperación y reciclaje. Sin embargo, se sugiere que este modelo de lista sea analizado y complementado con los detalles que se consideren pertinentes, de acuerdo con las características de cada empresa o técnico independiente del área de mantenimiento.

N°	Aspecto a verificar	SI	NO	Observaciones
1	¿Se han identificado los peligros ambientales y en salud derivados de las etapas y actividades asociadas a las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal) y residuos asociados y se han evaluado los potenciales riesgos?			
2	¿Se han identificado los requisitos legales ambientales, de seguridad y salud aplicables en relación con las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)?			
3	¿Se han identificado las buenas prácticas ambientales, de seguridad y salud aplicables en relación con las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)?			
4	¿Se cuenta con procedimientos documentados y disponibles para el personal de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados, para las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)?			
5	¿Se cuenta con el suficiente personal idóneo y competente en la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados, para adelantar las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)? ¿Éste se encuentra certificado en la Norma NCL 280501022 sobre sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones de refrigeración y calefacción según normatividad ambiental?			
6	¿Se han identificado claramente las responsabilidades de cada uno de los actores de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrado, en las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
7	¿Se cuenta con las respectivas hojas de seguridad de los gases refrigerantes manipulados en el lugar de trabajo (incluido durante la movilización y acumulación temporal)?			
8	¿Se implementan de manera permanente los programas de capacitación y entrenamiento con todo el personal de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados (incluidas la movilización y acumulación temporal) para el conocimiento y uso de los procedimientos, hojas de seguridad, buenas prácticas, recomendaciones y demás información y documentos relevantes en las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)?			
9	¿Se capacita y entrena al personal de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados (incluido en la movilización y acumulación temporal) de manera permanente en relación con los procedimientos para atender casos de emergencia, así como el uso de equipos y elementos para atención de emergencias?			
10	¿Se informa al personal de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados (incluido el personal de movilización y acumulación temporal, si fuese diferente) sobre los peligros que conlleva la manipulación de gases refrigerantes y los residuos asociados a estos?			
11	¿Se cuenta con un plan de emergencias que incluya también las actividades de movilización y acumulación temporal?			
12	¿Se cuenta con los respectivos elementos de protección personal (EPP) para todos los trabajadores de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados, dependiendo de sus responsabilidades y actividades (incluido el de movilización y acumulación temporal)?			
13	Si hace parte de una empresa de mantenimiento, ¿se cuenta con un programa de seguridad industrial y salud ocupacional?			
14	¿Se cuenta con los equipos y elementos mínimos para adelantar las operaciones de recuperación y reciclaje de gases refrigerantes (incluidas movilización y acumulación temporal)?			
15	¿La instalación (talleres u otra) utilizada para la acumulación temporal de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con las recomendaciones mínimas presentadas en este capítulo para adelantar de manera segura dicha acumulación?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
16	¿Los medios de movilización utilizados para los gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumplen con las recomendaciones mínimas presentadas en este capítulo para adelantar de manera segura dicha movilización?			
17	¿Para la recuperación de refrigerantes se utilizan cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3 de esta guía?			
18	¿Se verifica de manera previa a su uso, el estado de los cilindros recargables utilizados para la recuperación de refrigerantes?			
19	¿Se cuenta con los respectivos registros básicos de los gases refrigerantes recuperados y se mantienen los respectivos controles de inventarios durante su acumulación temporal?			
20	¿Se utilizan carretillas adecuadas para el movimiento interno de cilindros o montacargas cuando así lo amerita?			
21	¿El personal de la empresa o técnicos independientes del área de mantenimiento involucrados, han sido entrenados en el uso de equipos específicos como la máquina recuperadora y de reciclaje, dispositivos de transvase de refrigerantes u otros utilizados en las diferentes etapas de las operaciones de recuperación y reciclaje?			
22	¿Durante la manipulación o uso de equipos específicos como la máquina recuperadora y de reciclaje, dispositivos de transvase de refrigerantes u otros utilizados en las diferentes etapas de las operaciones de recuperación y reciclaje, se siguen las recomendaciones dadas por el fabricante de los mismos en sus manuales, así como las de los procedimientos o instructivos propios y las brindadas en la presente guía?			
23	¿La acumulación temporal de los gases refrigerantes y sus residuos asociados se realiza de manera ordenada y separada para cada caso (refrigerantes recuperados para regeneración, regenerados y residuales)?			
24	¿Los cilindros son acumulados en la posición recomendada?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
25	En caso que los cilindros sean acumulados temporalmente con ayuda de estantería o mecanismos de soporte, ¿estos son los adecuados y con la suficiente resistencia para el tamaño de los cilindros y con la inclinación adecuada?			
26	¿Se monitorean periódicamente las condiciones ambientales y de seguridad para la acumulación temporal de los gases refrigerantes y sus residuos asociados con el fin de evitar excesiva humedad, temperatura, ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión?			
27	¿Se implementan prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas durante las diferentes etapas y actividades relacionadas con las operaciones de recuperación y reciclaje?			
28	¿Se han implementado prácticas y procedimientos para la prevención de incendios?			
29	¿Se realiza con cierta periodicidad mantenimiento a los medios de movilización y equipos involucrados en las operaciones de recuperación y reciclaje?			
30	¿Se verifica que el centro de acopio o de regeneración y almacenamiento utilizado, se encuentra debidamente autorizado y cuenta con la respectiva licencia ambiental de la autoridad ambiental competente?			
31	Se verifica que el gas regenerado que se recibe de los centros de acopio y almacenamiento, cuenta con el respectivo certificado de aprobación de las pruebas de calidad para poder ser reutilizado?			
32	¿Los residuos generados en las operaciones de reciclaje y recuperación son manejados de manera ambientalmente responsable y segura?			
33	¿Los gases residuales y aceites usados son manejados de manera ambientalmente racional como residuos o desechos peligrosos a través de gestores autorizados (p.ej.: centros de acopio y almacenamiento y centros de regeneración)?			
34	¿Quién actúe como gestor de los residuos peligrosos generados (p. ej.: gases residuales y aceites usados), emite la certificación respectiva al generador de los mismos, indicando que ha concluido la actividad de manejo de residuos o desechos peligrosos para la cual fue contratado?			

**Tabla 18.**  
Modelo de lista de verificación  
para operaciones de recuperación y reciclaje

## 4.2 OPERACIONES DE ACOPIO

Las operaciones asociadas con el acopio de gases refrigerantes son adelantadas por parte de los centros de acopio que hacen parte de la Red R&R&R, cuyo fin es facilitar la comunicación y operaciones adelantadas con gases refrigerantes entre las empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento en refrigeración y los usuarios finales de gases refrigerantes, con los centros de regeneración y con las instalaciones que puedan ser habilitadas para la destrucción de estas sustancias, entre las ciudades intermedias y en el interior de las grandes ciudades.

Los centros de acopio de gases refrigerantes pueden ser de diferentes clases dependiendo de su capacidad de almacenamiento, pero en términos generales sus funciones son (MinAmbiente - UTO, 2013b):

- Prestar el servicio de recolección, transporte y almacenamiento de gases refrigerantes recuperados por los técnicos, talleres, empresas o usuarios finales de aquellas sustancias.
- Orientar la alternativa de manejo que debe darse a los gases refrigerantes almacenados según las características de las sustancias y los requerimientos de los usuarios finales (regeneración o destrucción).
- Abastecer, surtir y proporcionar a los centros de regeneración establecidos los gases refrigerantes recolectados en ciudades intermedias o de aquellos lugares geográficos que se dificulte el acceso directo a la Red de regeneración de refrigerantes.
- Abastecer, surtir y proporcionar gases reutilizables y certificados al mercado de sustancias refrigerantes.

### 4.2.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LAS OPERACIONES DE ACOPIO

Para un adecuado funcionamiento de un centro de acopio de gases refrigerantes, se recomienda contar como mínimo con los siguientes recursos:



**FIGURA 34.**

Recursos necesarios para operaciones de acopio y almacenamiento

#### ■ PERSONAL

El personal operativo involucrado en las actividades relacionadas con el acopio de gases refrigerantes, debe no solamente encontrarse entrenado y capacitado en los procedimientos operativos, sino certificado en la Norma de competencias laborales - NCL 280501022 sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones de refrigeración y calefacción según normatividad ambiental, o aquella que la modifique o reemplace.

#### ■ EQUIPOS Y ELEMENTOS

Los centros de acopio deben contar como mínimo con los siguientes elementos o equipos:

- Cilindros de recuperación con la especificación DOT requerida, con capacidad igual o mayor a 400 psi
- Colector (manifold)
- Bomba para transvase de gases refrigerantes
- Identificador de gases refrigerantes



- Báscula
- Bomba de vacío
- Vacuómetro
- Máquina recuperadora de gases refrigerantes
- Filtros para adelantar reciclaje de refrigerantes con separador de aceite o kit de reciclaje para acoplar a la máquina recuperadora con separador de aceite
- Carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así se amerite

### ■ INSTALACIONES

Se debe contar con una capacidad de almacenamiento acorde al flujo de gases refrigerantes de cada centro de acopio, sin embargo esta área deberá ser exclusiva para este tipo de gases comprimidos y no podrá ser en ningún caso inferior a 50 m<sup>2</sup>.

Adicionalmente, a continuación se extraen algunas recomendaciones aplicables a las instalaciones de almacenamiento de gases refrigerantes, de acuerdo con la recopilación presentada en las Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos (MAVDT & CCS, 2003)

### UBICACIÓN

Se debe verificar que las zonas de almacenamiento de gases refrigerantes estén alejadas de áreas de alto flujo de personas, zonas inestables o inundables, así como de otras que se consideren como posibles fuentes externas de peligro para adelantar la actividad de almacenamiento. De la misma manera, la zona seleccionada para adelantar actividades de almacenamiento, debe ser compatible con el plan de ordenamiento territorial del municipio donde se ubique y estar dotada como mínimo con servicios de agua y electricidad. Adicionalmente, se debe verificar que esta zona cuente con áreas de fácil acceso y evacuación en caso de presentarse alguna emergencia.

### PISOS

El piso del área de almacenamiento debe ser impermeable, resistente, liso mas no resbaloso y sin imperfecciones o agrietamientos para facilitar su limpieza periódica. Se recomienda recubrir con resinas epóxicas cuando esté construido con materiales no impermeables como hormigón.

### TECHOS

El diseño de los techos debe evitar la entrada de aguas lluvias y facilitar la salida de humo y exceso de calor en caso de incendio. Los materiales para los techos y sus vigas no deben ser combustibles, pero se debe procurar que sus cubiertas se desintegren rápidamente para facilitar la salida de humo y calor. En los casos de bodegas cerradas se debe contar con paneles de ventilación en el techo de manera que permanezcan abiertas o se activen fácilmente ante la presencia de fuego.

### SEPARACIÓN DE ÁREAS

Dado que es común que se compartan las áreas de la instalación o bodega para adelantar actividades de almacenamiento de otro tipo de sustancias, se deben verificar los criterios de compatibilidad de las otras sustancias y tener una separación efectiva del área destinada para el almacenamiento de gases refrigerantes, con la ayuda de barreras físicas adecuadas como mallas metálicas o similares, con el fin de evitar el tráfico de personal no autorizado o vehículos o equipos de movilización interna (p.ej.: montacargas) de elementos que estén adelantando operaciones en áreas aledañas.

En este sentido, también se deben tener en cuenta los siguientes criterios adicionales para diseñar o adecuar los pasillos de tráfico:

Los pasillos de tráfico peatonal con al menos 0,75 m de ancho y para los de tráfico vehicular 0,5 m de margen a lado y lado con respecto al ancho de los montacargas, en caso que se utilicen.

Los pasillos peatonales perimetrales de 0,7 m entre los cilindros almacenados y los muros para permitir acceso a la inspección, libre movimiento del aire, espacio para el control del fuego y protección de las sustancias en caso de derrumbamiento de los muros.



## VENTILACIÓN

Se requiere de una adecuada ventilación natural y en los casos en donde las áreas de almacenamiento sean cerradas con potencialidad a superar los límites de exposición recomendados en las hojas de seguridad, se deben adoptar mecanismos de ventilación forzada, teniendo en cuenta que los gases refrigerantes son más densos que el aire y su excesiva concentración en recintos cerrados puede producir asfixia al reducir o desplazar el oxígeno.

La distribución de los ductos de ventilación bien sea natural o forzada, debe darse tanto en la parte superior (techo y paredes) como inferior (paredes) de la bodega o lugar de almacenamiento, con el fin de garantizar un suficiente flujo de aire que se distribuya en la totalidad del recinto. Se debe tener especial cuidado con el diseño de los sistemas de ventilación forzada cuando estos sean requeridos, de manera que se eviten cortocircuitos de aire y remolinos, que disminuyan la eficiencia en la ventilación o generen zonas de estancamiento de aire.

## GENERALIDADES DE SISTEMAS DE RESPUESTA

Si bien los gases refrigerantes abordados para esta guía<sup>15</sup> no son inflamables a condiciones normales de presión y temperatura (excepto en ambientes enriquecidos con oxígeno, en cuyos casos algunos de ellos pueden volverse combustibles<sup>16</sup>), se deben prever algunas medidas generales en caso de presentarse un incendio en el área de almacenamiento o aledañas al mismo, dado que el aumento de temperatura acarreará un aumento de presión de los gases en los cilindros, los cuales a su vez pueden sufrir rupturas, por lo que se deberá procurar enfriarlos con agua mientras se toman las medidas de extinción y por consiguiente implementar mecanismos que faciliten dicha labor, como sistemas detectores de fuego o calor excesivo y de respuesta ante eventos de incendio como rociadores o puntos hidrantes para control del fuego.

Se recomienda ubicar una ducha de emergencias y fuente lava ojos cada 200 m<sup>2</sup> para atender rápidamente un accidente ocasional por contacto con estos gases condensados.

## SISTEMAS CORTAFUEGO

De acuerdo con la normativa colombiana aplicable,<sup>17</sup> se establece que las paredes externas y las divisiones internas, diseñadas para actuar como rompedores de fuego deben ser de material sólido, que resista el fuego durante tres horas y se deben construir hasta una altura de al menos 50 cm por encima de la cubierta de techo más alto o deben tener algún otro medio para impedir la propagación del fuego. Los materiales más adecuados, que combinan resistencia al fuego con resistencia física y estabilidad son: el concreto, los ladrillos y los bloques de cemento. Los muros cortafuego deben ser independientes de los estructurales para evitar un colapso total de los mismos en caso de incendio.

## SALIDAS DE EMERGENCIA

Deben estar debidamente señalizadas y cuyas puertas (en caso de poseerlas) tengan apertura en el sentido de la evacuación sin que haya necesidad del uso de llaves ni mecanismos que requieran un conocimiento especial y facilitando la evacuación incluso en la oscuridad o en un ambiente de humo denso (en caso de incendio).

Las salidas de emergencia deben diseñarse de tal modo que permitan la evacuación en por lo menos dos direcciones.

## ILUMINACIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Se debe tener en cuenta que si el área destinada para el almacenamiento no cuenta con iluminación natural suficiente, se deberán implementar instalaciones de iluminación artificial, máxime si se adelantan actividades en horario nocturno.

Para el caso de instalaciones eléctricas para equipos, se debe tener en cuenta que todo equipo eléctrico debe estar ubicado de manera que se eviten daños accidentales causados por movimiento de vehículos o estibas, o por el contacto con agua u otro líquido. Los equipos deben ser conectados a tierra y estar protegidos contra sobrecargas.

<sup>15</sup> Principalmente R22 y R134a.

<sup>16</sup> Por ejemplo el R134a de acuerdo con la hoja de seguridad del producto.

<sup>17</sup> Título J "Requisitos de protección contra fuego en edificaciones" de la Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes (NSR - 98).

## SEÑALIZACIÓN

Las instrucciones de seguridad deben estar en español y con una interpretación única. Es conveniente el uso de símbolos fáciles de entender. Las señales deberán colocarse en un lugar estratégico a fin de atraer la atención de quienes sean los destinatarios de la información. Se recomienda instalarlos a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos.

El lugar de ubicación de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores reflectivos o materiales fluorescentes. El material de las señales debe ser resistente a golpes, las inclemencias del tiempo y los efectos medio ambientales.

Las señales de seguridad deben ser acordes con lo establecido en el Estatuto de seguridad industrial<sup>18</sup>, sobre código de colores de seguridad recogiendo las recomendaciones básicas de la American Standards Association (A.S.A.).

### Color de seguridad:

Rojo

### Significado:

Señal de prohibición

Peligro - alarma

Material y equipos de lucha contra incendios

### Indicaciones y precisiones:

Comportamientos peligrosos.

Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia, evacuación.

Identificación y localización.

### Color de seguridad:

Amarillo

Amarillo anaranjado

### Significado:

Señal de advertencia

### Indicaciones y precisiones:

Atención, precaución. Verificación.

### Color de seguridad:

Azul

### Significado:

Señal de obligación

### Indicaciones y precisiones:

Comportamiento o acción específica.

Obligación de utilizar un equipo de protección individual.

### Color de seguridad:

Verde

### Significado:

Señal de salvamento o de auxilio

Situación de seguridad

### Indicaciones y precisiones:

Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.

Vuelta a la normalidad.

Fuente: Guía técnica de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo España, 1997.

Adicionalmente se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la señalización:

- Señalizar todas las áreas de almacenamiento y estanterías con la clase de gas almacenado, indicando adicionalmente si se trata de un gas recuperado apto o no para reutilización, regenerado, etc.
- Señalizar el requerimiento de uso de equipo de protección personal para acceder a los sitios de almacenamiento de los gases refrigerantes.
- Señalizar todos los lugares de almacenamiento con las correspondientes señales de obligación a cumplir con las normas mínimas de seguridad adoptadas en dicha instalación.

<sup>18</sup> Adoptado por la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social modificada por la Resolución 3673 de 2008 por el Ministerio de Salud y Protección Social

- Señalizar que sólo personal autorizado puede acceder a sitios de almacenamiento de gases refrigerantes.
- Señalizar los corredores y las vías de circulación de montacargas y otros vehículos utilizando franjas continuas. La delimitación deberá respetar las distancias necesarias de seguridad entre vehículos y objetos próximos, y entre peatones y vehículos.
- Instalar señales en todos los sitios de trabajo, que permitan conocer a todos los trabajadores situaciones de emergencia cuando estas se presenten o las instrucciones de protección requeridas. Se recomienda que la señalización de emergencia en las bodegas de almacenamiento se realice mediante señales acústicas o comunicaciones verbales. También se pueden utilizar señales luminosas en zonas donde la intensidad de ruido ambiental no lo permita o las capacidades físicas auditivas estén limitadas.
- Señalizar los equipos contra incendios, las salidas y recorridos de evacuación y la ubicación de los primeros auxilios.

**Tabla 19.**

Requerimientos generales relacionados con las instalaciones de almacenamiento de gases refrigerantes

Elaborado a partir de información de MAVDT & CCS, 2003

## TRANSPORTE

Teniendo en cuenta que los gases comprimidos son considerados sustancias peligrosas, el transporte de gases refrigerantes por parte de los centros de acopio, implica disponer de vehículos que cumplan con los requerimientos establecidos en la normativa nacional vigente en la materia, es decir el Decreto 1609 de 2002 expedido por el Ministerio de Transporte, por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera, o aquel que lo modifique, sustituya o complemente, el Código Nacional de Tránsito Terrestre y las normas técnicas colombiana aplicables.

Se deben tener en cuenta las diferentes responsabilidades que establece dicha normativa para cada uno de los actores involucrados en la cadena de transporte (remitente o propietario, destinatario de la carga, empresa transportadora, conductor del vehículo, propietario o tenedor del vehículo), quienes tienen la responsabilidad conjunta de asegurar que los requisitos mínimos se cumplan.

A continuación se presentan algunas consideraciones a tener en cuenta para un adecuado transporte de gases refrigerantes asociado a los centros de acopio.

### ROTULADO

Se recomienda utilizar el sistema de rótulos de identificación de la Organización de las Naciones Unidas consignado en las recomendaciones dadas en la NTC 1692 sobre Transporte de mercancías peligrosas. Clasificación, etiquetado y rotulado, así como la normativa vigente en la materia, así:

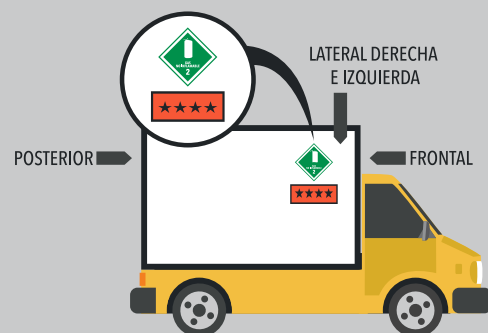
Los rótulos deben ser "Clase 2" de material reflectivo, deben ser ubicados a 2 metros de distancia en la parte lateral de la unidad de transporte, a una altura media que permita su lectura (ver figuras a continuación).



**FIGURA 35.**  
Rótulo en rombo

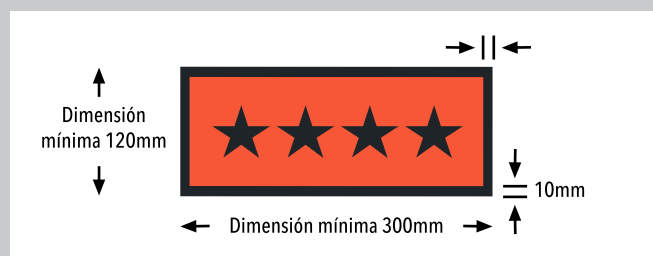
Fuente: MAVDT & CCS, 2003

La placa con el número de las Naciones Unidas (UN)<sup>19</sup>, en todas las caras visibles de la unidad de transporte y la parte delantera de la cabina del vehículo de transporte de carga (ver figura 37). El color de fondo de esta placa debe ser naranja y los bordes y el número UN serán negros. Las dimensiones serán 30 cm. x 12 cm., por seguridad y facilidad estas placas pueden ser removibles.



**FIGURA 36.**  
Rotulado del vehículo

Elaboración propia



**FIGURA 37.**  
Rótulo rectangular

Fuente: MAVDT & CCS, 2003

<sup>19</sup> Dependiendo del gas refrigerante manejado, puede ser por ejemplo según la lista publicada en el Libro Naranja (UNECE, 2009 Parte 3): UN 1018 para R22, UN 1028 para R12, UN 3159 para R134a, entre otros.

### REQUISITOS TÉCNICOS Y MECÁNICOS

- Contar con el certificado vigente de revisión técnico-mecánica reglamentaria, que certifique el buen estado mecánico, técnico y de emisiones al ambiente del vehículo, así como la documentación adicional exigida por la normativa vigente para transporte de mercancías peligrosas.
- Contar con dispositivos que minimicen los riesgos de chispas o explosiones.
- Contar con un dispositivo sonoro o pito, que se active en el momento en el cual el vehículo se encuentre en movimiento de reversa.
- En ningún caso un vehículo cargado con gases refrigerantes puede circular con más de un remolque o semirremolque.
- Se debe poseer dispositivos de carga y descarga de cilindros.

### EQUIPO DE CARRETERA

De acuerdo con el artículo 30 del Código Nacional de Tránsito Terrestre "equipos de prevención y seguridad" ningún vehículo podrá transitar por las vías del territorio nacional sin portar el siguiente equipo de carretera como mínimo (Ley 769 de 2002):

- Un gato con capacidad para elevar el vehículo con la carga que transporta.
- Una cruceta.
- Dos señales de carretera en forma de triángulo en material reflectivo y provistas de soportes para ser colocadas en forma vertical, o lámparas de señal de luz amarilla intermitentes o de destello.
- Un botiquín de primeros auxilios<sup>20</sup>.
- Dos tacos para bloquear el vehículo.
- Caja de herramienta básica que como mínimo deberá contener: alicate, destornilladores, llave de expansión y llaves fijas.
- Llanta de repuesto.
- Linterna.

**Tabla 20.**

Requerimiento general para los vehículos de transporte de gases refrigerantes

Elaborado a partir de información de MAVDT & CCS, 2003 y UNECE, 2011

<sup>20</sup> Aunque el Código de Transporte no fija el contenido de éste, se recomienda que contenga (MAVDT & CCS, 2003): a) antisépticos, b) material de curación: gasas estériles, compresas de agua, vendas degasa, vendas elásticas, vendas adhesivas de diversos tamaños resistentes al agua, espadrapo y algodón y, c) instrumental: tijeras, guantes estériles desechables y termómetro.

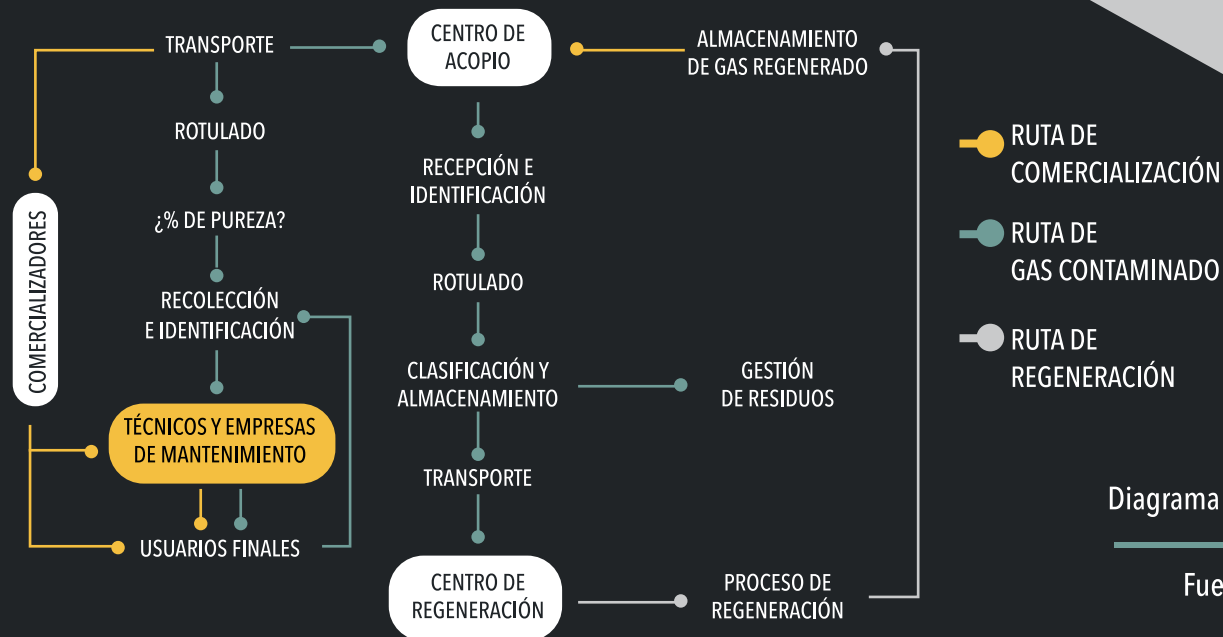
### ELEMENTOS BÁSICOS PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Contar con mínimo 2 extintores tipo multipropósito de acuerdo con el tipo y cantidad de materiales presentes, uno en la cabina y los demás cerca de la carga, en sitio de fácil acceso y que se pueda disponer de él rápidamente en caso de emergencia.

Contar con un equipo de protección personal que consiste como mínimo en guantes impermeables, lentes de seguridad con protección lateral.

## 4.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE ACOPIO

En la figura siguiente, se presenta un diagrama que sintetiza las actividades y operaciones que adelantan por parte de un centro de acopio y almacenamiento. Así mismo, a continuación se presenta un flujograma detallado de las actividades involucradas en las operaciones de acopio con una breve descripción de las diferentes etapas involucradas.



**FIGURA 38.**  
Diagrama general de las operaciones de acopio

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015

# OPERACIONES DE ACOPIO

## ETAPA

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE  
O RECEPCIÓN DE GASES  
RECUPERADOS

1

## ACTIVIDADES



Inspección externa  
de cilindros y detección  
de fugas

Identificación y pesaje  
preliminar

Recolección

Transporte de gas  
recuperado



Empresas y técnicos del  
área de mantenimiento

Recepción

Inyección en cilindros  
para acopio y  
almacenamiento



## DESCRIPCIÓN

Es común que las empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento entreguen directamente los gases refrigerantes en los Centros de Acopio - CA, realizando el transvasado de los gases recuperados en cilindros del CA; sin embargo, éstos últimos normalmente también ofrecen el servicio de recolección y transporte cuando éste sea requerido por los usuarios.

En los casos en que el CA realiza la recolección y transporte, de manera previa se adelantan actividades de inspección externa de los cilindros y la respectiva verificación de fugas, para luego adelantar una identificación y pesaje preliminar, el cual se realiza mediante la diferencia entre el peso del cilindro con el gas recuperado y la tara del mismo.

Por su parte, la etapa de recolección y transporte o recepción de gases recuperados, tiene como fin trasladar y registrar el ingreso de los gases refrigerantes recuperados por las empresas y técnicos independientes del área del mantenimiento al respectivo Centro de Acopio (Ver sección 4.1), bien sea para su almacenamiento temporal mientras es llevado a un Centro de Regeneración o con el fin de realizar el manejo integral y ambientalmente racional de aquellos gases que resulten clasificados como residuales. Adicionalmente, durante esta etapa se verifica que los gases hayan sido recuperados en los cilindros adecuados para ello, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el capítulo 3, con el fin de garantizar que se cuenta con condiciones seguras de contención de los gases para adelantar las etapas subsiguientes.

Así mismo, en los casos en donde los usuarios solicitan que los Centros de Acopio también presten el servicio de recuperación de los gases, quienes cuentan también con los equipos y personal idóneo para adelantar dicha actividad, ésta debe ser adelantada de acuerdo con las recomendaciones asociadas a recuperación presentadas en la sección 4.1.

## ILUSTRACIÓN



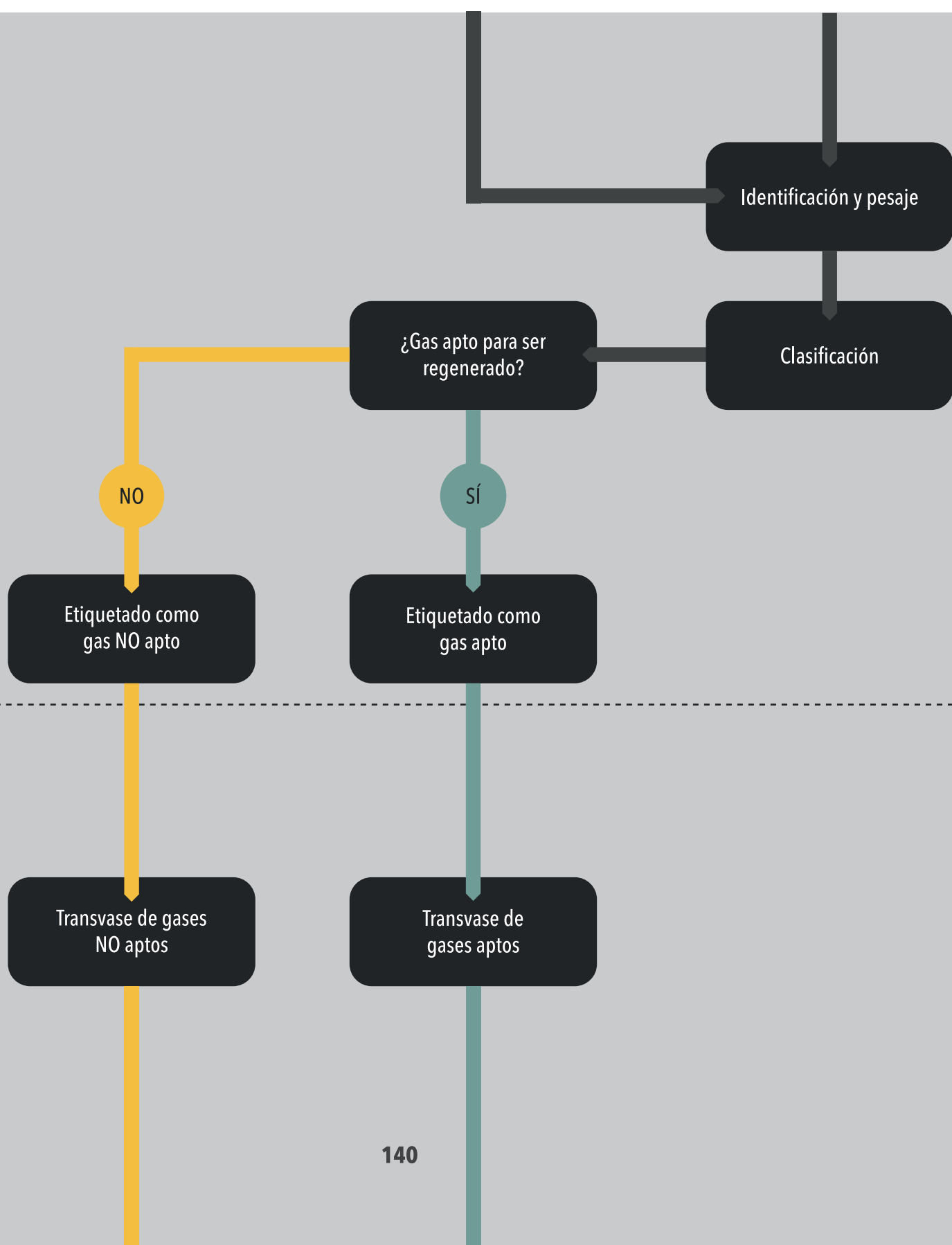
GAS REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN	
Serie del cilindro	Referencia
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha de recepción	Identificación
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de refrigerante ( )=( )=( )	Peso del cilindro
<input type="text"/>	<input type="text"/> Kg
Estado del cilindro ( Bueno ) (Malo)	Peso bruto
<input type="text"/>	<input type="text"/> Kg
Peso neto	Observaciones:
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nombre del usuario que entrega el gas para regeneración	Teléfono
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Dirección	
<input type="text"/>	
Cantidad esperada después de regeneración	Entre el 98% y 99% del peso neto
<input type="text"/>	<input type="text"/>
En caso de emergencia llamar al teléfono:	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE GASES RECUPERADOS

2

TRANSVASE DE GASES RECUPERADOS

3

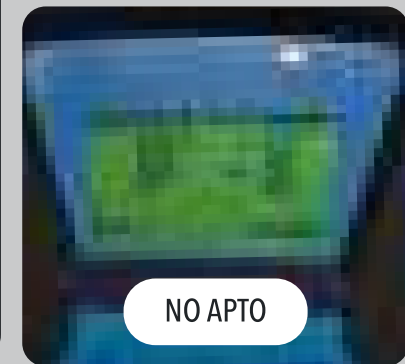
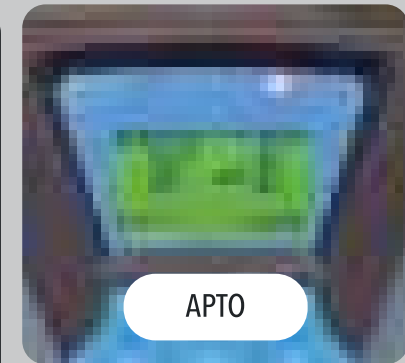


Las dos técnicas utilizadas para la identificación rápida de un gas refrigerante "in situ" son la de Relación Temperatura y Presión cuyo procedimiento se describe en el "PP2 - Verificación de Carga" del Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración (MADS, 2014), y la de Espectroscopía infrarroja no dispersiva (Non-Dispersive Infra Red Spectroscopy, NDIR) en los casos en los que se dispone de un equipo analizador de gases refrigerantes, cuyo procedimiento es bastante sencillo y puede ser consultado en el Anexo 2 del presente documento. Las dos técnicas mencionadas se complementan entre si, pero la más utilizada y efectiva es la técnica de Espectroscopía infrarroja no dispersiva.

La identificación tiene como propósito conocer la pureza o concentraciones en peso de los gases refrigerantes tales como CFC, HCFC, HFC, mezclas zeotrópicas y azeotrópicas y HC, la composición de sus mezclas y contenidos de agua. Adicionalmente, durante esta etapa se corrobora el peso del gas recibido.

Una vez los gases han sido identificados, se clasifican en reutilizables o aptos para regeneración, cuando la concentración del gas es igual o superior al 98% y en NO reutilizables o NO aptos para regeneración, para aquellos con concentración menor a 98%. En algunos casos, cuando los gases resultan ser NO aptos para regeneración pero su concentración se encuentra muy cercana al 98%, se puede evaluar si es viable adelantar operaciones de acondicionamiento del mismo mediante la mezcla de estos con gases puros o casi puros, con el fin de volverlos aptos para regeneración. Sin embargo, esta práctica puede resultar compleja y no siempre es costo-efectiva, por lo que las operaciones de acondicionamiento se consideran opcionales.

A partir de la clasificación dada para cada gas identificado, se procede a etiquetarlo como apto o NO apto para regeneración, colocando una etiqueta distintiva sobre el respectivo cilindro, con el fin de mantener la trazabilidad del mismo y facilitar la visualización de sus características de concentración y clasificación para su correcto almacenamiento.



En el proceso de acopio es probable que se requiera adelantar operaciones de transvase de los gases recuperados, para lo cual se utilizan en algunos casos las mismas unidades recuperadoras o en otros se recurre a dispositivos especializados para el transvase de gases, los casos que se dispone de ellos. Las actividades de transvase se adelantan especialmente en los siguientes casos:

1. Cuando es requerido en aras de optimizar las áreas de almacenamiento tanto de gases reutilizables como no reutilizables.
2. Cuando los propietarios de los cilindros recargables solicitan su devolución inmediata.
3. Cuando los cilindros que llegan directamente al Centro de Acopio con gases reutilizables no corresponden a cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el capítulo 3.
4. Cuando los gases recuperados no son aptos para ser regenerados o no reutilizables y requieren ser almacenados por periodos considerables de tiempo (meses o años), mientras son llevados a destrucción.

Dado que para este último caso, los servicios de almacenamiento de gases residuales en los cilindros recargables puede resultar impráctico y poco costo-efectivo, algunos Centros de Acopio ofrecen alternativas de almacenamiento en cilindros de mayor capacidad diseñados para ello, como una alternativa más económica y con menores requerimientos de área que para cilindros individuales, casos en los cuales el trasvase se convierte en una operación fundamental.



ALMACENAMIENTO DE GASES RECUPERADOS

4

Almacenamiento de gases NO aptos para regeneración

Almacenamiento de gases aptos para regeneración

TRANSPORTE DE GASES REUTILIZABLES Y NO REUTILIZABLES

5

Transporte de gases NO reutilizables

Transporte de gas para regeneración

MANEJO AMBIENTAL DE GASES REUTILIZABLES Y NO REUTILIZABLES

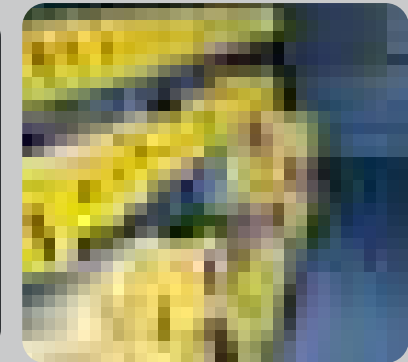
6

Manejo integral y ambientalmente racional de gases residuales o NO reutilizables

Intercambio de gases para regenerar y regenerados en el Centro de Regeneración

Las actividades de almacenamiento de gases recuperados son la razón de ser de los Centros de Acopio, etapa en la que se almacenan de manera separada los gases reutilizables (aptos para regeneración y regenerados) y los NO reutilizables (o no aptos para regeneración), bien sea a nivel de piso o con la ayuda de estantería adecuada para garantizar condiciones de almacenamiento seguras tanto a nivel operativo, como ambiental y de salud.

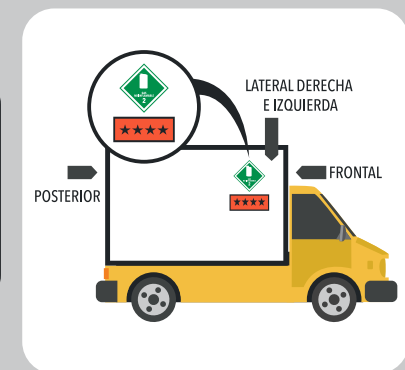
Los gases dependiendo de su clasificación (aptos para regeneración, regenerados o residuales), pueden tener diferentes tiempos de almacenamiento en las instalaciones de los Centros de Acopio. Sin embargo, independientemente del tiempo de almacenamiento de un gas y lo simple que pudiera parecer esta actividad, se deben implementar todas las medidas preventivas del caso con el fin de minimizar los riesgos inherentes a este tipo de operaciones.



Esta etapa tiene como objetivo direccionar y trasladar a su destino, los gases recuperados dependiendo su clasificación.

Para el caso de los gases aptos para regeneración, los gases son dirigidos a los Centros de Regeneración autorizados con el fin de adelantar el proceso correspondiente (Ver sección 4.3).

Por otra parte, los gases clasificados como residuales son transportados hasta las instalaciones de los gestores autorizados para adelantar las alternativas de eliminación o destrucción autorizadas en el país.



En esta etapa el manejo del gas depende de su clasificación que a su vez ha definido su destino de acuerdo con lo descrito en la etapa anterior. Los gases aptos para regeneración son entregados en los Centros de Regeneración autorizados con el fin de devolverles sus características iniciales, convirtiéndolos de nuevo en gases aptos para su reutilización de acuerdo con las pruebas de calidad establecidas para ello (Ver sección 4.3).

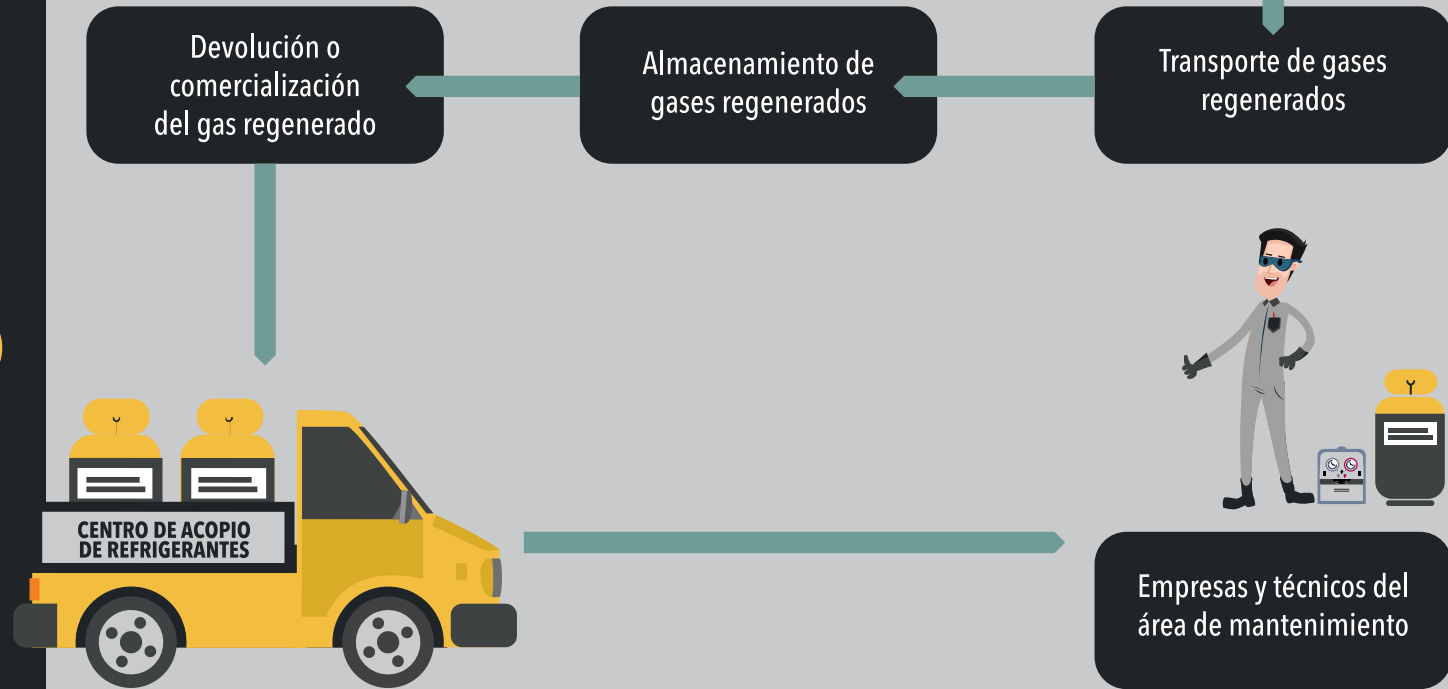
Así mismo, se recogen los gases que ya han sido regenerados previamente para ser retornados al Centros de Acopio en aras de devolverlos o comercializarlos con los usuarios finales.

Por otra parte, los gases clasificados como residuales, pueden tener tiempos de almacenamiento mayores en los Centros de Acopio, hasta tanto sean sometidos a destrucción térmica o exportados para su manejo en otro país. A través de esta etapa se les da a los gases residuales un manejo ambientalmente racional a través de gestores autorizados para implementar las alternativas de manejo aprobadas por el Protocolo de Montreal y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la UTO y tiene como fin eliminar de manera definitiva los riesgos ambientales y en salud asociados al uso y manejo de estos residuos.

GAS REFRIGERANTE NO APTO PARA REGENERAR	
Serie del cilindro	Referencia
	DOMMAGAAHHHBB-POK
Fecha de recepción	__/__/__
Tipo de refrigerante	( )+( )+( ) Identificación % % %
Estado del cilindro ( Bueno   Malo)	Peso del cilindro Kg
Peso bruto	Tabla 21.
Peso neto	Operaciones de acopio de refrigerantes
Nombre del propietario del gas residual	
Nombre del Centro de acopio y almacenamiento	
Dirección	Teléfono
Tipo de manejo final a adelantarse	Mencione el tipo de manejo a adelantarse Observaciones:
En caso de emergencia llamar al teléfono:	UN   

REUTILIZACIÓN DE GASES  
REGENERADOS

7





La etapa final asociada a las operaciones de acopio, tiene que ver con las actividades de transporte, almacenamiento temporal y devolución o comercialización de los gases regenerados. Esta etapa tiene como fin retornar los gases refrigerantes a los sistemas en los cuales son involucrados para su reutilización por parte de las empresas y técnicos independientes del área de mantenimiento, mientras dichos usuarios a futuro se convierten a sistemas que utilicen gases de refrigeración definitivos, es decir con Potenciales de Agotamiento de Ozono - PAO (ODP por sus siglas en inglés) y Potencial de Calentamiento Global - PCG (GWP por sus siglas en inglés) iguales a cero.



**Tabla 21.**  
Operaciones de acopio de refrigerantes

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015

## 4.2.3 CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS A LAS OPERACIONES DE ACOPIO

A partir de la caracterización de las operaciones de acopio y almacenamiento, se presentan las siguientes fichas de manejo de riesgos asociados.

### ETAPA 1. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE O RECEPCIÓN DE GASES RECUPERADOS

#### ACTIVIDADES

Recolección

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes recuperados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases recuperados.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

##### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación** súbita del gas comprimido, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Antes de recoger cualquier gas refrigerante, se debe tener conocimiento de sus características básicas para lo cual se recomienda consultar previamente las hojas de seguridad aplicables y prever las medidas especiales para su manipulación.

Se debe verificar que los gases se encuentren recuperados en cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

No se deben aceptar cilindros con gas recuperado que no cumplan con las especificaciones de seguridad de los cilindros recargables, como por ejemplo cilindros de los gases vírgenes o cilindros en mal estado o modificados. En dicho caso, se debe informar al propietario de los mismos la necesidad de realizar el transvase de estos a cilindros recargables a la mayor brevedad posible, en cuyo caso se debe adelantar la actividad de transvase con todas las medidas de precaución.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite. Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta.

Implementar procedimientos y capacitación sobre recepción y despacho de gases refrigerantes que incluya criterios de aceptación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La recolección de gases recuperados por parte del centro de acopio, debe contar con un registro de cada uno de los lotes recogidos, para lo cual se sugiere verificar que contenga la información mínima requerida para mantener su trazabilidad como los datos de origen e identificación del cilindro.

Registros de recolección y transporte de gases recuperados.

- Registros de capacitación y entrenamiento

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Riesgos para la salud o seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

## ACTIVIDADES

Transporte de gases recuperados

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Transporte de los gases en vehículos que no cumplen con los requerimientos normativos.
- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes recuperados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases recuperados.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones de la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por incendio.** Si bien los gases refrigerantes abordados en este documento no son inflamables, estos pueden volverse inflamables si llegan a enriquecerse con oxígeno o aire y con cloro para algunas mezclas de HCFC o HFC. Estos gases tienden a descomponerse si entran en contacto directo con fuentes de calor, produciéndose en este caso compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que por tratarse de gases presentarían un incremento gradual de la temperatura y presión, lo que puede conllevar a una sobrepresión e incluso ruptura de los cilindros, provocando lesiones físicas.

Además de las consideraciones expuestas en el numeral 4.2.1 sobre requerimientos de los vehículos para el transporte de gases refrigerantes, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones durante las operaciones de transporte:

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

#### Generales

Los gases refrigerantes no deben ser transportados en espacios cerrados como, por ejemplo, el baúl de un automóvil. Se debe realizar mantenimiento periódico a las unidades de transporte, para evitar situaciones inseguras que pudieran conducir a fugas, incendios u otro tipo de emergencia.

## **MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

### **Manejo de la carga**

Es necesario contar con toda la información de seguridad de los gases refrigerantes a manipular como las hojas de seguridad, las instrucciones o procedimientos relacionados, los equipos de protección personal y las instrucciones a seguir en caso de accidente. Así mismo, el personal involucrado debe estar entrenado y capacitado para las operaciones de rutina y para saber cómo actuar ante una eventual emergencia.

Es indispensable que los cilindros de los gases a transportar se encuentren debidamente etiquetados y clasificados, de acuerdo con los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana 1692 sobre clasificación, rotulado y etiquetado y la normativa vigente en la materia o de lo contrario no se deberá transportar dichos elementos. Así mismo, es muy importante que dichos cilindros, de acuerdo con la verificación realizada durante la recolección, se encuentren en buen estado y cuenten con las especificaciones mencionadas en el numeral 3. Los gases recuperados no se deben transportar junto con alimentos.

### **Carga y descarga**

Deben existir áreas demarcadas y señalizadas para esta actividad, que garanticen buenas condiciones de accesibilidad, maniobrabilidad y seguridad, y suministrar condiciones adecuadas de ventilación. El personal a cargo debe seguir procedimientos operativos y de seguridad industrial, establecidos por la empresa y las recomendaciones de la hoja de seguridad. Debe estar entrenado y su desempeño verificado. La información y los equipos de atención de emergencias deben estar disponibles para cualquier eventualidad.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

Se debe tener vigilada la zona mientras dura la operación y ante cualquier anomalía detener la operación y no continuar hasta realizar la corrección oportuna. Así mismo se debe estar atento para mantener el buen estado y el cierre de los cilindros durante la carga y descarga de los mismos, para evitar fugas.

### **Segregación**

La distribución de la carga dentro del vehículo debe realizarse teniendo en cuenta la compatibilidad entre las mercancías a transportar. La NTC 2880 para el transporte de mercancías peligrosas clase 2, advierte que la segregación que puede ser necesaria se indica en la hoja de seguridad correspondiente a cada sustancia.

La carga debe ser adecuadamente acomodada y sujeta o asegurada dentro del vehículo para evitar movimientos que puedan romper o averiar los cilindros y generar fugas. No debe interferir en la visibilidad del conductor, y no comprometer la estabilidad o conducción del vehículo.

No está permitido bajo ninguna circunstancia el transporte de gases refrigerantes en la misma unidad de transporte junto con animales, alimentos, personas, ni medicamentos.

#### **Planificación del transporte**

De manera previa al recorrido, se debe elaborar y entregar al conductor un plan de transporte, de tal forma que se tenga control y seguimiento de la actividad. Se sugiere que el plan incluya aspectos como la hora de salida del origen y de llegada al destino, la ruta más adecuada bajo el supuesto de condiciones normales de tráfico, el listado de los teléfonos para notificación en caso de una emergencia incluyendo entidades de atención de emergencias y la información necesaria de los destinatarios, así como los puntos de control en caso que aplique.

Se deben implementar prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas, bien sea mediante un detector de fugas o verificación con solución jabonosa.

#### **Documentación requerida**

Se debe contar con la documentación requerida según la normativa vigente en materia de transporte de mercancías peligrosas, entre los que se encuentran los siguientes documentos: manifiesto de carga, remesa terrestre de carga, tarjeta de registro nacional para el transporte de carga y registro nacional para el transporte de mercancías peligrosas, así como documentos complementarios a estos.

La tarjeta de emergencia debe ser suministrada por el propietario de los gases a transportar y se elabora a partir de la hoja de seguridad de los mismos bajo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 4532 sobre la elaboración de este tipo de tarjetas.

Estos documentos hacen parte de la gestión legal y operativa que deben realizar las empresas legalmente constituidas para el transporte especializado de mercancías peligrosas en el país.

#### **Manejo de residuos**

Los residuos generados durante la actividad de transporte bien sea por operación normal o por eventuales emergencias, deben ser manejados de una manera ambientalmente segura y responsable, de acuerdo con la normativa ambiental vigente, lo cual debe estar articulado con el plan de gestión integral de residuos peligrosos y no peligrosos diseñado por el centro de acopio.



**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Otros**

El lavado del exterior de los vehículos se debe realizar en un sitio que disponga de un sistema colector del agua residual y de tratamiento del agua residual con sistemas de retención de sólidos y de aceites y grasas. En el agua residual tratada se deben monitorear parámetros asociados a las sustancias peligrosas transportadas para verificar posible contaminación.

En caso de fuga de gas, si es posible, se debe actuar con prontitud para cortar el flujo. Se deben seguir las pautas específicas dadas en la tarjeta de emergencia. En todo caso se deben seguir los procedimientos del plan de emergencia el cual se debe implementar y mantener. Se debe además asegurar que el conductor y las personas acompañantes tienen el entrenamiento adecuado para dar la primera respuesta a una emergencia por fugas.

Se sugiere realizar una inspección constante de las rutas de transporte y mantener informadas a las autoridades viales sobre situaciones inseguras en la vía que pudieran producir volcamiento.

Implementación de programas de seguridad industrial y salud ocupacional que incluyan una revisión médica periódica del personal.

- Registros de recolección y transporte de gases recuperados.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

**Riesgos ambientales**

No aplica

**Riesgos para la salud o seguridad**

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

## ACTIVIDADES

Recepción

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes recuperados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases recuperados.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones de la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Al recibir los gases recuperados se debe solicitar al conductor del vehículo la tarjeta de emergencia (en caso de no poseerla o no contar con la hoja de seguridad del gas) y verificar que los cilindros estén debidamente etiquetados y en buenas condiciones. Si estos no se encuentran en buen estado se deben tomar las acciones necesarias para evitar accidentes y en caso de ser necesario transvasar los gases a cilindros adecuados vacíos.

El recibo y despacho de los gases recuperados lo debe realizar una persona capacitada y entrenada, para lo cual se debe establecer un sistema de control administrativo que involucre la supervisión por personal calificado y con experiencia, para asegurarse que el ingreso de los gases recuperados es seguro y cumple con todos los requerimientos establecidos para su aceptación en el centro de acopio.

Se debe verificar que los gases se encuentren recuperados en cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3.

No se deben aceptar cilindros con gas recuperado que no cumplan con las especificaciones de seguridad de los cilindros recargables, como por ejemplo cilindros de los gases vírgenes o cilindros en mal estado o modificados. En dicho caso, se debe informar al propietario de los

mismos la necesidad de realizar el transvase de estos a cilindros recargables a la mayor brevedad posible, en cuyo caso se debe adelantar la actividad de transvase con todas las medidas de precaución.

Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta.

Implementar procedimientos y capacitación sobre recepción y despacho de gases refrigerantes que incluya criterios de aceptación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La recepción de gases recuperados en el centro de acopio, debe contar con un registro de cada uno de los ingresos, para lo cual se sugiere que como mínimo contenga la información presentada en el modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento presentado en el numeral 4.2.4.1..

Esta actividad puede implicar la movilización de los gases al interior del centro de acopio, para lo cual se debe utilizar un carro o carretilla porta cilindros o montacargas. No hacerlos rodar ni arrastrarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o con otras superficies.

En los casos en que se utilicen montacargas, el manejo y mantenimiento de estos debe ser realizado por personal entrenado y calificado. Los operadores de los montacargas deben tener en cuenta entre otras las siguientes normas de conducción:

- Respetar los límites de velocidad y la señalización.
- Conservar la distancia.
- Detenerse en todas las intersecciones.
- Detectar peatones y ceder el paso.
- No transportar pasajeros.
- No dejar el motor encendido durante su ausencia.
- Mantener las horquillas abajo.
- Mantener el cuerpo dentro del vehículo.
- Los montacargas, camiones y maquinaria móvil, deberán contar con alarma de retroceso de tipo sonoro.

- Registros de recepción y manejo de gases recuperados.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

**MEDIO DE  
IMPLEMENTACIÓN Y  
VERIFICACIÓN DE  
LA MEDIDA DE  
PREVENCIÓN**

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica

#### Riesgos para la salud o seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

## ETAPA 2. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE GASES RECUPERADOS

### ACTIVIDADES

Identificación y clasificación

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases recuperados.
- Inadecuado uso del equipo de identificación de gases o en condiciones húmedas o por desensamblar el equipo.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

##### Afectaciones de la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones al recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

**Alteración de las condiciones operativas** Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos. Daño y salida de servicio de los equipos de manera temporal o definitiva.

El personal que adelanta las actividades de identificación y clasificación, debe estar debidamente capacitado y entrenado para adelantar estas labores específicas y contar con procedimientos claros en el lugar de trabajo. El personal involucrado debe contar y utilizar sus elementos de protección personal (EPP) para la manipulación de gases refrigerantes. Como mínimo debe contar con guantes impermeables, gafas con protección lateral, calzado cerrado y overol de trabajo o similar.

El equipo analizador debe estar apagado antes de conectarlo a cualquier cilindro o sistema y operarse según las recomendaciones del manual presentado en el anexo 6 de este documento. Se debe realizar una purga con aire e inspeccionar la manguera muestreadora del equipo identificador antes de su uso; en caso de encontrarse deteriorada o contaminada con aceite, ésta se debe reemplazar.

No se deben utilizar mangueras diferentes a las suministradas con el equipo.

No se deben direccionar las mangueras con salida de vapores de los refrigerantes hacia la piel o en general el cuerpo del personal.

El equipo identificador debe ser desarmado y desensamblado únicamente por personal autorizado e idóneo. Se debe ubicar en superficies planas y resistentes y no debe ser utilizado sobre superficies mojadas o húmedas para evitar choques eléctricos.

Evite inhalar o entrar en contacto directo con los gases refrigerantes durante las actividades realizadas con estos y mantenga las áreas de trabajo bien ventiladas.

Nunca ingrese muestras al equipo identificador con presiones que superen los 500 psig o la presión máxima que indique el fabricante del equipo. No obstruya los ductos del equipo mientras esté operando.

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Etiquetas de los cilindros con datos de identificación y clasificación y mantener una copia para archivo de gestión.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Riesgos ambientales

No aplica

### Riesgos para la salud o seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por choques eléctricos**, Interrumpir de inmediato el flujo de corriente eléctrica y consultar con un médico inmediatamente.

## ACTIVIDADES

Etiquetado

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Desorganización en el manejo y movilización interna de los cilindros.
- No contar con un mecanismo de etiquetado inmediato de los cilindros incrementando que se puedan confundir entre ellos.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Poco probables

#### Afectaciones en salud

Poco probables

#### Alteración de las condiciones operativas

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Adelantar el etiquetado de los cilindros recolectados o recibidos con etiquetas fácilmente comprensibles para el personal involucrado de tal forma que proporcione información esencial sobre su clasificación, los peligros asociados y las precauciones de seguridad que deban observarse.



Teniendo en cuenta que no se posee en Colombia una reglamentación específica en cuanto al etiquetado para efectos de almacenamiento, se debe usar el Sistema Internacional de la Organización de las Naciones Unidas, adoptado en la Norma Técnica Colombiana 1692 sobre Transporte de mercancías peligrosas, clasificación, etiquetado y rotulado. De acuerdo con la clasificación dada por Naciones Unidas en el documento conocido como Libro Naranja, los gases refrigerantes objeto de esta guía<sup>21</sup> se clasifican como clase 2.2: gases no inflamables y no tóxicos.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Etiquetas de cilindros.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Condiciones operativas

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos su origen.

<sup>21</sup> Las recomendaciones presentadas en esta guía corresponde a los refrigerantes más comúnmente utilizados actualmente en el marco de la Red R&R&R que son R22 y R134a.

## ETAPA 3. TRANSVASE DE GASES RECUPERADOS

### ACTIVIDADES

Transvase

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de dispositivos inadecuados para el transvase o inadecuada manipulación de los mismos.

## IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

### **Impactos ambientales:**

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

### **Afectaciones en salud**

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones por recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

### **Alteración de las condiciones operativas**

Pérdida o contaminación cruzada de gases reutilizables.

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

Daño y salida de servicio de los equipos o dispositivos de manera temporal o definitiva.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Antes de iniciar la actividad de transvase, se debe verificar que se cuenta con los elementos y dispositivos necesarios para llevarla a cabo garantizando la ausencia de fugas.

Velar porque cuando se transfieran los gases recuperados a otros recipientes o equipos, se indique el contenido de estos últimos a fin de que los trabajadores estén informados de la identidad de estas sustancias, de los riesgos que entraña su utilización y de todas las precauciones de seguridad que se deben tomar.

El transvase de los gases recuperados debe ser realizado por personal capacitado y entrenado, bajo procedimientos o instrucciones claras para una adecuada manipulación de los cilindros y los diferentes dispositivos utilizados para el transvase.

Implementar sistemas cerrados o de corta duración para el transvase de sustancias.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

En caso de fuga de gas se debe actuar con prontitud para cortar el flujo y seguir las pautas específicas dadas en las hojas de seguridad.

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de recepción y manejo de gases recuperados.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica

#### Riesgos para la salud y seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

#### Condiciones operativas

En caso de contaminación cruzada del gas manipulado, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo determinado si ha cambiado su condición, por ejemplo de ser apto para regeneración a no apto o residual.

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos su origen.

## ETAPA 4. ALMACENAMIENTO DE GASES RECUPERADOS

### ACTIVIDADES

Almacenamiento de gases aptos y No aptos para regeneración

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Manipulación inadecuada de cilindros durante el almacenamiento o su movilización interna.
- Deficiencias o ausencia de monitoreo y control de fugas y condiciones de almacenamiento.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones a la salud

Dependiendo del tipo de exposición de las personas involucradas en un accidente con gases refrigerantes pueden presentarse enfermedades profesionales, lesiones, invalidez o en casos extremos hasta la muerte.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible por ser los gases refrigerantes más densos que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por incendio.** Si bien los gases refrigerantes abordados en este documento no son inflamables, estos pueden volverse inflamables si llegan a enriquecerse con oxígeno o aire y con cloro para algunas mezclas de HCFC o HFC. Estos gases tienden a descomponerse si entran en contacto directo con fuentes de calor, produciéndose en este caso compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que por tratarse de gases presentarían un incremento gradual de la temperatura y presión, lo que puede conllevar a una sobrepresión e incluso ruptura de los cilindros, provocando lesiones físicas.

Además de las consideraciones generales expuestas en el numeral 4.2.1.3, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones adicionales para las operaciones de almacenamiento:

Contar con instrucciones y procedimientos claros en los lugares de almacenamiento relacionados con las actividades adelantadas, los elementos de protección personal, higiene, seguridad y medio ambiente, atención de emergencias, complementadas con las respectivas hojas de seguridad de acuerdo con los gases manipulados y entrenamiento sobre manejo seguro de los mismos para evitar fugas o accidentes.

Realizar el almacenamiento ordenado de los cilindros. Es aconsejable dividir el área de almacenamiento en sectores y demarcar cada sección claramente para gases aptos para regeneración o reutilizables; gases no aptos para regeneración o residuales y; gases regenerados, una vez sean tratados en el centro de regeneración y retornados al centro de acopio. Es deseable contar con un plano de distribución de áreas para el almacenamiento.

Todos los cilindros deben ser almacenados en posición vertical o en un ángulo mínimo de 45° con un soporte o mecanismo que impida su volcamiento. Se debe evitar apilar los cilindros ya que puede presentarse ruptura en las válvulas y escape del gas refrigerante. A cambio se recomienda utilizar estantería adecuada de acuerdo con el tamaño de los cilindros.

Almacenar en áreas separadas los cilindros llenos y los vacíos, indicando además de la etiqueta del cilindro, en la debida señalización del área de almacenamiento si corresponde a cilindros vacíos o llenos y en el caso de los cilindros llenos, si corresponde a gas para regenerar, gas regenerado o gas residual.

Los cilindros deben ser almacenados en áreas secas, frescas y bien ventiladas, lejos de áreas congestionadas o salidas de emergencia.

El área de almacenamiento debe ser protegida con el fin de prevenir en el cilindro ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión.

No almacenar los cilindros directamente bajo el sol ni exponerlos a una temperatura mayor a 50°C (120° F). Se deben mantener siempre lejos del calor, chispas o llamas.

Implementar prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas, bien sea mediante un detector de fugas o verificación con solución jabonosa. Así mismo, es recomendable realizar inspecciones ambientales y de seguridad de manera regular para asegurar que las medidas de control ambiental y preparación ante emergencias del centro de acopio, sean entendidas por el personal involucrado, y para que las deficiencias sean corregidas, estimulando de esta manera un mayor aprendizaje y concientización.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

Implementar prácticas y procedimientos para la prevención de incendios.

Eliminar fuentes de ignición y de calor, así como materiales combustibles durante el desarrollo de las actividades involucradas en el área de almacenamiento de gases refrigerantes.

No realizar trabajos de mantenimiento que generen chispas o llamas en las áreas donde se encuentren almacenadas o en tránsito diferentes sustancias peligrosas.

Diseñar y mantener un plan de emergencia que incluya preparación y respuesta ante situaciones de incendio, sobrepresión súbita de los gases en los cilindros o equipos o fuga de los mismos.

Instalar y dar mantenimiento a infraestructura y equipos para el control de incendios.

Concientización y verificación del uso de elementos de protección personal (EPP).

Implementación de programas de seguridad industrial y salud ocupacional que incluya una revisión médica periódica del personal.

Implementar procedimientos y capacitaciones sobre control de inventarios, para evitar que los gases almacenados pierdan sus propiedades.

Realizar mantenimiento de pisos, rampas, instalaciones y montacargas, para evitar situaciones inseguras.

**MEDIO DE  
IMPLEMENTACIÓN Y  
VERIFICACIÓN DE  
LA MEDIDA DE  
PREVENCIÓN**

- Registros de monitoreo de condiciones de almacenamiento y fugas.
- Registros de control de inventarios.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica

#### Riesgos para la salud y seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Por incendio**, activar los mecanismos de respuesta disponibles en caso de incendio y dar aviso a los bomberos de ser necesario. Mientras se controla el fuego, enfriar los cilindros con agua para evitar sobrepresiones y descomposición de los gases.

## ETAPA 5. TRANSPORTE DE GASES REUTILIZABLES Y NO REUTILIZABLES

### ACTIVIDADES

Transporte de gases para regeneración y no reutilizables

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Los mismos presentados para transporte de gases recuperados.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

Los mismos presentados para transporte de gases recuperados.



**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Las mismas presentadas para la recolección y transporte o recepción de gases recuperados (etapa 1).

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Registros de despacho y transporte de gases para regeneración y no reutilizables.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Las mismas presentadas para transporte de gases recuperados.

**ETAPA 6. MANEJO AMBIENTAL DE GASES REUTILIZABLES Y NO REUTILIZABLES**

**ACTIVIDADES**

Intercambio de Gases para regenerar y regenerados en el Centro de Regeneración

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes para regenerar o regenerados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases para regenerar o regenerados.
- Inadecuado etiquetado de cilindros con gases para regeneración y regenerados.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

**Afectaciones a la salud**

*Por inhalación* de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

### **Alteración de las condiciones operativas**

Pérdida de trazabilidad de los gases regenerados y para regenerar incurriendo en reprocesos.

Antes de entregar o recoger cualquier gas refrigerante, se debe tener conocimiento de sus características básicas para lo cual se recomienda consultar previamente las hojas de seguridad aplicables y prever las medidas especiales para su manipulación. Se debe verificar que los gases regenerados sean entregados por el centro de regeneración en los cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3. En caso que esto no se cumpla, se deben rechazar.

En Colombia, estos cilindros si bien poseen las mismas especificaciones técnicas de los cilindros recargables para recuperación, se diferencian de los otros por su color verde, con el fin de que el usuario final reconozca a simple vista que se trata de un gas regenerado y no se confundan con los gases recuperados. Esta diferenciación es opcional y es aplicada por algunos centros de acopio o de regeneración.

De la misma manera, los cilindros que se entreguen con gases para regeneración, deben cumplir con dichas especificaciones.

Verifique que el gas regenerado cuenta con el certificado de aprobación de las pruebas de calidad necesarias para poder ser reutilizado mediante devolución o comercialización con las empresas o técnicos de mantenimiento.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo.

Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta. Implementar procedimientos y capacitación sobre recepción y despacho de gases refrigerantes que incluya criterios de aceptación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La recolección de gases regenerados por parte del centro de acopio, debe contar con un registro de cada uno de los lotes recogidos, para lo cual se sugiere que como mínimo contenga la información presentada en el modelo de formato para salida de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento presentado en el numeral 4.2.4.1.

Se deben elaborar e implementar planes de gestión integral de residuos peligrosos y no peligrosos que contemplen los residuos asociados a las actividades de acopio, mantenimiento, y administrativas, entre otras.

Los gases residuales deben ser manejados de manera ambientalmente racional como residuos o desechos peligrosos, de acuerdo con las alternativas aceptadas por el protocolo de Montreal y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la UTO, en el marco de la normativa ambiental vigente.

Se debe considerar durante todas las actividades asociadas al acopio, la generación y manejo no solamente de los gases residuales, sino de otros residuos peligrosos derivados de actividades de mantenimiento de equipos, dispositivos u otro tipo de elementos involucrados en la actividad como aceites usados y desechos contaminados con estos, llantas usadas y baterías plomo ácido de vehículos y montacargas, así como otros derivados del mantenimiento de las instalaciones y otros de tipo administrativo como bombillas o luminarias fluorescentes, pilas usadas, tóner, equipos de cómputo e impresoras en desuso, entre otros.

Para el caso de cilindros vírgenes en mal estado o desechados, se debe tener en cuenta que el generador podrá demostrar ante la autoridad ambiental que sus residuos no presentan ninguna característica de peligrosidad y una vez demostrado lo anterior, podrá realizar la disposición de los residuos de manera ambiental y económicamente viable. En caso que los resultados de la caracterización indiquen que se trata de un residuo peligroso, se deberá adelantar su disposición final a través de gestores autorizados por las autoridades ambientales.

La gestión ambiental de estos envases, consiste en desocuparlos al máximo antes de su disposición final, mediante la recuperación y reciclaje de los refrigerantes remanentes. Quiere decir que las latas y cilindros desechables completamente vacíos y despresurizados, podrán ser compactados, para luego aprovecharlos. La Guía Q, expedida por el Instituto de Refrigeración, Aire Acondicionado y Calefacción - AHRI - de los Estados Unidos, sobre recuperación de contenido y reciclaje apropiado de cilindros de refrigerante, ofrece un procedimiento para recuperar el contenido y posterior reciclaje de los estos envases.

Así mismo, se deberá considerar la generación y manejo de residuos ordinarios o no peligrosos tales como papel, cartón, plástico, entre otros y los cilindros vacíos que puedan ser aprovechados, para lo cual deberán ser cortados (no perforados) una vez se garantice que no contienen excedentes de gas, aceite u otra sustancia que los convierta en peligrosos.

El manejo ambientalmente racional y seguro tanto de los gases residuales como de los demás residuos peligrosos generados, deben ser adelantados exclusivamente por gestores autorizados por las autoridades ambientales para adelantar las alternativas de manejo más adecuadas en el marco de la normativa ambiental vigente. En los casos en que aplique, se deben articular los planes de gestión integral de residuos peligrosos con los programas posconsumo existentes y aplicables, como por ejemplo el de bombillas o luminarias, baterías plomo ácido, llantas usadas, pilas usadas y computadores e impresoras en desuso, entre otros.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

De la misma manera, se deberá procurar promover el aprovechamiento y valorización de los residuos ordinarios o no peligrosos mediante la articulación del plan de gestión integral de residuos sólidos con los programas existentes en la zona para reducir, reutilizar y reciclar.

De acuerdo con la normativa ambiental vigente, el centro de acopio debe expedir en su calidad de gestor de residuos peligrosos una certificación al generador de los mismos, indicando que ha concluido la actividad de manejo de residuos o desechos peligrosos para la cual ha sido contratado (almacenamiento, destrucción, etc.).

- Registros de despacho de gases aptos para regeneración y recepción de gases regenerados.

**Riesgos ambientales**

No Aplica

**Riesgos para la salud y seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Condiciones operativas**

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos su origen.

## ETAPA 7. REUTILIZACIÓN DE GASES REGENERADOS

### ACTIVIDADES

Transporte de gases regenerados

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Los mismos presentados para la recolección y transporte o recepción de gases recuperados (etapa 1).

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

Los mismos presentados para la recolección y transporte o recepción de gases recuperados (etapa 1).

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Las mismas presentadas para la recolección y transporte o recepción de gases recuperados (etapa 1).

#### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de recolección y transporte de gases regenerados.

#### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

Las mismas presentadas para la recolección y transporte o recepción de gases recuperados (etapa 1).

## ACTIVIDADES

Almacenamiento de gases regenerados

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Los mismos presentados para Almacenamiento de gases aptos y no aptos para regeneración (etapa 4.).

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

Los mismos presentados para almacenamiento de gases aptos y no aptos para regeneración (etapa 4.).

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Las mismas presentadas para almacenamiento de gases aptos y no aptos para regeneración (etapa 4.).

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de monitoreo de condiciones de almacenamiento y fugas.
- Registros de control de inventarios.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

Las mismas presentadas para almacenamiento de gases aptos y no aptos para regeneración (etapa 4.).



## ACTIVIDADES

Devolución o comercialización de gases regenerados

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes regenerados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases regenerados.
- Inadecuado etiquetado de cilindros con gases regenerados.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones a la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

#### Alteración de las condiciones operativas

Pérdida de trazabilidad de los gases regenerados incurriendo en reprocesos.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Los gases regenerados a ser devueltos o comercializados con las empresas y técnicos de mantenimiento, deben ser entregados por el centro de acopio en los cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3. En Colombia estos cilindros si bien poseen las mismas especificaciones técnicas de los cilindros recargables para recuperación, se diferencian de los otros por su color verde, con el fin que el usuario final reconozca a simple vista que se trata de un gas regenerado y no se confundan con los gases recuperados. Esta diferenciación es opcional y es aplicada por algunos centros de acopio o de regeneración.

Se debe entregar al usuario del gas regenerado un certificado de aprobación de las pruebas de calidad necesarias para poder ser reutilizado mediante devolución o comercialización con las empresas o técnicos de mantenimiento.

Usar una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

**MEDIO DE  
IMPLEMENTACIÓN Y  
VERIFICACIÓN DE  
LA MEDIDA DE  
PREVENCIÓN**

Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta. Implementar procedimientos y capacitación sobre despacho de gases refrigerantes que incluya criterios de verificación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La entrega de gases regenerados por parte del centro de acopio, debe contar con un registro de cada uno de los lotes devueltos o comercializados, para lo cual se sugiere contar con registros que contengan información básica que permita mantener la trazabilidad de los refrigerantes recibidos del centro de regeneración correspondiente.

- Registros de despacho de gases regenerados.



## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Riesgos ambientales

No aplica

### Riesgos para la salud y seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

### Condiciones operativas

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos su origen

### Tabla 22.

Matriz de riesgos asociados a las operaciones de acopio y almacenamiento

Fuente: elaborado a partir de información de las hojas de seguridad de los refrigerantes R22 y R134a, MAVDT & CCS, 2003 y MinAmbiente - UTO, 2014.

## 4.2.4 SEGUIMIENTO Y MONITOREO EN OPERACIONES DE ACOPIO

El seguimiento y monitoreo especialmente en las operaciones de acopio y almacenamiento, es fundamental para mantener la trazabilidad de los refrigerantes manipulados, así como de las actividades adelantadas con estos. En este sentido, a continuación se presentan algunos modelos de registros básicos sugeridos y listas de verificación que permiten mejorar esta actividad, para así mismo tomar acciones de mejora en cuanto se identifiquen desviaciones respecto a los objetivos propuestos en el marco de las operaciones.

### 4.2.4.1 REGISTROS MODELO PARA OPERACIONES DE ACOPIO

A continuación se presentan dos modelos de registros básicos con la información mínima que se sugiere contengan los formatos diseñados para controlar la entrada y salida de refrigerantes en el marco de las operaciones de acopio y almacenamiento.

# FORMATO DE ENTRADA DE GASES REFRIGERANTES AL CENTRO DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO

CENTRO DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

[Escriba aquí en nombre del Centro de acopio y almacenamiento]

RED DE RECUPERACIÓN RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES DE COLOMBIA

FECHA	NOMBRE DE LA EMPRESA O TÉCNICO QUE ENTREGA EL REFRIGERANTE	NIT/CC	DIRECCIÓN Y CIUDAD	TELÉFONO	PERSONA QUE ENTREGA	TIPO DE REFRIGERANTE (R12, R22, R134a)	SERIE DEL CILINDRO	RESPONSABLE DE LA RECEPCIÓN DEL REFRIGERANTE EN EL CA

PESO NETO (Kg)	% REFRIGERANTES IDENTIFICADOS							APTO PARA REGENERAR?	FIRMA DE QUIEN ENTREGA EL REFRIGERANTE EN EL CA	OBSERVACIONES		
	R22	R134a	R12	R404a	R407	R410a	HC	OTROS	SI	NO		

**FIGURA 39.**

Modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento

Fuente: Adaptado a partir de MinAmbiente – UTO & SENA - CEET, 2015

# FORMATO DE SALIDA DE GASES REFRIGERANTES DEL CENTRO DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO

CENTRO DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES

[Escriba aquí en nombre del Centro de acopio y almacenamiento]

RED DE RECUPERACIÓN RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES DE COLOMBIA

FECHA	NOMBRE DEL C.R. AL QUE SE LE ENTREGA EL REFRIGERANTE	NIT	DIRECCIÓN Y CIUDAD	TELÉFONO	PERSONA QUE RECIBE EN EL CR	NOMBRE CONDUCTOR	PLACA DEL VEHÍCULO	IPO DE REFRIGERANTE (R12, R22, R134a)

SERIE DEL CILINDRO	RESPONSABLE DEL DESPACHO DEL REFRIGERANTE EN EL C.A.	PESO NETO (Kg)	% REFRIGERANTES IDENTIFICADOS						FIRMA DE QUIEN RECIBE EN EL C.R.	OBSERVACIONES		
			R22	R134a	R12	R404a	R407	R410a	HC	OTROS		

**FIGURA 40.**  
Modelo de formato para salida de refrigerantes a centros de acopio y almacenamiento

Fuente: adaptado a partir de  
MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015

De otra parte, es deseable que las empresas y técnicos de mantenimiento utilicen una etiqueta para refrigerantes recuperados con los datos (y en lo posible características) estándar presentados en el modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para posterior regeneración e identificación de datos básicos a suministrar por el técnico presentada en el numeral 4.1.4.1, con el fin de favorecer la trazabilidad de éstos y que los Centros de acopio y almacenamiento la verifiquen y complementen. Lo anterior, sin perder de vista por supuesto, la posibilidad que por diversas razones el Centro de acopio deba no solo complementarla sino en ocasiones reemplazarla, pero siempre procurando el uso de etiquetas con información estandarizada para las diferentes operaciones y etapas.

### GAS REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN

Serie del cilindro	Referencia		
<input type="text"/>	DDMMAAAA-HHMM-RXX		
Fecha de recepción __/__/__			
Tipo de refrigerante ( )+( )+( )+( )	Identificación	%	%
Estado del cilindro ( Bueno )(Malo)	Peso del cilindro	<input type="text"/>	Kg
Peso bruto	<input type="text"/>		Kg
Peso neto	<input type="text"/>		Kg
Escriba aquí el nombre del técnico o empresa de mantenimiento si es entregado al Centro de acopio o el nombre del Centro de acopio si es entregado al Centro de Regeneración			
Nombre del usuario que entrega el gas para regeneración		Teléfono	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Cantidad esperada después de regeneración	Entre el 98% y 99% del peso neto	Kg	Observaciones:
<input type="text"/>			<input type="text"/>

En caso de emergencia llamar al teléfono:

UN

2

!

!

**FIGURA 41.**

Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para regeneración e información a ser complementada por el centro de acopio y almacenamiento

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015

Adicionalmente, en los casos en que al momento de realizar la identificación o análisis de los gases refrigerantes recuperados, Estos resulten como NO aptos para regeneración (cuando el porcentaje de concentración del gas principal no alcance el 98%), la etiqueta debe ser removida y reemplazada por una que indique claramente que se trata de un gas residual NO apto para regeneración. A continuación se presenta un modelo sugerido:

### GAS REFRIGERANTE NO APTO PARA REGENERAR

Serie del cilindro	Referencia		
<input type="text"/>	DDMMAAAA-HHMM-RXX		
Fecha de recepción __/__/__			
Tipo de refrigerante ( )+( )+( )+( )	Identificación	%	%
Estado del cilindro ( Bueno )(Malo)	Peso del cilindro	<input type="text"/>	Kg
Peso bruto	<input type="text"/>		Kg
Peso neto	<input type="text"/>		Kg
Nombre del propietario del gas residual		[Escriba aquí el nombre del cliente, técnico o empresa de mantenimiento]	
Nombre del Centro de acopio y almacenamiento		[Escriba aquí el nombre del Centro de acopio a cargo de su manejo]	
Dirección		Teléfono	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Tipo de manejo final a adelantar	Mencione el tipo de manejo a adelantar	Observaciones:	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

En caso de emergencia llamar al teléfono:

UN

2

!

!

**FIGURA 42.**

Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados no aptos para regeneración

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015



## 4.2.4.2 LISTA DE VERIFICACIÓN

A continuación se presenta un modelo de lista de verificación que podría ser utilizada para realizar seguimiento y monitoreo a la implementación de las recomendaciones de la presente guía en relación con las operaciones de acopio y almacenamiento. Sin embargo, se sugiere que este modelo de lista sea analizado y complementado con los detalles que se consideren pertinentes, de acuerdo con las características de cada centro de acopio y almacenamiento.

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
1	¿Se han identificado los peligros ambientales y en salud derivados de las etapas y actividades asociadas a las operaciones de acopio y almacenamiento (incluido transporte) de gases refrigerantes y residuos asociados y se han evaluado los potenciales riesgos?			
2	¿Se han identificado los requisitos legales ambientales, de seguridad y salud aplicables en relación con las operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes (incluido transporte)?			
3	¿Se han identificado las buenas prácticas ambientales, de seguridad y salud aplicables en relación con las operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes (incluido transporte)?			
4	¿Se cuenta con procedimientos documentados y disponibles para el personal involucrado para las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes (incluido transporte)?			
5	¿Se cuenta con el suficiente personal idóneo y competente para adelantar las operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes (incluido transporte)? ¿Éste se encuentra certificado en la Norma NCL 280501022 sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones de refrigeración y calefacción según normatividad ambiental?			
6	¿Se han identificado claramente las responsabilidades de cada uno de los actores involucrados en las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes (incluido transporte)?			
7	¿Se cuenta con las respectivas hojas de seguridad de los gases refrigerantes manipulados en el lugar de trabajo (incluido transporte)?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
8	¿Se implementan de manera permanente los programas de capacitación y entrenamiento con todo el personal involucrado (incluido el de transporte) para el conocimiento y uso de los procedimientos, hojas de seguridad, buenas prácticas, recomendaciones y demás información y documentos relevantes en las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de acopio y almacenamiento de gases refrigerantes?			
9	¿Se capacita y entrena al personal involucrado (incluido el de transporte) de manera permanente en relación con los procedimientos para atender casos de emergencia, así como en el uso de equipos y elementos para atención de emergencias?			
10	¿Se informa al personal involucrado (incluido el de transporte) sobre los peligros que conlleva la manipulación de gases refrigerantes y los residuos asociados a estos?			
11	¿Se cuenta con un plan de emergencias que incluya también las actividades de transporte?			
12	¿El plan de emergencias se encuentra articulado con el plan local de emergencias?			
13	¿Se realizan con cierta periodicidad simulacros para la implementación del plan de emergencias al interior de las instalaciones donde se realizan las operaciones de acopio y almacenamiento?			
14	¿Se cuenta con los respectivos elementos de protección personal (EPP) para todos los trabajadores involucrados dependiendo de sus responsabilidades y actividades (incluido transporte)?			
15	¿Se cuenta con un programa de seguridad industrial y salud ocupacional?			
16	¿Se cuenta con los equipos y elementos mínimos para adelantar las actividades de acopio y almacenamiento?			
17	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de ubicación planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
18	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>pisos</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
19	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>techos</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
20	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>separación de áreas</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
21	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>ventilación</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
22	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>sistemas de respuesta</b> a emergencias planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
23	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>sistemas cortafuego</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
24	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>salidas de emergencia</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
25	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>iluminación e instalaciones eléctricas</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
26	¿La instalación utilizada para el acopio y almacenamiento de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>señalización</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
27	¿Los vehículos utilizados para el transporte de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>rotulado</b> planteados en el numeral 4.2.1.4 de esta guía?			
28	¿Los vehículos utilizados para el transporte de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>requisitos técnicos y mecánicos</b> planteados en el numeral 4.2.1.4 de esta guía?			
29	¿Los vehículos utilizados para el transporte de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>equipo de carretera</b> planteados en el numeral 4.2.1.4 de esta guía?			
30	¿Los vehículos utilizados para el transporte de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>elementos básicos para atención de emergencias</b> planteados en el numeral 4.2.1.4 de esta guía?			
31	¿Se verifica durante la recolección y/o recepción que todos los cilindros de gases refrigerantes o residuos asociados que ingresan al centro de acopio y almacenamiento están debidamente clasificados y etiquetados?			
32	¿Se verifica el uso y estado de cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3 de esta guía?			
33	¿Se cuenta con los respectivos registros de trazabilidad de los gases refrigerantes manipulados (recuperados para regeneración, regenerados y residuales) y se mantienen los respectivos controles de inventarios (cantidades y calidades) y de ubicación de los mismos?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
34	¿Se verifica que los vehículos que transportan los gases refrigerantes y residuos asociados cuentan con toda la documentación establecida por la normativa vigente y cumplen con los requisitos dispuestos en ésta?			
35	¿Se utilizan carretillas adecuadas para el movimiento interno de cilindros o montacargas cuando así lo amerita?			
36	¿Se implementan los criterios establecidos en las NTC 1692 y 2880, así como las demás recomendaciones dadas en esta guía durante las actividades de transporte de gases refrigerantes?			
37	¿El personal involucrado ha sido entrenado para el uso de equipos específicos como el identificador o analizador de gases, dispositivos de transvase de refrigerantes u otros utilizados en las diferentes etapas de las operaciones de acopio y almacenamiento?			
38	¿Durante la manipulación o uso de equipos específicos como el identificador o analizador de gases, dispositivos de transvase de refrigerantes u otros utilizados en las diferentes etapas de las operaciones de acopio y almacenamiento, se siguen las recomendaciones dadas por el fabricante de los mismos en sus manuales, así como las de los procedimientos o instructivos propios y las brindadas en la presente guía?			
39	¿El almacenamiento de los refrigerantes y sus residuos asociados está basado en un plan documentado?			
40	¿El almacenamiento de los gases refrigerantes y sus residuos asociados se realiza de manera ordenada y separada para cada caso (refrigerantes recuperados para regeneración, regenerados y residuales) y en caso que en la bodega se realice almacenamiento de otras sustancias o residuos, se respetan criterios de compatibilidad química?			
41	¿Se cuenta con un pasillo perimetral entre los elementos almacenados y los muros?			
42	¿Los cilindros son almacenados en la posición recomendada?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
43	En caso que los cilindros sean almacenados con ayuda de estantería o mecanismos de soporte, ¿estos son los adecuados y con la suficiente resistencia para el tamaño de los cilindros y con la inclinación adecuada?			
44	¿Se monitorean periódicamente las condiciones ambientales y de seguridad para el almacenamiento de los gases refrigerantes y sus residuos asociados con el fin de evitar excesiva humedad, temperatura, ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión?			
45	¿Se implementan prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas durante las diferentes etapas y actividades relacionadas con las operaciones de acopio y almacenamiento?			
46	¿Se han implementado prácticas y procedimientos para la prevención de incendios?			
47	¿Se posee e implementa con cierta periodicidad un plan de mantenimiento de instalaciones, vehículos y equipos involucrados en las operaciones de acopio y almacenamiento?			
48	¿Se verifica que el gas regenerado que se recibe de los centros de regeneración, cuenta con el respectivo certificado de aprobación de las pruebas de calidad para poder ser reutilizado mediante devolución o comercialización con las empresas o técnicos de mantenimiento?			
49	¿Se posee e implementa un plan de gestión integral de residuos peligrosos y no peligrosos que contemple los residuos asociados a las etapas y actividades de las operaciones de acopio y almacenamiento, así como las de mantenimiento, administrativas, entre otras?			
50	¿Los gases residuales son manejados de manera ambientalmente racional como residuos o desechos peligrosos, de acuerdo con las alternativas aceptadas por el protocolo de Montreal y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la UTO, en el marco de la normativa ambiental vigente?			
51	Como parte del manejo ambientalmente racional dado a los residuos, ¿se consideran otros residuos peligrosos derivados de actividades de mantenimiento de equipos, dispositivos u otro tipo de elementos involucrados en la actividad como aceites usados y desechos contaminados			



N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
	con estos, llantas usadas y baterías plomo ácido de vehículos y montacargas, así como otros derivados del mantenimiento de las instalaciones y otros de tipo administrativo como bombillas o luminarias fluorescentes, pilas usadas, tóner, equipos de cómputo e impresoras en desuso, entre otros?			
52	Como parte del manejo ambientalmente racional dado a los residuos, ¿se consideran otros residuos ordinarios o no peligrosos tales como papel, cartón, plástico, entre otros y los cilindros vacíos que puedan ser aprovechados y que no sean considerados peligrosos?			
53	¿Se cuenta con licencia para el manejo de todos los residuos peligrosos generados? O en su defecto, ¿dicho manejo se adelanta con gestores autorizados para ese tipo de residuos peligrosos?			
54	¿Quién actúe como gestor de los RESPEL generados, emite la certificación respectiva al generador de los mismos, indicando que ha concluido la actividad de manejo de residuos o desechos peligrosos para la cual fue contratado?			

## 4.3 OPERACIONES DE REGENERACIÓN

### 4.3.1 REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

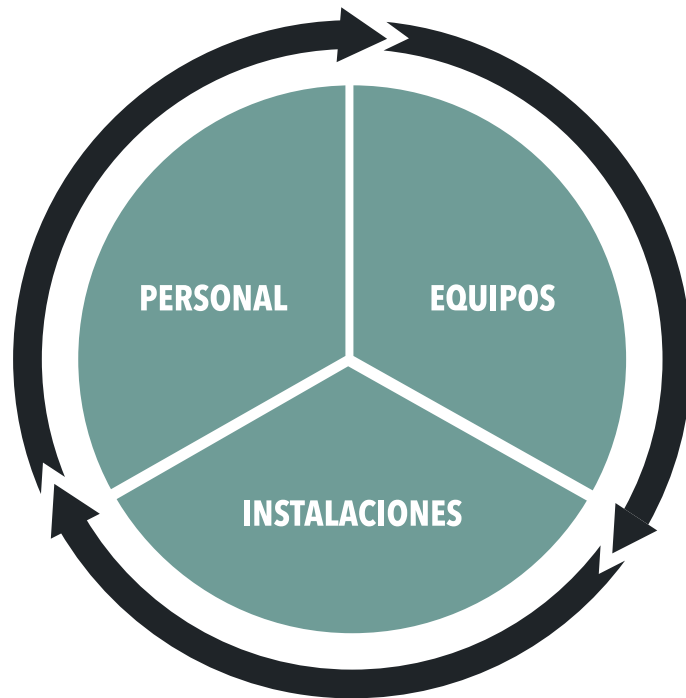
Las operaciones asociadas con la regeneración de gases refrigerantes son adelantadas por parte de los centros de regeneración que hacen parte de la Red R&R&R, cuyo fin es reprocesar los gases refrigerantes contaminados para que cumplan con las especificaciones iniciales similares a las de un refrigerante virgen, establecidas por la norma de calidad ARI-700, convirtiéndolo en un gas que puede ser reutilizado y reincorporado a los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y calefacción de donde proviene.

#### 4.3.1.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA LAS OPERACIONES DE REGENERACIÓN

Para un adecuado funcionamiento de un centro de regeneración de gases refrigerantes, se recomienda contar como mínimo con los siguientes recursos:

##### Personal

El personal operativo involucrado en las actividades relacionadas con la regeneración de gases refrigerantes, debe no solamente encontrarse entrenado y capacitado en los procedimientos operativos, sino certificado en la Norma de competencias laborales - NCL 280501022 sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones de refrigeración y calefacción según normatividad ambiental.



**Figura 43.**

Recursos necesarios para operaciones de acopio y almacenamiento

#### Personal

El personal operativo involucrado en las actividades relacionadas con la regeneración de gases refrigerantes, debe no solamente encontrarse entrenado y capacitado en los procedimientos operativos, sino certificado en la Norma de competencias laborales - NCL 280501022 sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones de refrigeración y calefacción según normatividad ambiental.

Las pruebas de calidad deben ser llevadas a cabo por un tecnólogo o profesional en el área química y encontrarse capacitado o entrenado para implementar y desarrollar los protocolos de la norma ARI-700.

#### Equipos y elementos

Los centros de regeneración deben contar como mínimo con los siguientes elementos o equipos:

- Cilindros de recuperación con las especificaciones DOT requeridas, con capacidad igual o mayor a 400 psi.
- Colector (manifold).
- Bomba para transvase de líquidos.
- Identificador de gases refrigerantes.
- Báscula.
- Bomba de vacío.
- Vacuómetros.
- Máquina recuperadora de gases refrigerantes.
- Filtros para adelantar reciclaje de refrigerantes con separador de aceite o kit de reciclaje para acoplar a la máquina recuperadora con separador de aceite.
- Carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.
- Unidad regeneradora.
- Cromatógrafo de gases con inyector para columna empacada, detector de ionización de llama (FID) y/o detector de conductividad térmica (TCD).
- Materiales de laboratorio necesarios de acuerdo con los protocolos de laboratorio para pruebas de calidad presentados en los anexos del 8 al 12 de la presente guía.
- Equipo y elementos para adelantar las operaciones de lavado de cilindros descritas en el numeral 3 de esta guía.

#### Instalaciones

Dado que como parte de las operaciones adelantadas en los centros de regeneración se encuentran inmersas las actividades de almacenamiento temporal de gases refrigerantes, se deben cumplir los mismos criterios presentados para el almacenamiento en centros de acopio y almacenamiento, por lo cual se sugiere revisar el numeral 4.2.1.3 de esta guía.

## 4.3.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE REGENERACIÓN

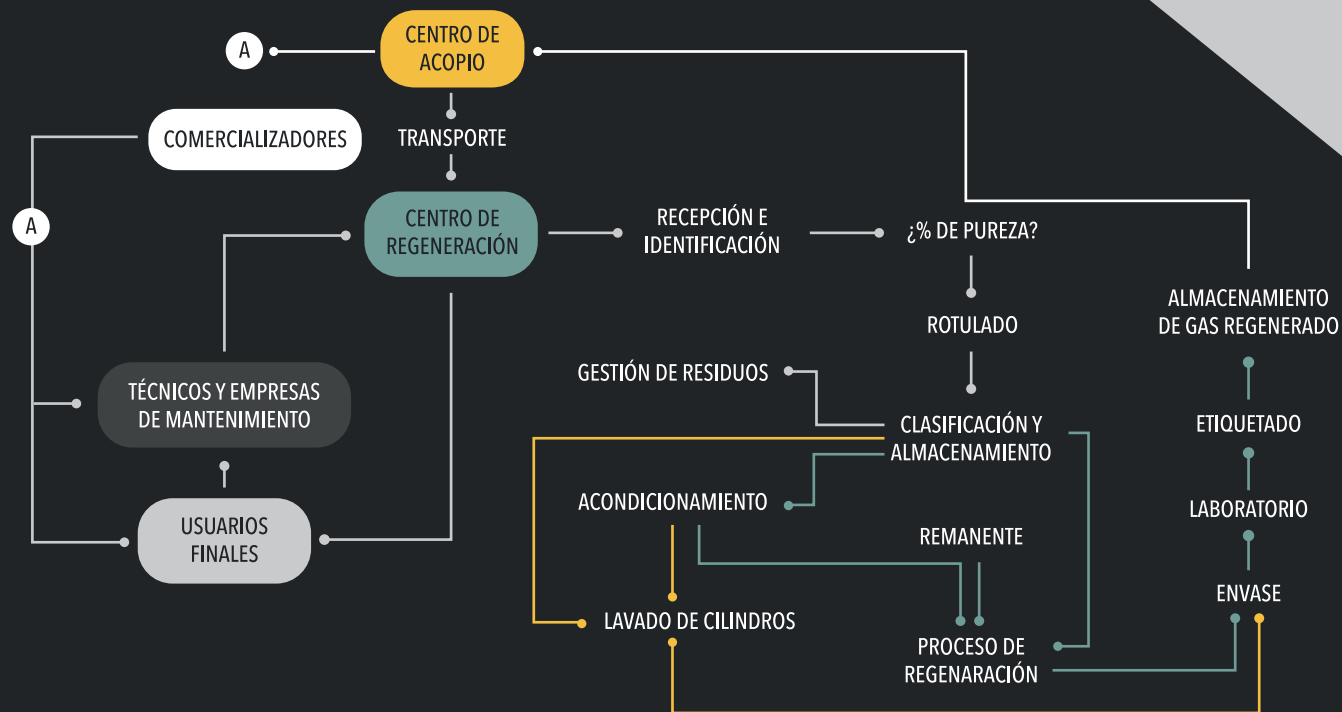
En la figura siguiente, se presenta un diagrama que sintetiza las actividades y operaciones que se adelantan por parte de un centro de regeneración.

Así mismo, se presenta a continuación de dicho diagrama, un flujograma detallado de las actividades involucradas en las operaciones de regeneración con una breve descripción de las diferentes etapas involucradas.

**Figura 44.**

Diagrama general de las operaciones de regeneración

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015



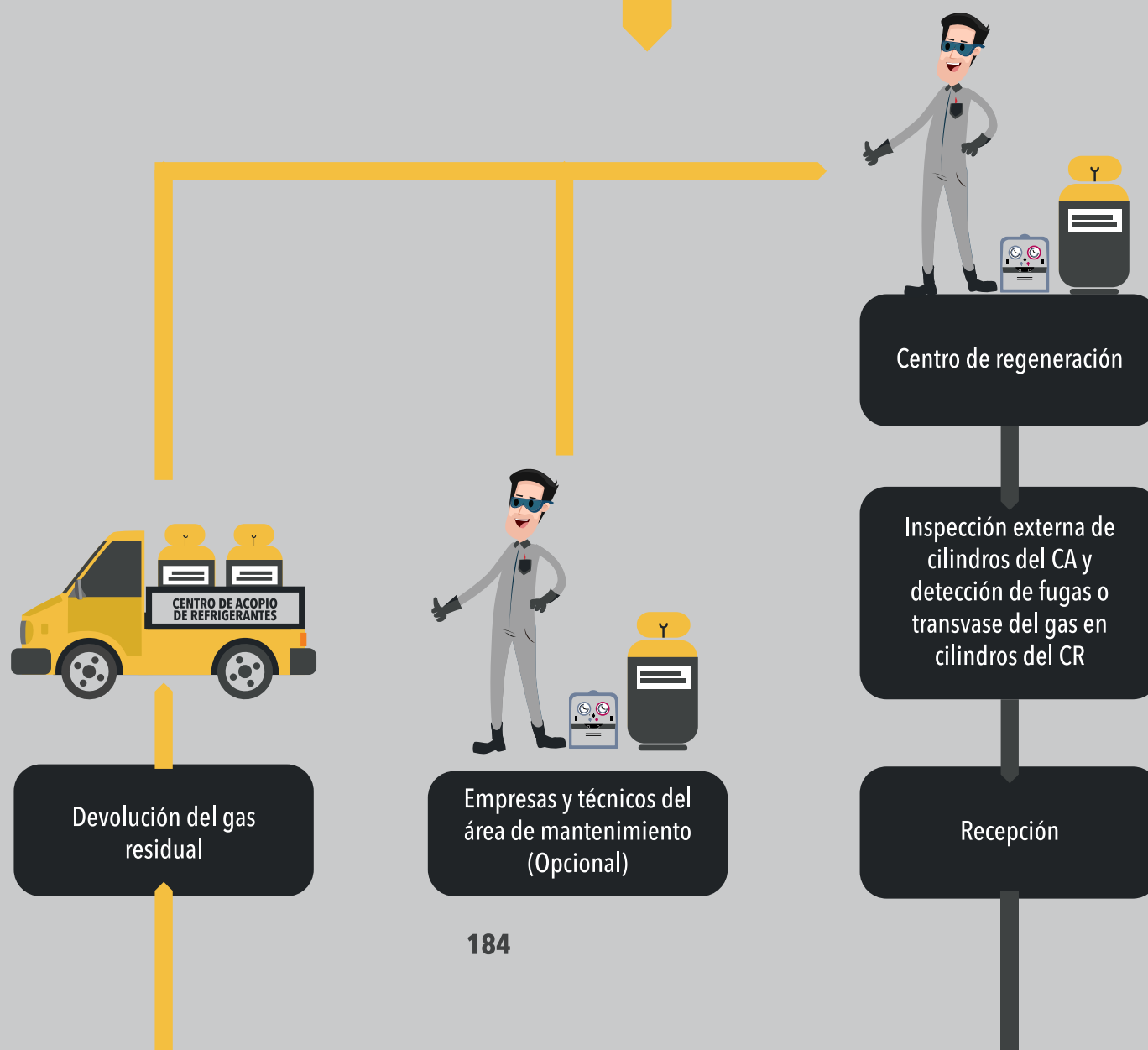
# OPERACIONES DE REGENERACIÓN

## ETAPA

RECEPCIÓN DE GASES APTOS PARA REGENERACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE GASES NO REUTILIZABLES O NO APTOS PARA REGENERACIÓN

1

## ACTIVIDADES



## DESCRIPCIÓN

El modelo de la Red R&R&R prevé que los gases recuperados lleguen a los Centros de Regeneración - CR autorizados a través de los Centros de Acopio - CA (igualmente autorizados), por lo que son estos últimos los encargados de transportar y entregar los gases aptos para regeneración en los CR. Sin embargo, eventualmente el CR podría prestar servicios de recolección y transporte, siempre y cuando cumpla con los requerimientos aplicables al CA. Por otra parte, el sector de instalación y mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado, podría utilizar de manera opcional los servicios del CR directamente.

De manera previa a la recepción, se adelantan actividades de inspección externa de los cilindros y la respectiva verificación de fugas, para luego proceder con la etapa de recepción de gases aptos para regeneración, la cual tiene como fin registrar el ingreso de estos gases refrigerantes a los cuales se les devolverán las características que los habilitan de nuevo para ser reutilizados por parte de las empresas y técnicos de las áreas de mantenimiento.

Adicionalmente, durante esta etapa se verifica que los gases hayan sido recuperados en los cilindros adecuados para ello, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el capítulo 3, con el fin de garantizar que se cuenta con condiciones seguras de contención de los gases para adelantar las etapas subsiguientes.

De otra parte, en los casos en donde por error llegan gases que resultan no ser aptos para regeneración una vez se verifica la identificación, pesaje y clasificación de los mismos, los CR devuelven dichos gases no reutilizables al CA correspondiente, con el fin que éste se encargue de dar un manejo ambientalmente racional de los mismos. El pesaje se realiza mediante la diferencia entre el peso del cilindro con el gas recuperado y la tara del mismo.

## ILUSTRACIÓN

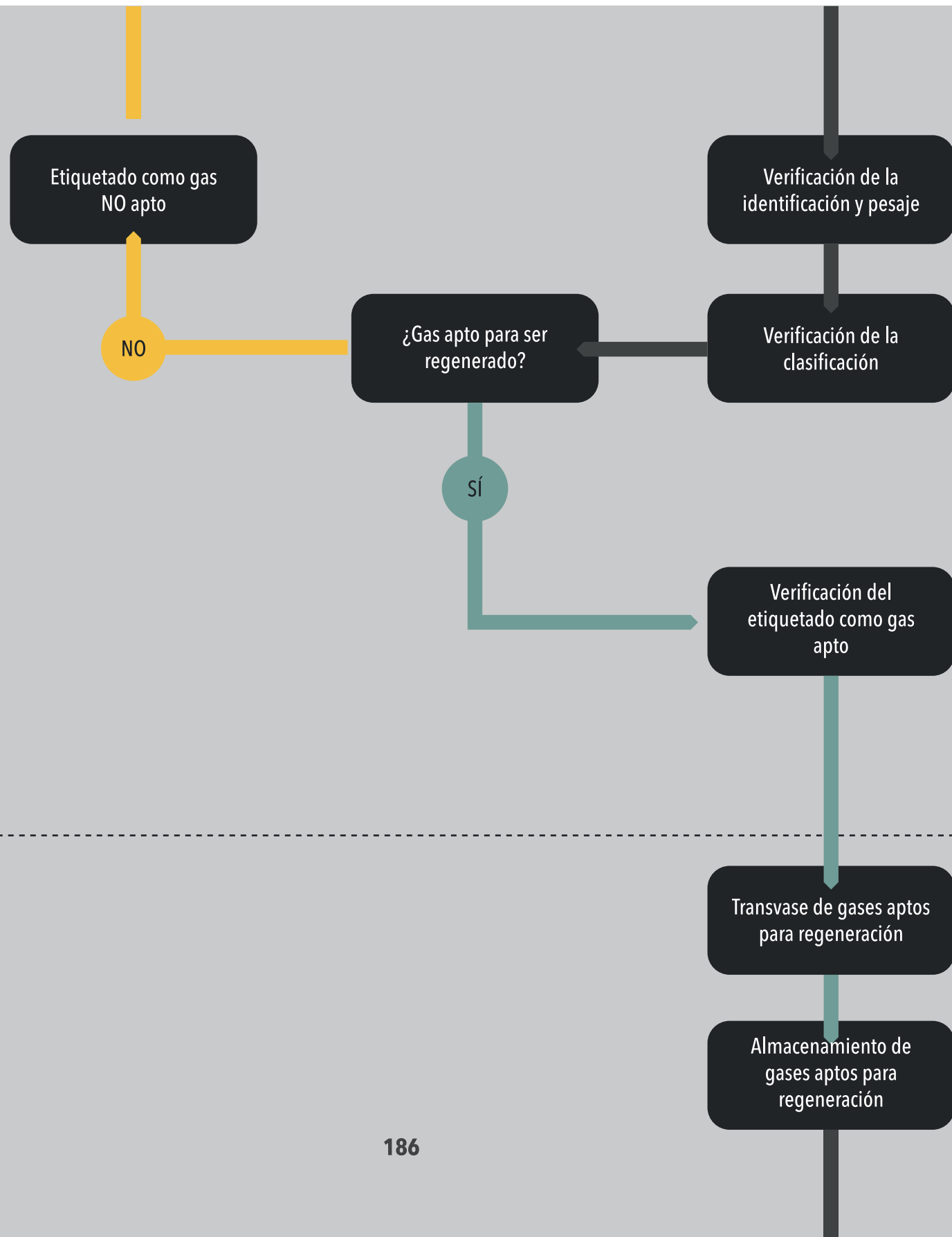


VERIFICACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN  
Y CLASIFICACIÓN DE GASES

2

TRANSVASE Y ALMACENAMIENTO  
TEMPORAL DE GASES APTOS PARA  
REGENERACIONES

3





Es común que en los Centros de Regeneración se verifiquen la identificación, clasificación y correcto etiquetado de los gases a ser regenerados, en aras de descartar cualquier pérdida de trazabilidad o contaminación cruzada durante las etapas previas de manipulación del gas.

Tal y como se mencionó en la sección 4.2, la técnica más utilizada y efectiva para la identificación rápida de gases refrigerantes "in situ" es por Espectroscopía infrarroja no dispersiva (Non-Dispersive Infra Red Spectroscopy, NDIR) en los casos en los que se dispone de un equipo analizador de gases refrigerantes, cuyo procedimiento es bastante sencillo y puede ser consultado en el Anexo 2 del presente documento.

En esta etapa la verificación de la identificación tiene como propósito confirmar la pureza o concentraciones en peso de los gases refrigerantes tales como CFC, HCFC, HFC, mezclas zeotrópicas y azeotrópicas y HC, la composición de sus mezclas y contenidos de agua.

Al verificar la identificación de los gases, simultáneamente se está verificando su clasificación como gases reutilizables o aptos para regeneración, cuando su concentración es igual o superior al 98%. Sin embargo, pueden existir casos en los cuales los resultados de dichas verificaciones indiquen que se trata de gases NO reutilizables o NO aptos para regeneración, cuando su concentración es menor a 98%.

En algunos casos, cuando los gases resultan ser NO aptos para regeneración pero su concentración se encuentra muy cercana al 98%, se puede evaluar si es viable adelantar operaciones de acondicionamiento del mismo mediante la mezcla de estos con gases puros o casi puros, con el fin de volverlos aptos para regeneración. Sin embargo, esta práctica puede resultar compleja y no siempre es costo-efectiva, por lo que las operaciones de acondicionamiento se consideran opcionales.

Una vez verificada la clasificación dada para cada gas identificado, se procede a verificar si el etiquetado es el adecuado. En algunos casos, el CR prefiere utilizar sus propias etiquetas por lo cual se procede a volver a etiquetar sobre el respectivo cilindro, con el fin de mantener la trazabilidad del mismo y facilitar la visualización de sus características de concentración y clasificación para su correcto almacenamiento. En los casos en los cuales los cilindros resultan no aptos para regeneración a partir de las verificaciones, se procede a etiquetar como gas residual para ser devuelto al respectivo CA.



Al igual que como ocurre en las actividades asociadas al acopio, durante las operaciones de regeneración es probable que se requiera adelantar operaciones de transvase de los gases aptos, para lo cual se utilizan en algunos casos las mismas unidades recuperadoras o en otros se recurre a dispositivos especializados para el transvase de gases, los casos que se dispone de ellos. Cabe recordar que las actividades de transvase se adelantan en los siguientes casos:

1. Cuando es requerido en aras de optimizar las áreas de almacenamiento tanto de gases reutilizables como no reutilizables.
2. Cuando los propietarios de los cilindros recargables solicitan su devolución inmediata.
3. Cuando los cilindros que llegan directamente al Centro de Acopio con gases reutilizables no corresponden a cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el capítulo 3.



TRANSVASE Y ALMACENAMIENTO  
TEMPORAL DE GASES APTOS PARA  
REGENERACIÓN

3

REGENERACIÓN  
DE GASES APTOS

4

Manejo de cilindros  
vacíos para lavado

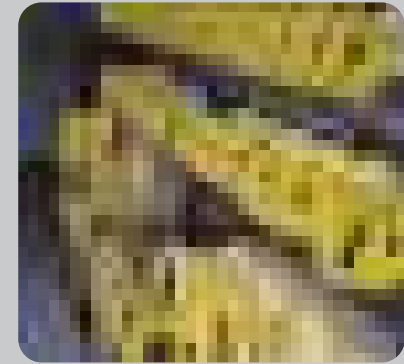
Regeneración de gases

Transvase de gases  
regenerados

4. Cuando los gases recuperados no son aptos para regeneración o no reutilizables y requieren ser almacenados por periodos considerables de tiempo (meses o años), mientras son llevados a destrucción.

De otra parte, es común para los CR que se requiera almacenar temporalmente los gases aptos previamente a su regeneración, bien sea porque se está acumulando una carga mínima para ser alimentada a la unidad regeneradora o por el contrario, se tiene demasiada demanda del servicio de regeneración y se encuentran en turno para adelantar su regeneración posteriormente, una vez la unidad regeneradora se encuentre disponible. Así mismo, aplica para los periodos en los cuales esta unidad se encuentra fuera de servicio o en mantenimiento.

El almacenamiento de gases debe llevarse a cabo de manera separada para los gases aptos para regeneración y para los gases regenerados, bien sea a nivel de piso o con la ayuda de estantería adecuada para garantizar condiciones de almacenamiento seguras tanto a nivel operativo, como ambiental y de salud.



La actividad de regeneración de gases constituye la principal etapa de los Centros de Regeneración y tiene como fin reprocesar un refrigerante contaminado para que cumpla con las especificaciones iniciales similares a las de un refrigerante virgen, establecidas por la norma de calidad AHRI-700, convirtiéndolo en un gas que puede ser reutilizado y reincorporado a los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y calefacción de donde proviene.

Esta actividad es llevada a cabo en una unidad regeneradora que trabaja por lotes, a la cual es alimentada una carga fija de gas; una vez se cumple su tiempo de residencia, se le extraen las impurezas y se realiza el transvase correspondiente del gas regenerado de la unidad a cilindros recargables diferenciados de los demás, por ser de color verde (el color es opcional, pero es aplicado por varios de los CA y CR). Este proceso es repetitivo, es decir que se recircula el refrigerante por la unidad las veces que sea necesario, hasta que en el proceso de extracción de impurezas no se perciban contaminantes. El procedimiento detallado de la unidad regeneradora así como las características técnicas de operación, pueden ser consultadas en el Anexo 3 del presente documento.

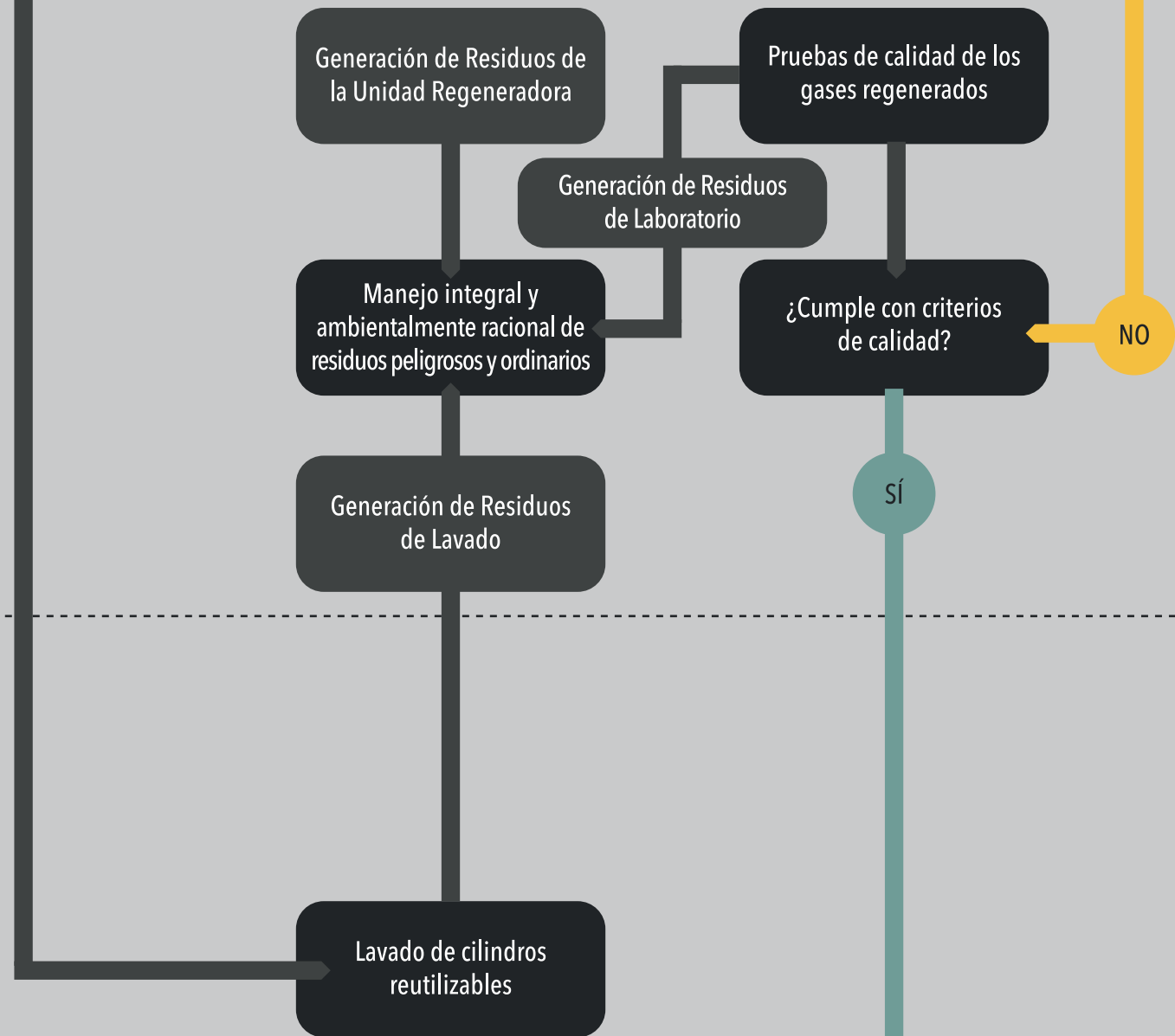


ANÁLISIS DE CALIDAD DE  
LOS GASES REGENERADOS

5

LAVADO DE CILINDROS  
REUTILIZABLES

6



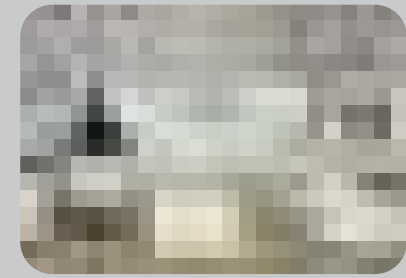
Esta etapa tiene como objetivo establecer si los gases regenerados cumplen con los criterios de calidad establecidos por la norma AHRI-700, los cuales determinan si éstos son aptos para ser reutilizados a partir de las siguientes pruebas principalmente:

1. Determinación de acidez en gases refrigerantes
2. Determinación de cloruros en gases refrigerantes
3. Determinación de humedad en gases refrigerantes
4. Determinación de residuos de alto punto de ebullición y residuos de partículas en gases refrigerantes
5. Determinación de pureza por cromatografía en gases refrigerantes

Los resultados de las pruebas de calidad realizadas a los gases regenerados, se soportan mediante la emisión de certificados de calidad de los mismos y son emitidos por el Centro de Regeneración. Los protocolos detallados para adelantar cada una de estas pruebas de calidad, así como los requerimientos técnicos para su implementación, se encuentran en los Anexos 4, 5, 6, 7 y 8.

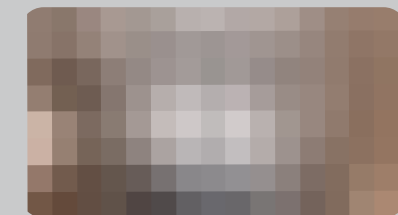
En los casos en los que un gas regenerado no supera las pruebas de calidad correspondientes, este se reprocesa nuevamente en la unidad regeneradora y se repite el procedimiento tanto de regeneración como de análisis de criterios de calidad.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que tanto la actividad de regeneración, como las pruebas de calidad y lavado de cilindros generan una cantidad importante de residuos tanto peligrosos como ordinarios (p. ej. aceites residuales, soluciones y reactivos de laboratorio, vertimientos de lavado, etc.). En este sentido, se hace necesario adelantar actividades tendientes al manejo ambientalmente racional de los mismos, en el marco de lo establecido en la normatividad ambiental vigente.



Esta etapa tiene como fin retirar impurezas de tipo No gaseoso a los cilindros reutilizables, con el fin de no volver a contaminar los gases regenerados con este tipo de materiales.

Los detalles asociados a esta operación, son los descritos en el capítulo 3 de esta guía.



ETIQUETADO Y  
ALMACENAMIENTO TEMPORAL  
DE GASES REGENERADOS

7

ENTREGA DE GASES REGENERADOS  
PARA SU REUTILIZACIÓN

8

Etiquetado de gases  
regenerados

Almacenamiento  
de gases regenerados

Entrega del gas regenerado  
a los Centros de Acopio



Certificado



Cuando los resultados obtenidos en las pruebas de calidad de los gases regenerados son satisfactorios, esta información es plasmada mediante una etiqueta en los cilindros que los contienen, con el fin de mantener su trazabilidad con los certificados de los análisis de criterios de calidad que emite el Centro de Regeneración para cada uno de los cilindros y lotes de gases regenerados.

Una vez etiquetados los gases regenerados, se almacenan de manera separada a los gases aptos para regeneración, para posteriormente ser entregados a los Centros de Acopio para su comercialización o devolución a los usuarios.



Las operaciones de regeneración culminan con la etapa de entrega de los gases regenerados con sus respectivos certificados de cumplimiento de criterios de calidad y certificados de aprovechamiento de los gases, a los Centros de Acopio correspondientes, quienes se encargan de devolverlos o comercializarlos con los usuarios finales de los mismos, como por ejemplo empresas y técnicos independientes de las áreas de mantenimiento, para de esta manera cerrar el ciclo concebido en el marco de la Red R&R&R. Sin embargo, cabe aclarar que los CR eventualmente podrán entregar el gas regenerado a distribuidores, técnicos o empresas de mantenimiento para su reutilización, cuando así sea requerido para el funcionamiento del modelo.

**DICLOROFLUOROMETANO** CAS: 75-71-8  
No. Ashrae: R-12

P261: Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P271: Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado. P312: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico en caso de molestias. P304 + P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. P403 + P233: Almacenar en un lugar bien ventilado.

H280: Contiene gas a presión. Peligro de explosión en caso de calentamiento.  
H336: Puede provocar somnolencia o vértigo.  
H420: Causa daños a la salud pública y el medio ambiente al destruir el ozono en la atmósfera superior.

Información adicional

Dirección de la empresa: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
www.mnm.com  
Ciudad: \_\_\_\_\_  
Logo de la empresa: \_\_\_\_\_

**Tabla 24.**  
Operaciones de regeneración de refrigerantes

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015

### 4.3.1.3 CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS A LAS OPERACIONES DE REGENERACIÓN

A partir de la caracterización de las operaciones de regeneración, se presentan las siguientes fichas de manejo de riesgos asociados.

#### ETAPA 1. RECEPCIÓN DE GASES APTOS PARA REGENERACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE GASES NO REUTILIZABLES O NO APTOS PARA REGENERAR (GASES RESIDUALES)

##### ACTIVIDADES

Recepción

##### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes a ser regenerados.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases a ser regenerados.

##### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

###### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

###### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación de gas comprimido** se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

##### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Al recibir los gases a ser regenerados, se debe solicitar al conductor del vehículo la tarjeta de emergencia (en caso de no poseerla o no contar con la hoja de seguridad del gas) y verificar que los cilindros estén debidamente etiquetados y en buenas condiciones. Si estos no se encuentran en buen estado se deben tomar las acciones necesarias para evitar accidentes y en caso de ser necesario transvasar los gases a cilindros adecuados vacíos.

El recibo de los gases a ser regenerados lo debe realizar una persona capacitada y entrenada, para lo cual se debe establecer un sistema de control administrativo que involucre la supervisión por personal calificado y con experiencia, para asegurarse de que el ingreso de los gases es seguro y cumple con todos los requerimientos establecidos para su aceptación en el centro de regeneración.

Se debe verificar que los gases se encuentren recuperados en cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3.

No se deben aceptar cilindros con gas a ser regenerado que no cumplan con las especificaciones de seguridad de los cilindros recargables, como por ejemplo cilindros de los gases vírgenes o cilindros en mal estado o modificados. En dicho caso, se debe informar al centro de acopio o al responsable del gas a regenerar, la necesidad de realizar el transvase de estos a cilindros recargables a la mayor brevedad posible, en cuyo caso se debe adelantar la actividad de transvase con todas las medidas de precaución.

Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta.

Implementar procedimientos y capacitación sobre recepción de gases refrigerantes que incluya criterios de aceptación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La recepción de gases a ser regenerados en el centro de regeneración, debe contar con un registro de cada uno de los ingresos, para lo cual se sugiere que como mínimo contenga la información presentada en el modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de regeneración presentado en el numeral 4.3.1.4.1.

Esta actividad puede implicar la movilización de los gases al interior del centro de regeneración, para lo cual se debe utilizar un carro o carretilla porta cilindros o montacargas.

No hacerlos rodar ni arrastrarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o con otras superficies.

En los casos en que se utilicen montacargas, el manejo y mantenimiento de estos debe ser realizado por personal entrenado y calificado. Los operadores de los montacargas deben tener en cuenta entre otras las siguientes normas de conducción:

- Respetar los límites de velocidad y la señalización.
- Conservar la distancia.
- Detenerse en todas las intersecciones.
- Detectar peatones y ceder el paso.
- No transportar pasajeros.
- No dejar el motor encendido durante su ausencia.
- Mantener las horquillas abajo.
- Mantener el cuerpo dentro del vehículo.
- Los montacargas, camiones y maquinaria móvil, deberán contar con alarma de retroceso de tipo sonoro.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de recepción y manejo de gases a ser regenerados.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica

#### Riesgos para la salud o seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

### ACTIVIDADES

Devolución del gas residual

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Los mismos presentados para recepción de gases a ser regenerados (etapa 1).

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

Los mismos presentados para recepción de gases a ser regenerados (etapa 1).

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Las mismas presentadas para recepción de gases a ser regenerados (etapa 1).

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Registro de devolución de gases residuales al centro de acopio.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Las mismas presentadas para recepción de gases a ser regenerados (etapa 1).

**ETAPA 2. VERIFICACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE GASES**

**ACTIVIDADES**

Verificación de la identificación y clasificación

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases a ser regenerados.
- Inadecuado uso del equipo de identificación de gases o en condiciones húmedas o por desensamblar el equipo.

## IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

### **Impactos ambientales:**

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

### **Afectaciones a la salud:**

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación de gas comprimido** se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones al recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

### **Alteración de las condiciones operativas**

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

Daño y salida de servicio de los equipos de manera temporal o definitiva.

El personal que adelanta las actividades de identificación y clasificación, debe estar debidamente capacitado y entrenado para adelantar estas labores específicas y contar con procedimientos claros en el lugar de trabajo. El personal involucrado debe contar y utilizar sus elementos de protección personal (EPP) para la manipulación de gases refrigerantes. Como mínimo debe contar con guantes impermeables, gafas con protección lateral, calzado cerrado y overol de trabajo o similar.

El equipo analizador debe estar apagado antes de conectarlo a cualquier cilindro o sistema y operarse según las recomendaciones del manual presentado en el anexo 6 de este documento.

Se debe realizar una purga con aire e inspeccionar la manguera muestreadora del equipo identificador antes de su uso; en caso de encontrarse deteriorada o contaminada con aceite, ésta se debe reemplazar.

No se deben utilizar mangueras diferentes a las suministradas con el equipo.

No se deben direccionar las mangueras con salida de vapores de los refrigerantes hacia la piel o en general el cuerpo del personal.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

El equipo identificador debe ser desarmado y desensamblado únicamente por personal autorizado e idóneo. Se debe ubicar en superficies planas y resistentes y no debe ser utilizado sobre superficies mojadas o húmedas para evitar choques eléctricos.

Evite inhalar o entrar en contacto directo con los gases refrigerantes durante las actividades realizadas con estos y mantenga las áreas de trabajo bien ventiladas.

Nunca ingrese muestras al equipo identificador con presiones que superen los 500 psig o la presión máxima que indique el fabricante del equipo. No obstruya los ductos del equipo mientras esté operando.

- Etiquetas de los cilindros con datos de identificación y clasificación y mantener una copia para archivo de gestión.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

**Riesgos ambientales**

No aplica

**Riesgos para la salud o seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe

**Por choques eléctricos**, interrumpir de inmediato el flujo de corriente eléctrica y consultar con un médico inmediatamente.



## ACTIVIDADES

Verificación del etiquetado de gases aptos para regeneración

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Desorganización en el manejo y movilización interna de los cilindros.
- No contar con un mecanismo de etiquetado inmediato de los cilindros que permita que se puedan confundir entre ellos.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Poco probables

#### Afectaciones a la salud:

Poco probables

#### Alteración de las condiciones operativas:

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Verificar el etiquetado de los cilindros recibidos y en caso de no considerarse adecuado, realizarlo con etiquetas fácilmente comprensibles para el personal involucrado de tal forma que proporcione información esencial sobre su clasificación, los peligros asociados y las precauciones de seguridad que deban observarse.

Teniendo en cuenta que no se posee en Colombia una reglamentación específica en cuanto al etiquetado para efectos de almacenamiento, se debe usar el Sistema Internacional de la Organización de las Naciones Unidas, adoptado en la Norma Técnica Colombiana 1692 sobre Transporte de mercancías peligrosas, clasificación, etiquetado y rotulado.

De acuerdo con la clasificación dada por Naciones Unidas en el documento conocido como Libro Naranja, los gases refrigerantes objeto de esta guía<sup>22</sup> se clasifican como clase 2.2: gases no inflamables y no tóxicos.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Etiquetas de cilindros.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

<sup>22</sup> Las recomendaciones presentadas en esta guía corresponden a los refrigerantes más comúnmente utilizados actualmente en el marco de la Red R&R que son R22 y R134a.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Condiciones operativas

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos de su origen.

## ETAPA 3. TRANSVASE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE GASES APTOS PARA REGENERACIÓN

### ACTIVIDADES

Transvase

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de dispositivos inadecuados para el transvase o inadecuada manipulación de los mismos.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por choques eléctricos**, se pueden sufrir graves lesiones por recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

#### Alteración de las condiciones operativas

Pérdida o contaminación cruzada de gases reutilizables.

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

Daño y salida de servicio de los equipos o dispositivos de manera temporal o definitiva.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Antes de iniciar la actividad de transvase, se debe verificar que se cuenta con los elementos y dispositivos necesarios para llevarla a cabo garantizando la ausencia de fugas.

Velar por que cuando se transfieran los gases recuperados a otros recipientes o equipos, se indique el contenido de estos últimos a fin de que los trabajadores estén informados de la identidad de estas sustancias, de los riesgos que entraña su utilización y de todas las precauciones de seguridad que se deben tomar.

El transvase de los gases a ser regenerados debe ser realizado por personal capacitado y entrenado, bajo procedimientos o instrucciones claras para una adecuada manipulación de los cilindros y los diferentes dispositivos utilizados para el transvase.

Implementar sistemas cerrados o de corta duración para el transvase de sustancias.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

En caso de fuga de gas se debe actuar con prontitud para cortar el flujo y seguir las pautas específicas dadas en las hojas de seguridad.

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Registros de recepción y manejo de gases a ser regenerados.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Riesgos ambientales

No Aplica

### Riesgos ambientales

No Aplica

### Riesgos para la salud y seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

## ACTIVIDADES

Almacenamiento de gases aptos para regeneración

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Manipulación inadecuada de cilindros durante el almacenamiento o su movilización interna.
- Deficiencias o ausencia de monitoreo y control de fugas y condiciones de almacenamiento.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones a la salud:

Dependiendo del tipo de exposición de las personas involucradas en un accidente con gases refrigerantes pueden presentarse enfermedades profesionales, lesiones, invalidez o en casos extremos hasta la muerte.

#### Alteración de las condiciones operativas:

Dependiendo del tipo de exposición de las personas involucradas en un accidente con gases refrigerantes pueden presentarse enfermedades profesionales, lesiones, invalidez o en casos extremos hasta la muerte.

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible por ser los gases refrigerantes más densos que el aire.

**Por contacto con ojos o piel**, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

#### Condiciones operativas

En caso de contaminación cruzada del gas manipulado, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo determinado si ha cambiado su condición, por ejemplo de ser apto para regeneración a no apto o residual.

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos su origen.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**Por incendio.** Si bien los gases refrigerantes abordados en este documento no son inflamables, estos pueden volverse inflamables si llegan a enriquecerse con oxígeno o aire y con cloro para algunas mezclas de HCFC o HFC. Estos gases tienden a descomponerse si entran en contacto directo con fuentes de calor, produciéndose en este caso compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que por tratarse de gases presentarían un incremento gradual de la temperatura y presión, lo que puede conllevar a una sobrepresión e incluso ruptura de los cilindros, provocando lesiones físicas.

Además de las consideraciones generales expuestas en el numeral 4.2.1.3, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones adicionales para las operaciones de almacenamiento: Contar con instrucciones y procedimientos claros en los lugares de almacenamiento relacionados con las actividades adelantadas, los elementos de protección personal, higiene, seguridad y medio ambiente, atención de emergencias, complementadas con las respectivas hojas de seguridad de acuerdo con los gases manipulados y entrenamiento sobre manejo seguro de los mismos para evitar fugas o accidentes.

Realizar el almacenamiento ordenado de los cilindros. Es aconsejable dividir el área de almacenamiento en sectores y demarcar cada sección claramente para gases aptos para regeneración o reutilizables, gases no aptos para regeneración o residuales (en caso que no sean devueltos de inmediato al centro de acopio) y gases regenerados. Es deseable contar con un plano de distribución de áreas para el almacenamiento.

Todos los cilindros deben ser almacenados en posición vertical o en un ángulo mínimo de 45° con un soporte o mecanismo que impida su volcamiento. Se debe evitar apilar los cilindros ya que puede presentarse ruptura en las válvulas y escape del gas refrigerante. A cambio se recomienda utilizar estantería adecuada de acuerdo con el tamaño de los cilindros.

Almacenar máximo 1.000 toneladas de gases comprimidos por bodega.

Almacenar en áreas separadas los cilindros llenos y los vacíos, indicando además de la etiqueta del cilindro, en la debida señalización del área de almacenamiento si corresponde a cilindros vacíos o llenos y en el caso de los cilindros llenos, si corresponde a gas para regenerar, gas regenerado o gas residual (si aplica).

Los cilindros deben ser almacenados en áreas secas, frescas y bien ventiladas, lejos de áreas congestionadas o salidas de emergencia.

El área de almacenamiento debe ser protegida con el fin de prevenir en el cilindro ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión.

No almacenar los cilindros directamente bajo el sol ni exponerlos a una temperatura mayor a 50°C (120° F). Se deben mantener siempre lejos del calor, chispas o llamas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Implementar prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas, bien sea mediante un detector de fugas o verificación con solución jabonosa. Así mismo, es recomendable realizar inspecciones ambientales y de seguridad de manera regular para asegurar que las medidas de control ambiental y preparación ante emergencias del centro de regeneración, sean entendidas por el personal involucrado, y para que las deficiencias sean corregidas, estimulando de esta manera un mayor aprendizaje y concientización.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

Implementar prácticas y procedimientos para la prevención de incendios.

Eliminar fuentes de ignición y de calor, así como materiales combustibles durante el desarrollo de las actividades involucradas en el área de almacenamiento de gases refrigerantes.

No realizar trabajos de mantenimiento que generen chispas o llamas en las áreas donde se encuentren almacenadas o en tránsito diferentes sustancias peligrosas.

Diseñar y mantener un plan de emergencia que incluya preparación y respuesta ante situaciones de incendio, sobrepresión súbita de los gases en los cilindros o equipos o fuga de los mismos.

Instalar y dar mantenimiento a infraestructura y equipos para el control de incendios.

Concientización y verificación del uso de elementos de protección personal (EPP).

Implementación de programas de seguridad industrial y salud ocupacional que incluya una revisión médica periódica del personal.

Implementar procedimientos y capacitaciones sobre control de inventarios, para evitar que los gases almacenados pierdan sus propiedades.

Realizar mantenimiento de pisos, rampas, instalaciones y montacargas, para evitar situaciones inseguras.

- Registros de monitoreo de condiciones de almacenamiento y fugas.
- Registros de control de inventarios.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

**Riesgos ambientales**

No aplica

**Riesgos para la salud y seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de Inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Por incendio**, activar los mecanismos de respuesta disponibles en caso de incendio y dar aviso a los bomberos de ser necesario. Mientras se controla el fuego, enfriar los cilindros con agua para evitar sobrepresiones y descomposición de los gases.

## ETAPA 4. REGENERACIÓN DE GASES

### ACTIVIDADES

Regeneración de gases aptos

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases a ser regenerados.
- Inadecuado uso del equipo de identificación de gases o en condiciones húmedas o por desensamblar el equipo.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Impactos ambientales:

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

Impactos por manejo inadecuado de residuos peligrosos y no peligrosos.

##### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.



## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

**Por choques eléctricos,** se pueden sufrir graves lesiones al recibir descargas eléctricas al intentar desensamblar o manipular inadecuadamente los equipos o dispositivos.

### **Alteración de las condiciones operativas**

Pérdida o contaminación cruzada de gases reutilizables.

Pérdida de trazabilidad de los gases refrigerantes y reprocesos.

Daño y salida de servicio de los equipos de manera temporal o definitiva.

El personal que adelanta las actividades de regeneración de gases refrigerantes, debe estar debidamente capacitado y entrenado para adelantar estas labores específicas y contar con procedimientos claros en el lugar de trabajo. El personal involucrado debe contar y utilizar sus elementos de protección personal (EPP) para la manipulación de gases refrigerantes. Como mínimo debe contar con guantes impermeables, gafas con protección lateral, calzado cerrado y overol de trabajo o similar.

La unidad regeneradora debe estar apagada antes de conectarla a cualquier cilindro o sistema. Se deben inspeccionar las mangueras de conexión de la unidad regeneradora antes de su uso; en caso de encontrarse deterioradas o contaminadas, estas se deben reemplazar.

Se deben prever las posibles fuentes de contaminación cruzada durante las actividades de regeneración, con el fin de evitar que estas alteren la calidad de los gases regenerados.

Se deben adelantar los pasos preparatorios o de alistamiento de la unidad recomendados por el fabricante y en general seguir los pasos del procedimiento detallado que se encuentra en el documento correspondiente al anexo 7 de la presente guía.

No se deben direccionar las mangueras con salida de vapores de los refrigerantes hacia la piel o en general el cuerpo del personal.

La unidad regeneradora debe ser desarmada y desensamblada únicamente por personal autorizado e idóneo. Se debe ubicar en superficies planas y resistentes y no debe ser utilizada sobre superficies mojadas o húmedas para evitar choques eléctricos. Evite inhalar o entrar en contacto directo con los gases refrigerantes durante las actividades realizadas con estos y mantenga las áreas de trabajo bien ventiladas.

Siga las recomendaciones del fabricante de la unidad regeneradora para controlar las condiciones de operación de la misma.

- Registros de regeneración de gases.
- Registros de capacitación y entrenamiento.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica

#### Riesgos para la salud y seguridad

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

En caso de Inhalación de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico. En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por choques eléctricos**, interrumpir de inmediato el flujo de corriente eléctrica y consultar con un médico inmediatamente.

## ETAPA 5. ANÁLISIS DE CALIDAD DE LOS GASES REGENERADOS

### ACTIVIDADES

Pruebas de calidad de los gases regenerados

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 4.3.2.3.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 4.3.2.3.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 4.3.2.3.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Ver numeral 4.3.2.3.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 4.3.2.3.

**ACTIVIDADES**

Manejo Integral y Ambientalmente racional de Residuos peligrosos y ordinarios

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases residuales.
- Inadecuada manipulación de los cilindros con los gases residuales.
- Inadecuado manejo ambiental de gases residuales y otros residuos peligrosos, así como de los residuos ordinarios o no peligrosos.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

Impactos por manejo inadecuado de residuos peligrosos y no peligrosos.

**Afectaciones a la salud**

Dependiendo del tipo de RESPEL involucrado en el incidente.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Se deben elaborar e implementar planes de gestión integral de residuos peligrosos y no peligrosos que contemplen los residuos asociados a las actividades de regeneración, pruebas de calidad, lavado de cilindros, mantenimiento, administrativas, entre otras.

Los gases residuales deben ser manejados de manera ambientalmente racional como residuos o desechos peligrosos, de acuerdo con las alternativas aceptadas por el protocolo de Montreal y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la UTO, en el marco de la normativa ambiental vigente, por lo cual se deben devolver al centro de acopio para su respectivo manejo. En los casos en los cuales los gases residuales no hayan sido llevados por error por el centro de acopio, sino que sean producto de las actividades del centro de regeneración, este último será el

responsable por adelantar el manejo ambientalmente racional de los mismos ante gestores autorizados.

Se debe considerar durante todas las actividades asociadas a la regeneración, la generación y manejo no solamente de los gases residuales, sino de otros residuos peligrosos derivados de actividades de pruebas de calidad (ver numeral 4.3.2.3), lavado de cilindros (ver numeral 3.3), mantenimiento de equipos, dispositivos u otro tipo de elementos involucrados en la actividad como aceites de la regeneradora o aceites usados y desechos contaminados con estos, llantas usadas y baterías plomo ácido de vehículos y montacargas, así como otros derivados del mantenimiento de las instalaciones y otros de tipo administrativo como bombillas o luminarias fluorescentes, pilas usadas, tóner, equipos de cómputo e impresoras en desuso, entre otros.

Para el caso de cilindros vírgenes en mal estado o desechados, se debe tener en cuenta que el generador podrá demostrar ante la autoridad ambiental que sus residuos no presentan ninguna característica de peligrosidad y una vez demostrado lo anterior, podrá realizar la disposición de los residuos de manera ambiental y económicamente viable. En caso que los resultados de la caracterización indiquen que se trata de un residuo peligroso, se deberá adelantar su disposición final a través de gestores autorizados por las autoridades ambientales.

La gestión ambiental de estos envases, consiste en desocuparlos al máximo antes de su disposición final, mediante la recuperación y reciclaje de los refrigerantes remanentes. Quiere decir que las latas y cilindros desechables completamente vacíos y despresurizados, podrán ser compactados, para luego aprovecharlos. La Guía Q, expedida por el Instituto de Refrigeración, Aire Acondicionado y Calefacción - AHRI - de los Estados Unidos, sobre recuperación de contenido y reciclaje apropiado de cilindros de refrigerante, ofrece un procedimiento para recuperar el contenido y posterior reciclaje de los estos envases.

Así mismo, se deberá considerar la generación y manejo de residuos ordinarios o no peligrosos tales como papel, cartón, plástico, entre otros y los cilindros vacíos que puedan ser aprovechados, para lo cual deberán ser cortados (no perforados) una vez se garantice que no contienen excedentes de gas, aceite u otra sustancia.

El manejo ambientalmente racional y seguro tanto de los gases residuales como de los demás residuos peligrosos generados, debe ser adelantado exclusivamente por gestores autorizados por las autoridades ambientales para adelantar las alternativas de manejo más adecuadas en el marco de la normativa ambiental vigente. En los casos en que aplique, se deben articular los planes de gestión integral de residuos peligrosos con los programas posconsumo existentes y aplicables, como por ejemplo el de bombillas o luminarias, baterías plomo ácido, llantas usadas, pilas usadas y computadores e impresoras en desuso, entre otros.

De la misma manera, se deberá procurar promover el aprovechamiento y valorización de los residuos ordinarios o no peligrosos mediante la articulación del plan de gestión integral de residuos sólidos con los programas existentes en la zona para reducir, reutilizar y reciclar.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

De acuerdo con la normativa ambiental vigente, el Centro de regeneración como generador de residuos peligrosos, debe solicitar al gestor de los mismos, una certificación, indicando que se ha concluido la actividad de manejo de residuos o desechos peligrosos entregados (almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento, destrucción, disposición en rellenos de seguridad, etc.).

- Planes de gestión integral de residuos peligrosos.
- Planes de gestión integral de residuos sólidos.
- Certificaciones emitidas por el gestor en relación al manejo dado a los gases residuales y otros RESPEL.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Implementar el plan de contingencias, aprobado en el Plan de manejo ambiental de la licencia otorgada.

**ETAPA 6. LAVADO DE CILINDROS REUTILIZABLES**

**ACTIVIDADES**

Lavado de cilindros reutilizables

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 3.3.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 3.3.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 3.3.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

• Ver numeral 3.3.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Dadas las características especiales de esta actividad, se presenta la información correspondiente de manera separada en el numeral 3.3

**ETAPA 7. ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE GASES REGENERADOS**

**ACTIVIDADES**

Etiquetado de gases regenerados

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

• Los mismos presentados para verificación del etiquetado de gases aptos para regeneración.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

Los mismos presentados para verificación del etiquetado de gases aptos para regeneración.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Las mismas presentadas para verificación del etiquetado de gases aptos para regeneración.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Etiquetas de cilindros
- Registros de capacitación y entrenamiento.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

Las mismas presentadas para verificación del etiquetado de gases aptos para regeneración.

**ACTIVIDADES**

Almacenamiento temporal de gases regenerados

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Los mismos presentados para almacenamiento de gases aptos para regeneración.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

Los mismos presentados para almacenamiento de gases aptos para regeneración.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Las mismas presentadas para almacenamiento de gases aptos para regeneración.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Registros de monitoreo de condiciones de almacenamiento y fugas.
- Registros de control de inventarios.
- Registros de capacitación y entrenamiento.



## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

Las mismas presentadas para almacenamiento de gases aptos para regeneración.

## ETAPA 8. ENTREGA DE GASES REGENERADOS PARA SU REUTILIZACIÓN

### ACTIVIDADES

Entrega de gases regenerados para su reutilización

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de cilindros inadecuados, modificados o en mal estado para la contención de los gases refrigerantes regenerados.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento Global.

#### Afectaciones a la salud

**Por inhalación** de altas concentraciones, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, así como posibilidad de asfixia al reducirse la cantidad de oxígeno disponible al ser los gases refrigerantes más pesados que el aire.

**Por contacto** con ojos o piel, posibilidades de congelación instantánea de los mismos.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

#### Alteración de las condiciones operativas

Pérdida de trazabilidad de los gases regenerados incurriendo en reprocesos.

Los gases regenerados a ser entregados a los centros de acopio para ser devueltos o comercializados con las empresas y técnicos de mantenimiento, deben ser entregados por el centro de regeneración en los cilindros adecuados, es decir cilindros recargables que disponen de dispositivos con protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

En Colombia estos cilindros si bien poseen las mismas especificaciones técnicas de los cilindros recargables para recuperación, se diferencian de los otros por su color verde, con el fin que el usuario final reconozca a simple vista que se trata de un gas regenerado y no se confundan con los gases recuperados.

El centro de regeneración debe entregar al centro de acopio y éste a su vez al usuario del gas regenerado, un certificado de aprobación de las pruebas de calidad necesarias para poder ser reutilizado.

Use una carretilla adecuada para el movimiento de cilindros o montacargas cuando así lo amerite.

Evitar respirar los vapores del refrigerante e impedir que entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa. No perforar o dejar caer los cilindros, ni dejarlos expuestos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados siguiendo las instrucciones de la etiqueta.

Implementar procedimientos y capacitación sobre despacho de gases refrigerantes que incluya criterios de verificación de los mismos de acuerdo con condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

La entrega de gases regenerados por parte del Centro de Regeneración, debe contar con un registro de cada uno de los lotes devueltos o comercializados, para lo cual se sugiere que como mínimo contenga la información presentada en el modelo de formato para salida de refrigerantes de los centros de regeneración, presentados en el numeral 4.3.1.4.1.

- Registros de despacho de gases regenerados.

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Riesgos para la salud y seguridad**

En primera instancia, implementar el plan de emergencias.

**En caso de inhalación** de altas concentraciones, trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y en caso de ser necesario brindar respiración artificial y consulte a un médico.

**Por contacto** con ojos o piel, lavar el área afectada con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente. Remover la ropa y calzado contaminado, la cual deberá ser lavada antes de volverse a usar. En caso de haberse producido congelación de algún área de la piel, se debe calentar gradualmente la zona afectada y si presenta irritación, consulte a un médico.

En los casos de contacto con los ojos, se deberá consultar con un médico inmediatamente después del lavado indicado.

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, alejarse del área mientras se ventila lo suficiente y de ser necesario consulte a un médico.

**Condiciones operativas**

En caso de pérdida de la trazabilidad del gas, éste debe ser identificado y clasificado de nuevo y rastrear mediante registros previos su origen.

**Tabla 25.**

Matriz de riesgos asociados a las operaciones de regeneración

Fuente: elaboración propia a partir de información de las Hojas de seguridad de los refrigerantes R22 y R134a, MAVDT & CCS, 2003 y MinAmbiente - UTO, 2014.

### 4.3.1.4 SEGUIMIENTO Y MONITOREO EN OPERACIONES DE REGENERACIÓN

El seguimiento y monitoreo también constituye un aspecto muy importante en las operaciones de regeneración, para mantener la trazabilidad de los refrigerantes regenerados, así como de las pruebas analíticas adelantadas a estos. Por ello, a continuación se presentan algunos modelos de registros básicos sugeridos y listas de verificación que permiten mejorar esta actividad, para así mismo tomar acciones de mejora en cuanto se identifiquen desviaciones respecto a los objetivos propuestos en el marco de las operaciones.

### 4.3.1.4.1 REGISTROS MODELO PARA OPERACIONES DE REGENERACIÓN

A continuación se presentan dos modelos de registros básicos con la información mínima que se sugiere contengan los formatos diseñados para controlar la entrada y salida de refrigerantes en el marco de las operaciones de regeneración, así como para la etapa específica de regeneración.



# FORMATO DE ENTRADA DE GASES REFRIGERANTES AL CENTRO DE REGENERACIÓN

CENTRO DE REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

[Escriba aquí en nombre del Centro de Regeneración]

RED DE RECUPERACIÓN RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES DE COLOMBIA

FECHA	NOMBRE DEL C.A. QUE ENTREGA EL REFRIGERANTE	NIT	DIRECCIÓN Y CIUDAD	TELÉFONO	PERSONA QUE ENTREGA	NOMBRE CONDUCTOR	PLACA DEL VEHÍCULO	TIPO DE REFRIGERANTE (R12, R22, R134a)

SERIE DEL CILINDRO	RESPONSABLE DE LA RECEPCIÓN DEL REFRIGERANTE EN EL C.R.	PESO NETO (Kg)	% REFRIGERANTES IDENTIFICADOS										¿APTO PARA REGENERAR?	FIRMA DE QUIEN ENTREGA EL REFRIGERANTE EN EL C.R.	OBSERVACIONES	
			R22	R134a	R12	R404a	R407	R410a	HC	OTROS	SÍ	NO				

**FIGURA 45.**  
 Modelo de formato para entrada de refrigerantes a centros de regeneración  
 Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015

LOGO COMPAÑÍA

## CERTIFICADO DE RECEPCION DE GASES REFRIGERANTES PARA REGENERACIÓN

**No.** [Escriba aquí el consecutivo del certificado de recepción]

Por medio de la presente el Centro de regeneración de gases refrigerantes [escriba aquí el nombre del Centro de regeneración] identificado con NIT [escriba aquí el número de Nit de correspondiente al Centro de regeneración], autorizado por la [escriba aquí el nombre de la autoridad ambiental correspondiente], mediante Resolución de otorgamiento de Licencia Ambiental N° [escriba aquí el número de la resolución], expedida el [escriba aquí la fecha de expedición de la resolución], certifica la recepción de los siguientes refrigerantes a la empresa [escriba aquí el nombre del Centro de acopio y almacenamiento] identificada con NIT [escriba aquí el número de Nit de correspondiente al Centro de acopio y almacenamiento]:

Fecha de Recepción	Cantidad Recibida (kg)	Tipo de gas refrigerante recibido	N° de serie del cilindro de almacenamiento
[dd/mm/aaaa]	[escriba aquí la cantidad en numeros]	[Escriba aquí el tipo de refrigerante entregado por el Centro de acopio y almacenamiento (p. ej) R-12, R-22, R-134a. Utilice una fila para cada tipo de refrigerante]	[Escriba aquí la serie del cilindro en el cual se va mantener almacenado el gas recibido]

El peso total de los refrigerantes recibidos y pesados en el Centro de regeneración es de [escriba aquí la cantidad total en letras de la sumatoria de refrigerantes de la lista] [escriba aquí la cantidad total en número] **kilogramos**.

El gas refrigerante recibido, será sometido a operaciones de regeneración bajo el cumplimiento de las normas aplicables en materia de salud, seguridad y ambiente.

Como constancia se firma el [escriba aquí la fecha de expedición del certificado]

Firma [registre aquí la firma del coordinador del Centro de regeneración]

Nombre [escriba aquí el nombre del coordinador del Centro de regeneración]

RED DE RECUPERACIÓN RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES DE COLOMBIA

### FIGURA 46.

Modelo de certificado de manejo seguro y ambientalmente adecuado de refrigerantes en centros de regeneración

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015

## CENTRO DE REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

[Escriba aquí en nombre del Centro de Regeración]

FECHA:

REFRIGERANTE EN MAYOR PROPORCIÓN:

Vacío:

Carga inicial:

Lote de entrada:

Tipo de refrigerante:

Gas refrigerante total (kg.):

% Refrigerante total:

Número de cilindros:

Temperatura del cilindro (°C):

Líquido:

Vapor:

Utilizó filtros a la entrada:

Aprobado

RESPONSABLE Escriba el nombre del operador de la unidad regenerador

### EQUIPO REGENERADOR

Purga de aire

Presión  Presión

Temperatura

Cambio de filtros

Remanente en cilindros (Kg.)

Carga final (Kg.):

Lote de salida:

Tipo de refrigerante:

Gas refrigerante total (kg.):

% Refrigerante total

Serie	PESO CILINDRO Kg.	PESO BRUTO Kg.	PESO NETO Kg.
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Serie de los cilindros:

Recirculación

Tiempo de recirculación

Gramos de aceite:

**FIGURA 47.**

Modelo de formato para la etapa de regeneración de refrigerantes

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015

Por otra parte, tal y como se ha mencionado, es deseable que tanto las empresas y técnicos de mantenimiento como los centros de acopio, utilicen una etiqueta para refrigerantes recuperados con los datos (y en lo posible características) estándar presentadas en los modelos de etiquetas, para refrigerantes recuperados para posterior regeneración e identificación de datos básicos a suministrar por el técnico para refrigerantes recuperados para regeneración e información a ser complementada por el centro de acopio y

almacenamiento de los numerales 4.1.4.1 y 4.2.4.1 respectivamente, con el fin de favorecer la trazabilidad de estos durante toda la cadena de la Red R&R&R y que los centros de regeneración también puedan verificarla y complementar lo que sea necesario, también con la salvedad de tener la posibilidad de no solo complementarla sino en ocasiones reemplazarla cuando así lo consideren necesario, pero también procurando el uso de etiquetas con información estandarizada para las diferentes operaciones y etapas.

## FORMATO DE SALIDA DE GASES REFRIGERANTES DEL CENTRO DE REGENERACIÓN

CENTRO DE REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

[Escriba aquí en nombre del Centro de Regeneración]

RED DE RECUPERACIÓN RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES DE COLOMBIA

FECHA	NOMBRE DEL C.A. QUE RECIBE EL REFRIGERANTE REGENERADO	NIT	DIRECCIÓN Y CIUDAD	TELÉFONO	PERSONA QUE RECIBE	NOMBRE CONDUCTOR	PLACA DEL VEHÍCULO	TIPO DE REFRIGERANTE (R12, R22, R134a)

LOTE DE REGENERACIÓN	SERIE DEL CILINDRO	RESPONSABLE DEL DESPACHO DEL REFRIGERANTE REGENERADO EN EL C.R.	PESO NETO (Kg)	¿SE ADJUNTA COPIA DE LA PRUEBA DE CALIDAD DEL GAS?		FIRMA DE QUIEN RECIBE EL REFRIGERANTE REGENERADO DEL C.A.	OBSERVACIONES
				SÍ	NO		

FIGURA 48.

Modelo de formato para salida de refrigerantes de los centros de regeneración.

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente - UTO & SENA - CEET, 2015




Además de verificar la información básica pre-diligenciada (recuadro gris) por las empresas o técnicos de mantenimiento y el centro de acopio y almacenamiento, el centro de regeneración puede complementar datos como los de cantidades esperadas a ser regeneradas u otras observaciones o consideraciones a que haya lugar.


## GAS REFRIGERANTE RECUPERADO PARA REGENERACIÓN

Serie del cilindro	Referencia
[ ]	DDMMAAAA-HHMM-RXX
Fecha de recepción __/__/__	
Tipo de refrigerante ( )+( )+( )+( )	Identificación [ ]% [ ]% [ ]% [ ]%
Estado del cilindro ( Bueno ) (Malo)	Peso del cilindro [ ] Kg
Peso bruto [ ] Kg	
Peso neto [ ] Kg	
Escriba aquí el nombre del técnico o empresa de mantenimiento si es entregado al Centro de acopio o el nombre del Centro de acopio si es entregado al Centro de Regeneración]	
Nombre del usuario que entrega el gas para regeneración _____	Teléfono _____
Dirección _____	
Cantidad esperada después de regeneración	Entre el 98% y 99% del peso neto
Kg	Observaciones:

En caso de emergencia llamar al teléfono:

UN \_\_\_\_\_







**FIGURA 49.**  
Modelo de etiqueta para refrigerantes recuperados para regeneración e información a ser complementada por el centro de acopio y almacenamiento

Fuente: adaptado a partir de MinAmbiente – UTO & SENA - CEET, 2015

De la misma manera, es deseable tener una etiqueta con información estandarizada para los gases refrigerantes regenerados, que facilite a los usuarios de los mismos su fácil reconocimiento, así como generar confianza para su utilización. A continuación se presenta un ejemplo de modelo sugerido de etiqueta para gases regenerados:

DICLOROFLUOROMETANO
CAS: 75-71-8  
No. Ashrae: R-12

P261: Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P271: Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado. P312: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico en caso de malestar. P304 + P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. P403 + P233: Almacenar en un lugar bien ventilado.

**H280:** Contiene gas a presión. Peligro de explosión en caso de calentamiento.  
**H336:** Puede provocar somnolencia o vértigo.  
**H420:** Causa daños a la salud pública y el medio ambiente al destruir el ozono en la atmósfera superior.

Dirección de la empresa:


Teléfono:


www.nnnn.com

Ciudad:

Logo de la empresa:

Información adicional





**FIGURA 50.**  
Modelo de etiqueta para envase primario de refrigerantes regenerados en el centro de regeneración

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015

DICLOROFLUOROMETANO
CAS: 75-71-8  
No. Ashrae: R-12




Evitar respirar el polvo / el humo / el gas / la niebla / los vapores/el aerosol. Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado / Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico en caso de malestar / EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar / Guardar bajo llave / Almacenar en un lugar bien ventilado.

**H280:** Contiene gas a presión. Peligro de explosión en caso de calentamiento.  
**H336:** Puede provocar somnolencia o vértigo.  
**H420:** Causa daños a la salud pública y el medio ambiente al destruir el ozono en la atmósfera superior.

Dirección de la empresa:

Teléfono:

www.nnnn.com

Ciudad:

Logo de la empresa:

Información adicional





**FIGURA 51.**  
Modelo de etiqueta para envase/embalaje de refrigerantes regenerados en el centro de regeneración

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2015

## 4.3.1.4.2 LISTA DE VERIFICACIÓN

A continuación se presenta un modelo de lista de verificación que podría ser utilizada para realizar seguimiento y monitoreo a la implementación de las recomendaciones de la presente guía en relación con las operaciones de regeneración. Sin embargo, se sugiere que este modelo de lista sea analizado y complementado con los detalles que se consideren pertinentes, de acuerdo con las características de cada centro de regeneración.

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
1	¿Se han identificado los peligros ambientales y en salud derivados de las etapas y actividades asociadas a las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y residuos asociados y se han evaluado los potenciales riesgos?			
2	¿Se han identificado los requisitos legales ambientales, de seguridad y salud aplicables en relación con las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes?			
3	¿Se han identificado las buenas prácticas ambientales, de seguridad y salud aplicables en relación con las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes?			
4	¿Se cuenta con procedimientos documentados y disponibles para el personal involucrado para las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes?			
5	¿Se cuenta con el suficiente personal idóneo y competente para adelantar las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes? ¿Éste se encuentra certificado en la Norma NCL 280501022 sobre aplicar buenas prácticas en el uso de refrigerantes y lubricantes en instalaciones de refrigeración y calefacción según normatividad ambiental?			
6	¿Se han identificado claramente las responsabilidades de cada uno de los actores involucrados en las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes?			
7	¿Se cuenta con las respectivas hojas de seguridad de los gases refrigerantes manipulados en el lugar de trabajo?			
8	¿Se implementan de manera permanente los programas de capacitación y entrenamiento con todo el personal involucrado, para el conocimiento y uso de los procedimientos, hojas de seguridad, buenas prácticas, recomendaciones y demás información y documentos relevantes en las diferentes actividades y etapas asociadas a las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
9	¿Se capacita y entrena al personal involucrado (incluido el de laboratorio) de manera permanente en relación con los procedimientos para atender casos de emergencia, así como en el uso de equipos y elementos para atención de emergencias?			
10	¿Se informa al personal involucrado (incluido el de laboratorio) sobre los peligros que conlleva la manipulación de gases refrigerantes y los residuos asociados a estos?			
11	¿Se cuenta con un plan de emergencias que incluya también las actividades de laboratorio?			
12	¿El plan de emergencias se encuentra articulado con el plan local de emergencias?			
13	¿Se realizan con cierta periodicidad simulacros para la implementación del plan de emergencias al interior de las instalaciones donde se realizan las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio)?			
14	¿Se cuenta con los respectivos elementos de protección personal (EPP) para todos los trabajadores involucrados, dependiendo de sus responsabilidades y actividades (incluidas pruebas de calidad o laboratorio)?			
15	¿Se cuenta con un programa de seguridad industrial y salud ocupacional?			
16	¿Se cuenta con los equipos y elementos mínimos para adelantar las actividades de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio)?			
17	La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>ubicación</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
18	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) 18 de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>pisos</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
19	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) 19 de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>techos</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
20	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>separación de áreas</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
21	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>ventilación</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
22	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>sistemas de respuesta</b> a emergencias planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
23	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>sistemas cortafuego</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
24	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>salidas de emergencia</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
25	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>iluminación e instalaciones eléctricas</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
26	¿La instalación utilizada para la regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio) de gases refrigerantes y sus residuos asociados, cumple con los criterios generales de <b>señalización</b> planteados en el numeral 4.2.1.3 de esta guía?			
27	¿Se verifica durante la recepción que todos los cilindros de gases refrigerantes o residuos asociados que ingresan al centro de regeneración están debidamente clasificados y etiquetados?			
28	¿Se verifica el uso de cilindros recargables que cuenten con dispositivos de protección de sobrellenado (OFP) y doble válvula, así como el estado de los mismos, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones dadas en el numeral 3 de esta guía?			
29	¿Se cuenta con los respectivos registros de trazabilidad de los gases refrigerantes manipulados (recuperados para regeneración, regenerados y eventualmente residuales) y se mantienen los respectivos controles de inventarios (cantidades y calidades) y de ubicación de los mismos?			
30	¿En el momento de la recepción de refrigerantes, se verifica que los vehículos que transportan los gases refrigerantes y residuos asociados cuentan con toda la documentación establecida por la normativa vigente y cumplen con los requisitos dispuestos en ésta?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
31	¿Se utilizan carretillas adecuadas para el movimiento interno de cilindros o montacargas cuando así lo amerita?			
32	El personal involucrado ha sido entrenado para el uso de equipos específicos como la unidad regeneradora, el identificador o analizador de gases, el cromatógrafo de gases, los dispositivos de transvase de refrigerantes u otros utilizados en las diferentes etapas de las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio)?			
33	¿Durante la manipulación o uso de equipos específicos como la unidad regeneradora, el identificador o analizador de gases, el cromatógrafo de gases, los dispositivos de transvase de refrigerantes u otros utilizados en las diferentes etapas de las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio), se siguen las recomendaciones dadas por el fabricante de los mismos en sus manuales, así como las de los procedimientos o instructivos propios y las brindadas en la presente guía?			
34	¿El almacenamiento de los gases refrigerantes y sus residuos asociados se realiza de manera ordenada y separada para cada caso (refrigerantes recuperados para regeneración, regenerados y eventualmente residuales) y cuando en las instalaciones del centro de regeneración se realiza el almacenamiento de otras sustancias o residuos (por ejemplo reactivos de laboratorio), se representan criterios de compatibilidad química?			
35	¿Se cuenta con un pasillo perimetral entre los elementos almacenados y los muros?			
36	¿Los cilindros son almacenados en la posición recomendada?			
37	En caso que los cilindros sean almacenados con ayuda de estantería o mecanismos de soporte, ¿estos son los adecuados y con la suficiente resistencia para el tamaño de los cilindros y con la inclinación adecuada?			
38	¿Se monitorean periódicamente las condiciones ambientales y de seguridad para el almacenamiento de los gases refrigerantes y sus residuos asociados con el fin de evitar excesiva humedad, temperatura, ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión?			
39	¿Se implementan prácticas y procedimientos para el monitoreo y prevención de fugas durante las diferentes etapas y actividades relacionadas con las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio)?			
40	¿Se han implementado prácticas y procedimientos para la prevención de incendios?			

N°	Aspecto a verificar	SÍ	NO	Observaciones
41	¿Se posee e implementa con cierta periodicidad un plan de mantenimiento de instalaciones, vehículos y equipos involucrados en las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio)?			
42	¿El gas regenerado que se entrega a los centros de acopio y almacenamiento, cuenta con el respectivo certificado de aprobación de las pruebas de calidad para poder ser reutilizado mediante devolución o comercialización con las empresas o técnicos de mantenimiento?			
43	¿Se posee e implementa un plan de gestión integral de residuos peligrosos y no peligrosos que contemple los residuos asociados a las etapas y actividades de las operaciones de regeneración (incluidas pruebas de calidad o laboratorio), así como las de mantenimiento, administrativas, entre otras?			
44	¿Los gases residuales (en caso que se presenten en el centro de regeneración) son manejados de manera ambientalmente racional como residuos o desechos peligrosos, de acuerdo con las alternativas aceptadas por el protocolo de Montreal y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la UTO, en el marco de la normativa ambiental vigente?			
45	Como parte del manejo ambientalmente racional dado a los residuos, ¿se consideran otros residuos peligrosos derivados de actividades de laboratorio, mantenimiento de equipos, dispositivos u otro tipo de elementos involucrados en la actividad tales como aceites usados y desechos contaminados con estos, así como otros derivados del mantenimiento de las instalaciones y otros de tipo administrativo como bombillas o luminarias fluorescentes, pilas usadas, tóner, equipos de cómputo e impresoras en desuso, entre otros?			
46	Como parte del manejo ambientalmente racional dado a los residuos, ¿se consideran otros residuos ordinarios o no peligrosos tales como papel, cartón, plástico, entre otros y los cilindros vacíos que puedan ser aprovechados y que no sean considerados peligrosos?			
47	¿El manejo de todos los residuos peligrosos generados se adelanta con gestores autorizados para ese tipo de residuos peligrosos?			
48	¿Quién actúe como gestor de los residuos peligrosos generados por el centro de regeneración, emite la certificación respectiva de los mismos, indicando que ha concluido la actividad de manejo de residuos o desechos peligrosos?			<p style="text-align: center;"><b>TABLA 26.</b> Modelo de lista de verificación para operaciones de regeneración</p>



## 4.3.2 PRUEBAS DE CALIDAD DE LOS GASES REGENERADOS

A continuación se describen algunas generalidades relacionadas con las pruebas de calidad de gases refrigerantes regenerados, sin embargo se recomienda revisar los detalles técnicos de los siguientes aspectos en cada uno de los protocolos de laboratorio para estas pruebas, presentados en los anexos del 8 al 12 de esta guía.

### 4.3.2.1 CONDICIONES Y RECURSOS NECESARIOS PARA PRUEBAS DE CALIDAD

Para la realización de las pruebas de calidad (ensayos de laboratorio) sobre los gases regenerados, es necesario disponer de una infraestructura física básica, unos equipos analíticos, materiales y reactivos químicos específicos con los cuales se puedan desarrollar las pruebas de calidad; dichas pruebas tienen como referencia los métodos de ensayo del apéndice C del AHRI Standard 700-2014<sup>23</sup>, que son metodologías normalizadas y reconocidas a nivel internacional.

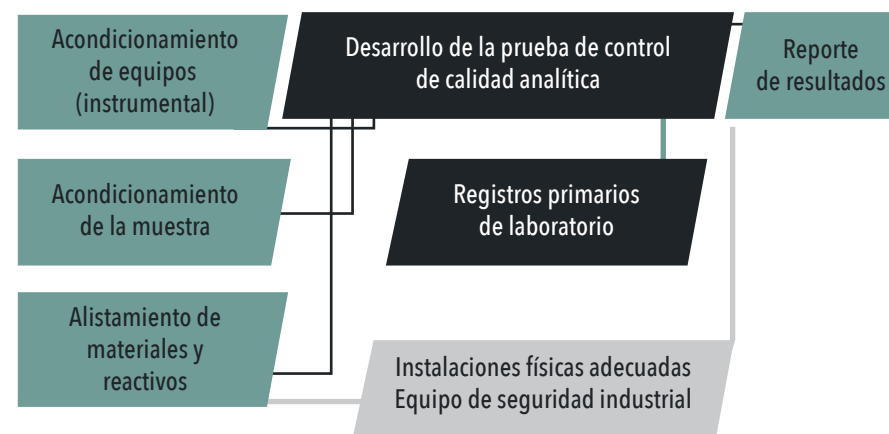
Las instalaciones físicas (laboratorios) donde se desarrollen las pruebas de calidad deben disponer de los espacios (áreas), materiales de construcción, mesones, ventilación, instalaciones hidráulicas, eléctricas y de gases de cubran las necesidades específicas de los métodos de ensayo. Adicionalmente a esto, se debe contar con elementos de seguridad industrial tales como estación lavavojos y ducha de seguridad, extintores, detectores de humo, señalización, etc., y la disponibilidad de los elementos de protección personal para el personal que realiza las pruebas (máscara para vapores ácidos y orgánicos, guantes, gafas de seguridad, bata de laboratorio u overol, zapatos de trabajo (preferiblemente con puntera reforzada), que permitan el desarrollo de las pruebas de manera segura.

<sup>23</sup> Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute - AHRI. Appendix C for Analytical Procedures for AHRI Standard 700-2014 - Normative. 2008. Partes 6 a 9

En el numeral 6 de cada uno de los protocolos de ensayo que se presentan en los anexos del 8 al 12 de esta guía, se detallan los equipos, materiales y reactivos mínimos necesarios para llevar a cabo cada prueba de calidad; sin embargo, es importante resaltar que el desarrollo de las pruebas debe atender las buenas prácticas generales de laboratorio, no solo con referencia a la manipulación de elementos, equipos y reactivos químicos sino también en cuanto a la utilización de elementos y materiales adecuados que no invaliden o afecten la calidad de los resultados de ensayo.

### 4.3.2.2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD Y PROTOCOLOS PARA LOS PRINCIPALES ENSAYOS DE LABORATORIO

De manera general, la realización de pruebas de calidad en refrigerantes regenerados, consta de las etapas que se detallan en la siguiente figura:



**FIGURA 52.**

Descripción general de etapas adelantadas en las pruebas de calidad de gases regenerados

En el numeral 10 de cada uno de los protocolos de ensayo que se presentan en los anexos del 8 al 12 de esta guía, se muestran los diagramas de flujo que esquematizan de manera general el desarrollo de cada prueba de calidad.

### 4.3.2.3 CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE RIESGOS ASOCIADOS A LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CALIDAD DE REFRIGERANTES

A continuación se presenta la caracterización y el manejo de los riesgos asociados a cada una de las pruebas de calidad descritas en los protocolos anexos de la presente guía (anexos del 8 al 12). La caracterización se presenta por cada una de las etapas relevantes de la prueba, en las cuales se pueden identificar claramente los principales factores que inciden en un aumento de la exposición a diversos peligros; con base en estos se hace la identificación de los principales riesgos asociados y se sugieren las medidas de prevención y reducción de riesgo que se pueden adoptar. Adicionalmente, se relacionan los medios de implementación y verificación de las medidas de prevención propuestas y las medidas de mitigación y remediación del daño que se deberían implementar.

#### A) DETERMINACIÓN DE ACIDEZ EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS

##### ACTIVIDADES

Preparación de reactivos

##### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Realizar labores de trasvasado o dosificación de reactivos en áreas inapropiadas durante la preparación de reactivos.
- Añadir el agua sobre el ácido, en el momento de efectuar la dilución del ácido sulfúrico.

##### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

###### Impactos ambientales:

**Por derrame** de líquidos de solventes orgánicos y ácidos y bases fuertes en desagües; contaminación de agua y daños en organismos acuáticos.

###### Afectaciones a la salud:

**Por inhalación** de vapores generados por solventes orgánicos; intoxicación, irritación de las vías respiratorias y daño pulmonar severo.

**Por contacto** con ojos o piel; quemaduras graves con solventes orgánicos y ácidos y bases fuertes.

##### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Se debe tener conocimiento de las características básicas de los químicos, para lo cual se recomienda consultar previamente las hojas de seguridad aplicables y prever las medidas especiales para su manipulación.

La preparación de reactivos (disoluciones y mezclas) se debe realizar en una cabina de extracción de vapores. Alistar y medir las cantidades exactas de los reactivos con el fin de evitar residuos y procedimientos de re envase o vertimientos impropios de sustancias químicas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

De manera imperativa al realizar la dilución del ácido sulfúrico, siempre añadir el ácido al agua; nunca al contrario.

Evitar respirar los vapores de los solventes orgánicos, ácidos y bases fuertes e impedir que entren en contacto con los ojos, la piel o la ropa.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis sobre el manejo adecuado de sustancias químicas, que incluya criterios de recepción de las sustancias de acuerdo con las condiciones seguras del embalaje y el cumplimiento de requisitos de etiquetado.

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de control de las hojas de seguridad y actualizaciones periódicas.
- Registros de evaluaciones periódicas de competencias de los analistas de laboratorio, en cuanto al procedimiento de acidez y a la manipulación de sustancias químicas.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Almacenar los reactivos puros y soluciones preparadas en un lugar inadecuado. Carecer de una clasificación o clasificar deficientemente los reactivos puros y de mezclas de laboratorio, de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Por mezclas impropias** de reactivos; riesgo de exposición a reacciones químicas no deseadas, liberación de vapores o combustión, que provoquen daños a la salud.

**Por mala clasificación** de sustancias químicas; riesgo de utilizar un procedimiento inadecuado en el caso de requerirse la atención de un derrame, que pueda generar un incidente mayor, comprometiendo la salud del personal presente en el área.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Los reactivos se deben almacenar en zonas ventiladas y apartadas de posibles puntos de llama, considerando su peligrosidad.

Es necesario que los recipientes de los reactivos puros y mezclas adquiridos comercialmente, conserven los rótulos originales.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

Clasificar y rotular los reactivos de acuerdo con el Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, en caso que no se disponga de dicha clasificación.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis sobre el manejo y almacenamiento adecuado de sustancias químicas.

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de inventarios y de caducidad de los reactivos de laboratorio.
- Registros de capacitación y de evaluación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Mantener abiertos los recipientes de los reactivos puros y preparados en el laboratorio (manipulación inadecuada).
- Mantener reactivos puros y preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) sin rótulos que los identifiquen.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

Riesgo de derrame de reactivos de laboratorio en las instalaciones.

Por **mezclas impropias** de reactivos; riesgo de causar una reacción química no esperada que provoque disipación de vapores de solventes en el ambiente o combustión.

**Afectaciones a la salud**

Por exposición a reacciones impropias; riesgo de quemaduras graves en la piel e irritación ocular grave o de las vías respiratorias.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Mantener los recipientes de reactivos puros y de los preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) bien tapados, y evitar que contengan una cantidad de sustancias superior al 80% de su capacidad.

Rotular o marcar los envases de los reactivos preparados en el laboratorio de acuerdo a su contenido. Como mínimo se deben identificar el nombre del reactivo preparado y la fecha de preparación; sin embargo, es deseable que los envases de reactivos de uso rutinario en el

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

laboratorio tengan los pictogramas de peligrosidad y el nombre o iniciales de quien los preparó. Mantener disponible un kit para derrames de sustancias ácidas y básicas y solventes orgánicos.

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar primeros auxilios.

Utilizar el kit de derrames.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Utilizar inadecuadamente los materiales de laboratorio durante la preparación de los reactivos.
- Utilizar los materiales de laboratorio inapropiados para la actividad.
- Utilizar material de laboratorio contaminado o sucio.
- Utilizar materiales de laboratorio que presenten desgaste, estén despicados o rotos.
- Pipetear con la boca o el dedo, agitar soluciones sin las debidas precauciones.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

Por material inapropiado y defectuoso

Riesgo de derrames de reactivos (disolventes puros y mezclas).

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de mezclas y reacciones impropias entre los reactivos, que provoquen daños a la salud.

Riesgo de cortadas en la piel con material corto punzante (vidrio roto).

Riesgo de ingestión, inhalación, irritación o quemaduras por contacto con reactivos.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Disponer del material de laboratorio necesario para la labor, limpio y en buenas condiciones.

Mantener los recipientes de reactivos puros y de los preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) bien tapados.

Rotular o marcar los envases de los reactivos preparados en el laboratorio de acuerdo a su contenido, como mínimo con el nombre del reactivo preparado y la fecha de preparación; sin embargo, es deseable que los envases de reactivos de uso rutinario en el laboratorio tengan los pictogramas de peligrosidad y el nombre o iniciales de quien los preparó.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

Inspeccionar, previamente a su uso, el estado de los materiales y equipos de laboratorio utilizados en el ensayo.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis sobre el manejo adecuado de los materiales de laboratorio (buenas prácticas de laboratorio).

Preparar los reactivos (disoluciones o mezclas) siguiendo siempre buenas prácticas de laboratorio.

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de inventarios y evaluación de los materiales de laboratorio.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos para la actividad.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

**Por exposición** a los reactivos (disoluciones o mezclas).

**Por inhalación** de solventes orgánicos volátiles; riesgo de intoxicación por aspiración. Riesgo de irritación en vías respiratorias por aspiración.

**Por contacto** con solventes orgánicos y ácidos y bases fuertes; riesgo de quemaduras en la piel e irritación ocular grave.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante todo el proceso de realización de los ensayos de laboratorio:

- Gafas de seguridad de arco cerrado.

- Máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y vapores ácidos.

- Guantes de nitrilo desechables de calibre 11, 15, 18 o 22 mil, y entre 10 y 13 pulgadas de largo preferiblemente con terminación en rollo o suficientemente largos que permitan la protección del antebrazo.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Bata (preferiblemente con retardante de llama).  
- Calzado (bota) industrial punta de acero preferiblemente.  
Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis en el uso adecuado de los elementos de protección personal.

Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.  
• Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.  
Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar la estación lavaojos o ducha de seguridad según aplique.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

• No mantener en orden y libre de obstáculos el área de preparación de reactivos (zonas de paso peatonal, mesones, etc.)

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

**Por de caída**

Riesgo de exposición a ácidos y bases fuertes y solventes orgánicos que provoquen daños a la salud.

Riesgo de cortaduras con material de vidrio (y otros) de laboratorio roto.

Riesgo de exposición a mezclas de sustancias químicas no deseadas, por golpes accidentales entre materiales de laboratorio.

Antes de empezar el análisis realizar una inspección del orden y aseo del área de laboratorio.

Previamente a la labor, señalar zonas de tránsito peatonal en el área de ensayos.

Para movilizar botellas de vidrio de más de un litro de capacidad, que contienen reactivos tales como solventes orgánicos y ácidos o bases fuertes, utilizar canastillas de tamaño conforme al recipiente de vidrio.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavaojos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).



## ACTIVIDADES

Ensamble del cilindro de muestreo

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de herramientas inadecuadas.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Por uso de herramientas inapropiadas; riesgo de golpes y cortaduras en el ensamble del cilindro de muestreo.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Usar las herramientas adecuadas, en el montaje del cilindro de muestreo.  
Manipular las herramientas con guantes de carnaza o caucho cuando se realice el montaje del cilindro de muestreo.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de revisión periódica de herramientas mecánicas de laboratorio.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Manipulación inadecuada del cilindro de muestreo.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

Riesgo de punzadura con aguja de inyección del cilindro de muestreo.  
Riesgo de quemadura con horno en el momento de secado de los componentes del cilindro de muestreo.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Manipular el cilindro de muestreo con la aguja de inyección cubierta (con capuchón).  
Usar guantes resistentes a altas temperaturas, de kevlar o similares, para manipular las partes del cilindro de muestreo después del secado por calentamiento.  
Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis en el uso adecuado de los elementos de protección personal.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de revisión periódica de herramientas mecánicas de laboratorio.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

## ACTIVIDADES

Toma de la muestra

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Toma inapropiada de la alícuota de ensayo.
- Manipulación inadecuada de las válvulas del cilindro de refrigerante.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Fugas de gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de golpes con cilindro de muestra, cilindro de muestreo, accesorios y herramientas necesarios para el ensamble de los cilindros, en el momento del ensamble para realizar el muestreo.

Riesgo de golpe, machucón o atrapamiento, por caída accidental del cilindro de muestra.

Riesgo de quemadura con refrigerante líquido.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Realizar el método de ensayo de acuerdo con lo descrito en el procedimiento para la determinación de acidez en refrigerantes.

Utilizar las herramientas adecuadas para realizar el ensamble y desensamble de los cilindros en el proceso de muestreo.

Realizar el procedimiento de ensamble y desensamble del cilindro de muestreo sobre una superficie plana y estable.

Utilizar soporte universal y pinzas para sujetar el cilindro de muestreo.

Implementar capacitación del personal de análisis en el método de ensayo para la determinación de acidez en refrigerantes y en el manejo apropiado de los cilindros de gases de refrigerantes.

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante todo el proceso de realización de los ensayos de laboratorio.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

## ACTIVIDADES

Titulación de la muestra

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Manipulación inadecuada de ácidos y bases fuertes y de solventes orgánicos.
- Manipulación inadecuada de materiales de vidrio.
- Deficiencias en el montaje de materiales para la realización de la titulación.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de salpicadura de ácidos y bases fuertes y solventes orgánicos en el momento de la agitación o por caída de material de laboratorio de vidrio durante su manipulación, que provoquen daños para la salud.

Riesgo de cortadura por caída de material de laboratorio de vidrio durante su manipulación.

Riesgo de cortadura por caída de material de laboratorio de vidrio por ensamble de titulación deficiente durante la determinación de acidez.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Utilizar los elementos de protección personal mínimos para la realización del método de ensayo. Utilizar pipetas, bureta y vasos de precipitados del tamaño adecuado de acuerdo con los volúmenes de soluciones a medir o contener.

Realizar el montaje de la bureta y del cilindro de muestreo sobre un soporte universal, que permita la estabilidad de estos elementos.

Realizar la titulación bajo agitación, preferiblemente con ayuda de una plancha de agitación, lo que la hará más homogénea y controlada evitando salpicadura de las soluciones.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

## ACTIVIDADES

Organización del material y disposición de residuos

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Identificación deficiente de los recipientes para desecho de residuos químicos.
  - No desechar inmediatamente los residuos químicos del ensayo en los recipientes dispuestos para tal fin.
- No realizar el procedimiento de lavado, secado y almacenaje de los materiales de laboratorio de manera conveniente, en los lugares determinados, después de desarrollar el análisis.
- No dejar el área de ensayo en orden.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Riesgo de realizar una disposición de desechos químicos inadecuada, que generen contaminación al ambiente y daños a la salud.

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de mezcla accidental de residuos químicos, que pueden ocasionar vapores, derrames o combustión y que provoquen daños para la salud.

Riesgo de exposición a material contaminado con residuos químicos que provoquen afectaciones a la salud.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Disponer de recipientes de materiales compatibles, identificados debidamente, para la segregación de los desechos de ensayo:

- Desechos ácidos
- Desechos básicos
- Solventes orgánicos.
- Vidrio roto

Depositar los residuos y desechos químicos en los contenedores adecuados, en el menor tiempo posible después de su generación.

Implementar capacitación del personal de análisis en el método de ensayo sobre la disposición de residuos y desechos químicos.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.
- Registro de control y disposición final de residuos y desechos de laboratorio.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Utilizar el kit de derrames.

Brindar los primeros auxilios.

## B) DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR PRECIPITACIÓN DE CLORURO DE PLATA

### ACTIVIDADES

Ensamble del cilindro de muestreo

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de herramientas inadecuadas.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Afectaciones a la salud

Riesgo de golpes y cortaduras por usar herramientas inapropiadas para el ensamble del cilindro de muestreo.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Para ensamblar segura y eficazmente el cilindro de muestreo, se deben usar las herramientas adecuadas, en el montaje del cilindro de muestreo; específicamente las llaves de calibre igual a los calibres de las válvulas y acoples.

Manipular las herramientas con guantes de carnaza o caucho cuando se realice el montaje del cilindro de muestreo, de tal manera que con este tipo de materiales se afiancen fijamente las partes del ensamble.

#### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de inventario y revisión de las herramientas necesarias para el acople de las partes, en el ensamble del cilindro de muestreo.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Manipulación inadecuada del cilindro de muestreo.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de punzadura con aguja de inyección, por manipulación del cilindro de muestreo.  
Riesgo de quemadura con horno en el momento de secado de los componentes del cilindro de muestreo.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Se debe manipular el cilindro de muestreo con la aguja de inyección cubierta (con capuchón).  
Usar guantes resistentes a altas temperaturas, de kevlar o similares, para manipular las partes del cilindro de muestreo después del secado por calentamiento.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.



## ACTIVIDADES

Toma de la muestra

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Toma de la alícuota de ensayo de manera inapropiada.
- Manipulación inadecuada de las válvulas del cilindro de refrigerante.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Por derrame de refrigerantes líquidos en desagües o fugas de gas refrigerante comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de golpes con cilindro de muestra, cilindro de muestreo, accesorios y herramientas necesarios para el ensamble de los cilindros, en el momento de realizar el ensamble para realizar el muestreo.

Riesgo de golpe, machucón o atrapamiento, por caída accidental del cilindro de muestra.

Por escape de refrigerante líquido; riesgo de quemadura.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Realizar la extracción de la muestra de acuerdo con lo descrito en el procedimiento para la determinación de cloruros en refrigerantes.

Utilizar las herramientas adecuadas para realizar el ensamble y desensamble de los cilindros en el proceso de muestreo.

Realizar el ensamble y desensamble del cilindro de muestreo sobre una superficie plana y estable. Para extraer la alícuota de ensayo, es conveniente utilizar un soporte universal y pinzas o nueces para sujetar el cilindro de muestreo.

Implementar capacitación del personal de análisis en el método de ensayo para la determinación de cloruros en refrigerantes.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el manejo apropiado de los cilindros de gases refrigerantes.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

## ACTIVIDADES

Preparación de reactivos y materiales de laboratorio

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Realizar labores de trasvasado y dosificación de reactivos en áreas inapropiadas durante la preparación de reactivos.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

**Por inhalación** de vapores generados por los solventes orgánicos; riesgo de intoxicación y quemaduras en vías respiratorias.

**Por contacto** con solventes orgánicos; riesgo de irritación cutánea.

**Por contacto** con solventes orgánicos; riesgo de irritación ocular grave.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

En procedimiento de preparación de reactivos (disoluciones y mezclas), se debe realizar en cabina de extracción de vapores.

Implementar capacitación del personal de análisis en el manejo adecuado de sustancias químicas.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavaojos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica

#### Salud y seguridad

Utilizar la estación lavaojos o ducha de seguridad según aplique.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### **FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Almacenar los reactivos puros y soluciones preparadas en un lugar inadecuado.
- Deficiente clasificación de reactivos puros y de mezclas, de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad.

### **IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

#### **Impactos ambientales**

Riesgo de utilizar un procedimiento inadecuado en el caso de requerirse la atención de un derrame, que pueda generar un incidente mayor, comprometiendo la salud del personal presente en el área.

#### **Afectaciones a la salud**

Riesgo de exposición a reacciones químicas no deseadas, liberación de vapores y/o combustión por mezclas de reactivos, que provoquen daños a la salud.

### **MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Almacenar los reactivos en zonas ventiladas y apartadas de posibles puntos de llama, considerando su peligrosidad.

Mantener los rótulos originales de los reactivos puros, adquiridos comercialmente.

Rotular o marcar los envases de los reactivos preparados en el laboratorio de acuerdo a su contenido. Como mínimo se deben identificar el nombre del reactivo preparado y la fecha de preparación; sin embargo, es deseable que los envases de reactivos de uso rutinario en el laboratorio tengan los pictogramas de peligrosidad y el nombre o iniciales de quien los preparó.

Clasificar y rotular los reactivos de acuerdo con el sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, en caso que no se disponga de dicha clasificación.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis en el manejo y almacenamiento adecuado de sustancias químicas.

### **MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Mantener abiertos los recipientes de los reactivos puros y preparados en el laboratorio (manipulación inadecuada).
- Mantener reactivos puros y preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) sin rótulos que los identifique.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

**Por derrame** de reactivos de laboratorio en las instalaciones.

Riesgo de causar una reacción química no esperada que provoque disipación de vapores de solventes en el ambiente o combustión.

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de quemaduras graves en la piel e irritación grave ocular o de las vías respiratorias.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Mantener los recipientes de reactivos puros y de los preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) debidamente tapados.

Rotular o marcar los envases de los reactivos preparados en el laboratorio de acuerdo a su contenido, como mínimo con el nombre del reactivo preparado y la fecha de preparación; sin embargo, es deseable que los envases de reactivos de uso rutinario en el laboratorio tengan los pictogramas de peligrosidad y el nombre o iniciales de quien los preparó.

Mantener disponible un kit para derrames de: sustancias ácidas y básicas y solventes orgánicos.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis sobre atención de derrames de sustancias químicas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Utilizar el kit de derrames.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Utilizar inadecuadamente los materiales de laboratorio durante la preparación de los reactivos.
- Utilizar los materiales de laboratorio inapropiados para la actividad.
- Utilizar materiales de laboratorio contaminado o sucio.
- Utilizar materiales de laboratorio con desgaste, despicado o rotos.
- Pipetear con la boca o el dedo, agitar soluciones sin las debidas precauciones.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

**Por derrame** de reactivos de laboratorio (disolventes y mezclas) en las instalaciones.

Riesgo de mezclas y reacciones impropias de los reactivos, que provoquen daños a la salud.

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de cortadas en la piel con material cortopunzante (vidrio roto).

**Por ingestión** de reactivos; irritación o quemaduras.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Previo a la labor se debe inspeccionar y disponer del material de laboratorio necesario para la labor, limpio y en buenas condiciones.

Mantener los recipientes de reactivos puros y de los preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) debidamente tapados.

Rotular o marcar los envases de los reactivos preparados en el laboratorio de acuerdo a su contenido, como mínimo con el nombre del reactivo preparado y la fecha de preparación; sin embargo, es deseable que los envases de reactivos de uso rutinario en el laboratorio tengan los pictogramas de peligrosidad y el nombre o iniciales de quien los preparó.

Inspeccionar, previo a su uso, el estado de los materiales y/o equipos de laboratorio utilizados en el ensayo.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis sobre el manejo adecuado de los materiales de laboratorio (buenas prácticas de laboratorio).

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de inventarios y evaluación de los materiales de laboratorio.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Utilizar el kit de derrames.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- No utilizar los elementos de protección personal mínimos para realizar la actividad.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Exposición a los reactivos (disoluciones o mezclas).

**Por inhalación** de solventes orgánicos volátiles; riesgo de intoxicación e irritación en vías respiratorias

**Por contacto** con solventes orgánicos; riesgo de irritación en la piel y quemadura ocular grave.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante todo el proceso de realización de los ensayos de laboratorio:

- Gafas de seguridad de arco cerrado.

- Máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y vapores ácidos.

- Guantes de nitrilo desechables de calibre 11, 15, 18 o 22 mil y entre 10 y 13 pulgadas de largo preferiblemente con terminación en rollo o suficientemente largos que permita la protección del antebrazo.

- Bata (preferiblemente con retardante de llama).

- Calzado (bota) industrial punta de acero preferiblemente.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el uso adecuado de los elementos de protección personal.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavaojos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Utilizar la estación lavaojos y/o ducha de seguridad según aplique.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Mantener de manera deficiente el área de análisis en orden y libre de obstáculos durante la preparación de reactivos (zonas de paso peatonal, mesones, etc.).

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de caídas al manipular reactivos.

**Por caída;** riesgo de exposición a ácidos y bases fuertes y solventes orgánicos que provoquen daños a la salud.

**Por caída;** riesgo de cortaduras con material de laboratorio roto.

**Por caída o golpes accidentales entremateriales de laboratorio;** riesgo de reacciones y mezclas de sustancias químicas no deseadas.

Antes de empezar el análisis realizar una inspección del orden y aseo del área de laboratorio.

Señalizar zonas de tránsito peatonal en el área de ensayos.

Para movilizar botellas de vidrio de más de un litro de capacidad, que contienen reactivos tales como solventes orgánicos y ácidos o bases fuertes, utilizar canastillas de tamaño conforme al recipiente de vidrio.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavaojos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).



## ACTIVIDADES

Determinación de la presencia de cloruros

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Ejecución de la determinación de cloruros de manera inadecuada cuanto a:
  - Manipulación de solventes orgánicos.
  - Manipulación de materiales de laboratorio de vidrio.
  - Montaje de materiales de laboratorio para el desarrollo de la determinación.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de salpicadura de solventes orgánicos en el momento de la agitación o por caída de material de vidrio de laboratorio durante su manipulación, que provoquen daños para la salud.  
Riesgo de cortadura por caída de material de laboratorio de vidrio durante su manipulación.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Utilizar los elementos de protección personal mínimos para la realización del método de ensayo. Utilizar pipetas y vasos de precipitados del tamaño adecuado de acuerdo con los volúmenes de soluciones y reactivos a medir o contener.  
Realizar el montaje sobre un soporte universal, que permita la estabilidad de estos elementos. Realizar la adición del nitrato de plata bajo agitación, preferiblemente con ayuda de una plancha de agitación, lo que la hará más homogénea y controlada evitando salpicadura de las soluciones. Implementar capacitación del personal de análisis sobre la determinación de cloruros en refrigerantes nuevos y regenerados.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.

## ACTIVIDADES

Organización del material y disposición de residuos

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- No tener identificados los recipientes para desecho de residuos químicos.
- No desechar inmediatamente los residuos químicos del ensayo en los recipientes dispuestos para tal fin.
- No lavar, secar y almacenar los materiales convenientemente en los lugares determinados, después de desarrollar el análisis.
- No dejar el área de ensayo en orden.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Riesgo de realizar una disposición de desechos químicos inadecuada, que generen contaminación al ambiente y daños a la salud.

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de mezclar accidental residuos químicos, que pueden ocasionar vapores, derrames o combustión y que provoquen daños para la salud.

Riesgo de exposición a material contaminado con residuos químicos que provoquen afectaciones a la salud.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Disponer de recipientes o contenedores de materiales compatibles, identificados debidamente, para la segregación de los desechos de ensayo:

- Desechos ácidos.
- Solvente orgánicos.
- Vidrio roto

Depositar los residuos y desechos químicos en los contenedores adecuados, en el menor tiempo posible después de su generación.

Implementar capacitación del personal de análisis en el método de ensayo sobre la disposición de residuos y desechos químicos.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación y evaluación del personal de análisis.
- Registro de control y disposición final de residuos y desechos de laboratorio.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**  
Utilizar el kit de derrames.

**Salud y seguridad**  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**C) DETERMINACIÓN DE AGUA EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR TITULACIÓN COULOMÉTRICA POR KARL-FISCHER**

**ACTIVIDADES**

Preparación de equipos y reactivos

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Realizar labores de trasvasado o dosificación de reactivos sin utilizar cabina de extracción de gases.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**  
Por ingestión, contacto con la piel o inhalación del hydranal; riesgo de intoxicación.  
Riesgo de intoxicación por aspiración de vapores generados por los solventes orgánicos.  
**Por contacto** con solventes orgánicos; riesgo de irritación de vías respiratorias, irritación cutánea y ocular grave.  
Riesgo de salpicaduras con reactivos, que provoquen daños a la salud.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Realizar la adición de los reactivos necesarios para la determinación al vaso de valoración en cabina de extracción. Se debe tener especial cuidado en la manipulación del hydranal.  
Capacitación: Manejo de sustancias químicas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar la estación lavajos y/o ducha de seguridad según aplique.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Almacenar los reactivos en un lugar inadecuado.
- Mantener el equipo de Karl-Fischer conteniendo la solución de valoración, fuera de una cabina de extracción.
- Clasificación de reactivos deficiente, de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de generación de reacciones químicas no previstas de los reactivos y liberación de vapores que provoquen afectaciones a la salud, por fugas o derrames de reactivos.

Riesgo de utilizar un procedimiento inadecuado en el caso de requerirse la atención de un derrame, que pueda generar un incidente mayor, comprometiendo la salud del personal presente en el área.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Almacenar los reactivos en zonas ventiladas y apartadas de posibles puntos de llama.

Mantener los rótulos originales de los reactivos puros, adquiridos comercialmente.

Clasificar y rotular los reactivos de acuerdo con el sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, en caso que no se disponga de dicha clasificación.

Implementar procedimientos y capacitación del personal de análisis sobre el manejo y almacenamiento adecuado de sustancias químicas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Mantener abiertos los recipientes de los reactivos durante la preparación del equipo de valoración y la adición de reactivos necesarios.
- Almacenar reactivos puros sin rótulos que brinden información básica de la mezcla.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

Riesgo de derrame de reactivos de laboratorio en el área.

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de exposición a vapores o combustión por mezclas de reactivos y liberación de vapores que provoquen daños a la salud.

Riesgo de quemaduras graves en la piel e irritación ocular grave.

Riesgo de intoxicación en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación con hydranal.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Mantener los recipientes de reactivos puros y de los preparados en el laboratorio (disoluciones y mezclas) bien tapados.

Rotular o marcar los envases de los reactivos preparados en el laboratorio de acuerdo a su contenido, como mínimo con el nombre del reactivo preparado y la fecha de preparación; sin embargo, es deseable que los envases de reactivos de uso rutinario en el laboratorio tengan los pictogramas de peligrosidad y el nombre o iniciales de quien los preparó.

Mantener disponible un kit para derrames de sustancias orgánicas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar de manera inmediata el kit de derrames.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Utilizar inadecuadamente los materiales de laboratorio necesarios para el manejo de los reactivos.
- Utilizar materiales de laboratorio contaminados con otra sustancia.
- Utilizar materiales de laboratorios con desgaste, despicados o rotos.
- Pipetear con la boca o el dedo, hacer mezclas usando la integridad del cuerpo.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

Riesgo de derrames de reactivos (disolventes y mezclas).  
Riesgo de daño a los materiales o equipos de laboratorio.

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de mezclas y reacciones impropias de los reactivos, que provoquen daños a la salud.  
Riesgo de cortadas en la piel con material cortopunzante.  
Riesgo de ingestión, irritación o quemaduras por contacto con reactivos.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Disponer del material de laboratorio necesario para realizar la determinación, limpio y seco,  
Disponer el material de laboratorio adecuado para realizar la labor.  
Inspeccionar previamente a su uso los materiales y equipo de valoración.  
Implementar capacitación sobre manipulación de material de laboratorio.  
Manejar los reactivos (disoluciones o mezclas) manteniendo siempre las buenas prácticas de laboratorio.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar de manera inmediata el kit de derrames.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Exposición a los reactivos (disoluciones o mezclas).  
Riesgo de intoxicación o irritación de vías respiratorias por aspiración de solventes orgánicos volátiles.  
Riesgo de quemaduras graves en la piel por contacto con solventes orgánicos volátiles.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante todo el proceso de realización de los ensayos de laboratorio:

- Gafas de seguridad de arco cerrado.
- Máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos.
- Guantes de nitrilo desechables de calibre 11, 15, 18 o 22 mil y entre 10 y 13 pulgadas de largo preferiblemente con terminación en rollo o suficientemente largos que permitan la protección del antebrazo.
- Bata (preferiblemente con retardante de llama).
- Calzado (bota) industrial punta de acero preferiblemente.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavajos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el uso adecuado de los elementos de protección personal.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.



**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar la estación lavajos o ducha de seguridad según aplique.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No mantener en orden y libre de obstáculos el área de preparación de reactivos (zonas de paso peatonal, mesones, etc.)

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de caídas al manipular reactivos.

Riesgo de exposición a ácidos y bases fuertes y solventes orgánicos que provoquen daños a la salud, por caída.

Riesgo de cortaduras con material de laboratorio roto, por caída.

Riesgo de mezclas de sustancias químicas no deseadas, por caída o golpes accidentales entre materiales de laboratorio.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Previamente a empezar el análisis es necesario realizar una inspección del orden y aseo del área de laboratorio.

Señalizar zonas de tránsito peatonal en el área de ensayos.

Para movilizar botellas de vidrio de más de un litro de capacidad, que contienen reactivos tales como solventes orgánicos y ácidos o bases fuertes, utilizar canastillas de tamaño conforme al recipiente de vidrio.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavajos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavajos.

## ACTIVIDADES

Ensamble del cilindro de muestreo

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Utilizar la estación lavajos o ducha de seguridad según aplique.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Uso de herramientas inadecuadas.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de golpes y cortaduras por usar herramientas inadecuadas para el ensamble del cilindro de muestreo.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Usar las herramientas adecuadas, en el montaje del cilindro de muestreo.

Manipular las herramientas con guantes de carnaza o caucho cuando se realice el montaje del cilindro de muestreo.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Manipulación inadecuada del cilindro de muestreo.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de punzadura con aguja de inyección del cilindro de muestreo.

Riesgo de quemadura con horno en el momento de secado de los componentes del cilindro de muestreo.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Manipular el cilindro de muestreo con la aguja de inyección cubierta (con capuchón).

Usar guantes resistentes a altas temperaturas, de kevlar o similares, para manipular las partes del cilindro de muestreo después del secado por calentamiento.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**ACTIVIDADES**

Toma de la muestra

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Toma inapropiada de la alícuota de ensayo.
- Manipulación inadecuada de las válvulas del cilindro de refrigerante.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de golpes con cilindro de muestra, cilindro de muestreo, accesorios y herramientas necesarios para el ensamble de los cilindros, en el momento del ensamble para realizar el muestreo.

Riesgo de golpe, machucón o atrapamiento, por caída accidental del cilindro de muestra.

Riesgo de quemadura con refrigerante líquido.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Realizar el método de ensayo de acuerdo con lo descrito en el procedimiento para la determinación de contenido de agua en refrigerantes.

Utilizar las herramientas adecuadas para realizar el ensamble y desensamble de los cilindros en el proceso de muestreo.

Realizar el ensamble y desensamble del cilindro de muestreo sobre una superficie plana y estable. Utilizar soporte universal y pinzas para sujetar el cilindro de muestreo.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el método de ensayo para la determinación de contenido de agua en refrigerantes y en el manejo apropiado de los cilindros de gases refrigerantes.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

- Registros de capacitación del personal de análisis.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

### ACTIVIDADES

Titulación

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Manipulación inadecuada de reactivos tóxicos y solventes.
- Manipulación inadecuada de materiales de laboratorio de vidrio.
- Montaje deficiente de materiales de laboratorio deficiente en el desarrollo de la titulación.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de salpicadura de hidranal y solventes en el momento de la puesta en marcha del equipo o por caída de material de laboratorio de vidrio durante su manipulación, que provoquen daños para la salud. Riesgo de cortadura por caída de material de laboratorio de vidrio durante su manipulación.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Utilizar los elementos de protección personal mínimos para la realización del método de ensayo (indispensable; máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y vapores ácidos). Utilizar pipeteadores y vasos de precipitados para la extracción y trasvasado de las soluciones tituladoras respectivamente. Realizar de ser posible el montaje del cilindro de muestreo sobre un soporte universal que facilite la adición del refrigerante en el vaso de valoración. Implementar capacitación del personal de análisis sobre determinación de contenido de agua en refrigerantes nuevos y usados.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias. Brindar los primeros auxilios.

### ACTIVIDADES

Organización del material y disposición de residuos

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Almacenamiento deficiente de residuos de reactivo hidranal.
- No desechar inmediatamente los residuos químicos del ensayo en los recipientes dispuestos para tal fin.
- No lavar, secar y almacenar los materiales convenientemente en los lugares determinados, después de desarrollar el análisis.
- No dejar el área de ensayo en orden.

## IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

### Impactos ambientales

Riesgo de realizar una disposición de desechos químicos inadecuada, que genere contaminación al ambiente y daños a la salud.

### Afectaciones a la salud

Riesgo de exposición a residuos de Karl-Fischer, que provoquen daño a la salud.

Riesgo de mezclar accidentalmente residuos químicos, que pueden ocasionar vapores, derrames o combustión y que provoquen daños para la salud.

Riesgo de exposición a material contaminado con residuos químicos que provoquen afectaciones a la salud.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Disponer de recipientes de materiales compatibles, identificados debidamente para recolectar los desechos:

- Solvente orgánicos
- Reactivo hydranal
- Sólidos contaminados y,
- Vidrio roto

Almacenar el residuo del reactivo de Karl-Fischer en un sitio ventilado, frío y seco (se recomienda almacenar separado de los demás desechos de laboratorio).

Depositar los residuos y desechos químicos en los contenedores adecuados, en el menor tiempo posible después de su generación.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre disposición final de residuos y desechos de laboratorio.

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.
- Registro de control y disposición final de residuos y desechos de laboratorio.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Riesgos ambientales:

No aplica.

### Salud y seguridad

Utilizar el kit de derrames.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

## D) DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR MEDICIÓN VOLUMÉTRICA O GRAVIMÉTRICA Y DETERMINACIÓN DE RESIDUO DE PARTÍCULAS POR INDICACIÓN VISUALÉTRICA POR KARL-FISCHER

### ACTIVIDADES

Preparación de materiales y adición de alícuota de ensayo al bulbo Goetz

#### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Realizar labores de trasvasado o dosificación de muestras en áreas inapropiadas.
- No utilizar los materiales adecuados para el fin previsto, como por ejemplo las pinzas para manejo de recipientes calientes.

#### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

##### Afectaciones a la salud

Riesgo de intoxicación por aspiración de vapores generados por los solventes orgánicos.  
Riesgo de irritación de vías respiratorias, irritación cutánea y ocular grave, por contacto con solventes orgánicos.  
Riesgo de quemaduras oculares graves por contacto con solventes orgánicos.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Realizar la dosificación y trasvase de reactivos en cabina de extracción de vapores.  
Implementar capacitación del personal de análisis sobre el manejo adecuado de sustancias químicas.  
Disponer de ducha de seguridad y estación lavaojos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).  
Utilizar pinzas para la manipulación de los recipientes calientes.

#### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

#### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

##### Riesgos ambientales:

No aplica.

##### Salud y seguridad

Utilizar la estación lavaojos y/o ducha de seguridad según aplique.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.



## ACTIVIDADES

Preparación de materiales y adición de alícuota de ensayo al bulbo Goetz

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Almacenar la acetona y el alcohol isopropílico en un lugar inadecuado.
- Clasificación deficiente de la acetona y del alcohol isopropílico, de acuerdo al tipo y grado de peligrosidad.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de exposición por liberación de vapores o combustión de solventes, que provoquen daños a la salud.

Riesgo de utilizar un procedimiento inadecuado en el caso de requerirse la atención de un derrame, que pueda generar un incidente mayor, comprometiendo la salud del personal presente en el área.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Almacenar los reactivos en zonas ventiladas y apartadas de posibles puntos de llama, considerando su peligrosidad.

Mantener los rótulos originales de los reactivos puros, adquiridos comercialmente.

Clasificar y rotular los reactivos de acuerdo con el Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, en caso que no se disponga de dicha clasificación.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el manejo y almacenamiento adecuado de sustancias químicas.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Mantener abiertos los recipientes de los reactivos puros y preparados en el laboratorio (manipulación inadecuada).
- Mantener reactivos puros en el laboratorio, sin rótulos que los identifique.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

Riesgo de derrame de reactivos de laboratorio en las instalaciones.  
Riesgo de causar una reacción química no esperada que provoque disipación de vapores de solventes en el ambiente o combustión.

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de irritación grave ocular o de las vías respiratorias.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Mantener en el laboratorio los recipientes de reactivos bien tapados.  
Mantener disponible un kit para derrames de solventes orgánicos.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar el kit de derrames.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Utilizar inadecuadamente los materiales de laboratorio durante la manipulación de los reactivos.
- No utilizar los materiales de laboratorio apropiados para la actividad.
- Utilizar materiales de laboratorio con desgaste, despicados o rotos.
- No utilizar pipeteadores, pipetas u otros elementos adecuados para la dosificación de solventes orgánicos.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Impactos ambientales

Riesgo de derrames de reactivos (solventes).

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de cortadas en la piel con material cortopunzante (vidrio roto).

Riesgo de ingestión o irritación por contacto con reactivos.

Riesgo de quemaduras con objetos calientes.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Disponer del material de laboratorio necesario para la labor, limpio y en buenas condiciones.

Utilizar pipetas, pipeteadores, pinzas y demás elementos para manipular los solventes.

Inspeccionar previamente a su uso, el estado de los materiales y equipos de laboratorio utilizados en el ensayo.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el manejo adecuado de los materiales de laboratorio (buenas prácticas de laboratorio).

Mantener disponible un kit para derrames de sustancias ácidas y básicas y solventes orgánicos.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Utilizar el kit de derrames.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

## FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- No utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos para la actividad.

## IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

### Afectaciones a la salud

**Por exposición** a los solventes orgánicos, riesgo de intoxicación por aspiración o contacto con la piel.

Riesgo de quemaduras graves en la piel **por contacto** con superficies u objetos calientes.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante todo el proceso de realización de los ensayos de laboratorio:

- Gafas de seguridad de arco cerrado.
- Máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y vapores ácidos.
- Guantes de Nitrilo desechables de calibre 11, 15, 18 o 22 mm y entre 10 y 13 pulgadas de largo preferiblemente con terminación en rollo o suficientemente largos que permitan la protección del antebrazo.
- Bata (preferiblemente con retardante de llama).
- Calzado (bota) industrial punta de acero preferiblemente.

Disponer de ducha de seguridad y estación lavaojos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis).

Implementar capacitación del personal de análisis sobre el uso adecuado de los elementos de protección personal.

## MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavaojos.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

### Riesgos ambientales:

No aplica.

### Salud y seguridad

Utilizar la estación lavaojos y/o ducha de seguridad según aplique.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No mantener en orden y libre de obstáculos el área de preparación de reactivos (zonas de paso peatonal, mesones, etc.).

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de caídas al manipular reactivos.  
Riesgo de exposición a solventes orgánicos que provoquen daños a la salud, por caída.  
Riesgo de cortaduras con material de laboratorio roto, por caída.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Antes de empezar el análisis realizar una inspección del orden y aseo del área de laboratorio.  
Señalizar zonas de tránsito peatonal en el área de ensayos.  
Para movilizar botellas de vidrio de más de un litro de capacidad, que contienen reactivos tales como solventes orgánicos, utilizar canastillas de tamaño conforme al recipiente de vidrio.  
Disponer de ducha de seguridad y estación lavajos en el área de ensayo (o por lo menos a no más de 10 metros del sitio de análisis)

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registro de evaluación operacional de las herramientas de atención de derrames, duchas de seguridad y duchas lavajos.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica

**Salud y seguridad**

Utilizar la estación lavajos y/o ducha de seguridad según aplique.  
Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**ACTIVIDADES**

Ensamble del cilindro de muestreo (refrigerantes de presiones)

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Uso de herramientas inadecuadas.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de golpes y cortaduras por usar herramientas inadecuadas para el ensamble del cilindro de muestreo.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Usar las herramientas adecuadas, en el montaje del cilindro de muestreo.  
Manipular las herramientas con guantes de carnaza o caucho cuando se realice el montaje del cilindro de muestreo.  
Implementar capacitación al personal de análisis sobre el manejo de herramientas mecánicas.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Manipulación inadecuada del cilindro de muestreo.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de punzadura con aguja de inyección del cilindro de muestreo.  
Riesgo de quemadura con horno en el momento de secado de los componentes del cilindro de muestreo.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Manipular el cilindro de muestreo con la aguja de inyección cubierta (con capuchón). Usar guantes resistentes a altas temperaturas, de kevlar o similares, para manipular las partes del cilindro de muestreo después del secado por calentamiento.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

## ACTIVIDADES

Toma de la muestra

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Toma inapropiada de la alícuota de ensayo.
- Manipulación inadecuada de las válvulas del cilindro de refrigerante.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de golpes con cilindro de muestra, cilindro de muestreo, accesorios y herramientas necesarios para el ensamble de los cilindros, en el momento del ensamble para realizar el muestreo.  
Riesgo de golpe, machucón o atrapamiento, por caída accidental del cilindro de muestra.  
Riesgo de quemadura con refrigerante líquido.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Realizar el método de ensayo de acuerdo con lo descrito en el procedimiento para la determinación de residuos en refrigerantes.  
Utilizar las herramientas adecuadas para realizar el ensamble y desensamble de los cilindros en el proceso de muestreo.



### **MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

Realizar el ensamble y desensamble del cilindro de muestreo sobre una superficie plana y estable. Utilizar soporte universal y pinzas para sujetar el cilindro de muestreo. Implementar capacitación del personal de análisis sobre el método de ensayo para la determinación de residuos en refrigerantes y en el manejo apropiado de los cilindros de gases refrigerantes.

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

### **MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

#### **Riesgos ambientales:**

No aplica.

#### **Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias. Brindar los primeros auxilios.

## **ACTIVIDADES**

Manipulación durante el ensayo

### **FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Manipulación inadecuada de objetos y/o superficies calientes.
- Manipulación inadecuada de materiales de vidrio.

### **IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

#### **Afectaciones a la salud**

Riesgo de quemaduras con superficies y elementos calientes.  
Riesgo de cortadura por caída de material de laboratorio de vidrio durante su manipulación.

### **MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Utilizar los elementos de protección personal mínimos para la realización del método de ensayo. Utilizar pipetas, pinzas y recipientes del tamaño adecuado de acuerdo con los volúmenes de soluciones o muestras a medir o contener.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

•Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**ACTIVIDADES**

Organización del material y disposición de residuos

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No tener identificados los recipientes para desecho de residuos químicos.
- No desechar inmediatamente los residuos químicos del ensayo en los recipientes dispuestos para tal fin.
- No lavar, secar y almacenar los materiales de manera conveniente en los lugares determinados, después de desarrollar el análisis.
- No dejar el área de ensayo en orden.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de realizar una disposición de desechos químicos inadecuada, que generen contaminación al ambiente y daños a la salud.

Riesgo de mezclar accidentalmente residuos químicos, que pueden ocasionar vapores, derrames o combustión y que provoquen daños para la salud.

Riesgo de exposición a material contaminado con residuos químicos que provoquen afectaciones a la salud.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Disponer de recipientes de materiales compatibles, identificados debidamente, para la segregación de los desechos de ensayo:

- Solvente orgánicos.

- Vidrio roto.

Depositar los residuos y desechos químicos en los contenedores adecuados, en el menor tiempo posible después de su generación.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre disposición final de residuos y desechos de laboratorio.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.
- Registro de control y disposición final de residuos y desechos de laboratorio.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Utilizar el kit de derrames.

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**E) DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REFRIGERANTES R-11, R-12, R-22, R134A Y R-410 NUEVOS Y REGENERADOS POR CROMATOGRFÍA DE GASES, DE COLUMNA CAPILAR Y COLUMNA EMPACADA.**

**ACTIVIDADES**

Ensamble del cilindro de muestra al cromatógrafo

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Uso de herramientas inadecuadas.
- Manipulación inadecuada del cilindro de muestra.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de golpes y cortaduras por usar herramientas inadecuadas para el ensamble del cilindro de muestra al cromatógrafo.

Riesgo de quemadura con refrigerante líquido.

Riesgo de golpe, machucón o atrapamiento, por caída accidental del cilindro de muestra o durante la manipulación de las herramientas.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO

Usar herramientas adecuadas para el ensamble y desensamble del cilindro de muestra. Manipular las herramientas con guantes antideslizantes, para realizar el montaje del cilindro de muestra.  
Implementar capacitación al personal de análisis sobre el manejo de herramientas.  
Usar guantes resistentes a altas temperaturas de kevlar; largo: 35 cm (como mínimo), para manipular los componentes del cilindro de muestreo después del secado por calentamiento.  
Realizar el montaje de acuerdo con lo establecido en el procedimiento de análisis de pureza por cromatografía de gases.  
Implementar capacitación al personal de análisis sobre la determinación por cromatografía de gases en refrigerantes.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### ACTIVIDADES

Alistamiento de materiales de laboratorio y del cromatógrafo

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Manipulación inadecuada de los gases comprimidos utilizados en el ensayo por cromatografía de gases.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de Irritación cutánea y ocular por contacto con nitrógeno líquido.  
Riesgo de descarga eléctrica por conexiones del cromatógrafo y computador en malas condiciones.  
Riesgo de asfixia por exposición a escapes de gases (falta de oxígeno por altas concentraciones de helio e hidrógeno).

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Riesgo de explosión del hidrógeno por contacto con llama.  
Riesgo de explosión o fuga por caída de cilindros que no estén adecuadamente sujetos.

Realizar inspección de conexiones de equipos y toma corrientes antes de encender el cromatógrafo y el computador.

Ubicar el venteo de gas del cromatógrafo (vaso de precipitados con agua) sobre un papel absorbente y de tamaño suficiente para evitar derrames de agua cerca a las conexiones y toma corrientes.

Antes de abrir las válvulas de los cilindros, realizar inspección de escapes de gas en las conexiones de los manómetros de los cilindros de almacenamiento de gases (helio, nitrógeno y oxígeno seco) utilizando solución jabonosa.

Revisar que los cilindros de gases del cromatógrafo se encuentren debidamente sujetos por cadenas a la pared.

Implementar capacitación al personal de análisis sobre manejo de cilindros de gases comprimidos.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Almacenar los estándares de calibración en un lugar o condiciones inadecuadas.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Impactos ambientales**

Liberación:

**Por estallido o liberación súbita del gas comprimido**, se pueden tener lesiones físicas y si el gas llega a entrar en contacto con fuentes de calor, se pueden producir compuestos tóxicos y corrosivos como ácidos clorhídricos y fluorhídricos.

Fugas del gas comprimido a la atmósfera contribuyendo con el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

Riesgo de deterioro o sobrepresión de cilindros.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Almacenar los cilindros de gases estándar en áreas ventiladas y en anaqueles que eviten su volcamiento.

Mantener todos los cilindros debidamente rotulados de manera que se identifique claramente su contenido.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- Montaje de la columna cromatográfica y revisión de los detectores.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de cortadura con las puntas de la columna cromatográfica capilar.

Riesgo de quemaduras al manipular la columna en el horno y el detector.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Mantener los recipientes de los estándares de calibración debidamente sellados.  
Mantener los rótulos originales de los reactivos puros, adquiridos comercialmente.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No utilizar elementos de protección personal (EPP) mínimos.

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de exposición a gases que provoquen intoxicación.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante todo el proceso previo a la determinación, análisis de la muestra y actividades finales a la realización del método de ensayo:

- Gafas de seguridad de arco cerrado.
- Guantes de nitrilo desechables de calibre 11, 15, 18 o 22 mil.
- Bata (preferiblemente con retardante de llama).
- Calzado (bota) industrial punta de acero.

Implementar capacitación al personal de análisis sobre elementos de protección personal.



**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO**

**Riesgos ambientales:**

No aplica.

**Salud y seguridad**

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

**FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN**

- No mantener en orden y libre de obstáculos el área de alistamiento y desarrollo del ensayo (zonas de paso peatonal, mesones, etc.).

**IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS**

**Afectaciones a la salud**

Riesgo de caídas manipulando los cilindros por obstáculos en zonas peatonales de laboratorio.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO**

Antes de empezar el análisis, realice una evaluación de orden y aseo del área de laboratorio.  
Señalice zonas de tránsito peatonal.  
Antes de empezar el análisis identifique obstáculos innecesarios en las zonas de tránsito y otras áreas de laboratorio.

**MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN**

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.

## ACTIVIDADES

Corrida cromatográfica

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

### FACTORES QUE PUEDEN LLEVAR A UN AUMENTO DE EXPOSICIÓN

- Montaje inadecuado del cromatógrafo; mala disposición de tapas y otros elementos de protección.

### IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES RIESGOS

#### Afectaciones a la salud

Riesgo de quemaduras por mala disposición o ausencia de las tapas protectoras de los detectores durante la corrida cromatográfica.

Riesgo de quemaduras al hacer cambio de columnas o manipulación de detector o inyector con el equipo caliente.

Utilizar los elementos de protección personal mínimos durante la ejecución del método de ensayo. Revisar que todos los dispositivos de seguridad del cromatógrafo de gases estén debidamente dispuestos antes de realizar cualquier intervención al equipo y que el equipo se encuentre a temperatura ambiente.

Adecuar un espacio de trabajo junto al cromatógrafo, debidamente iluminado, para facilitar el trabajo del analista en condiciones ergonómicas adecuadas.

Implementar capacitación del personal de análisis sobre salud y ergonomía en puestos de trabajo.

- Lista de chequeo para el seguimiento del cumplimiento de requisitos de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Registros de capacitación del personal de análisis.

### MEDIO DE IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL DAÑO

#### Riesgos ambientales:

No aplica.

#### Salud y seguridad

Implementar el plan de respuesta a emergencias.  
Brindar los primeros auxilios.

## 4.3.2.4 SEGUIMIENTO Y MONITOREO A LAS PRUEBAS DE CALIDAD DE REFRIGERANTES

Para asegurar la calidad analítica de cada una de las pruebas de calidad de refrigerantes regenerados es importante controlar todos los aspectos que pueden influir en la calidad del resultado de la prueba.

Entre los elementos identificados que pueden afectar de manera directa o indirecta la calidad del resultado de la prueba se encuentran los siguientes:

### CALIDAD DE LOS REACTIVOS QUÍMICOS:

Dado que una calidad de los reactivos químicos diferente a la utilizada en la estandarización de las pruebas puede afectar el resultado final del ensayo; así mismo, la contaminación que puedan sufrir los reactivos y soluciones preparadas en el laboratorio durante la ejecución de las pruebas, pueden afectar los resultados de las mismas.

### ESTADO DE INSTRUMENTOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS:

En las diferentes pruebas de calidad se utilizan equipos e instrumentos para efectuar medición de las magnitudes de interés; es por ello que instrumentos tales como cromatógrafo, balanza analítica o de platillo externo, buretas y hornos, entre otros, deben estar calibrados y verificados o disponer de una calificación operacional vigente de acuerdo con sus especificaciones, para asegurar que se realizan mediciones confiables.

### MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS:

Los equipos e instrumentos deben ser periódicamente mantenidos, de acuerdo con un programa definido.

### SEGUIMIENTO DE LOS PROTOCOLOS DE ENSAYO:

Para asegurar que los resultados de las pruebas sean repetibles y reproducibles en el tiempo, los analistas deben seguir con rigurosidad los protocolos de ensayo, esto es: cumplir a cabalidad con cada uno de los pasos de la prueba estandarizada, dejando los registros correspondientes que permitan en cualquier momento revisar o verificar las condiciones bajo las cuales se realizó una prueba determinada.

### INDUCCIÓN Y CAPACITACIÓN

Del personal técnico que realiza las pruebas.

En el numeral 11 de cada uno de los protocolos de ensayo de los anexos 8, 9, 10, 11 y 12 de la presente guía, se presentan los aspectos de aseguramiento de la calidad analítica, asociados al desarrollo de cada prueba.

En el numeral 13 de cada uno de los protocolos de ensayo de los anexos 8, 9, 10, 11 y 12 de la presente guía, se sugiere un formato para el registro de los datos primarios de ensayo.



## REFERENCIAS CONSULTADAS

- **Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute - AHRI (2010).** *Q. Guideline for Content Recovery & Proper Recycling of Refrigerant Cylinders.* Arlington, VA USA. : AHRI.
- **Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute - AHRI (2012).** *Parte 1 del Apéndice C para estándares AHRI 700-2014 (actualización parcial del Apéndice C para estándares AHRI 700- 2012).* USA. : AHRI.
- **American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers - ASHRAE (1990).** *ASHRAE Handbook Refrigeration Systems /Applications.* USA. : ASHRAE.
- **Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2011).** *Términos de Referencia. Elaboración del Estudio de Impacto ambiental para el almacenamiento, reciclaje, tratamiento y recuperación de sustancias refrigerantes y otras sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).* Medellín, Colombia.: AMVA.
- **Colombia. Ministerio de Transporte (2002).** *Decreto 1609 de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.* Colombia.: MinTransporte.
- **Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT (2005).** *Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.* Colombia.: MAVDT.
- **Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente (2014).** *Decreto 2041 de 2014. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.* Colombia.: MinAmbiente.

- **Comisión Europea – Medio Ambiente (2009).** *Información para operadores de equipos que contengan gases fluorados de efecto invernadero. Reglamento (CE) No 842/2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero y normas aplicables.* Luxemburgo. : CE.
- **Dupont (2005).** *Ficha de datos de seguridad para DuPont™ Suva® 134a.* Mexico D.F. : DUPONT.
- **Dupont (2006).** *Ficha de datos de seguridad de acuerdo con la Directiva 2001/58/CE para DuPont™ FREON® 22.* Nederland. : DUPONT.
- **European Committee for Standardization–CEN (2007).** *prEN 378-4. Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements -Part 4: Operation, maintenance, repair and recovery. – English Version.* Bruselas, Bélgica.: CEN.
- **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2005).** *Norma Técnica Colombiana NTC 1692. Transporte de mercancías peligrosas, definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado. Tercera Actualización.* Bogotá D.C., Colombia. : ICONTEC.
- **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2005).** *Norma Técnica Colombiana NTC 2880. Transporte de mercancías peligrosas clase 2. Condiciones de transporte terrestre. Primera Actualización.* Bogotá D.C., Colombia. : ICONTEC.
- **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC (2006).** *Enfoque para combinar e integrar la gestión de sistemas.* Bogotá, Colombia.: ICONTEC.
- **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC (2010).** *Norma Técnica Colombiana NTC 5137. Inspección visual de cilindros de acero para gases comprimidos.* Bogotá, Colombia.: ICONTEC.
- **Instituto Nacional de Normalización - INN (2011).** *NCh3241- 2011 - Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Climatización.* Santiago de Chile, Chile: INN.

- **International Organization for Standardization - ISO (1999).** *ISO 11650 - Performance of refrigerant recovery and/or recycling equipment.* Switzerland.: ISO.
- **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT & Consejo Colombiano de Seguridad - CCS (2003).** *Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos.* Bogotá D.C., Colombia.: MinAmbiente & CCS.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente (2011).** *Informe Final de consultoría de apoyo técnico para la caracterización de los envases de SAO usados en Colombia y el planteamiento de las alternativas de manejo ambientalmente seguro para estos envases y para las espumas de poliuretano con SAO.* Unidad Técnica de Ozono – UTO. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente – UTO.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente (2013).** *Documento interno de trabajo elaborado por la UTO como insumo de la Guía Ambiental de SAO para Colombia. Documento en revisión y ajuste.* Unidad Técnica de Ozono – UTO. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente – UTO (a).
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente (2013).** *Términos de referencia para la postulación de interesados en integrar la lista de preselección de beneficiarios de equipos para el establecimiento de dieciocho (18) centros de acopio de gases refrigerantes en el país.* Unidad Técnica de Ozono – UTO. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente – UTO (b).
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente (2014).** *Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración.* Unidad Técnica de Ozono – UTO. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente - UTO.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente & Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA (2015).** *Formatos y Registros del Centro de Regeneración SENA - CEET.* Unidad Técnica de Ozono – UTO y Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones - CEET. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente - UTO & SENA - CEET.

- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente (2015).** *Avances en la puesta en marcha de los centros de acopio y centros de regeneración de gases refrigerantes a nivel nacional.* Presentación realizada el 10 de enero de 2015. Unidad Técnica de Ozono – UTO. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente - UTO.
- **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT (2006).** *Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado.* Mexico D.F., Mexico.: SEMARNAT.
- **Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA (2012).** *Norma de competencia laboral NCL- 280501022, Manejo ambiental de las sustancias refrigerantes de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado según la normativa nacional e internacional. Versión 3.* Bogotá, Colombia.
- **United Nations Economic Commission for Europe – UNECE (2011).** *Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas, reglamentación modelo. (Libro Naranja) Volumen 1, Edición No. 17.* Ginebra, Suiza.: UNECE.

**ANEXOS**

---

# ANEXO 1

## MODELO DE FORMATO PARA EL REGISTRO DE INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

### REGISTRO PARA LA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA GASES REFRIGERANTES

Nº ITEM	CRITICIDAD (CR)	SITUACIÓN DETECTADA	REGISTRAR SOLO LO QUE DEBE SER CORREGIDO

Nº ITEM	CRITICIDAD (CR)	MEDIDAS/CONTROL/RECOMENDACIÓN (MEDIDAS CORRECTIVAS)	RESPONSABLE	FECHA EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO



# ANEXO 2

## MODELO DE LISTA DE CHEQUEO PARA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

### LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES PARA GASES REFRIGERANTES

ÁREA/SECCIÓN	_____
FECHA DE INSPECCIÓN	_____
Nº IDENTIFICACIÓN CILINDRO	_____
GAS REFRIGERANTE	_____
PRESIÓN CARGA DEL CILINDRO	_____
PRESIÓN DE TRABAJO	_____
FABRICANTE	_____
PRESIÓN MAX. DE TRABAJO PERMITIDA	_____ AÑO FABRICACIÓN _____

LISTA DE CHEQUEO

CR: CRITICIDAD  
1 BAJA- 2 MEDIA- 3 ALTA

CILINDRO		SÍ	NO	CR	OBSERVACIONES
1	Cortes				
2	Hendiduras				
3	Abolladuras				
4	Exceso de corrosión externa				
5	Limpio y libre de aceite carbonizado, grasa y otras sustancias combustibles				
6	¿Está bien identificado el gas que contiene el cilindro (etiqueta) y color de acuerdo con normas estándar?				
7	¿El cilindro cuenta con tapa protectora?				
8	¿Se mantiene el cilindro a una distancia segura de trabajo?				
9	¿El cilindro está protegido del calor excesivo?				

# ANEXO 3

## MODELO DE FORMATO PARA EL REGISTRO DE LIMPIEZA O LAVADO DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

### REGISTRO DE LIMPIEZA DE CILINDROS RETORNABLES O RECARGABLES

Centro: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
Área: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

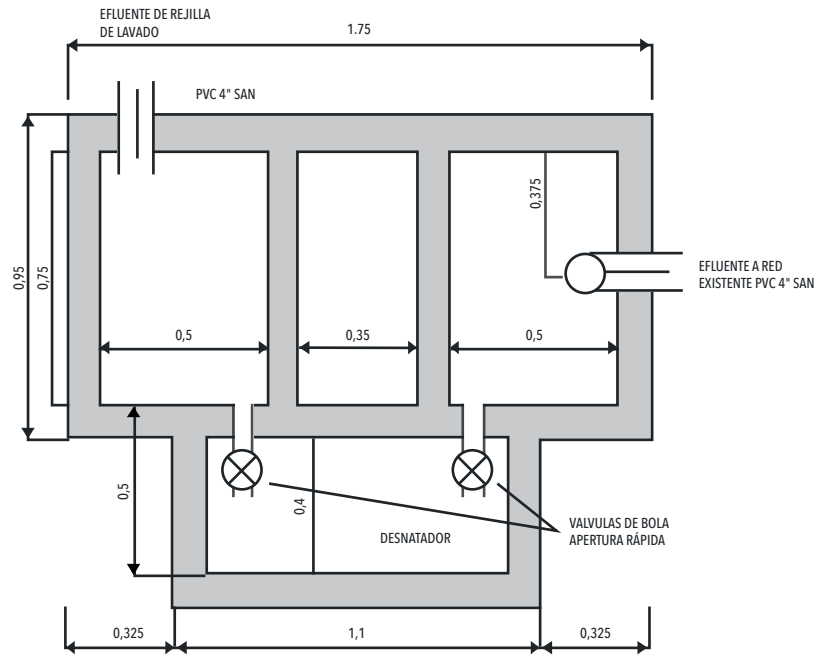
Identificación del Cilindro			Lavado con vapor de agua	Lavado en seco con nitrógeno	Observaciones	Realizó
Fecha	Serial N°	Especificación DOT				

#### CONVENCIONES:

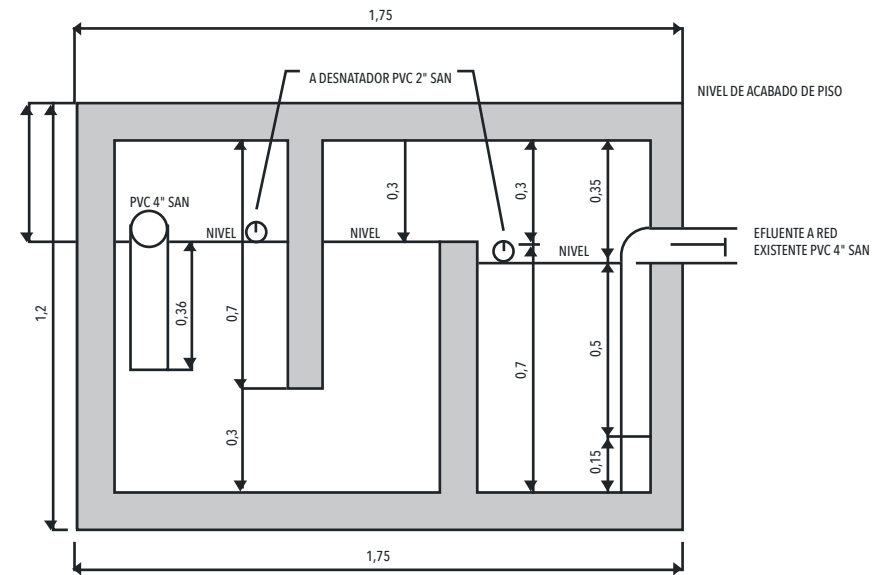
- C Cumple
- R Realizado

# ANEXO4 EJEMPLO DE PLANO DE DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASAS

## PLANTA:



## CORTE:



NOTA: ESPESOR DE TODOS MUROS EN LADRILLO TOLETE 10 CM

# ANEXO5 INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE LA RECUPERADORA

Introducción / Consideraciones técnicas

Procedimientos de recuperación

- a.) Identificar la línea de succión y la línea de descarga .....
- b.) Conexión árbol de manómetros al sistema y al cilindro de paso .....
- c.) Complementar la conexión con la máquina recuperadora y el cilindro de almacenamiento .....
- d.) Abrir las válvulas y el encendido de la máquina recuperadora .....
- e.) Poner en funcionamiento la máquina recuperadora .....
- f.) Desmontar adecuadamente los elementos empleados en el procedimiento de recuperación del refrigerante .....

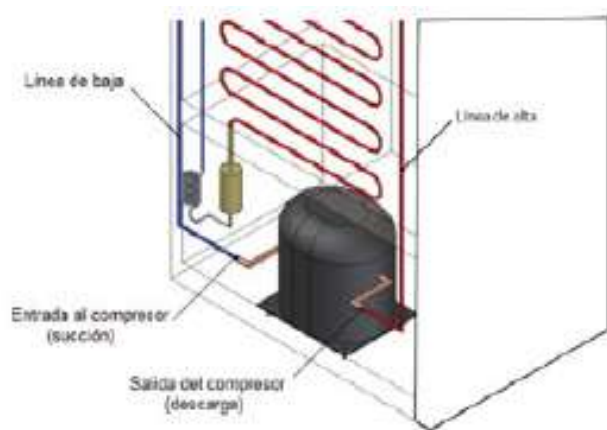
REFERENCIAS

# INTRODUCCIÓN / CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Para aplicar el siguiente procedimiento, que hace parte de las buenas prácticas en refrigeración, se ha utilizado un cilindro de paso (cilindro blanco), tanto para la recuperación del refrigerante por la línea de succión como por la descarga. Lo anterior, con el fin de prevenir y contener las posibles fugas, y la entrada de gas refrigerante en fase líquida o mezcla al equipo recuperador. En el caso de contar con recuperadoras que trabajan en fase líquida o mezcla, no es necesario utilizar el cilindro de paso, pero es necesario minimizar las fugas que se puedan presentar durante esta actividad.

## Procedimientos de recuperación

**A** Identificar la línea de succión y la línea de descarga, con el fin de asegurar que la recuperación del refrigerante se realiza por la línea correspondiente. La primera (succión) se encuentra entre el mecanismo de expansión y el compresor, mientras que la segunda (descarga) se encuentra entre el compresor y el condensador.



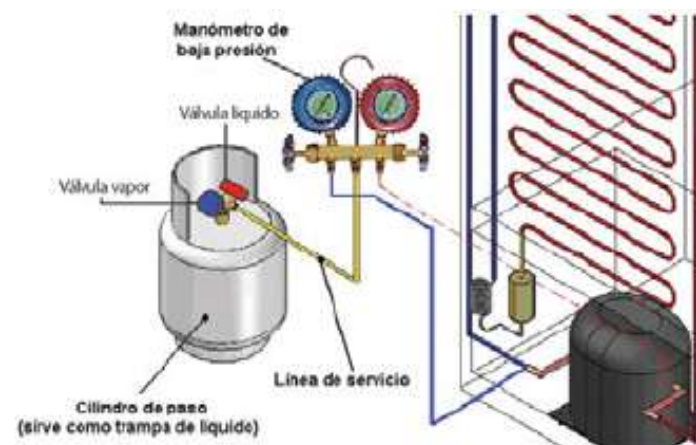
**Figura 1.**

Identificación de las líneas de alta y baja presión en el sistema

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014

**B**

Conectar el árbol de manómetros al sistema y al cilindro de paso, con el fin de prevenir que el refrigerante escape a la atmósfera, verificando que las válvulas tanto del árbol de manómetros como del cilindro de paso se encuentren cerradas. Así mismo, se conecta la manguera azul al manómetro del mismo color y el otro extremo a la línea de succión. Se conecta la línea amarilla a la línea de servicio del árbol de manómetros y el otro extremo a la válvula de entrada del cilindro de paso. Este procedimiento también puede ser realizado por la línea de descarga.



**Figura 2.**

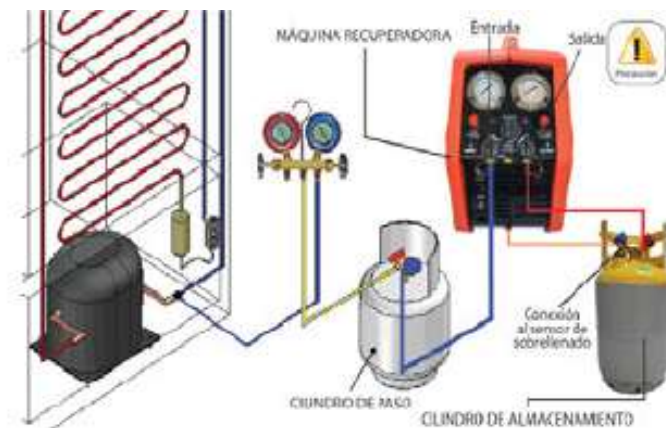
Identificación de las líneas de alta y baja presión en el sistema

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014

**C**

Complementar la conexión con la máquina recuperadora y el cilindro de almacenamiento, con el fin de prevenir que se escape el refrigerante a la atmósfera y contar con el montaje final para iniciar el procedimiento de recuperación. Se debe verificar que las válvulas del cilindro de almacenamiento estén cerradas y realizar las conexiones de la válvula de vapor del cilindro de paso a la entrada de la máquina recuperadora por medio de una manguera y la salida de la máquina recuperadora a la válvula del cilindro de almacenamiento con otra manguera. Así mismo se conecta el sensor de sobrellenado de la máquina recuperadora al cilindro de almacenamiento, con el fin de detectar si el cilindro está llegando a su máxima capacidad de llenado.

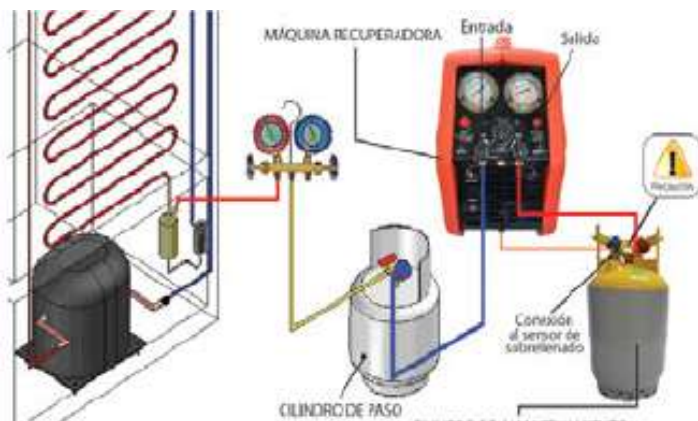
y evitar accidentes por sobrellenado. A continuación se presentan las tres posibles configuraciones dependiendo del procedimiento a utilizar (vapor, líquido o push & pull).



**Figura 3.**

Conexión para el procedimiento de recuperación por vapor

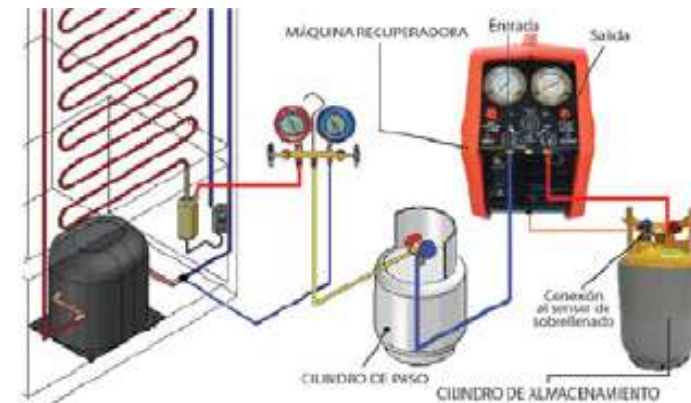
Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014



**Figura 4.**

Conexión para el procedimiento de recuperación por líquido

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014



**Figura 5.**

Conexión para el procedimiento de recuperación por líquido push & pull

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014

**D**

**Abrir las válvulas y el encendido de la máquina recuperadora,** con el fin de iniciar la recuperación del refrigerante. Las válvulas se deben abrir en orden, desde el manómetro de baja presión del árbol, pasando luego por las válvulas del cilindro de paso, por las de la máquina recuperadora y las del cilindro de almacenamiento. Por último se debe conectar la máquina recuperadora a la fuente de energía y pulsar el botón de encendido, seguido del botón de arranque "start". El cilindro de paso funciona como una trampa de líquido, lo cual sirve para proteger el compresor de la máquina recuperadora, evitando que el refrigerante llegue a éste en estado líquido; sin embargo, algunas máquinas recuperadoras no requieren cilindro de paso, ya que se encuentran diseñadas para ello.



**Figura 6.**

Apertura de válvulas y encendido de la máquina recuperadora

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014

**E**

Poner en funcionamiento la máquina recuperadora y tomar las medidas necesarias para garantizar la extracción total del refrigerante. Abrir la perilla de entrada "input" girándola hacia la posición "open". Girar luego la perilla de recuperación "recover" y encender el equipo mediante el botón "power". Luego pulsar el botón rojo de arranque y abrir la perilla de salida "output" hacia la posición "open".



**Figura 7.**

Funcionamiento de la máquina recuperadora

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014

**F**

Desmontar adecuadamente los elementos empleados en el procedimiento de recuperación del refrigerante, con el fin de garantizar la extracción total del refrigerante. Para iniciar el desmontaje, primero se deben purgar las mangueras para extraer los residuos de refrigerante, con ayuda de la perilla de recuperación "purga" y la perilla de entrada "input", siguiendo el orden correspondiente. Por último retirar con precaución la manguera que conecta la salida de la máquina de recuperación.

Se debe tener en cuenta que la máquina recuperadora puede seguir recuperando refrigerante aún después de que ésta se apaga, debido a la diferencia de presiones, de manera que la manguera acumula una cantidad mínima de refrigerante que podría escapar a la atmósfera.



**Figura 8.**

Extracción de residuos de la máquina recuperadora

Fuente: MinAmbiente - UTO, 2014

## REFERENCIA

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MinAmbiente (2014). Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración. Unidad Técnica de Ozono – UTO. Bogotá, Colombia. : MinAmbiente - UTO.



# ANEXO 6 MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO ANALIZADOR DE GASES REFRIGERANTES<sup>24</sup>

## ULTIMA ID PRO™ MODELO RI-700H HVAC/R REFRIGERANT ANALYZER

### CONTENIDO

#### Introducción

#### Componentes

#### Precauciones

#### Procedimientos de Operación

- a.) Energización del analizador (turn on)
- b.) Calibración
- c.) Muestreo en fase vapor
- d.) Muestreo en fase líquida

#### Visualización de los Resultados de las Pruebas

- g.) Refrigerantes contaminados
- h.) Refrigerantes puros
- i.) Mezclas puras con componentes incorrectos
- j.) Medición de aire

#### Referencias

## INTRODUCCIÓN

La contaminación y el etiquetado incorrecto de los refrigerantes ya sea en cilindros de almacenamiento o sistemas de aire acondicionado y refrigeración, pueden conducir al deterioro mecánico, eléctrico y termodinámico de un sistema de refrigeración y aire acondicionado (corrosión de componentes, y presiones de cabeza elevada).

La capacidad del técnico para determinar el tipo de refrigerante y la pureza, está severamente obstaculizada por la presencia de aire cuando se trata de utilizar la relación temperatura-presión. El desarrollo de diversos refrigerantes sustitutos complica aún más la capacidad de un técnico para identificar la pureza del refrigerante con base en la relación temperatura-presión.

El Neutronics Ultima ID Pro™ Refrigerante Analyzer proporciona un medio rápido, fácil y preciso, para determinar la pureza del refrigerante en los cilindros de almacenamiento de refrigerante, o directamente en los sistemas de aire acondicionado y refrigeración. El instrumento utiliza la tecnología de infrarrojo no dispersivo (NDIR<sup>25</sup>), para determinar las concentraciones de peso de varios tipos de refrigerante. La pureza del refrigerante se visualiza en la pantalla LCD y el usuario debe determinar, si los niveles de pureza arrojados por el identificador, son aceptables para sus requerimientos técnicos.

La prueba se produce cuando el gas de muestra es alimentado al instrumento a través de las mangueras de muestreo, y una vez entra al dispositivo de detección, el instrumento proporciona al usuario la concentración en peso del gas refrigerante analizado.

La interface del equipo con el usuario a través de una pantalla gráfica LCD, e indicadores LED<sup>27</sup>, muestra el estado actual en el cual se encuentra el analizador, y facilita el manejo de los interruptores o botones del equipo, con el fin de mantener la comunicación. Asimismo, el identificador proporciona una impresora incorporada para imprimir sobre el terreno el informe de análisis. (Es opcional para algunos equipos)

En conclusión, el Neutronics Ultima ID Pro™ Refrigerante Analyzer, le proporciona al técnico de refrigeración, la capacidad de identificar el tipo y la pureza del gas refrigerante contenido en cilindros o sistemas de enfriamiento.

<sup>24</sup> Traducción de Fabian Pinzon, a partir del documento: Model RI-700H, HVAC/R Refrigerant Analyzer. Operation Manual. Neutronics Inc.

<sup>25</sup> NDIR: Non-dispersive infrared

<sup>26</sup> LCD: Liquid crystal display

<sup>27</sup> LED: Light Emitting Diode



# Componentes

El identificador Ultima ID Pro™ cuenta con una pantalla gráfica, un banco de infrarrojos, conexiones eléctricas, una batería de litio fosfato de hierro, y el módulo de impresora. Estos componentes no requieren mantenimiento.

**Figura 1.**



**Manguera muestreo vapor:** la longitud de la manguera de muestreo equivale a 2 metros, y está construida de poliuretano. Adicionalmente, la manguera contiene un dispositivo restrictor, utilizado para reducir la presión en el punto de conexión, con el objeto de restringir la introducción de aceites perjudiciales al identificador.

La presión máxima de entrada es de 500 psig. En uno de los extremos, la manguera está provista de un conector de acoplamiento, para el puerto de entrada del instrumento, y una tuerca hembra (1/4 "SAE) de acoplamiento en el extremo de servicio.

**NOTA:** El analizador indicará "no condensables" o "refrigerante desconocido" si el equipo no recibe una buena muestra, debido al flujo obstruido o falta de flujo. Si esto ocurre, el restrictor puede necesitar ser reemplazado.

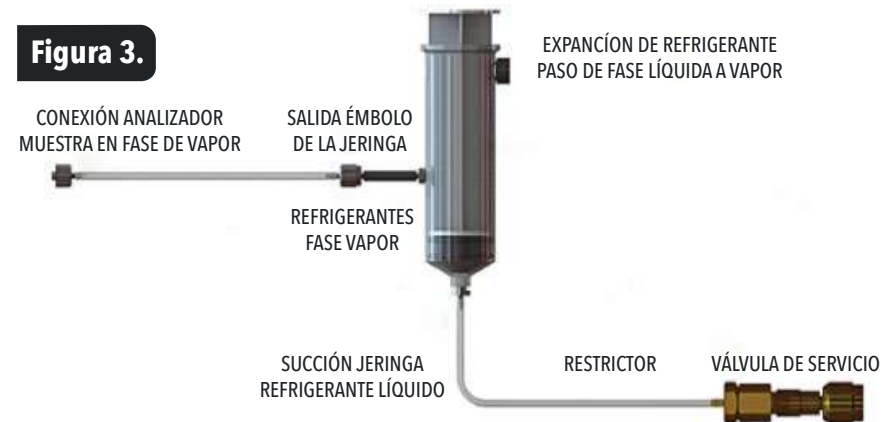
**Figura 2.**



**Manguera muestreo líquido:** para el muestreo líquido es utilizada la manguera de muestreo de vapor, pero en la mitad de la manguera se conectará una jeringa que se utilizará como dispositivo de expansión. La configuración sería la siguiente: por el extremo contrario a la tuerca de servicio, se conecta la manguera a la succión de la jeringa (entrada). Por el extremo, contrario al conector de acoplamiento para el puerto de entrada del instrumento, se conecta la manguera a la cámara del émbolo de la jeringa (salida). La muestra es alimentada en fase líquida, y al entrar a la jeringa se expande y cambia a fase de vapor. El gas sale por uno de los extremos de la cámara del émbolo de la jeringa, e ingresa al identificar en fase vapor.

**NOTA:** El analizador indicará "no condensables" o "refrigerante desconocido" si el equipo no recibe una buena muestra, debido al flujo obstruido o falta de flujo. Si esto ocurre, el restrictor puede necesitar ser reemplazado.

**Figura 3.**



**Adaptador de corriente AC:** el identificador es alimentado a través de una batería de litio fosfato de hierro. También puede alimentarse la unidad a través de un transformador de potencia de 90-264 VAC, 50-60 Hz. Este transformador convierte una toma de corriente 100-240VAC 50 / 60Hz estándar a 12VDC, 2.0A, que alimenta el dispositivo. Este adaptador de corriente alterna también cargará la batería cuando se conecta al analizador.

**Figura 4.**

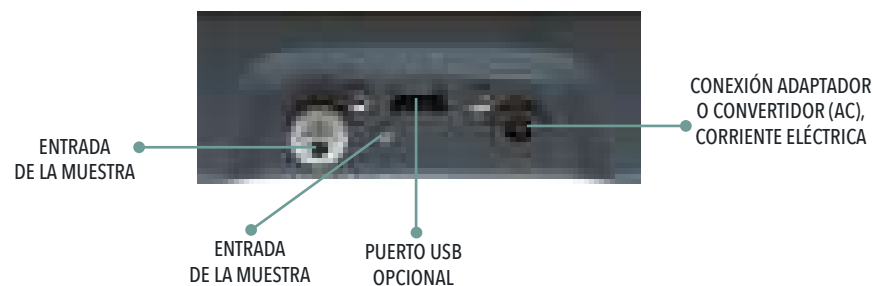


**Panel de control:** el panel de control sirve de interfaz entre el identificador y el usuario principal. El panel de control cuenta con tres botones o teclas programables que cambian los modos de función del instrumento. La función actual de cada botón se muestra por encima de los botones en la pantalla LCD. Los indicadores led rojo y verde ubicados en la parte superior del panel de control, son utilizados como indicadores visuales.

**Figura 5.**



**Panel trasero de conexión:** las conexiones localizadas en la parte de atrás del equipo son ilustradas en la siguiente figura.



## Precauciones

**MEZCLAS DE REFRIGERANTES:** la industria de la climatización está en constante evolución de nuevos refrigerantes. Muchas de estas nuevas mezclas pueden ser identificados utilizando el ID de Ultima Pro™.

**FILTRO:** reemplace el filtro de muestra del instrumento, una vez comiencen a aparecer manchas rojas o decoloración en la parte exterior del elemento BLANCO. No reemplazar el filtro de la muestra, dará lugar a daños graves o resultados inexactos.

**ENTRADA DE LA MUESTRA:** el identificador incluye opciones de muestreo. Una configuración para el muestreo líquido, y otra para el muestreo a vapor. Si no se utiliza la configuración correcta, puede dar lugar a lecturas incorrectas y daños en el instrumento. NO introduzca líquido o muestras cargadas con aceite por la configuración de la manguera de muestreo a vapor.

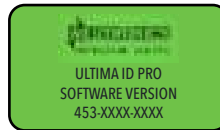
**CARGA DE LA BATERÍA:** al cargar la batería interna con la fuente de alimentación (convertidor o cargador) suministrada, la fuente de alimentación puede llegar a calentarse. Si la fuente de alimentación se calienta, desenchufe de inmediato.

## Procedimientos de operación

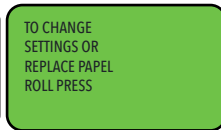
Antes de usar el analizador por primera vez, cargue la batería durante 2 horas con la fuente de alimentación. El analizador funcionará y cargará la batería mientras que la fuente de alimentación está conectada.

**A** **Energización del analizador (turn on)**  
Pulse o presione el botón de poder (POWER) que se encuentra a la izquierda del panel de control. La pantalla LCD despliega la información que se muestra en la figura 7, inmediatamente la pantalla despliega la información que se muestra en la figura 8; si usted desea ajustar la configuración de fábrica, presione SET. Si usted no desea ajustar la configuración, espere el pantallazo o el despliegue de la información que se muestra en la figura 9.

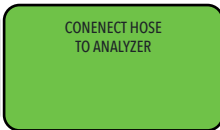
Conecte la manguera de muestreo, y espere aproximadamente 30 segundos, una vez el analizador caliente, el equipo estará listo para ser calibrado.



**Figura 7.**



**Figura 8.**



**Figura 9.**

## B

### Calibración

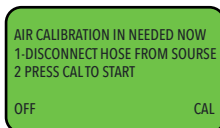
Para llevar a cabo una calibración adecuada, se necesita conectar la manguera de muestreo al equipo analizador. Antes de calibrar, verifique que la manguera de muestreo está conectada al analizador, y cerciorarse de que la manguera esté desconectada de cualquier fuente de refrigerante.

Para la primera calibración, el analizador requiere aire o estar en un ambiente abierto; las calibraciones adicionales se realizarán periódicamente.

Para realizar la calibración aparecerá en la pantalla el texto "AIR CALIBRATION IS NEEDED NOW" (figura 10). Pulse 'CAL' para calibrar la máquina o el analizador. Al calibrar, el analizador introducirá aire fresco a la celda de muestreo, a través de una bomba interna. Este aire fresco purga cualquier exceso de refrigerante y garantiza resultados precisos.

La calibración requiere que la manguera de muestreo esté desconectada del cilindro de almacenamiento de refrigerante o del sistema de refrigeración y aire acondicionado. Asimismo, se requiere que la manguera de muestreo permanezca conectada al analizador. A través de un pantallazo, el analizador mostrará el progreso de la calibración. (Figura 11) El tiempo de calibración es de aproximadamente 130 segundos.

**Figura 10.**

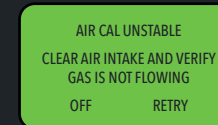


**Figura 11.**



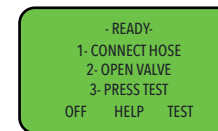
**NOTA:** En casos pocos probables, aparece el siguiente mensaje en la pantalla del analizador "Calibrado de aire inestable"; como se muestra en la (Figura 12). Compruebe si en el ambiente existe ventilación de aire, y no hay algún tipo de gas que este cerca de la entrada de aire. Una vez que haya verificado ambos parámetros, pulse 'RETRY' para completar otra calibración.

**Figura 12.**



Cuando el analizador ha completado la calibración, el equipo mostrará en la pantalla la siguiente información.

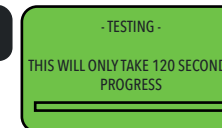
**Figura 13.**



Determine en qué fase se encuentra la muestra a analizar, y verifique que ha escogido la configuración de manguera de muestreo adecuada para el análisis. (Ver numeral I del presente manual).

Complete los pasos definidos en la figura 13. Conecte la manguera al tanque o sistema, abra la válvula y luego presione o pulse 'TEST'. El analizador mostrará en la pantalla, la información relacionada con el progreso de la actividad de análisis de la muestra (figura 14), como también la información que indicará que la prueba se ha completado (figura 15).

**Figura 14.**



**Figura 15.**



## C

### Muestreo en fase vapor

La toma de la muestra en fase de vapor, es el método más utilizado para la identificación de los refrigerantes. El operario deberá seguir los siguientes pasos:

- ❶ Conectar la configuración de manguera de muestreo vapor (ver numeral I del presente manual), al puerto de baja del sistema de refrigeración y aire acondicionado, o a la válvula de vapor del cilindro de almacenamiento.
- ❷ Abrir la válvula inferior del cilindro y pulse 'TEST' (figura 13).
- ❸ Cuando la prueba se haya completado, cierre la válvula del lado de baja del sistema o la válvula de vapor del cilindro, y desconecte la manguera.
- ❹ Desconectar la manguera del analizador.

### D Muestreo en fase líquida

La toma de la muestra en fase líquida es una opción exclusiva de la última generación de analizadores tipo infrarrojo. Para utilizar el muestreo en fase líquida, el operario deberá seguir los siguientes pasos:

- ❶ Conectar la configuración de manguera de muestreo líquido (ver numeral I del presente manual), al puerto de alta del sistema de refrigeración y aire acondicionado, o a la válvula de líquido del cilindro de almacenamiento. Verifique que el émbolo de la jeringa esté completamente deprimido. (Ver figura 9)
- ❷ Conectar al analizador el extremo correspondiente al acoplamiento para el puerto de entrada del instrumento, y fije la jeringa de forma vertical utilizando el imán.
- ❸ Abrir la válvula del lado de alta del cilindro o del sistema de refrigeración y aire acondicionado. La muestra líquida saldrá del cilindro o sistema, e ingresará al émbolo de la jeringa.
- ❹ Espere que el émbolo se mueva debido a la expansión o cambio de fase del gas refrigerante de líquido a vapor. Este dispositivo se moverá hasta llegar al orificio de salida de vapor del émbolo de la jeringa (ver figura 9), y el gas refrigerante se alimentará en fase vapor al equipo analizador.
- ❺ Pulse 'TEST' en el analizador (figura 13).

- ❻ Una vez finalizada la prueba, cierre la válvula del sistema o del cilindro de almacenamiento, desconecte la manguera de la entrada de la jeringa y la manguera de la salida. Presione el émbolo para expulsar el aceite atrapado.
- ❼ Inspeccione la manguera en busca de signos de aceite, y reemplace el dispositivo restrictor si es necesario.
- ❽ Desconectar la manguera del analizador.

## Visualización de los resultados de la prueba

Al finalizar la prueba, el analizador despliega un pantallazo similar al mostrado en la figura 16. Al pulsar el botón "MORE" la pantalla mostrará la figura 17. Completada la prueba, pulse en "DONE" para volver a la pantalla "READY" (figura 18). Imprima el resultado, si cuenta con la opción de impresión en el analizador.

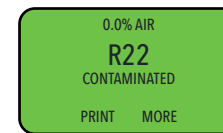


Figura 16.

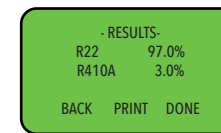


Figura 17.

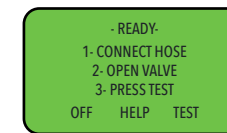
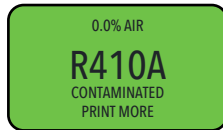


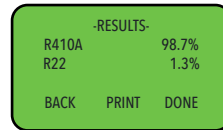
Figura 18.

A Este analizador en particular incluye la capacidad para detectar y analizar la composición de muchos refrigerantes comunes de la serie R-400, además de R-22, R-32, R-134a y los hidrocarburos (HC).

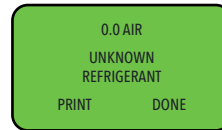
En caso que el analizador identifique, que el refrigerante primario (el tipo de refrigerante) en el sistema o cilindro es el refrigerante medido, los resultados se mostrarán como en la figura 19. Al pulsar el botón "MORE" la pantalla mostrará en detalle la composición del refrigerante (figura 20). Si no se reconoce el refrigerante, se mostrará un pantallazo como se ve en la figura 21.



**Figura 19.**



**Figura 20.**

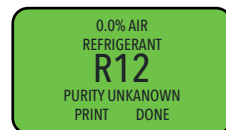


**Figura 21.**

**B**

La última generación de analizador ID Pro TM, tiene la capacidad de identificar los siguientes refrigerantes: R12, R1234yf, R408A, R409A, R417A, R421A, R421B, R422A, R422B, R422C, R427A y los hidrocarburos (HC). Todos los refrigerantes identificados se mostrarán en la pantalla con "pureza desconocida", debido a que el analizador no puede proporcionar información adicional con respecto a la composición (figura 22).

**Figura 22.**



El instrumento también puede identificar y analizar el contenido de componente puro de R134a, R22, HC (hidrocarburos), R404A, R407C y R410A. El análisis realizado por el identificador a refrigerantes de mezclas puras, producirá datos adicionales con respecto a la composición de la muestra de refrigerante.

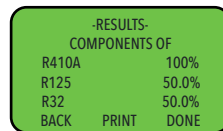
**NOTA:** los hidrocarburos (HC) abarcan R-600, R-600A y R-290. El analizador no puede diferenciar entre estos hidrocarburos.

El analizador mostrará el tipo de refrigerante (mezcla) que está siendo medido como se muestra en la figura 23. Al pulsar el botón "MORE" se mostrará en la pantalla el detalle o la composición del refrigerante tipo mezcla (figura 24).

**Figura 23.**



**Figura 24.**

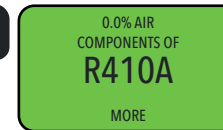


**C**

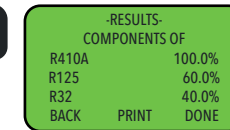
**Mezclas puras con relaciones de componentes incorrectos**

El analizador tiene la capacidad de detectar la relación entre los componentes que conforman la mezcla, y que han sido alterados por la contaminación. Si uno de los refrigerantes tipos mezcla, tiene relaciones de componentes incorrectos, se mostrará como en la figura 25. Para ver las concentraciones de los componentes, pulse el botón "MORE" (figura 26).

**Figura 25.**



**Figura 26.**

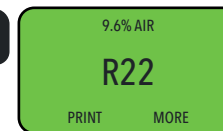


**D**

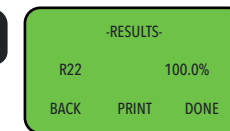
**Medición de aire**

El analizador ofrece la posibilidad de medir la presencia de aire durante cada prueba. El sensor de oxígeno mostrará el porcentaje de aire en todos los refrigerantes que están siendo identificados o analizados en un sistema o cilindro. En la figura 27, la pantalla LCD muestra el aire detectado. Al pulsar 'MORE' se mostrará la pureza de los refrigerantes que fueron detectados (figura 28).

**Figura 27.**



**Figura 28.**



**NOTA:** La cantidad de aire medido es independientemente al refrigerante identificado. Se puede tener el 100% de refrigerante puro con un porcentaje de aire en el sistema o cilindro.

**E**

**Impresión de los resultados de la prueba y datos de canal**

Para aquellos equipos ID que vienen equipados con el sistema de impresión, los resultados de la prueba se pueden imprimir después de completar los análisis. Los resultados de la prueba para todos los refrigerantes analizados se imprimirán, al pulsar "PRINT" en la parte inferior de la pantalla (figura 28). La figura 29 muestra el pantallazo relacionado con la impresión de los resultados. Si la muestra identificada es un "UNKNOWN REFRIGERANTS" es decir: refrigerantes desconocidos, al pulsar "PRINT" le permitirá imprimir los datos de los componentes que han sido analizados. (Figura 30)

Una vez finalizada la impresión, cuidadosamente corte el resultado impreso, y pulse "BACK" para volver a la pantalla anterior (figura 31). Impresiones adicionales podrían hacerse siguiendo el mismo procedimiento. Para salir de la prueba, presione el botón "DONE".

**Figura 29.**



**Figura 30.**



**NOTA:** Se debe tener cuidado al despegar los resultados impresos para dejar un borde limpio. Cortar el papel de derecha a izquierda para evitar los atascos de papel.

**Figura 31.**

Neutronics Inc. Refrigerant Analyzer  R2= 100.0% AIR= 0.0%  _____ (Date)  _____ (Technician)  _____ _____	Neutronics Inc. Refrigerant Analyzer  R410A= 100.0% R125= 50.0% R32= 50.0% AIR= 0.0%  _____ (Date)  _____ (Technician)  _____ _____	Neutronics Inc. Refrigerant Analyzer  NON-CONDENSABLE  _____ (Date)  _____ (Technician)  _____ _____
---	---	---

**F Modelación de datos analizados**

La modelación de datos analizados es una característica única de la Ultima ID Pro TM (Analizador), permite al usuario probar refrigerantes, que para el analizador son desconocidos en relación a su pureza y al tipo de refrigerante, y genera resultados tipo GUIA o HUELLA para la identificación de estos refrigerantes en particular.

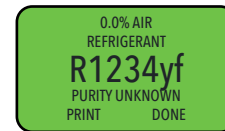
**F**

Una vez se complete la prueba o el análisis de una muestra de refrigerante (ver el numeral IV, ítem c del presente manual), los resultados de la prueba se muestran similar a la figura 32, para los refrigerantes identificables de pureza desconocida (ver numeral IV, ítem b del presente manual), o bien la figura 33 para los refrigerantes desconocidos (no identificables). Una vez los resultados se despliegan en la pantalla, el analizador le permitirá al usuario imprimir los datos obtenidos (figura 34). Lo anterior, se realiza presionando el botón "PRINT".

Esta nueva característica permite al usuario desarrollar un modelo de resultado, tipo "huella" para analizar refrigerantes que el equipo no puede identificar en relación a su pureza y composición.

Si el usuario pone a prueba un tanque virgen de refrigerante al menos 3 veces, y recibe datos analizados que difieren o varían muy poco entre sí, estos datos se pueden utilizar como un modelo de "huella digital" para este refrigerante muestreado. Esta característica le permitirá al usuario tener una guía para identificar los refrigerantes desconocidos.

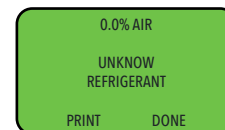
**Figura 32.**



**Figura 34.**

Neutronics Inc. Refrigerant Analyzer	
R1234yf Purity Unknown	
Channel Data	
F01:	##
F02:	##
F03:	##
F04:	##
F05:	##
F06:	##
F07:	##
F08:	##
F09:	##
F10:	##
F11:	##
F12:	##

**Figura 33.**



**NOTA:** esto no es un método garantizado para la identificación de refrigerantes. Los resultados pueden variar y algunos refrigerantes pueden crear datos inconsistentes.

**REFERENCIAS**

Model RI-700H, HVAC/R Refrigerant Analyzer. Operation Manual. Neutronics Inc.



# ANEXO 7 INSTRUCTIVO MANEJO DE LA UNIDAD REGENERADORA

## MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO REGENERADOR JV 90A-3 SC<sup>28</sup>

### CONTENIDO

**Introducción**

**Operación**

**Identificación de interruptores, válvulas, termostatos y presostatos del equipo regenerador**

**Procedimientos de operación del equipo regenerador JV 90A-3 SC**

- a.) Vacío al equipo regenerador
- b.) Carga de refrigerante
- c.) Purga de gases no condensables
- d.) Retiro de aceite
- e.) Vaciado del equipo regenerador

Referencias

### INTRODUCCIÓN

Los siguientes procedimientos hacen referencia a los pasos necesarios para la operación del equipo regenerador Van Steenburgh JV 90A-3 SC, diseñado para purificar o destilar los gases refrigerantes CFC-12, HCFC-22 y HFC -134a. El manual describe e ilustra de forma concisa y precisa los procedimientos necesarios para regenerar o reciclar los gases refrigerantes mencionados anteriormente. Así mismo, el documento es un soporte material que contiene información, y que tiene como fin transmitir conocimientos de tipo técnico, para capacitar a los operadores de los centros de regeneración de refrigerantes del país.

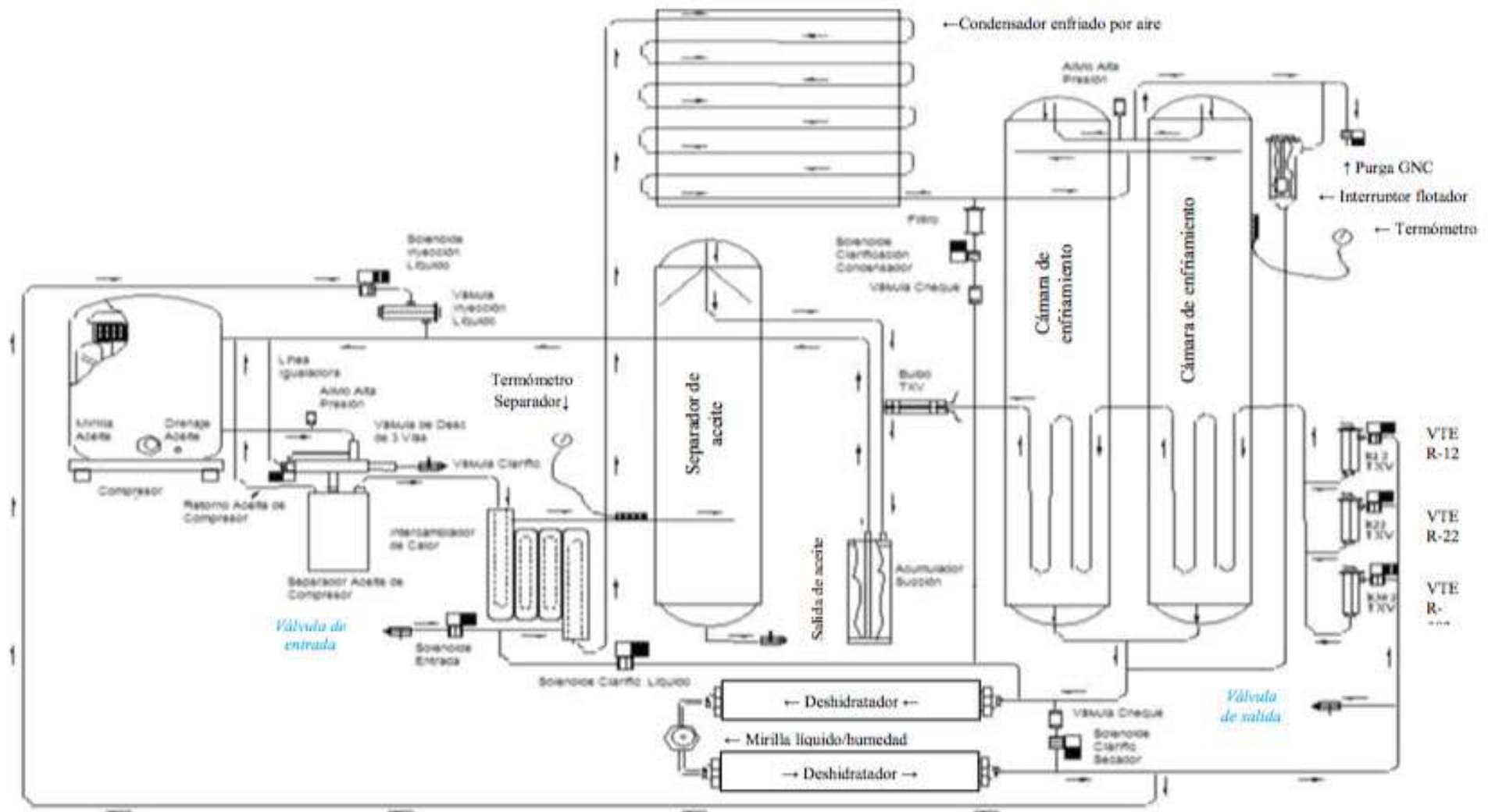
Entre los procedimientos descritos, se detallan los relacionados con el cargue de refrigerante en el equipo regenerador, en donde se presenta el procedimiento de vacío, seguido del procedimiento de purga de gases no condensables, para hacer énfasis en la regeneración, en la purga o retiro de aceite, y principalmente en el vaciado del equipo regenerador.

<sup>28</sup> Adaptación de Gildardo Yañez a partir del documento Van Steenburgh Refrigerant Reclaim System JV Series Self Clearing. Versión en Idioma Español. Año 2008



# Operación

Ilustración 1



**1**

El refrigerante entrante se toma a alta temperatura y velocidad usando el calor de compresión, fricción y resistencia eléctrica del motor mediante la utilización de un tubo en el intercambiador de calor de tubos.

**2**

Luego éste entra al separador de aceite donde la velocidad se reduce radicalmente. Esto permite que el vapor, a alta temperatura, suba.

**3**

Durante este proceso, partículas de cobre, carbono, aceite, ácido, agua y todos los demás contaminantes caen al fondo del separador donde pueden ser removidos durante la operación de "salida de aceite". (Este proceso también le permite determinar con precisión la cantidad de aceite removido del sistema de regeneración ya que todo permanece en el fondo del separador).

**4**

El vapor destilado, a alta temperatura, sube y pasa de la cámara de separación al compresor, al tubo en el intercambiador de calor de tubos, y luego al condensador enfriado por aire en donde se convierte a líquido.

**5**

El líquido pasa a las cámaras de almacenamiento integradas (cámaras de enfriamiento). Dentro de estas cámaras un ensamble de evaporador que incluye válvulas de expansión térmica que corresponden al tipo de refrigerante sub-enfría el líquido entre 20 y 40 grados F/ -6.7 a 4 grados C (dependiendo de diferentes variables) durante la operación de ENFRIAMIENTO.

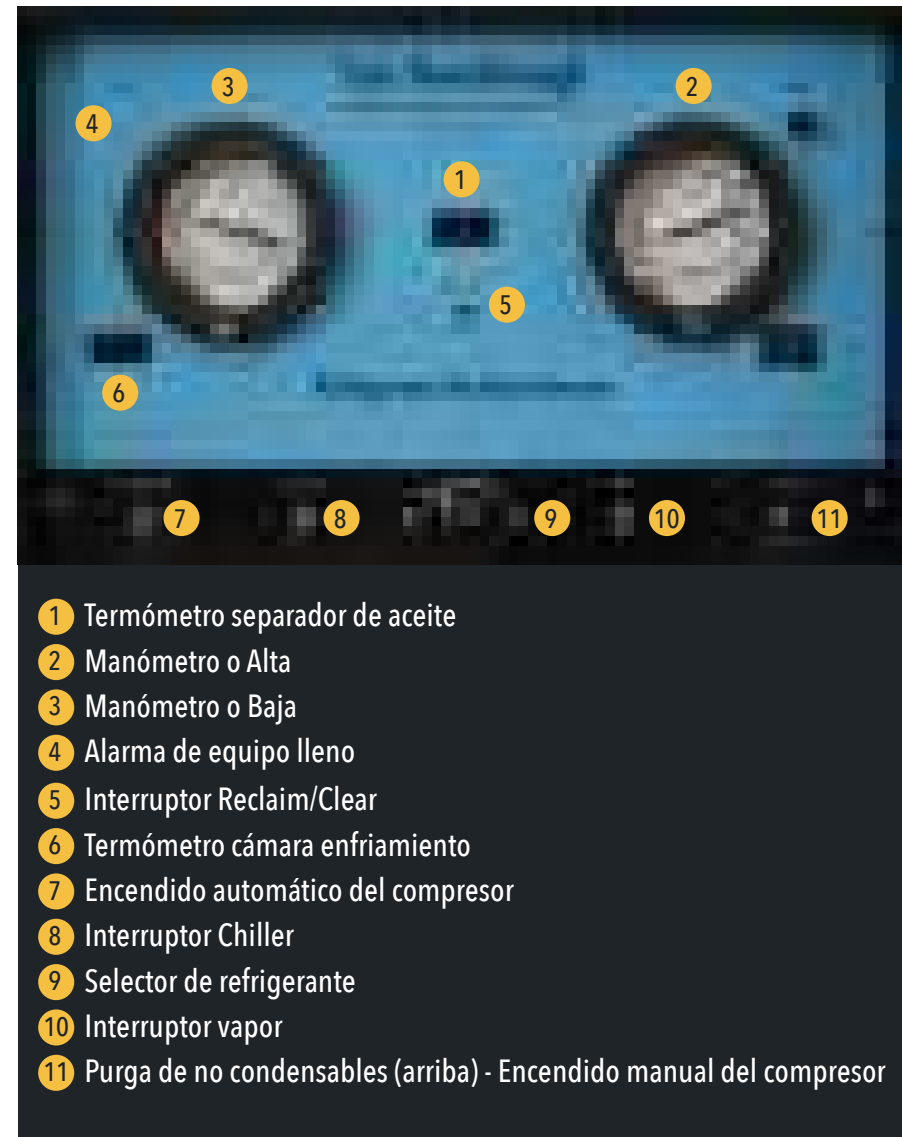
**6**

Un par de filtros/secadores reemplazables en este circuito remueven cualquier humedad remanente, mientras se termina el proceso de limpieza.

**7**

El enfriamiento del refrigerante también facilita la transferencia a cualquier cilindro o sistema externo a temperatura ambiente.

## IDENTIFICACIÓN DE INTERRUPTORES, VÁLVULAS, TERMOSTATOS Y PRESOSTATOS DEL EQUIPO REGENERADOR



# PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO REGENERADOR JV 90A-3 SC

## A

### Procedimiento de vacío al equipo regenerador

- 1 Abra las válvulas manuales de ENTRADA (INLET) y SALIDA (OUTLET), (con la unidad conectada a una fuente de energía apropiada).
- 2 Conecte la bomba de vacío a los dos acoples de ENTRADA DE REFRIGERANTE (REFRIGERANT INLET) y SALIDA DE REFRIGERANTE (REFRIGERANT OUTLET).
- 3 Haga vacío con una bomba hasta que el vacuómetro electrónico llegue a 1000 micrones.
- 4 Verifique que el manómetro de baja presión indique una lectura de vacío durante el proceso.
- 5 Cierre las válvulas manuales "In" y "Out".

## B

### Procedimiento de carga de refrigerante

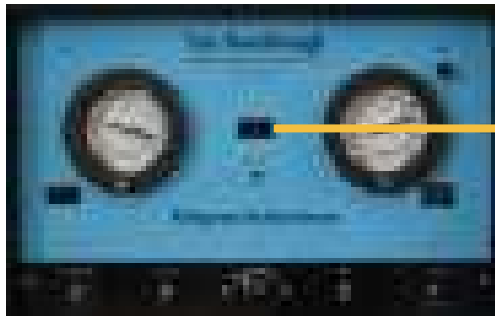
- 1 Verifique que el equipo esté conectado y que tenga suministro eléctrico.
- 2 Verifique que el compresor y la resistencia del cárter están tibios.
- 3 La posición de los interruptores al frente del regenerador es:
  - Interruptor Compresor ON
  - Interruptor Chiller OFF
  - Interruptor Vapor OFF
  - Interruptor Reclaim/Clear Reclaim
  - El Interruptor del selector del refrigerante debe apuntar hacia el refrigerante que se va a regenerar.
- 4 Conecte la manguera al unidor de 3/8" etiquetado como "REFRIGERANT IN" (ENTRADA DE REFRIGERANTE).
- 5 Conecte el otro extremo de la manguera al tanque de refrigerante en la válvula de líquido.
- 6 Purgue la manguera.

### NOTAS O CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

- Antes de iniciar con la operación de regeneración, alimentar al equipo 3.2 a 4.1 kg de gas refrigerante a procesar. Colocar el interruptor del compresor y del chiller en ON. Mantener funcionando la máquina regeneradora durante 5 o 10 minutos. Esto calentará el compresor, y asegurará la máxima eficiencia de separación a nivel de las cámaras.
- Siempre cargue refrigerante líquido, es mucho más rápido.
- También sirve para enfriar el compresor del motor en el regenerador.
- Extraer del lado de vapor del cilindro de almacenamiento, el refrigerante en fase líquida que va a regenerar, lo que reducirá drásticamente la presión, la temperatura del tanque y la eficiencia del procedimiento de carga.

- 7 Gire el interruptor del COMPRESOR a ON y abra la válvula manual de "REFRIGERANT IN" (ENTRADA DE REFRIGERANTE).
  - a. El manómetro de baja presión marca vacío si el regenerador no tiene refrigerante.
  - b. Una vez se inicie con el procedimiento de alimentación o carga de refrigerante, el manómetro de baja presión volverá a marcar cero psig. cuando el tanque de refrigerante que está cargando al regenerador se vacíe, o cuando el equipo regenerador este lleno.
- 8 El interruptor "Reclaim/Clear" (regenerar/evacuar) debe estar en la posición de regenerar.
- 9 El regenerador comenzará a funcionar conforme vaya subiendo la presión.
- 10 Caliente el regenerador manteniendo un mínimo de 18.3°C en el termómetro del separador (ubicado al centro del regenerador) durante 3 minutos antes de abrir más la válvula de entrada. (Fotografía 1)

**Fotografía 1**



Termómetro separador de aceite

- 11 Mantenga una presión máxima de succión de 50 psig y un mínimo de 18.3°C en el termómetro del separador durante la operación de carga de refrigerante.
- 12 Cuando el tanque de refrigerante que está cargando al regenerador se vacíe, el manómetro de baja presión volverá a marcar cero psig.
- 13 Espere a que el regenerador se apague automáticamente.

**C**

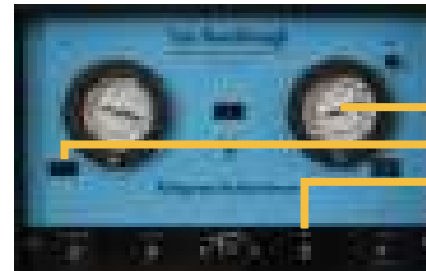
**Procedimiento de purga de gases no condensables**

Este procedimiento se hace inmediatamente después de haber cargado el refrigerante del tanque al regenerador, y ANTES DE REGENERAR EL REFRIGERANTE CON EL INTERRUPTOR CHILLER.

- 1 Espere mínimo 5 minutos para que la temperatura del sistema de regeneración se estabilice.
- 2 Observe y tome nota de la lectura de temperatura en el termómetro de la cámara de enfriamiento localizado al lado derecho sobre el panel frontal del regenerador.
- 3 Refiérase a la tabla presión/temperatura PT del refrigerante y determine la presión esperada para la temperatura que aparece en el termómetro.
- 4 Compare la lectura de manómetro de Alta Presión con la lectura de presión del gráfico.

- 5 Si la Presión de Carga es mayor de 10 psi por encima de la lectura de la tabla presión/temperatura, la purga es necesaria.
- 6 Utilizando el interruptor de "AIR OUT" (aire fuera) sobre el panel frontal, purgue durante 15 segundos. (Fotografía 2)
- 7 Espere 3 minutos y compare de nuevo (punto 4 anterior).
- 8 Repita las etapas 5, 6, y 7 hasta que la temperatura y presión en la tabla se encuentren dentro de 10 psi/.68 bar de presión mostrado en el manómetro de alta presión.

**Fotografía 2**



Nanómetro de alta presión  
Termómetro cámara de enfriamiento  
Interruptor

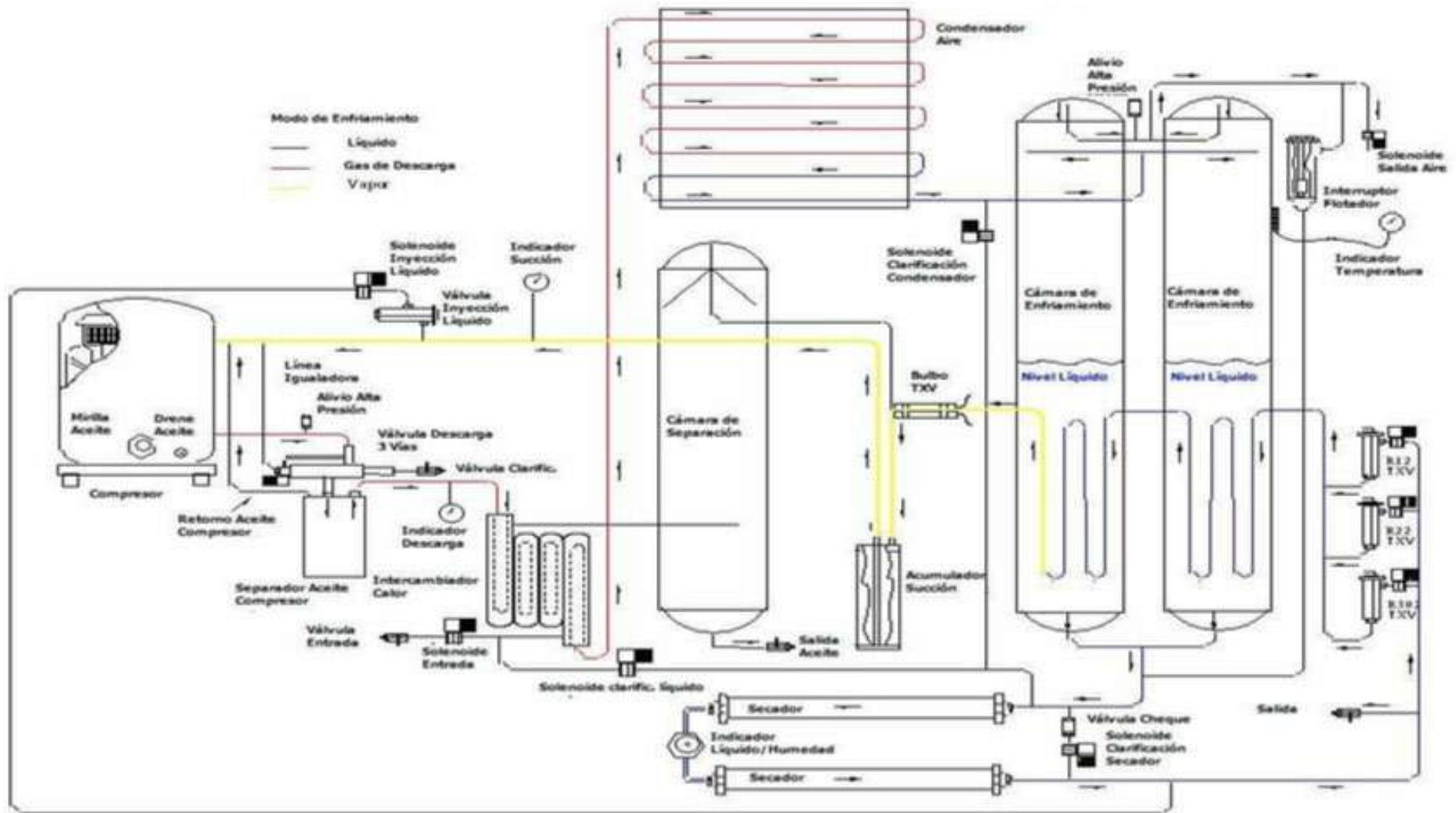
**D**

**Procedimiento de regeneración (reclaim) usando la función "chiller" (enfriamiento)**

- 1 Las válvulas de entrada y salida de refrigerante (IN y OUT) cerradas.
- 2 El compresor encendido en ON.
- 3 Mueva el interruptor CHILLER a ON.
- 4 Deje operando el equipo por al menos 22 minutos.
- 5 Esta operación hace circular el refrigerante a través de un enfriador de evaporación y de un par de filtros/secadores a un flujo de 136.36 -181.80 kg por hora.
- 6 Esto proporcionará una limpieza final de cualquier partícula microscópica y removerá cualquier humedad remanente.

## Ilustración 2

Flujo del refrigerante en modo CHILLER



## E

### Procedimiento de retiro de aceite

Para mejores resultados drene el aceite de la Cámara de Separación después de cada 15 minutos de operación de acuerdo con lo indicado por el cronómetro. Esto mantendrá un bajo nivel de aceite en la Cámara de Separación y prevendrá que éste sea arrastrado de nuevo en el refrigerante regenerado.

Para remover el aceite separado y otros contaminantes de la Cámara de Separación, proceda como sigue:

- 1 Con las válvulas de entrada y salida de refrigerante (IN y OUT) cerradas y con el compresor encendido en ON.
- 2 Mueva el interruptor CHILLER a OFF.
- 3 Permita que la unidad disminuya la presión y se apague. Apague el compresor a OFF.
- 4 Utilice el interruptor de apagado (override) del Compresor localizado en el lado derecho del panel. Hale presión de succión a un vacío de 2 a 4 in Hg/0.06 a -.13 bar. Permita que la unidad repose por 3 minutos. Esta operación lleva a la cámara de separación a vacío removiendo así cualquier refrigerante que pudiera quedar atrapado en el aceite.
- 5 Utilizando el interruptor del Enfriador (Chiller), gire hacia arriba algunas veces hasta tener una presión de 3 a 4 psig en el manómetro de baja.
- 6 Conecte la válvula de acceso de SALIDA DE ACEITE (OIL OUT) que es suministrada con la unidad, al acoplamiento de salida de aceite (OIL OUT) en la parte inferior del panel frontal.
- 7 Asegúrese que la perilla sobre la válvula de acceso esté girada en OUT o en contra de las manecillas del reloj.
- 8 Coloque un recipiente frente al del acople de SALIDA DE ACEITE (OIL OUT) para recoger el aceite.
- 9 Abra lentamente la válvula de salida de aceite (OIL OUT), en la parte inferior del panel frontal. (Fotografía 3)
- 9 Gire la válvula de acceso LENTAMENTE en dirección de las manecillas del reloj a medida que el aceite comienza a fluir.
- 10 Cuando no fluya más, aparecerá vapor.
- 11 Gire la válvula a OFF EN CONTRA DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ.
- 12 Cierre la válvula de salida de aceite (OIL OUT).

Fotografía 3



Fotografía 4



## F

### Procedimiento de vaciado del equipo regenerador (CLEAR)

#### NOTAS O CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

Esta operación es para retirar el refrigerante del sistema de regeneración.

- Se debe utilizar un tanque recargable con puertos duales al 60% de su capacidad tomando como referencia el volumen de agua (WC) marcado en el tanque.
- El tanque para un volumen de agua (WC) de 11.8 solo podrá ser cargado con: 7 kg.
- El tanque para un volumen de agua (WC) de 21.6 solo podrá ser cargado con: 13 kg.
- El tanque para un volumen de agua (WC) de 25.44 solo podrá ser cargado con: 15 kg.
- El tanque tiene que haber sido previamente evacuado a 1000 micrones de vacío.
- La temperatura del tanque recargable se debe mantener por debajo de los 20°C, se recomienda sumergir el tanque en un recipiente con hielo.



**Fotografía 5**



Para vaciar el refrigerante del sistema de regeneración proceda de la siguiente manera:

- 1 El interruptor "Reclaim/Clear" debe estar en la posición de "reclaim" (regenerar).
- 2 Gire los interruptores del Compresor y el Enfriador a la posición ON y permita que el regenerador opere durante alrededor de 15 minutos.
- 3 Mientras el regenerador está en el modo de enfriamiento, conecte una manguera al acople etiquetado como "outlet" (salida) y conecte el otro extremo de la manguera al puerto de vapor del tanque recargable, purgue la manguera.
- 4 Conecte otra manguera al acople etiquetado como "clear" (vaciar) y el otro extremo al puerto de líquido del tanque recargable.

- 5 Abra la válvula manual de salida (outlet) y el lado de vapor del tanque. Permita que el refrigerante se transfiera hasta que la presión de succión comience a caer. Gire el interruptor del enfriador a OFF y gire el interruptor de vapor a ON.
- 6 Permita que el refrigerante se transfiera hasta que la unidad se apague. Cierre la válvula manual de salida (outlet) y la válvula de vapor del tanque.
- 7 Abra la válvula de líquido en el tanque y la válvula manual clear (vaciar) en el regenerador. Después de tener las válvulas abiertas gire el interruptor "Reclaim/clear" a la posición "clear" (vaciar). El regenerador arrancará y transferirá el refrigerante remanente al tanque recargable.
- 8 El control de baja presión apagará la unidad a "0" psig/bar.
- 9 Usando el interruptor momentáneo del compresor en el lado derecho del panel lleve al regenerador hasta que el manómetro de baja presión del regenerador esté en vacío.
- 10 Cierre las válvulas manuales de clarificación y de líquido en el tanque. Coloque todos los interruptores en posición OFF.
- 11 Gire el interruptor "Reclaim/Clear" a la posición "reclaim" (regenerar).

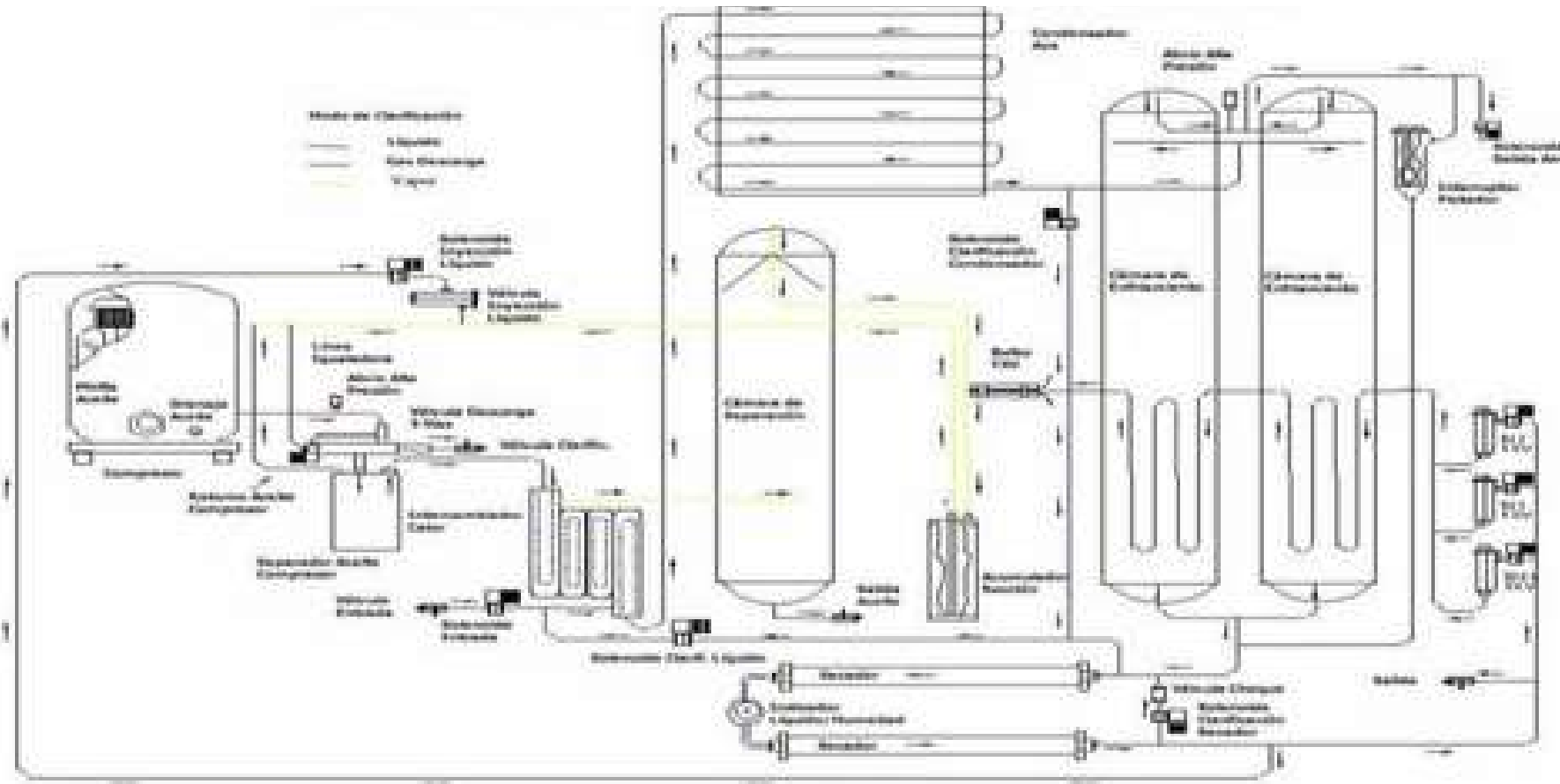
**Precaución:** Durante el procedimiento del vaciado del regenerador la manguera se calentará debido al gas de descarga transfiriéndose al tanque recargable o retornable.

#### **NOTAS O CONSIDERACIONES TÉCNICAS:**

Al transferir el gas caliente de descarga en el lado de líquido del tanque, éste está siendo movido al fondo del tanque el cual está lleno de líquido sub-enfriado. Esto condensa el vapor caliente y mantiene una baja temperatura/presión de tanque dentro del mismo.



**Ilustración 3**  
Flujo del refrigerante modo de vaciado



## REFERENCIAS

- Van Steenburgh Refrigerant Reclaim System JV Series Self Clearing Versión en Idioma Inglés. Año 2008.
- Van Steenburgh Refrigerant Reclaim System JV Series Self Clearing Versión en Idioma Español. Año 2008.

# ANEXO 8 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR MÉTODO DE TITULACIÓN

## 1. OBJETIVO

El propósito de este método de ensayo es determinar el número ácido en refrigerantes nuevos y regenerados.

## 2. ALCANCE

Este método de ensayo se utiliza para la determinación cuantitativa de acidez y aplica a refrigerantes fluorocarbonados con presiones bajas, medias y altas.

## 3. DEFINICIONES

**Alícuota:** porción para ensayo de un refrigerante nuevo o recuperado, extraído del cilindro de muestra.

**Cilindro de muestreo (FNPT<sup>29</sup>):** cilindro de acero inoxidable de doble punta, que se utiliza para la extracción de una alícuota para ensayo del cilindro de muestra de un refrigerante.

**Cilindro de muestra:** cilindro utilizado para contener un refrigerante recuperado o regenerado, el cual permite su manipulación durante las etapas de distribución, recepción y almacenamiento.

**Refrigerante:** producto químico que produce un efecto de enfriamiento durante su expansión o vaporización.

**Refrigerante recuperado:** refrigerante extraído de un sistema de refrigeración, en cualquier condición, que se almacena en un recipiente externo.

**Refrigerante regenerado:** refrigerante usado que fue sometido a un proceso físico en el cual se recuperan las propiedades refrigerantes iniciales.

**Solución:** también llamada disolución, es una mezcla homogénea de dos o más sustancias que no reaccionan entre sí. En una solución cada componente está diluido en el otro, lo que hace que cada uno de ellos pierda sus propiedades individuales y se presenten en una sola fase.

**Solvente, disolvente o solvente de extracción:** sustancia (o mezcla de sustancias) que se encuentra en mayor proporción, y que tiene la capacidad de disolver un cuerpo u otra sustancia, hasta que sus partículas queden incorporadas totalmente en él.

## 4. PRINCIPIO DEL MÉTODO

Una cantidad conocida de muestra de refrigerante líquido es burbujeada en una mezcla de solvente que contiene tolueno, isopropanol y agua, a la cual se le añade el indicador azul de bromotimol. La acidez dada por la muestra a la mezcla de solventes es titulada con un estándar de hidróxido de potasio hasta el punto de equivalencia. La acidez se expresa como ppm de ácido clorhídrico (HCl).

## 5. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

El método no presenta interferencias significativas; sin embargo la titulación debe realizarse en el menor tiempo posible entre la adición de la solución indicadora hasta el punto final (color azul/verde), con el fin de evitar variaciones por disolución del dióxido de carbono atmosférico.

## 6. EQUIPOS Y REACTIVOS

### 6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- Tubo capilar de 1/16 x 0.007 pulgadas, tetrafluoroetileno.
- Balanza de carga superior; capacidad de hasta 1000 g con 0.1 de resolución.
- Cilindro de muestreo de acero inoxidable FNPT de doble punta de 1/4 pulgadas de 100 mL (1800 psig).
- Dos válvulas de acero inoxidable de 1/4 pulgadas con MNPT<sup>30</sup> abocinados.
- Dos acoples acampanados FNPT de 1/4 x 1/4 pulgadas.
- Tubo de compresión de unión reducida de acero inoxidable de 1/16 x 1/4 pulgadas.
- Adaptador hembra de 1/4 pulgadas de compresión x 1/4 pulgadas de expansión.
- Conector de cobre de 1/4 pulgadas x 1/4 de expansión.
- Válvula de alivio de presión (350 a 400 psig) de salida de 1/4 pulgadas FNPT x 1/4 pulgadas MNPT.
- Agitador magnético.
- Bureta (10 mL con división de 0.05 mL).
- Erlenmeyer de 250 mL.

<sup>29</sup> FNPT: Female national pipe thread.

<sup>30</sup> MNPT: Male national pipe thread.

## 6.2 REACTIVOS

- Indicador azul de bromotimol, sal de sodio.
- Isopropanol grado reactivo.
- Tolueno grado reactivo.
- Solución de KOH en metanol 0.1 N.
- Ácido sulfúrico 0.1 N (solución acuosa).
- Metanol absoluto (anhídrido, grado reactivo).
- Agua destilada.

**NOTA:** es necesario que los reactivos se almacenen en un lugar que los proteja de cualquier agente contaminante; revisar sugerencias bibliográficas para cada reactivo o las del fabricante; de igual manera, es indispensable mantener las soluciones preparadas en el laboratorio en un lugar fresco, en recipientes (matraces, erlenmeyers, etc.) adecuadamente tapados y rotulados con nombre de la solución y fecha de preparación, como mínimo.

El laboratorio debe contar, además, con los elementos y equipos básicos necesarios para la preparación de las soluciones, tales como balanza analítica, vidrios de reloj, vasos de precipitados, matraces aforados, varillas de vidrio para agitación, etc.

## 7. PROCEDIMIENTO

**Tubo conector capilar:** Tome el tubo de 1/16 x 0.007 pulgadas de tetrafluoroetileno y ensámblelo sobre una tuerca de 1/16 pulgadas y a la férula. Conéctelo a un adaptador de reducción de compresión de 1/16 x 1/4 pulgadas, ajústelo y luego conéctelo al adaptador abocinado. De esa manera, el adaptador abocinado se puede conectar a la antorcha. Ajústelo al cilindro antes de cada determinación de la acidez.

**Ensamble del cilindro:** el montaje del cilindro FNPT se utiliza como equipo de muestreo para cada determinación de acidez. Antes del montaje, todos los accesorios de las tuberías deben ser cubiertos con cinta de teflón para asegurar un sellado adecuado en cada unión, para evitar escapes de gas.

Una la válvula de alivio de presión al cilindro de muestreo. Coloque una de las válvulas de acero inoxidable MNPT a la válvula de alivio de presión; una la conexión abocinada a la válvula MNPT de 1/4 pulgadas; en el otro extremo del cilindro de muestreo, adjunte otra válvula de 1/4 x 1/4 pulgadas MNPT (ver figura 1). La toma de la muestra debe hacerse desde el extremo del cilindro de muestreo, que no tiene la válvula de alivio de presión.

Figura 1. Ensamble del cilindro de muestreo



## 7.1 PREPARACIÓN DE REACTIVOS

### 7.1.1 SOLUCIÓN DE KOH 0.01N:

Pipetear 100 mL de solución 0.1 N de KOH en un matraz aforado de 1000 mL. Diluir hasta el aforo con metanol absoluto y mezclar bien.

### 7.1.2 SOLUCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO 0.01N:

Pipetear 100 mL de solución 0.1 N de ácido sulfúrico en un matraz aforado de 1000 mL. Diluir hasta el aforo con agua destilada y mezclar bien.

### 7.1.3 MEZCLA DE SOLVENTES:

Añada 495 mL de tolueno a 495 mL de isopropanol. Añada 10 mL de agua a la solución de tolueno/isopropanol y mezclar bien.

### 7.1.3 MEZCLA DE SOLVENTES:

Añada 495 mL de tolueno a 495 mL de isopropanol. Añada 10 mL de agua a la solución de tolueno/isopropanol y mezclar bien.

### 7.1.4 SOLUCIÓN INDICADORA DE AZUL DEB:

Disuelva 1 g de sal sódica de azul de bromotimol en 100 mL de metanol. Mezcle bien y guárdela en un frasco gotero.

## 7.2 ANÁLISIS DE MUESTRA

Limpie a fondo el cilindro de muestreo, la válvula, el tubo capilar, el conector de cobre y el matraz Erlenmeyer de 250 mL antes de iniciar la prueba. Caliente en el horno todos los componentes a 110°C [230°F] y lleve al vacío.

Pese el cilindro de muestreo ensamblado y fríalo al 0.1 g más cercano y designe este peso como "X".

Conecte el acople de cobre de 1/4 de pulgada a la válvula de vapor del cilindro de muestra y al cilindro de muestreo. Abra la válvula de gas; afloje el conector y rápidamente apriete el accesorio. Esto purgará con aire el conector de 1/4 pulgada.

Una vez ensamblado el cilindro de muestreo al cilindro de muestra, abra la válvula del cilindro de muestreo y luego la válvula de salida del cilindro de muestra al que se ensambló. Permita que el refrigerante entre en el cilindro ensamblado hasta que se tomen entre 50 g a 75 g de muestra de refrigerante (ver figura 2).

Para asegurar que el peso de muestra esté dentro del intervalo adecuado, el analista puede realizar varios pesajes intermedios del cilindro de muestreo cargado con refrigerante a medida que llena el cilindro, o adaptar un sistema que controle el flujo de salida del refrigerante para evitar pesajes repetidos del cilindro de muestreo.

**Figura 2.** Ensamble para el muestreo.



Cierre la válvula del cilindro de muestreo y la válvula del cilindro de muestra, afloje el conector de 1/4 de pulgada y retire el cilindro de muestreo del cilindro de muestra.

Pese de nuevo el cilindro de muestreo con el refrigerante y designe este valor como "Y." El peso del refrigerante está dado por:  $Y - X = \text{gramos de refrigerante muestreado}$ .

**NOTA:** Si el refrigerante es de baja presión, pese el cilindro de la muestra antes de realizar el muestreo y añada el refrigerante directamente a la mezcla de solventes. Pese de nuevo el cilindro de muestra y reste el peso inicial del peso final para obtener el peso total del refrigerante añadido. En este caso el laboratorio debe contar con una balanza con la capacidad necesaria para pesar los cilindros de muestra, y un montaje que permita la inyección del refrigerante al solvente de extracción, directamente desde el cilindro de muestra.

Agregue 100 mL de la mezcla de solventes a un erlenmeyer de 250 mL. Inicie una agitación moderada y añada 6 gotas de la solución indicadora.

Si la mezcla de solventes/solución indicadora se torna color amarillo, añada gota a gota Hidróxido de potasio 0.01 N a través de una bureta hasta que se observe una tonalidad azul/verde en el solvente.

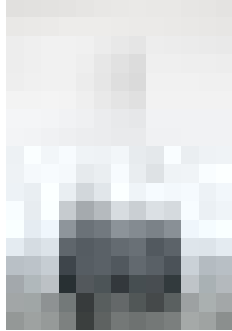
Si la mezcla de solventes/solución indicadora se torna color verde o azul, añada ácido sulfúrico 0,01 N gota a gota por medio de una bureta, hasta que la solución sea de color amarillo.

Media gota del KOH puede ser suficiente para alcanzar la coloración deseada. A continuación, una el conector capilar (jeringa) limpio al otro extremo del cilindro de muestreo y burbujee lentamente la alícuota de muestra en la mezcla de solventes, abriendo gradualmente la válvula del cilindro hasta que esté completamente abierta. No detenga la agitación de la solución durante la adición de la alícuota de refrigerante.

Si la solución se torna verde o azul, el resultado es reportado como "No detectado" (ver figura 3).

Si la solución se torna color amarillo (ver figura 4), registrar el volumen inicial de la bureta al 0.01 mL más cercano (designe este valor como V2) y titule con KOH 0.01 N hasta que la solución vire a un color verde (punto final). Registre el volumen final de la bureta al 0.01 mL más cercano (designar este valor como V1).

**Figura 3.** Color de solución reportado como "No detectado"



**Figura 4.** Color de solución para titular con solución de KOH 0.01N



El volumen final (valor designado como Vf) de 0.01 N de KOH añadido:  
 $V_f = V_2 - V_1$  (1)

### 8. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El cálculo de la Acidez total expresada en ppm de HCl está dado por la siguiente ecuación:

$$ppm\ HCl = \frac{V_f * KOH\ [N] * 36,500}{Peso\ del\ refrigerante\ muestreado} ; \quad (2)$$

**NOTA:** El valor de 36.500 es el peso equivalente de HCl ( $36.5 \times 10^3$ ).

Reporte el valor de acidez calculado al 0.1 ppm más cercano, como la concentración ácida para el refrigerante muestreado.

### 9. SENSIBILIDAD, EXACTITUD Y PRECISIÓN

**NOTA:** El laboratorio debe establecer, mediante ensayos analíticos, los datos de sensibilidad, precisión y exactitud del ensayo, a las condiciones de su laboratorio.

Condiciones establecidas en el estándar AHRI<sup>31</sup>:

**Sensibilidad:** La sensibilidad de la prueba de acidez usando 50 g de muestra en 100 g de solvente de extracción es de 0.1 ppm.

Se debe tener cuidado en el manejo de la muestra y en evitar la contaminación cruzada cuando se desarrolle este ensayo.

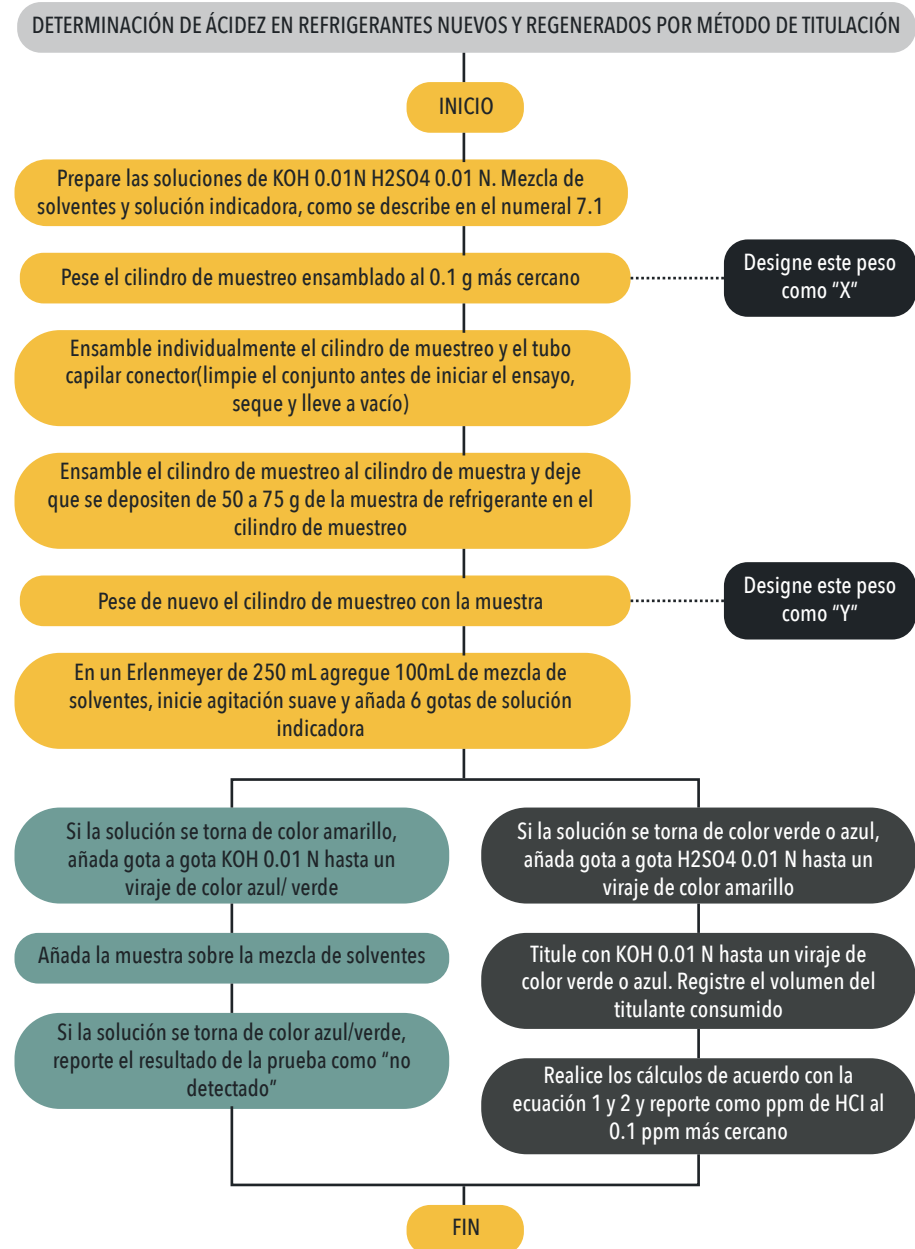
**Precisión:** No hay datos disponibles.

**Exactitud:** No hay datos disponibles.

<sup>31</sup>AHRI. Appendix C for Analytical Procedures for AHRI Standard 700-2014 - Normative. Parte 1.

## 10. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo del procedimiento de ensayo se muestra a continuación:



## 11. CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA

Con cada lote de muestras analice previo a las muestras un blanco de reactivos y una blanco adicionado con HCL, que le ayuden a identificar claramente el punto final de titulación.

Verifique una vez al día (o cuando se utilice) las balanzas analíticas o de platillo externo que utilice en el desarrollo del ensayo, empleando pesas patrón apropiadas. Registre los resultados en un gráfico de control.

## 12. MEDIDAS DE PRECAUCIÓN


**Implementos de seguridad:** para la realización de este método de ensayo, el analista debe utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos. Se sugieren: guantes de baqueta, guantes de nitrilo, gafas de seguridad, bata para laboratorio y mascarilla (máscara para vapores ácidos y orgánicos de media cara).

**Equipos de seguridad:** debido a que se manejan reactivos peligrosos, es importante que toda manipulación de los mismos se realice bajo una cabina de extracción de vapores y que el laboratorio cuente con el sistema de ventilación óptimo.

**Manejo de reactivos:** antes de manipular los reactivos, el analista debe tener conocimiento de la peligrosidad de estas sustancias. Para tal efecto revise las etiquetas de los productos o remítase a las versiones más reciente de las fichas de datos de seguridad emitidas por los fabricantes.

## 13. REGISTROS

El siguiente es el formato sugerido para el registro de los datos primarios del ensayo de acidez.

		HOJA DE TRABAJO No. XX	Versión X
		ANÁLISIS DE ACIDEZ EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS	Fecha de elaboración dd/mm/aaaa
		Nombre del Laboratorio	Página 1 de 1
Tipo de Refrigerante		Código: XXX	
Fecha del ensayo		PROCESO: XXXX	
Firma analista			

### REFRIGERANTES DE PRESIONES MEDIAS Y ALTAS

Cálculos			Reporte 1		Cálculos*			Reporte 2*
Peso del cilindro de muestreo (g) "X"	Peso del cilindro de muestreo con refrigerante (g); "Y"	Peso del refrigerante (g) Y-X	Detectado	No Detectado	Volumen de KOH añadido (mL)			Cálculo de Acidez Total
					KOH inicial (mL) "V2"	KOH final (mL) "V1"	Vf=V2-V1	Vf*[KOH]*36500)/Peso de refrigerante muestreado

### REFRIGERANTES DE PRESIONES BAJAS

Cálculos			Reporte 1		Cálculos*			Reporte 2*
Peso del cilindro de muestra antes de extracción (g) "X"	Peso del cilindro de muestra después de extracción (g) "Y"	Peso del refrigerante (g) Y-X	Detectado	No Detectado	Volumen de KOH añadido (mL)			Cálculo de Acidez Total
					KOH inicial (mL) "V2"	KOH final (mL) "V1"	Vf=V2-V1	Vf*[KOH]*36500)/Peso de refrigerante muestreado

\* Si el Reporte 1 es: "No Detectado"; solución de color verde o azul, no desarrolle estos espacios.

## 14. REFERENCIAS

- PARTE 1 del Apéndice C para estándares AHRI 700-2014 (formalmente el apéndice C para estándares AHRI 700-2012). 2008. AHRI (AIR-CONDITIONING, HEATING, & REFRIGERATION, INSTITUTE).
- Química, fundamentos experimentales, ED. REVERTÉ, S.A., 1973.
- Para propósitos de consulta remítase a [www.ahrinet.org](http://www.ahrinet.org)

# ANEXO 9 DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR PRECIPITACIÓN DE CLORURO DE PLATA

## 1. OBJETIVO

El propósito de este método es determinar cualitativamente la presencia de cloruros en refrigerantes nuevos y regenerados.

## 2. ALCANCE

Este método de ensayo se utiliza en refrigerantes nuevos y regenerados, con presiones medias y altas y aplica para la determinación cualitativa rutinaria de cloruro.

## 3. DEFINICIONES

**Alícuota:** porción para ensayo de un refrigerante nuevo o recuperado, extraído del cilindro de muestra.

**Cilindro de muestreo (FNPT<sup>32</sup>):** cilindro de acero inoxidable de doble punta, que se utiliza para la extracción de una alícuota para ensayo del cilindro de muestra de un refrigerante.

**Cilindro de muestra:** cilindro utilizado para contener un refrigerante recuperado o regenerado, y que permite su manipulación durante las etapas de distribución, recepción y almacenamiento.

**Refrigerante:** producto químico que produce un efecto de enfriamiento durante su expansión o vaporización.

**Refrigerante recuperado:** refrigerante extraído de un sistema de refrigeración, en cualquier condición, que se almacena en un recipiente externo.

**Refrigerante regenerado:** refrigerante usado que fue sometido a un proceso físico en el cual se recuperan las propiedades refrigerantes iniciales.

**Solución:** también llamada disolución, es una mezcla homogénea de dos o más sustancias que no reaccionan entre sí. En una solución cada componente está diluido en el otro, lo que hace que cada uno de ellos pierda sus propiedades individuales y se presenten en una sola fase.

**Solvente, disolvente o solvente de extracción:** sustancia (o mezcla de sustancias) que se encuentra en mayor proporción, y que tiene la capacidad de disolver un cuerpo u otra sustancia, hasta que sus partículas queden incorporadas totalmente en él.

## 4. PRINCIPIO DEL MÉTODO

La determinación cualitativa de cloruros en refrigerantes se basa en la precipitación del anión cloruro en presencia de plata, como cloruro de plata, mediante la siguiente reacción:



El refrigerante es adicionado a una solución de nitrato de plata en metanol; la aparición de turbidez indica la presencia del precipitado de cloruro de plata, caso en el cual el ensayo se reporta como "falla". Si no se observa turbidez, la concentración de cloruros que pueda contener la muestra se considera aceptable y se reporta como "pasa".

## 5. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

El método no presenta interferencias significativas; algunos aniones de ácidos débiles pueden ocasionalmente ser una interferencia en la determinación, pero este tipo de sustancias no se presentan normalmente en refrigerantes nuevos o regenerados. Algunas muestras contienen lubricantes insolubles y aceites que se pueden mostrar visualmente opacos o ligeramente turbios, sin embargo, las concentraciones de lubricante o aceite que genera tal turbidez visual normalmente no están presentes en los refrigerantes nuevos o regenerados.

<sup>32</sup> FNPT: Female national pipe thread.



## 6. EQUIPOS Y REACTIVOS

### 6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- Tubo capilar de acero inoxidable.
- Balanza de carga superior; capacidad de hasta 1000 g con 0.1 g de resolución.
- Cilindro de muestreo de acero inoxidable FNPT de doble punta de 1/4 pulgadas de 75 mL (1800 psig).
- Dos válvulas de acero inoxidable de 1/4 de pulgada con acoples MNPT<sup>33</sup>.
- Dos acoples abocinados de 1/4 de pulgada x 1/4 de pulgada FNPT.
- Tubo de acero inoxidable de compresión con reducción de 1/16 pulgadas x 1/4 pulgadas.
- Adaptador hembra AN de 1/4 de pulgada de compresión x 1/4 de pulgada abocinado.
- Conector de cobre abocinado de 1/4 x 1/4 de pulgadas.
- Válvula de alivio de presión de 1/4 de pulgada de entrada MNPT x 1/4 de pulgada de salida FNPT.
- Vaso de precipitados de 100 mL.
- Horno de secado.

### 6.2 REACTIVOS

- Metanol anhidro grado reactivo.
- Nitrato de plata.
- Ácido nítrico concentrado.

**NOTA:** Es necesario que los reactivos se almacenen en un lugar que los proteja de la humedad ambiente; revisar las recomendaciones específicas del fabricante para cada reactivo.

## 7. PROCEDIMIENTO

**Conector de tubo capilar de acero inoxidable:** tome el tubo de acero inoxidable y acóplelo a una tuerca y a la férula de 1/16 pulgadas. Conéctelo a la unión de reducción de compresión y al adaptador de 1/4 pulgadas de compresión abocinado. De esa manera, el adaptador abocinado se puede acoplar a la conexión abocinada sobre el montaje del cilindro justo antes de cada determinación de cloruro.

**Montaje del cilindro:** utilice el cilindro de muestreo. Para completar el montaje, a todos los accesorios de tubería se les debe poner teflón para garantizar un sellado adecuado en cada unión.

Una la válvula de alivio de presión al cilindro de muestreo. Conecte una de las válvulas de acero inoxidable, a la válvula de alivio de presión. Una la conexión abocinada a la válvula de 1/4 de pulgadas MNPT. En el otro lado del cilindro de muestreo, una la otra válvula. La toma de la alícuota siempre debe realizarse, desde el lado del cilindro de muestreo que no tiene la válvula de alivio de presión.

**Análisis de la muestra:** limpie el fondo del cilindro de muestreo, la válvula, el tubo capilar, el conector de cobre y el vaso de precipitados de 100 mL antes de iniciar la prueba. Caliente todos los componentes a 110°C [230°F] y lleve al vacío.

Pese el montaje del cilindro de muestreo al 0.1 g más cercano y designe este peso como "X".

Una el conector de cobre de 1/4 pulgadas a la válvula del cilindro de muestra y al montaje del cilindro. Afloje el conector y rápidamente apriete la conexión. Cuando el cilindro de muestreo esté ensamblado a la válvula de salida del cilindro de muestra, abra la válvula del cilindro de muestreo y luego la válvula del cilindro de muestra. Permita que el refrigerante se deposite en el cilindro de muestreo hasta que se hayan agregado entre 30 g a 40 g de refrigerante (ver figura 1).

**NOTA:** Para los refrigerantes con presión muy alta (R-13, R-23, R-503), es necesario enfriar previamente el cilindro de muestra y el montaje del cilindro a 4.0°C [39°F] con el fin de proporcionar suficiente muestra en fase líquida para esta prueba.

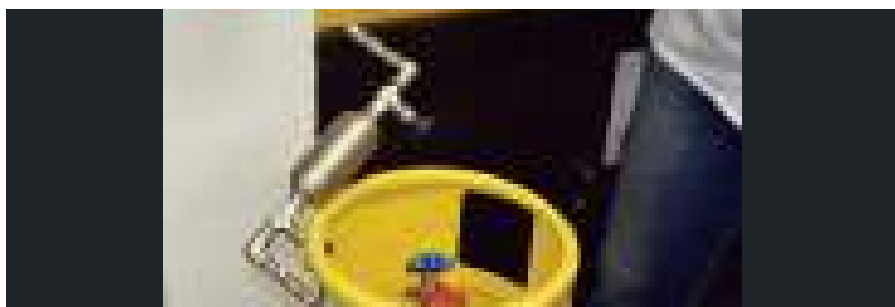
Cierre la válvula del cilindro de muestreo y la válvula del cilindro de la muestra, afloje el conector y retire el montaje del cilindro de muestreo.

Pese de nuevo el cilindro de muestreo con el refrigerante y designe este valor como "Y". El peso del refrigerante está dado por:

**X-Y = gramos de refrigerante en la muestra (2)**

<sup>33</sup> MNPT: Male national pipe thread.

**Figura 1.** Ensamble para el muestreo



Calcule el volumen del refrigerante muestreado de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{gramos muestreados}}{\text{densidad}};$$

**NOTA:** los valores de las densidades para diferentes refrigerantes se pueden encontrar en la tabla 1.

Tabla 1. Densidad de algunos refrigerantes a 25°C [77 F]

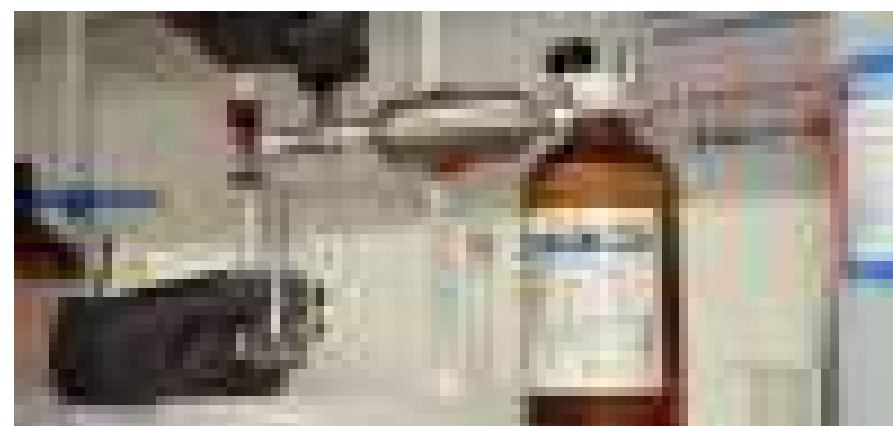
Refrigerante	Densidad (g/mL)	Refrigerante	Densidad (g/mL)
R-11	1.476	R-401A	1.188
R-12	1.311	R-401B	1.188
R-13	0.907	R-402A	1.151
R-13B1	1.538	R-402B	1.156
R-22	1.194	R-403B	1.150
R-32	0.961	R-404A	1.167
R-113	1.565	R-405A	1.173
R-114	1.456	R-407A	1.142
R-115	1.291	R-407B	1.166
R-123	1.468	R-407C	1.134
R-124	1.364	R-408A	1.062
R-125	1.190	R-409A	1.223
R-134a	1.210	R-410A	1.031
R-141b	1.244	R-500	1.168
R-142b	1.114	R-502	1.217
R-143a	0.946	R-503	0.795
R-152a	0.899	R-507	1.170
R-290	0.492	-	-

Añada el mismo volumen de metanol de acuerdo al volumen de refrigerante calculado, a un vaso de precipitados de 100 mL.

Por cada 5 mL de metanol usados, adicione tres gotas de solución de nitrato de plata saturada. Adicionalmente, agregue una gota de ácido nítrico concentrado a la solución antes de añadir la muestra de refrigerante.

Acople el conector capilar limpio al montaje del cilindro que contiene la muestra de refrigerante e introduzca lentamente toda la muestra en el nitrato de plata metanólico (ver figura 2).

**Figura 2.** Adición de muestra sobre el Nitrato de Plata metanólico.



## 8. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Si se presenta turbidez, reporte la prueba como "falla". Si no existe turbidez, la prueba se reporta como "pasa" (ver figura 3).

**Figura 3.** Determinación visual para el reporte de una muestra como "falla".



### Para los refrigerantes de presión baja:

Pese el vaso de precipitados de 100 mL limpio y seco, y designe este peso como "X". Vierta aproximadamente 25 mL de refrigerante en el vaso y pese de nuevo, registre este peso como "Y". El peso del refrigerante está dado de acuerdo a la ecuación (2).

Calcule el volumen del refrigerante muestreado con ayuda de la ecuación (3) y los datos de la Tabla 1.

Después de añadir el metanol y solución saturada de nitrato de plata, agite la mezcla durante 30 segundos. Si se presenta cualquier turbidez en la capa de metanol, el resultado es reportado como "falla".

## 9. SENSIBILIDAD, EXACTITUD Y PRECISIÓN

**NOTA:** el laboratorio debe establecer, mediante ensayos analíticos, los datos de sensibilidad, precisión y exactitud del ensayo, a las condiciones de su laboratorio.

Condiciones establecidas en el estándar AHRI<sup>34</sup>:

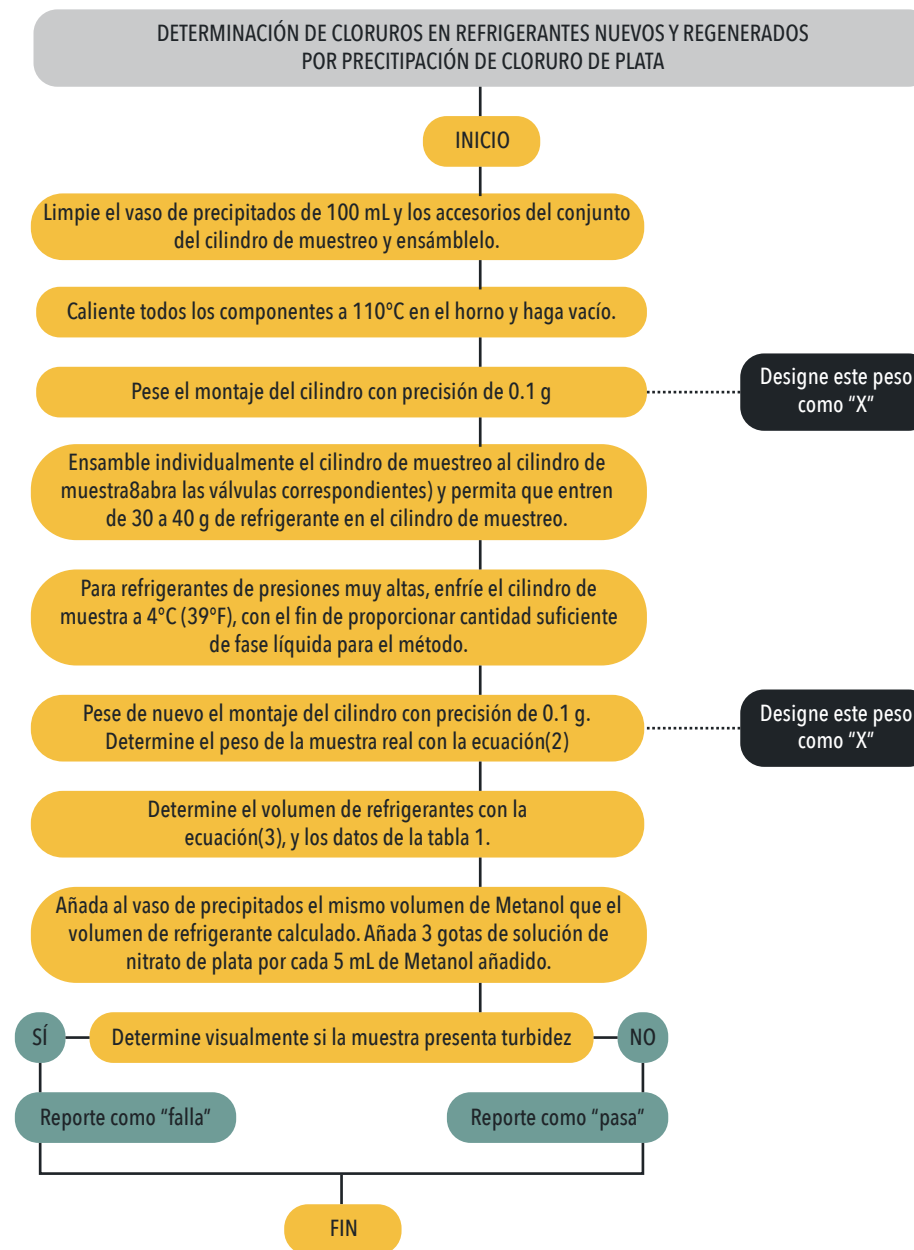
**Sensibilidad:** La sensibilidad de la prueba de turbidez del cloruro utilizando 5 mL de la muestra en 5 mL de metanol que contiene tres gotas de  $\text{AgNO}_3$  saturado es de aproximadamente 3 ppm. Se debe tener cuidado en el manejo de muestras para evitar la contaminación cruzada al realizar esta prueba.

**Precisión:** No hay datos disponibles.

**Exactitud:** No hay datos disponibles.

## 10. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo del procedimiento de ensayo se muestra a continuación:



<sup>34</sup>AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 – Normative. Parte 1.

## 11. CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA

Con cada lote de muestras analice previamente un blanco de reactivos y una blanco adicionado con unas gotas de nitrato de plata metanólico, que le ayuden a identificar claramente la presencia de cloruros.

Verifique una vez al día (o cuando se utilice) las balanzas analíticas o de platillo externo que utilice en el desarrollo del ensayo, empleando pesas patrón apropiadas. Registre los resultados en un gráfico de control.

## 12. MEDIDAS DE PRECAUCIÓN

**Implementos de seguridad:** para la realización de este método de ensayo, el analista debe utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos.

Se sugieren: guantes de baqueta, guantes de nitrilo, gafas de seguridad, bata para laboratorio y mascarilla (respirador para vapores orgánicos que cubre media cara).

**Equipos de seguridad:** debido a que se manejan reactivos peligrosos, es importante que toda manipulación de los mismos se realice bajo una cabina de extracción de vapores y que el laboratorio cuente con el sistema de ventilación óptimo en caso de exposición o derrame.

**Manejo de reactivos:** antes de manipular los reactivos, el analista debe tener conocimiento de la peligrosidad de estas sustancias. Para tal efecto revise las etiquetas de los productos o remítase a las versiones más reciente de las fichas de datos de seguridad emitidas por los fabricantes.

## 13. REGISTROS

El siguiente es el formato sugerido para el registro de los datos primarios del ensayo de cloruros.

	HOJA DE TRABAJO No. XX	Versión X
	ANÁLISIS DE CLORUROS EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS	Fecha de elaboración dd/mm/aaaa
	Nombre del Laboratorio	Página 1 de 1
Tipo de Refrigerante		Código: XXX
Fecha del ensayo		PROCESO: XXXX
Firma analista		

### REFRIGERANTES DE PRESIONES ALTAS Y MEDIAS

Peso del cilindro de muestreo (g) "X"	*Peso del cilindro de muestreo con refrigerante (g); "Y"	Cálculos			Cantidades añadidas		Reporte 1		
		Peso del refrigerante (g) W=Y-X	Volumen del refrigerante añadido (mL)		Volumen de metanol añadido (mL)	# Gotas de Nitrato de plata añadidas 3 gotas/5 mL de metanol añadido	Pasa	Falla	
			Peso, W (g)	**Densidad, $\delta$ (g/mL)	W/ $\delta$ (mL)				

Temperatura del cilindro de muestreo, en el momento de realizar la extracción del refrigerante (°C)	
---	--

### REFRIGERANTES DE PRESIONES BAJAS

Peso del cilindro de muestreo (g) "X"	*Peso del cilindro de muestreo con refrigerante (g); "Y"	Cálculos			Cantidades añadidas		Reporte 1		
		Peso del refrigerante (g) W=Y-X	Volumen del refrigerante añadido (mL)		Volumen de metanol añadido (mL)	# Gotas de Nitrato de plata añadidas 3 gotas/5 mL de metanol añadido	Pasa	Falla	
			Peso, W (g)	**Densidad, $\delta$ (g/mL)	W/ $\delta$ (mL)				

\* Para refrigerantes de presiones altas, enfíe el cilindro de muestreo hasta 4.0 °C [39°F].  
\*\* Utilice los valores de densidad descritos en la Tabla 1. del método de ensayo.

## 14. REFERENCIAS

- PARTE 4 del apéndice C para estándares AHRI 700-2014 (formalmente el apéndice C para estándares AHRI 700-2012). 2008. AHRI (AIR-CONDITIONING, HEATING, & REFRIGERATION, INSTITUTE).
- Para propósitos de consulta remítase a [www.ahrinet.org](http://www.ahrinet.org)

## ANEXO 10

# DETERMINACIÓN DE AGUA EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR TITULACIÓN COULOMÉTRICA DE KARL-FISCHER

### 1. OBJETIVO

El objetivo de este método de ensayo es determinar el contenido de agua en refrigerantes nuevos y regenerados, por el método de titulación coulométrica de Karl-Fischer.

### 2. ALCANCE

Este método de ensayo se utiliza para la determinación cuantitativa de pequeñas cantidades de agua y aplica para refrigerantes nuevos y regenerados con presión baja, media y alta.

### 3. DEFINICIONES

**Alícuota:** porción para ensayo de un refrigerante nuevo o recuperado, extraído del cilindro de muestra.

**Cilindro de muestreo (FNPT<sup>35</sup>):** cilindro de acero inoxidable de doble punta, que se utiliza para la extracción de una alícuota para ensayo del cilindro de muestra de un refrigerante.

**Cilindro de muestra:** cilindro utilizado para contener un refrigerante recuperado o regenerado, y que permite su manipulación durante las etapas de distribución, recepción y almacenamiento.

**Refrigerante:** producto químico que produce un efecto de enfriamiento durante su expansión o vaporización.

**Refrigerante recuperado:** refrigerante extraído de un sistema de refrigeración, en cualquier condición, que se almacena en un recipiente externo.

**Refrigerante regenerado:** refrigerante usado que fue sometido a un proceso físico en el cual se recuperan las propiedades refrigerantes iniciales.

**Solución:** también llamada disolución, es una mezcla homogénea de dos o más sustancias que no reaccionan entre sí. En una solución cada componente está diluido en el otro, lo que hace que cada uno de ellos pierda sus propiedades individuales y se presenten en una sola fase.

**Solvente, disolvente o solvente de extracción:** sustancia (o mezcla de sustancias) que se encuentra en mayor proporción, y que tiene la capacidad de disolver un cuerpo u otra sustancia, hasta que sus partículas queden incorporadas totalmente en él.

### 4. PRINCIPIO DEL MÉTODO

La titulometría por Karl Fischer (KF) se basa en la reacción Redox del agua, yodo y dióxido de azufre:



El solvente es una mezcla de metanol y una base orgánica débil (Imidazol, Piridina, etc.) con una sustancia de carácter básico que sirve para neutralizar los productos de reacción. En la titulación coulométrica de KF, el yodo es producido en el ánodo en proporción directa a la cantidad de agua introducida, y el punto final se detecta amperométricamente a la primera aparición de un exceso de I<sub>2</sub> libre. El refrigerante se evapora eventualmente durante el ensayo, por lo tanto el disolvente se puede usar repetidamente ya sea hasta que se consume el SO<sub>2</sub> o la solución de carácter básico.

### 5. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

Los agentes oxidantes como el MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fe (III), Cu (II) y agentes reductores tales como S<sup>2-</sup>, tiosulfatos y Sn (II) interfieren en el ensayo. Además, ciertos compuestos tales como óxidos básicos y sales de ácidos débiles (NaHCO<sub>3</sub>, por ejemplo) pueden formar agua con el reactivo de KF. Ninguna de estas interferencias se presentan normalmente en los refrigerantes nuevos o regenerados.

### 6. EQUIPOS Y REACTIVOS

#### 6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

· Sistema titulador coulométrico KF (contiene un tubo de secado para la ventilación de refrigerante, soluciones de ánodo y cátodo, septa y un vaporizador de agua). En la figura 1 se presenta, a manera de ejemplo, un titulador.

<sup>35</sup> FNPT: Female national pipe thread.

**Figura 1.** Equipo Titulador



- Cilindro de muestreo FNPT de acero inoxidable de doble punta de 1/4 pulgadas de 50 mL, 500 mL, 1000 mL, de 1/4 (1800 psig), cilindro de acero, 2.2 lb, válvula de calibre 9 simple, 3/8 pulgadas, envase desechable, 17 Oz u otro cilindro adecuado.
- Campana de acero inoxidable sin rotación con válvula de vástago de 1/4 pulgadas MNPT<sup>36</sup> x 1/4 pulgadas FNPT.
- Válvula de aguja de latón, de campana de rosca, 1/4 pulgadas MNPT.
- Bloqueo macho Luer 10-32 conectores de aguja de rosca estándar, hilos cortados de 1/8 pulgadas (los hilos deben ser largos como se requiera).
- Aguja, bloqueo Luer de calibre 19, 4-1/2 pulg. de longitud.
- Adaptador de expansión hembra de 1/4 pulgadas de compresión.
- Sello se tapa ligera, No. NFT5-4, chaqueta de sellado tubular de 1/4 pulgadas.
- Aguja de 10 mL, hermética.
- Aguja para jeringa, calibre 19, de 4 pulgadas (punta desviada).
- Desecador con desecante.

## 6.2 REACTIVOS

- Hydranal: composición adecuada para la determinación, de acuerdo al contenido de agua esperado.
- Sulfato de calcio anhidro, malla 20-40, como desecante.
- Estándar de agua
- Metanol grado reactivo.

<sup>36</sup> MNPT: Male national pipe thread.

**NOTA:** Es necesario que los reactivos se almacenen en un lugar que los proteja de la humedad ambiente; revisar las recomendaciones específicas del fabricante para cada reactivo.

## 7. PROCEDIMIENTO

**Verificación:** verifique, antes de realizar el ensayo sobre la muestra, que el equipo está operando adecuadamente mediante la inyección de un estándar de agua.

### Análisis de la muestra

**NOTA:** Para minimizar la contaminación de humedad, la alícuota de refrigerante debe ser introducida directamente desde el cilindro de muestra al titulador coulométrico, es decir, evitar una transferencia a un contenedor secundario, siempre que esto sea posible. Además, los efectos de la contaminación por humedad y distribución de fase se reducirán si el recipiente de la muestra contiene entre 60% a 80% del refrigerante. Si la muestra es un refrigerante de alta presión, enfríe el cilindro a aproximadamente 14 K (25.0 F) por debajo de la temperatura crítica ( $T_c$ ) del refrigerante y deje 30 minutos para que se equilibre; debe establecerse antes de iniciar el análisis.

Encienda el analizador y el agitador magnético, y espere hasta que la corriente de fondo ( $\mu\text{g H}_2\text{O/segundo}$ ) mantenga un nivel constante. Remueva cualquier niebla de agua en las paredes interiores, lavando con la solución del ánodo. Los niveles óptimos están por debajo de 0.10  $\mu\text{g/seg}$  (normalmente 0.02 a 0.05). Asegúrese que el valor de la deriva es conforme a la especificación establecida por el fabricante del equipo.

**NOTA:** Si después de 15 minutos la corriente de fondo es baja ( $>0.1$  g por segundo) o no se obtiene, o si la solución catódica se torna de color marrón rojizo oscuro, apague el medidor de humedad y, con un pequeño embudo, renueve tanto la solución del ánodo como del cátodo.

Además, si la lectura de fondo es negativa ( $I_2$  libre en la solución de ánodo), introduzca una gota de solución R-113 o solución humectante de metanol - agua dentro del recipiente para eliminar el  $I_2$  por medio de la reacción con el agua, y producir un fondo positivo.



Esta solución humectante puede hacerse mediante la adición de una pequeña cantidad de agua (normalmente menos de 500 ppm) para el metanol o el R-113.

Suelte el extremo de la válvula de rosca de la válvula del cilindro de muestra que contiene una válvula de alivio de presión (350 psi a 400 psi) y el vástago de la válvula de cilindro (1/4 pulgadas MNPT x FNPT 1/4 pulgada).

Remueva la aguja/conexión a la válvula de la aguja del desecador, e inmediatamente únala a la válvula del cilindro de muestreo.

Abra la válvula del cilindro de muestra, luego abra lentamente la válvula de la aguja y purgue una pequeña cantidad de fase líquida de la muestra para eliminar el aire de la aguja (1 a 2 segundos de purga). Cierre las dos válvulas.

Pese el cilindro de muestreo más el acople (con precisión de 0.1 g), tare, llene el cilindro con la alícuota, pese de nuevo y registre el valor en una hoja de trabajo.

Coloque el cilindro de muestreo de tal manera que la aguja perfora la septa y se sumerja hasta el centro de la aguja. La aguja debe estar sumergida aproximadamente una pulgada por debajo de la superficie de la solución KF (ver figura 2).

**Figura 2.** Adición de muestra a la cámara de titulación.



#### NOTAS:

1. No inicie la titulación a menos que y hasta que la corriente de fondo ha sido estabilizada a un valor bajo en  $\mu\text{g}$ .
2. La señal coulométrica de titulación de fondo (dado en  $\mu\text{g}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  / segundo, o según las especificaciones del fabricante) se resta del resultado analizado y representa la humedad presumiblemente acumulada durante el tiempo utilizado para introducir y valorar la muestra. El valor de fondo restado es el valor final leído justo antes de comenzar adición de la alícuota. Un valor de fondo elevado artificialmente dará lugar a un resultado erróneamente (es decir negativamente sesgado). Por lo tanto, es importante que el valor de fondo sea lo más pequeño (pero correcto) como sea posible. A menudo, es necesario físicamente "agitar" la celda de valoración para enjuagar la humedad acumulada en las paredes internas en la solución KF. Esta operación normalmente acelera el proceso de alcanzar una señal de fondo baja.

Asegúrese que el tubo desecante este limpio de obstrucciones.

Introduzca el peso bruto del cilindro de muestreo (W1) en el medidor de humedad, si aplica, o registre el peso inicial del cilindro al 0.1 g más cercano en una hoja de trabajo.

Si aplica, remueva algún número anteriormente indexado y visualizado, para el momento de ingresar un segundo peso.

Cuando el medidor de humedad esté estable (mantenga una baja corriente de fondo), inicie la corrida, abra lentamente la válvula de la aguja e introduzca la alícuota a una velocidad moderada de tal manera que no se observa formación de espuma en la superficie de la solución KF. Añada a una velocidad tal que se adicione entre 15 a 20 g de la muestra durante un período aproximado de 10 minutos. Utilice el conteo de purga de la muestra (retardo) si el equipo dispone de esta característica.

Normalmente, para una mayor exactitud es deseable pesar una alícuota de 20g. Observe la lectura potencial de la celda o la lectura en microgramos. Si durante la adición de la alícuota este número se incrementa rápidamente a un valor relativamente grande (rango: 200 a 300), significa que el refrigerante contiene alta humedad, y un tamaño de alícuota pequeño es suficiente (5 g a 10 g).



Después de que la totalidad de la alícuota de muestra se ha añadido inicie la valoración, o después que el periodo de purga finalice, el coulómetro comenzará la titulación.

**NOTA:** Si la muestra contiene alto contenido de humedad, la velocidad de titulación nunca puede exceder la velocidad de adición de H<sub>2</sub>O y la valoración debe ser finalizada antes de añadir demasiada muestra. Por el contrario, si la muestra añadida es pequeña (4 a 5 g) y el nivel de humedad también es pequeño (5 a 10 ppm), para lograr una mejor precisión, la muestra debe ser analizada nuevamente usando una purga de muestra más larga (10 minutos por ejemplo).

Retire y vuelva a pesar la muestra en el montaje del cilindro de muestreo al 0.1g más cercano.

**NOTA:** Si se utiliza un tamaño de alícuota pequeño, se recomienda un equilibrio más preciso en el equipo titulador; los pesos deben registrarse al 0.01 g más cercano.

Introduzca el peso en el medidor de humedad si aplica, o registre el peso final del cilindro al 0.1 g más cercano en una hoja de cálculo, e inicie nuevamente la titulación.

El equipo realiza automáticamente el cálculo de la determinación.

## 8. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El cálculo de humedad está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{concentración de humedad ppm} = \frac{\text{microgramos de agua}}{\text{gramos de muestra}}; \quad (2)$$

Reporte todos los resultados a 1 ppm más cercana. Si los resultados son <2 ppm, reporte <2 ppm.

## 9. SENSIBILIDAD, EXACTITUD Y PRECISIÓN

**NOTA:** El laboratorio debe establecer, mediante ensayos analíticos, los datos de sensibilidad, precisión y exactitud del ensayo, a las condiciones de su laboratorio.

Condiciones establecidas en el estándar AHRI<sup>37</sup>:

**Sensibilidad:** la sensibilidad de este analizador, usando una muestra de 10 g de peso es de 1ppm. Se debe tener extremo cuidado con la manipulación de la muestra con el fin de lograr esta sensibilidad.

**Precisión y exactitud:** el valor promedio del análisis, desviación estándar ( $\sigma$ ), 95% de límites de confianza (CL), establecidos para una operación sencilla de este método se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1** Método de operador simple de precisión

	Media	Desviación estándar ( $\sigma$ )	95%, Límite de confianza
Agua (R-12), ppm por peso	10.6	0.11	0.26
Agua (R-22), ppm por peso	28.1	0.29	0.77

Los datos de la tabla 1 se calcularon a partir de 17 réplicas analizadas de una muestra (aproximadamente 10 g) realizado por un analista durante un período de dos días.

Las muestras de la tabla 2 se ensayaron para determinar el porcentaje de recuperación. Estos se prepararon analizando los refrigerantes R-12 y R-22 a 4.8 ppm y 7.1 ppm, respectivamente, y luego se contaminaron con cantidades conocidas de agua. Ambas muestras se mezclaron durante un período de 24 horas antes de analizar. Los resultados se muestran en la tabla 2.

El porcentaje regenerado para ambas muestras fueron 99.3% para R-12 y 99.7% para R-22.

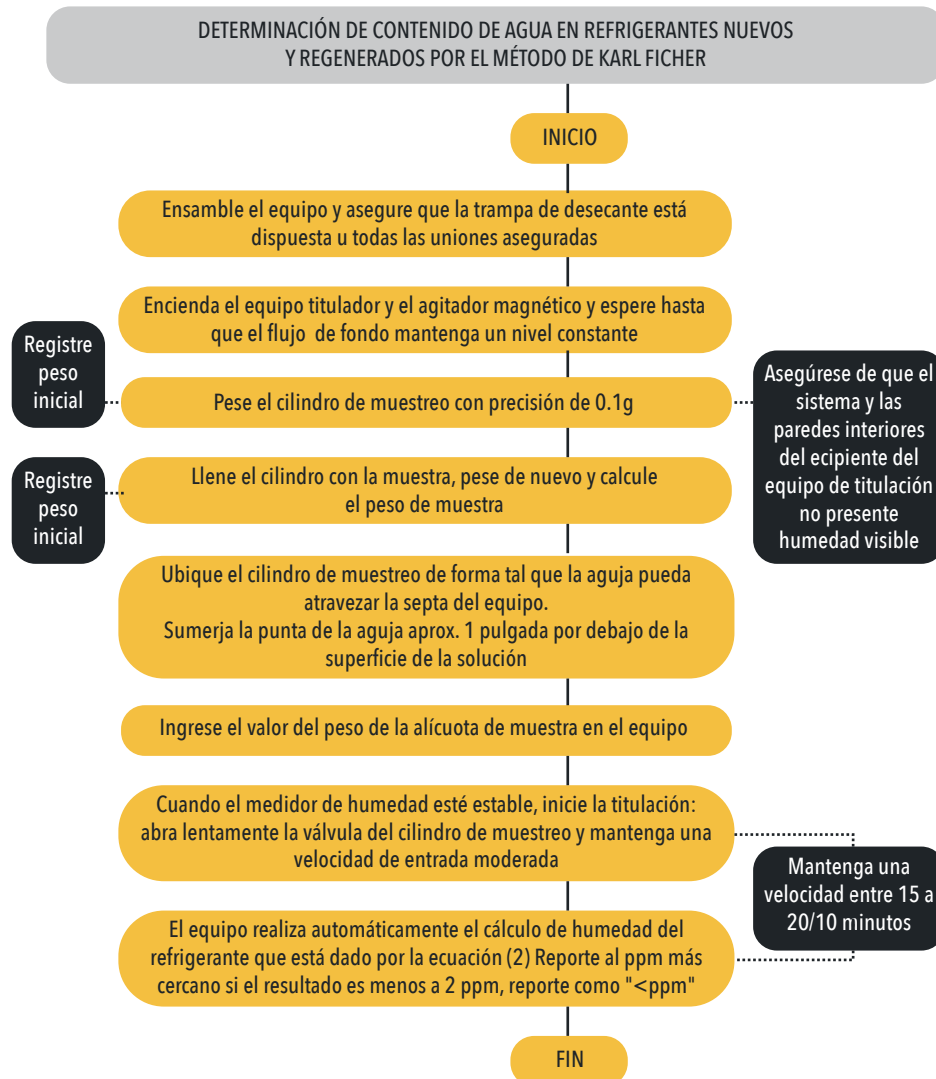
**Tabla 2** Pruebas para el porcentaje de recuperación de agua.

	Valor original	Cantidad contaminada	Total calculado	Total Regenerado	Porcentaje regenerado
Agua (R-12), ppm por peso	10.6	0.11	0.26	0.26	0.26
Agua (R-22), ppm por peso	28.1	0.29	0.77	0.77	0.77

<sup>37</sup> AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 - Normative. Parte 1.

## 10. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo del procedimiento de ensayo se muestra a continuación:



## 11. CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA

Verifique periódicamente el funcionamiento del sistema corriendo un patrón de agua certificado adquirido comercialmente, con concentración cercana a los valores esperados de las muestras.

## 12. MEDIDAS DE PRECAUCIÓN


**Implementos de seguridad:** para la realización de este método de ensayo, el analista debe utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos. Se sugieren: guantes de baqueta, guantes de nitrilo, gafas de seguridad, bata para laboratorio y mascarilla (respirador para vapores orgánicos que cubre media cara). Tenga en cuenta que para este método de ensayo se emplea el reactivo Hydranal, el cual tiene las características de ser muy tóxico para el ser humano y el medio ambiente.

**Equipos de seguridad:** debido a que se manejan reactivos peligrosos, es importante que toda manipulación de los mismos se realice bajo una cabina de extracción de vapores y que el laboratorio cuente con el sistema de ventilación óptimo en caso de exposición o derrame.

**Manejo de reactivos:** antes de manipular los reactivos, el analista debe tener conocimiento de la peligrosidad de estas sustancias. Para tal efecto revise las etiquetas de los productos o remítase a las versiones más reciente de las fichas de datos de seguridad emitidas por los fabricantes. Tenga especial cuidado al manipular el Hydranal.

### 13. REGISTROS

El siguiente es el formato sugerido para el registro de los datos primarios del ensayo de contenido de agua.

		HOJA DE TRABAJO No. XX	Versión X
		ANÁLISIS DE CONTENIDO DE AGUA EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS	Fecha de elaboración dd/mm/aaaa
		Nombre del Laboratorio	Página 1 de 1
Tipo de Refrigerante		Código: XXX	
Fecha del ensayo		PROCESO: XXXX	
Firma analista			

#### TOMA DE MUESTRA DIRECTAMENTE DESDE EL CILINDRO

Registro de datos previos al inicio de la corrida			Peso de muestra			Cálculos		
Corriente de fondo *(µg H2O/segundo)	Temperatura del cilindro de muestreo **K [°F]	Adición de contaminante ***(H2O)	Peso cilindro anterior al muestreo "X"; (g)	eso cilindro después del muestreo "Y"; (g)	Peso neto de muestra adicionada; X-Y(g)	Concentración de agua (ppm)		
						(WH2O) µg de agua	Wmuestra) peso de muestra (g)	WH2O/W muestra

Reporte	>2; ó <2 (ppm)
---------	----------------

#### TOMA DE MUESTRA REALIZADA CON EL CILINDRO DE MUESTREO

Registro de datos previos al inicio de la corrida			Peso de muestra	Cálculos			Peso de muestra
Corriente de fondo *(µg H2O/segundo)	Temperatura del cilindro de muestreo **K [°F]	Adición de contaminante ***(H2O)	**** W1 g)	Concentración de agua (ppm)			(ppm)
				(WH2O) µg de agua	(Wmuestra) peso de muestra (g)	WH2O/W muestra	
							>2; ó <2

\* Los niveles óptimos de corriente de fondo están entre 0.02 y 0.05 µg/seg.  
 \*\*Temperatura: 14 K (25.0 F) por debajo de la temperatura crítica (TC) del refrigerante.  
 \*\*\* Desarrolle este espacio, si se obtiene un valor inicial de corriente de fondo negativa; 1.2 libre.  
 \*\*\*\* Realice el pesaje de la muestra de acuerdo a lo descrito en el procedimiento.

### 14. REFERENCIAS

- PARTE 2 del apéndice C para estándares AHRI 700-2014 (formalmente el apéndice C para estándares AHRI 700-2012). 2008. AHRI (AIR-CONDITIONING, HEATING, & REFRIGERATION, INSTITUTE).
- Para propósitos de consulta remitase a [www.ahrinet.org](http://www.ahrinet.org)

# ANEXO 11

## DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS POR MEDICIÓN VOLUMÉTRICA O GRAVIMÉTRICA Y DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PARTÍCULAS POR INDICACIÓN VISUAL

### 1. OBJETIVO

El propósito de este método de ensayo es determinar residuos de alto punto de ebullición y partículas visibles en refrigerantes nuevos y regenerados.

### 2. ALCANCE

Este método de ensayo aplica para la determinación cuantitativa de residuos de alto punto de ebullición (HBR<sup>38</sup>, siglas en inglés) y en la evidencia visible de partículas en todos los refrigerantes nuevos y regenerados de baja, media y alta presión.

### 3. DEFINICIONES

**Alícuota:** porción para ensayo de un refrigerante nuevo o recuperado, extraído del cilindro de muestra.

**Cilindro de muestreo (FNPT<sup>39</sup>):** cilindro de acero inoxidable de doble punta, que se utiliza para la extracción de una alícuota para ensayo del cilindro de muestra de un refrigerante.

**Cilindro de muestra:** cilindro utilizado para contener un refrigerante recuperado o regenerado, y que permite su manipulación durante las etapas de distribución, recepción y almacenamiento.

**Refrigerante:** producto químico que produce un efecto de enfriamiento durante su expansión o vaporización.

**Refrigerante recuperado:** refrigerante extraído de un sistema de refrigeración, en cualquier condición, que se almacena en un recipiente externo.

**Refrigerante regenerado:** refrigerante usado que fue sometido a un proceso físico en el cual se recuperan las propiedades refrigerantes iniciales.

**Solución:** también llamada disolución, es una mezcla homogénea de dos o

más sustancias que no reaccionan entre sí. En una solución cada componente está diluido en el otro, lo que hace que cada uno de ellos pierda sus propiedades individuales y se presenten en una sola fase.

**Solvente, disolvente o solvente de extracción:** sustancia (o mezcla de sustancias) que se encuentra en mayor proporción, y que tiene la capacidad de disolver un cuerpo u otra sustancia, hasta que sus partículas queden incorporadas totalmente en él.

### 4. PRINCIPIO DEL MÉTODO

Los residuos de alto punto de ebullición, también llamados residuos no volátiles, son determinados evaporando una cantidad conocida de refrigerante en un bulbo Goetz a una temperatura ambiente o elevada. Luego, el residuo remanente es medido visualmente o pesado. Si es mayor que el volumen de especificación, coloque el bulbo en un horno a 60°C (140F) por treinta minutos y después enfríelo. Mida de nuevo el volumen del residuo.

Por determinación gravimétrica, el residuo se disuelve en un disolvente de alta pureza (por ejemplo R141-b) y transferido cuantitativamente dentro de un pequeño recipiente de aluminio tarado. El disolvente es removido por evaporación y el recipiente pesado de nuevo para obtener el tamaño del residuo.

Antes de la evaporación, se examina visualmente el volumen medido del refrigerante líquido para evidenciar presencia de materiales insolubles tales como fibras empacadas, moho, mugre, etc. El residuo de muestras de alta presión se disuelve en un disolvente limpio, remolinado, y luego se examina visualmente para determinar cualquier partícula insoluble.

### 5. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

No se conocen interferencias para este método; sin embargo, sí se requieren al menos 100 mL de muestra de refrigerante para el ensayo, con el fin de alcanzar los parámetros estadísticos establecidos para este método,

<sup>38</sup>HBR: High boiling residue.

<sup>39</sup>FNPT: Female national pipe thread.

## 6. EQUIPOS Y REACTIVOS

### 6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- Tubo de centrifuga Goetz graduado de 100 mL
- Perlas de ebullición finas.
- Plato de aluminio desechable.
- Plancha de calentamiento.
- Probeta de vidrio de 100 mL.
- Balanza de platillo externo (0,1 g).
- Balanza analítica.
- Baño de agua.
- Horno de secado.
- Pinzas de acero.

### 6.2 REACTIVOS

- Alcohol isopropílico, grado reactivo.
- Acetona

**NOTA:** Es necesario que los reactivos se almacenen en un lugar que los proteja de la humedad ambiente; revisar las recomendaciones específicas del fabricante para cada reactivo.

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1 ANÁLISIS DE LA MUESTRA, MEDIDA DEL % EN VOLUMEN DE HBR Y PARTÍCULAS

Mida 100 mL de muestra refrigerante en el bulbo Goetz de la siguiente manera: Para refrigerantes de baja presión (R-11, R-113 y R-123): Adicione 100 mL de alícuota líquida medidas en una probeta de vidrio, dentro del bulbo Goetz.

**NOTA:** Para refrigerantes de presión media y alta: pese el cilindro de muestreo (al 0.1 g más cercano), gire el cilindro de tal forma que ubique la abertura de la válvula justo en el interior del cuello del bulbo, cuidadosamente abra la válvula para permitir que la fase líquida se descargue dentro del bulbo.

Excepto para refrigerantes de presiones muy altas (R-503 por ejemplo); el refrigerante líquido se empezará a acumular. Continúe la adición de la muestra hasta que 60 o 75 mL hayan sido recolectados. Cierre la válvula de la muestra. Pese nuevamente el cilindro de muestreo y registre la diferencia de peso, como el peso de la muestra adicionada.

Agite la mezcla y de nuevo examine visualmente para detectar la presencia de partículas. Limpie la nubosidad o suciedad del exterior del bulbo para facilitar la observación (Use alcohol Isopropílico).

Para los refrigerantes de muy alta presión (R-503, R-13, R-23), enfríe previamente el cilindro de muestreo hasta aproximadamente 4.4°C [40°F] en agua helada, antes cuidadosamente abra y cierre rápidamente el paso de la fase líquida en el bulbo Goetz. Continúe agregando la fase líquida hasta que el peso posterior del cilindro de la alícuota esté entre 100 y 130 g de refrigerante dentro del bulbo. En este punto, poca o ninguna fase líquida del refrigerante estará acumulada en el bulbo. Registre este peso como los gramos de la muestra adicionada (g). Añada 100 mL de un disolvente de alta pureza (por ejemplo, R-141b) al bulbo, ponga el tapón en el bulbo, genere un remolino para disolver cualquier residuo en las paredes internas del bulbo, retire el tapón.

**NOTA:** No permita que la llave de paso se engrase a la altura del tapón de vidrio o del cuello del bulbo.

Agite y examine visualmente a la luz la solución de la alícuota para identificar partículas visibles.

Agregue una pequeña cantidad de perlas de ebullición finas y coloque el bulbo Goetz en un baño de agua a una temperatura constante de 45.0°C [113°F] (60.0°C [140°F] para R-113). Coloque el bulbo de tal manera que se sumerja en el baño hasta aproximadamente de 20 a 25 mL de la marca. No quite el bulbo del baño hasta que todo el refrigerante se haya evaporado por completo (observe la desaparición de la condensación del refrigerante alrededor del cuello del bulbo).

Retire el bulbo Goetz del baño, limpie y seque el exterior y mida visualmente los mL del residuo (si existe) en la parte graduada del bulbo (ignorar las perlas de ebullición). Mida a los 0.005 mL más cercanos.

Si el residuo observado es  $\leq 0.01$  mL, continúe a la sección de cálculo.

Si el residuo observado es > 0.01 mL, continúe el procedimiento como sigue: Coloque el bulbo Goetz en posición vertical en un horno de 60.0°C [140°F] durante 30 minutos, retire, enfríe, luego mida y mida el volumen de residuos (a los 0.005 mL más cercanos) en la parte graduada del bulbo. Para medir el porcentaje en peso, guarde el residuo del bulbo Goetz para el numeral 7.2. Determine el porcentaje en volumen de HBR de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$HBR, Volumen\% = \frac{mL \text{ del residuo} * 100}{mL \text{ de muestra añadidos a la bureta}}; \quad (1)$$

Para calcular los mL de muestra de refrigerantes con presiones altas, divida el peso de la muestra por la densidad del líquido del refrigerante a la temperatura ambiente de la muestra (véase la tabla 1).

Reportar todos los resultados al 0.01 % en volumen más cercano. Si los resultados son < 0.01% reporte como "< 0.01%" en volumen.

**Tabla 1** Densidad de algunos refrigerantes a 25°C [77 F]

Refrigerante	Densidad (g/mL)	Refrigerante	Densidad (g/mL)
R-11	1.476	R-401A	1.188
R-12	1.311	R-401B	1.188
R-13	0.907	R-402A	1.151
R-13B1	1.538	R-402B	1.156
R-22	1.194	R-403B	1.150
R-32	0.961	R-404A	1.167
R-113	1.565	R-405A	1.173
R-114	1.456	R-407A	1.142
R-115	1.291	R-407B	1.166
R-123	1.468	R-407C	1.134
R-124	1.364	R-408A	1.062
R-125	1.190	R-409A	1.223
R-134a	1.210	R-410A	1.031
R-141b	1.244	R-500	1.168
R-142b	1.114	R-502	1.217
R-143a	0.946	R-503	0.795
R-152a	0.899	R-507	1.170
R-290	0.492	-	-

## 7.2 ANÁLISIS DE LA MUESTRA, MEDIDA DEL PORCENTAJE EN PESO

Prepare una bandeja de aluminio lavándola en acetona y llévela a un horno a una temperatura de 60.0°C [140 ° F] durante al menos 30 minutos.

Retírelo y colóquelo en un desecador hasta que se enfríe (normalmente 15 a 20 minutos).

Con unas pinzas, retire la bandeja del desecador, pese y tare (al 0.0001 g más cercano).

Añada 20 mL de un disolvente de alta pureza (por ejemplo, R-141b) al bulbo Goetz guardado en 7.1. Tape y agite el bulbo para volver a disolver el residuo y/o para suspender de nuevo las partículas (si están presentes) en el disolvente. Registre el peso.

Con cuidado, vierta la solución del bulbo Goetz en la bandeja. Use dos porciones aproximadamente de 8 mL de disolvente para completar la transferencia cuantitativa de residuos. No permita que las perlas de ebullición caigan en la bandeja de aluminio.

Con cuidado, coloque el recipiente/bandeja de aluminio dentro de una campana de extracción y permita que el disolvente de alta pureza se evapore (como alternativa, puede calentar a baño María).

Coloque la bandeja en el horno a una temperatura de 60.0°C [140°F] durante 30 minutos, retire y coloque en el desecador hasta que se enfríe (20 a 30 minutos).

Usando pinzas, retire la bandeja, pese de nuevo y registre la diferencia en peso como el peso del residuo. Determine el porcentaje en peso de HBR de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$HBR, peso\% = \frac{A * 100}{B}; \quad (2)$$

Donde:

A = Gramos del Residuo del numeral 7.1 anterior.

B = Gramos de la muestra tomada de 7.2.

Reporte el resultado al 0.01% en peso más cercano. Si el resultado es < de 0.01%, reporte como "< de 0.01% en peso."

## 8. SENSIBILIDAD, EXACTITUD Y PRECISIÓN

**NOTA:** el laboratorio debe establecer, mediante ensayos analíticos, los datos de sensibilidad, precisión y exactitud del ensayo, a las condiciones de su laboratorio.

Condiciones establecidas en el estándar AHRI<sup>40</sup>:

<sup>40</sup>AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 - Normative. Parte 1.



**Sensibilidad:** Basado en un volumen de 100 mL de muestra, el método detectará 0.01 mL de HBR, que es la primer marca del bulbo de la bureta Goetz. Este valor 0.01% es la especificación del estándar AHRI 700 para la mayoría de los refrigerantes. El límite de detección en peso es generalmente  $<0.01\%$  debido a la sensibilidad de la balanza analítica y porque 0.01 mL de residuo (generalmente aceite) pesa  $<0.01$  g. Además, excepto para los refrigerantes de alta presión, el peso de 100 mL de líquido refrigerante es  $> 100$  g.

**Precisión:** La precisión para la determinación HBR al 0.03 % en volumen se encontró que era  $\pm 0.005$  en el límite de confianza del 95%. Esto se basó en un análisis de R-11 por dos analistas de cada uno de los cuales utilizan aceite de silicona como el residuo.

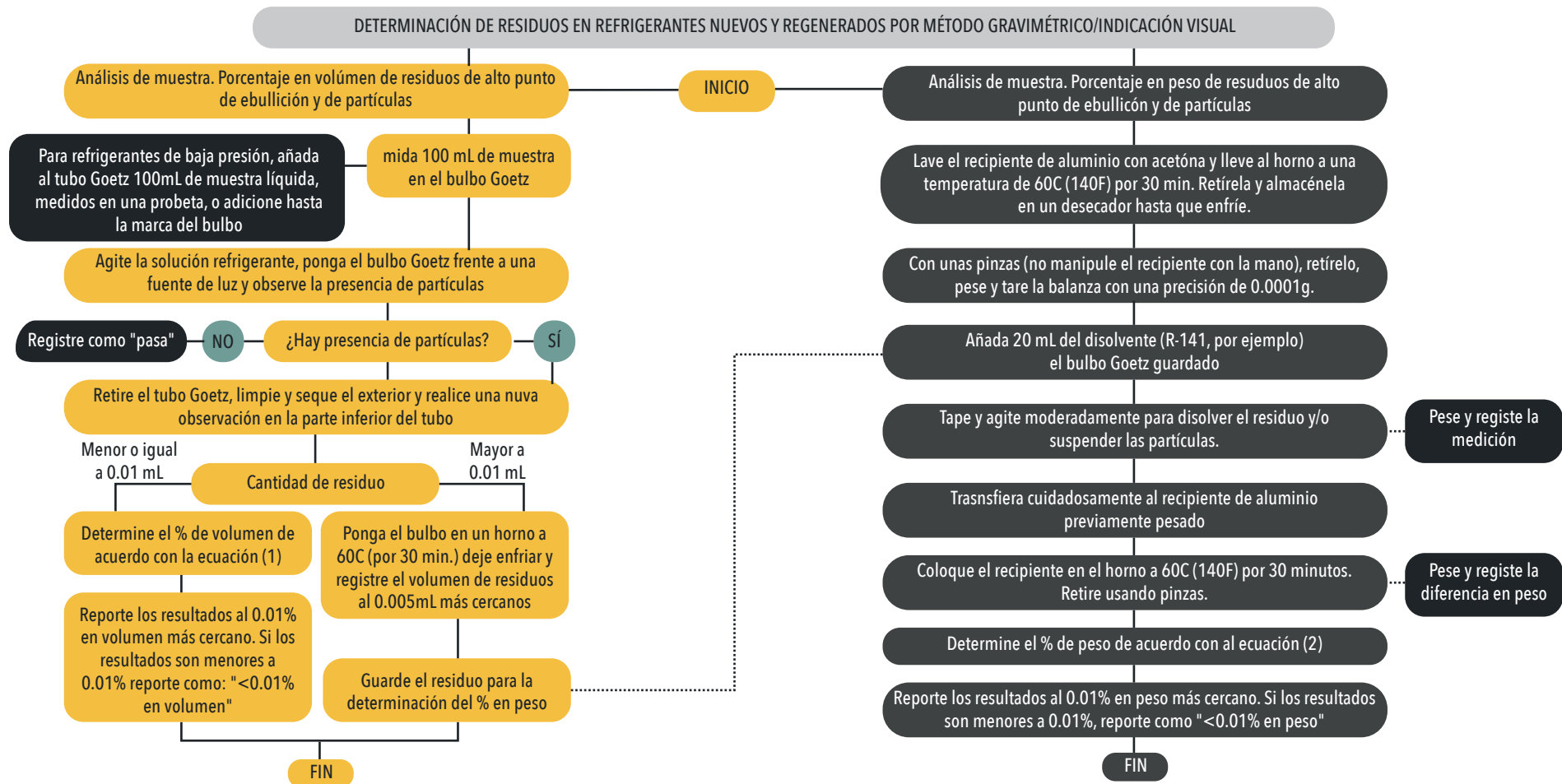
**Exactitud:** La media del error relativo al 0.03% en nivel de volumen se encontró que era del 3.3%.

### 9. CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA

Verifique una vez al día (o cuando se utilice) las balanzas analíticas o de platillo externo que utilice en el desarrollo del ensayo, empleando pesas patrón apropiadas. Registre los resultados en un gráfico de control.

### 10. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo del procedimiento de ensayo se muestra a continuación:





## 11. MEDIDAS DE PRECAUCIÓN


**Implementos de seguridad:** para la realización de este método de ensayo, el analista debe utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos. Se sugieren: guantes de baqueta, guantes de nitrilo, gafas de seguridad, bata para laboratorio y mascarilla (respirador para vapores orgánicos que cubre media cara).

**Equipos de seguridad:** debido a que se manejan reactivos peligrosos, es importante que toda manipulación de los mismos se realice bajo una cabina de extracción de vapores y que el laboratorio cuente con el sistema de ventilación óptimo en caso de exposición o derrame.

**Manejo de reactivos:** antes de manipular los reactivos, el analista debe tener conocimiento de la peligrosidad de estas sustancias. Para tal efecto revise las etiquetas de los productos o remítase a las versiones más reciente de las fichas de datos de seguridad emitidas por los fabricantes.

## 12. REGISTROS

El siguiente es el formato sugerido para el registro de los datos primarios del ensayo de partículas.

		HOJA DE TRABAJO No. XX	Versión X
		ANÁLISIS DE RESIDUOS EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS	Fecha de elaboración dd/mm/aaaa
		NOMBRE DEL LABORATORIO	Pág 1 de 1
Tipo de refrigerante		Código: XXX	
Fecha de ensayo		PROCESO: XXXX	
Firma analista			

### REFRIGERANTES DE PRESIONES BAJAS

Observación 1	*Observación después del baño 45.0°C [113°F]	*Observación después del baño 60.0°C [140°F]
Presencia de material particulado.	Volumen de residuos observado	Volumen de residuos observado
Pasa No pasa	≤ 0.01 (mL)	> 0.01 (mL)
		(mL)

### REFRIGERANTES DE PRESIONES MEDIAS Y ALTAS

Peso de la muestra			Observación 1		*Refrigerante evaporado	*Observación después del baño 45.0°C [113°F]	*Observación después del baño 60.0°C [140°F]
Peso del cilindro de muestreo antes de adición al bulbo "A" (g)	Peso del cilindro de muestreo antes de adición "B" (g)	Peso de la muestra (g)	Presencia de material particulado.	Volumen de refrigerante añadido (mL)			
		A-B	Pasa No pasa			Temperatura del baño (°C)	Volumen de residuos observado (mL)
						≤ 0.01; ó > 0.01 (mL)	

### REFRIGERANTES DE PRESIONES MUY ALTAS (R-503, R-13, R-23)

Peso de la muestra			Volumen de disolvente añadido (mL)	Observación 1		*Refrigerante evaporado	*Observación después del baño 45.0°C [113°F]	*Observación después del baño 60.0°C [140°F]
Peso del cilindro de muestreo antes de adición al bulbo "A" (g)	Peso del cilindro de muestreo antes de adición "B" (g)	Peso de la muestra (g)		Presencia de material particulado.	Volumen de refrigerante añadido (mL)			
		A-B		Pasa No pasa		Temperatura del baño (°C)	Volumen de residuos observado (mL)	
						≤ 0.01; ó > 0.01 (mL)		

Temperatura del cilindro de muestreo, en el momento de realizar la extracción del refrigerante (°C)

Cálculo de % en volumen			Cálculo de % en peso		
Volumen de residuo*100 (mL) (V1)	**mL de refrigerante añadido a la bureta (mL) (V2)	% v/v= (V1)/(V2)	Gramos del residuo guardado*100 (g) (W 1)	Gramos de muestra tomada (g) (W 2)	% p/p= (W1)/(w2)

\* Si la Observación 1 se reporta como "PASA", no desarrolle estos espacios. Continúe desde la sección de cálculos.

\*\* Para determinar el volumen de refrigerante añadido, utilice los datos de la Tabla 1 de método.

## 13. REFERENCIAS

PARTE 3 del apéndice C para estándares AHRI 700-2014 (formalmente el apéndice C para estándares AHRI 700-2012). 2008. AHRI (AIR-CONDITIONING, HEATING, & REFRIGERATION, INSTITUTE).

Para propósitos de consulta remítase a [www.ahrinet.org](http://www.ahrinet.org).

# ANEXO 12 DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REFRIGERANTES R-11, R-12, R-22, R134a Y R-410 NUEVOS Y REGENERADOS POR CROMATOGRAFÍA DE GASES DE COLUMNA CAPILAR Y EMPACADA

## 1. OBJETIVO

El propósito de este método es determinar la pureza de refrigerantes R-11, R-12, R-22, R134a y R-410, nuevos y regenerados, por cromatografía de gases.

## 2. ALCANCE

Este método de ensayo aplica a refrigerantes R-11, R-12, R-22, R134a y R-410. Los refrigerantes R-290, R-600 y R-600a se pueden incluir porque son componentes de algunas mezclas de fluorocarbono.

## 3. DEFINICIONES

**Alícuota:** porción para ensayo de un refrigerante nuevo o recuperado, extraído del cilindro de muestra.

**Cilindro de muestreo (FNPT):** cilindro de acero inoxidable de doble punta, que se utiliza para la extracción de una alícuota para ensayo del cilindro de muestra de un refrigerante.

**Cilindro de muestra:** cilindro utilizado para contener un refrigerante recuperado o regenerado, y que permite su manipulación durante las etapas de distribución, recepción y almacenamiento.

**Refrigerante:** producto químico que produce un efecto de enfriamiento durante su expansión o vaporización.

**Refrigerante recuperado:** refrigerante extraído de un sistema de refrigeración, en cualquier condición, que se almacena en un recipiente externo.

**Refrigerante regenerado:** Refrigerante usado que fue sometido a un proceso físico en el cual se recuperan las propiedades refrigerantes iniciales.

**Solución:** también llamada disolución, es una mezcla homogénea de dos o más sustancias que no reaccionan entre sí. En una solución cada componente está diluido en el otro, lo que hace que cada uno de ellos pierda sus propiedades individuales y se presenten en una sola fase.

**Solvente, disolvente o solvente de extracción:** sustancia (o mezcla de sustancias) que se encuentra en mayor proporción, y que tiene la capacidad de disolver un cuerpo u otra sustancia, hasta que sus partículas queden incorporadas totalmente en él.

## 4. PRINCIPIO DEL MÉTODO

La pureza de los refrigerantes es determinada por cromatografía de gases utilizando una columna empacada (R-11, R-22) o una columna capilar (R-12, R-22, R134a y R-410) conformadas por una fase líquida que recubre un soporte sólido y un gas de arrastre, a condiciones de ensayo controladas. Los componentes separados se determinan usando un detector de ionización de llama (FID<sup>41</sup>) o detector de conductividad térmica (TCD<sup>42</sup>) y se identifican por tiempo de retención. Las áreas de los picos son medidas por integración electrónica y las concentraciones de los componentes cuantificados por normalización de áreas, considerando el factor de respuesta individual.

## 5. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

Este método fue estandarizado únicamente para aquellas impurezas comúnmente encontradas en refrigerantes nuevos y regenerados<sup>43</sup>. alguna impureza que se diluya en la matriz del componente principal del refrigerante puede interferir, si se presenta en una concentración significativa.

## 6. EQUIPOS Y REACTIVOS

### 6.1 EQUIPOS Y MATERIALES

Cromatógrafo de gases con inyector para columna empacada, detector de ionización de llama (FID) y/o detector de conductividad térmica (TCD), como el que se muestra a manera de ejemplo en la figura 1.

<sup>41</sup> FID: Flame Ionization Detector.

<sup>42</sup> TCD: Thermal Conductivity Detector

<sup>43</sup> AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 - Normative. 2008. Partes 6 a 9

**Figura 1.** Cromatógrafo de gases



Sistema de datos de cromatografía: con capacidad de integración electrónica y procesamiento de los datos. El sistema de datos debe estar configurado para capturar las áreas de los picos, permitiendo la medición de aquellas mayores o iguales a 0.001% en peso. Los picos que no son identificados por el sistema de datos deben tener un factor de respuesta (FR<sup>44</sup>) por defecto mayor de los factores de respuesta medios de los componentes o del R-22. Si se identifica el pico, debe ser cuantificado usando su factor de respuesta medido.

Columna cromatográfica empacada para GC<sup>45</sup>: de compuestos de alto peso molecular de polietilenglicol y un diepóxido que reaccionan con el ácido nitrotereftálico sobre una malla de carbón grafitada (60-80), con una superficie nominal de 100 metros cuadrados por gramo en una columna de acero inoxidable, OD<sup>46</sup> de 7.3 m [24 ft], 3.20 mm [0,125 pulg.], o columna equivalente; las columnas pre-empacadas están disponibles comercialmente en varias marcas registradas.

Columna cromatográfica capilar para GC: 135 m x 0,25 mm, 1 µm df, 6% cianopropilfenil-86% dimetil-polisiloxano o equivalente. las columnas están disponibles comercialmente en varias marcas registradas.

Tubos recolectores de vidrio: de 125 mL a 500 mL (agrandar la abertura de salida hasta acomodar un crimp-on de 2 cm de septa. Poner cinta de fibra de vidrio por fuera para proteger).

Jeringa de 1 mL, hermética.

Aguja de punta desviada: eje standard calibre 22 x 11/2 pulgadas de acero inoxidable.

Balanza analítica

## 6.2 REACTIVOS

Estándares de calibración: R-22 y R-134a.

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1 CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS DE OPERACIÓN (SUGERIDAS) CUANDO SE UTILIZA COLUMNA EMPACADA:

Detector	FID.
Gas de arrastre	40 cc de Helio por minuto.
Temperatura de la columna, °C [F]	125 [257] isotérmica.
Temperatura del detector, °C [F]	250 [482] <sup>a</sup> .
Temperatura del puerto de inyección °C [F]	150 [302] <sup>b</sup> .
Muestra	0,5 mL <sup>b</sup> .
Temperatura máxima segura de la columna °C [F]	225 [437].

### NOTAS:

- A. Las condiciones pueden ser optimizadas para el GC específico utilizado.
- B. Externamente enfríe las jeringas y la muestra a 10°C [50 F] antes del muestreo.

<sup>44</sup> FR: Response Factors.

<sup>45</sup> GC: Gas Chromatography.

<sup>46</sup> OD: Outside Diameter.

## 7.2 CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS DE OPERACIÓN (SUGERIDAS) CUANDO SE UTILIZA COLUMNA CAPILAR:

Detector	FID.
Gas de arrastre	Aproximadamente 1.4 cc de Helio/minuto.
Flujo de split	40:1
Temperatura del inyector, °C [F]	200 [392] <sup>c</sup> .
Temperatura del detector, °C [F]	200 [392] <sup>d</sup> .
Muestra	2 µL 2 <sup>d</sup> .
Temperatura inicial de la columna, °C [F]	0 [32] (N <sup>2</sup> líquido, Subambiente)
Tiempo inicial	21 minutos.
Incremento por minuto, °C [F]	15 [59].
Temperatura final, °C [F]	165 [329].
Tiempo final	18 minutos.

### NOTAS:

- A. Las condiciones pueden ser optimizadas para el GC específico usado.
- B. Externamente enfríe las jeringas y la muestra a 10°C [50 F] antes del muestreo.

## 7.3 PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR DE CALIBRACIÓN:

Obtenga (comercialmente) un stock de la más alta pureza posible, de R-22 o R-134a, para emplearlo(s) como estándar de calibración en la determinación por cromatografía.

Tare (al 0.0001 g más cercano) un cilindro de muestra de 125 mL, llene con el stock R-22 o R-134a hasta 5/8 pulgadas (2 centímetros) de la superficie; añádalo a través de la septa.

Pese de nuevo el cilindro y reste el peso de la tara para obtener los gramos del stock adicionados.

### NOTAS:

Los refrigerantes R-22 o R-134a pueden contener algunas impurezas encontradas en el desarrollo del método (ver algunas impurezas en la tabla 1.). Las impurezas del refrigerante stock; R-22 o R-134a, son determinadas por el método de adición estándar. Individualmente las áreas de los picos en el stock son incrementadas en el estándar de calibración de acuerdo a la cantidad de ppm de la correspondiente impureza adicionada.

La cantidad de ppm que se encuentra en el stock junto con la cantidad de ppm adicionada, son combinadas para determinar el total de los componentes presentes en el estándar de calibración.

Individual y sucesivamente añada los volúmenes de cada componente de calibración indicado en la tabla 2 a través de la septa y por debajo de la superficie líquida del stock en el cilindro. Utilice una jeringa hermética para gas de tamaño adecuado en µL o mL, con una aguja de punta desviada. Agite el cilindro para mezclar después de adicionar cada componente.

**NOTA:** Para conservar el stock de los gases de calibración, se sugiere cargar un tubo colector de 125 mL a 1 atm, con fase líquida y posteriormente inyéctelo dentro del recipiente que contiene los refrigerantes R-22 o R-134a. Para las impurezas, las cuales son líquidas a temperatura ambiente, inyectar el volumen (en µL) de cada componente dentro del recipiente.

Combine el peso total añadido de stock con el peso añadido de cada componente para obtener el peso total (al 0.0001 g más cercano) de la muestra de calibración en el cilindro de muestra. Registre los datos obtenidos. Calcule las ppm añadidos (a 1 ppm más cercano) para cada componente, dividiendo la masa adicionada por el total del peso de la muestra en el cilindro.

Calcular las ppm presentes para cada componente combinando las ppm presentes en el stock (si lo hay) y las ppm del componente adicionado. Los valores de ppm del componente presentes son los que se usan para la determinación del método de factor de respuesta.

Ubique el recipiente del estándar en un baño de hielo, y después de llegar a congelación, retírelo e inmediatamente reubíquelo con una nueva septa.

Registre los valores de ppm presentes de cada componente en el estándar de calibración, además de la fecha de preparación y el peso total del estándar preparado. Almacene en un refrigerador. Descarte y prepare un nuevo estándar cuando el peso de la muestra haya disminuido hasta por debajo del 60% del peso inicial.

## 7.4 DETERMINACIÓN DE FACTORES DE RESPUESTA DE LOS COMPONENTES:

**NOTAS:** Dependiendo del sistema de datos utilizados, es a menudo deseable convertir los valores de ppm a % en masa para los cálculos del factor de respuesta y para la elaboración de informes.

Configure el sistema de datos del cromatógrafo para la calibración de un estándar externo por el método de normalización de área.

Analice el estándar de calibración por triplicado, usando las condiciones cromatográficas descritas en 7.1 y 7.2.

Usando el R-22 o el R-134a como pico de referencia, realice los acondicionamientos necesarios para que el integrador determine el factor de respuesta relativo de cada componente (RRFi) y registre los datos<sup>47</sup>. Los factores de Respuesta para cada componente se calculan como sigue:

$$ARFi = \frac{\% \text{ en peso del estandar de calibración}}{Ai}; \quad (1)$$

$$ARFr = \frac{1000000 \cdot S}{Ar}; \quad (2)$$

Donde:

ARFi = Factor de respuesta absoluto del componente i

Ai = Área del pico del componente i (promedio de tres determinaciones).

Ar = Área del pico del refrigerante mayor.

ARFr = Factor de respuesta absoluto del refrigerante mayor.

S = Porcentaje en peso total de las impurezas presentes con 4 decimales.

Luego, usando el R-22 o el R-134a como el pico de referencia, el factor de respuesta relativo puede ser determinado:

$$RFFi = \frac{ARFi \cdot 100}{ARFr (R22 \text{ o } R134a)}; \quad (3)$$

Los valores de ARFi son calculados al 0.0001 unidades más cercanas.

<sup>47</sup>AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014-Normative.2008.Parte 8,9.4.3

<sup>48</sup>AHRI. Appendix D for Gas Chromatograms for AHRI Standard 700-2014 - Informative. 2012

El porcentaje en peso de cada componente se calcula de la siguiente manera:

$$Wi = \frac{RFFi \cdot Ai \cdot 100}{\sum (Ai \text{ o } RFFi)}; \quad (4)$$

Donde:

Ai = área del pico del componente i

RRFi = factor de respuesta relativo para el componente i

Wi = % en peso del componente i

$\sum (Ai \cdot RFFi)$  = suma total de las áreas de los picos de los componentes por sus respectivos factores de respuesta relativos.

Las muestras para análisis deben estar en cilindros metálicos o en recipientes de vidrio apropiados, los cuales deben tener al menos el 80 % de su contenido.

## 7.5 ANÁLISIS DE LA MUESTRA: ANALICE LAS MUESTRAS USANDO LAS CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS Y EL PROCEDIMIENTO DESCRITO EN EL NUMERAL 7.

La muestra y la jeringa deben ser enfriadas previamente en un refrigerador a 10°C [50°] antes la extracción de la alícuota de ensayo. Esto es para facilitar la carga de la muestra líquida en la jeringa. Use el número efectivo de carbono (ECN) donde aplique para estimar la concentración de algún componente no identificado y que no está en la tabla de calibración.

**NOTA:** Ver los ejemplos de cromatogramas en el apéndice D de la norma AHRI<sup>48</sup>.

## 8. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El % en peso de cada componente se calcula de la siguiente manera:

$$Wi = \frac{RFFi \cdot Ai \cdot 100}{\sum (Ai \cdot RFFi)}; \quad (1)$$

Donde:

Ai = área del pico del componente i

RRFi = factor de respuesta relativo del componente i.

Wi = porcentaje en peso del componente i.

$\sum (Ai \cdot RFFi)$  = suma de todas las áreas de todos los componentes por su respectivo factor de respuesta relativo.

Reporte las concentraciones de los componentes de la muestra al 0.0001% más cercano (o al 1 ppm más cercano). Si los resultados son inferiores a los límites de detección individuales, entonces reporte el valor dado como menor que el límite de detección (DL<sup>49</sup>).<sup>50</sup> Ver tabla 3.

**Tabla 1.** Datos de tiempo de retención para impurezas identificadas. No observadas normalmente

Impureza	Tiempo de retención (min)
R-32 <sup>1</sup>	2.37
R-114	4.10
R-290	8.00

Nota: 1. Coeluye con el R-23.

**Tabla 2.** Componentes del estándar de calibración primario

Componente	Peso Molecular	Refrigerante	Masa adicionada (µg)	Concentración adicionada (ppm)	Concentración total presente (ppm)
R-23	70.0	1.2 mL	3436.0	15.0	
R-13	105.0	1.0 mL	4274.0	19.0	
R-152a	66.0	2.5 mL	6748.0	30.0	
R-22	86.0	3.2 mL	13121.0	50.0	
R-115	136.0	1.2 mL	6650.0	29.0	
R-12	121.0	2.8 mL	13845.0	61.0	
R-133a	118.0	1.1 mL	5332.0	24.0	
R-21	103.0	1.6 mL	6740.0	30.0	
R-30	85.0	5.0 µL	6680.0	29.0	
R-114	170.0	1.3 µL	9061.0	40.0	
R-123a	153.0	5.0 µL	7490.0	33.0	
R-123	153.0	10.0 µL	14750.0	64.0	
R-20	120.0	5.0 µL	7445.0	33.0	
R-113	188.0	10.0 µL	15650.0	68.0	
R-10	154.0	10.0 µL	15950.0	70.0	
R-1120	132.0	5.0 µL	7278.0	32.0	

## 9. SENSIBILIDAD, EXACTITUD Y PRECISIÓN

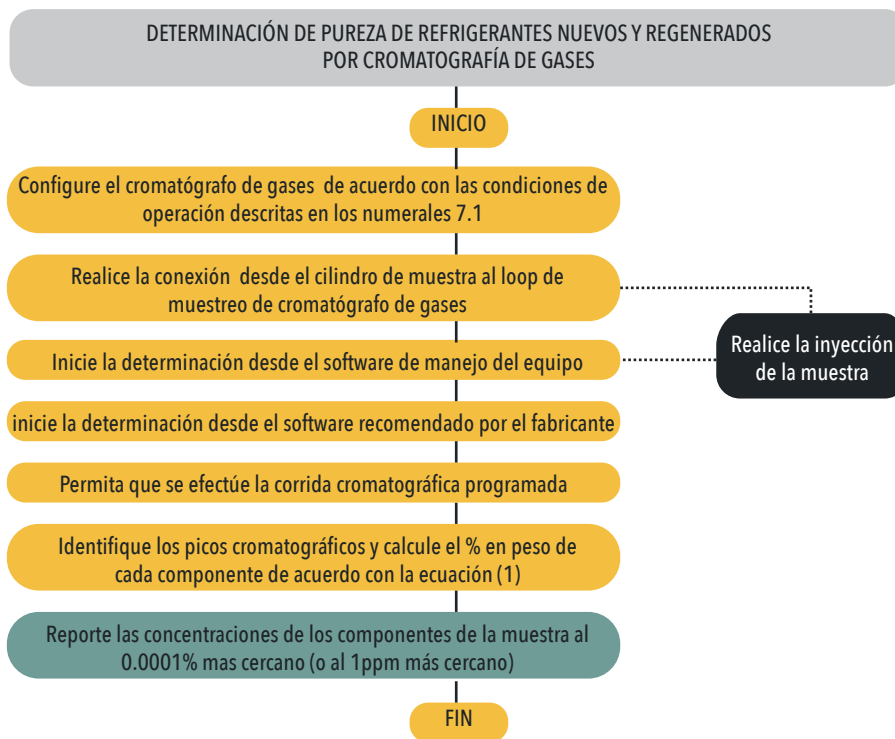
**NOTA:** El laboratorio debe establecer, mediante ensayos analíticos, los datos de sensibilidad, precisión y exactitud del ensayo, a las condiciones de su laboratorio.

Condiciones establecidas en el estándar AHRI<sup>51</sup>:

Los parámetros estadísticos para cada impureza se enumeran en la tabla 1<sup>52</sup>. Los datos se obtuvieron mediante el análisis de una mezcla de calibración de R-123 en siete oportunidades durante un día, por un mismo operador.

## 10. DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo del procedimiento de ensayo se muestra a continuación:



<sup>49</sup>DL: Detection Limit  
<sup>50</sup>AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 - Normative. 2008. Parte 8, Table C8-1. Component Statistical Parameters

<sup>51</sup> AHRI. Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 - Normative. Parte 1.2008  
<sup>52</sup> AHRI Standard 700-2014, Appendix C, Parte 9



## 11. CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA

Verifique que el cromatógrafo tenga vigente la calificación operacional. Periódicamente corra un patrón, preferiblemente certificado o de la mejor calidad posible, a las mismas condiciones de un análisis rutinario, e identifique las señales de algunos compuestos claves (no más de seis); verifique la respuesta del equipo con una periodicidad definida.

## 12. MEDIDAS DE PRECAUCIÓN

**Implementos de seguridad:** para la realización de este método de ensayo, el analista debe utilizar los elementos de protección personal (EPP) mínimos. Se sugieren: guantes de baqueta, guantes de nitrilo, gafas de seguridad, bata para laboratorio y mascarilla (respirador para vapores orgánicos que cubre media cara).

**Equipos de seguridad:** debido a que se manejan reactivos peligrosos, es importante que toda manipulación de los mismos se realice bajo una cabina de extracción de vapores y que el laboratorio cuente con el sistema de ventilación óptimo en caso de exposición o derrame.

**Manejo de reactivos:** antes de manipular los reactivos, el analista debe tener conocimiento de la peligrosidad de estas sustancias. Para tal efecto revise las etiquetas de los productos o remítase a las versiones más reciente de las fichas de datos de seguridad emitidas por los fabricantes.

## 13. REGISTROS

El formato sugerido para el registro de los datos primarios del ensayo se muestra a continuación.

		HOJA DE TRABAJO No. XX	Versión X
		ANÁLISIS DE RESIDUOS EN REFRIGERANTES NUEVOS Y REGENERADOS	Fecha de elaboración dd/mm/aaaa
		NOMBRE DEL LABORATORIO	Página 1 de 1
Tipo de refrigerante		Código: XXX	
Fecha de ensayo		PROCESO: XXXX	
Firma analista			

CONDICIONES DEL CROMATOGRAFO DE GASES (Columna empacada).

Temperaturas (°C)				Volumen de muestra:	Pesaje del estándar de calibración (R-22 y R-134)		
Detector	Columna (inicial / final)	Inyector	Isotérmico SI/NO		Unidad:	Peso inicial del cilindro (g)	Peso final del cilindro (g)

Tabla de componentes del estándar		
Nombre del componente en el estándar	%	Peso en la muestra
Compuesto 1		
Compuesto 2		
Compuesto 3		
Compuesto X		

Cálculo de % en peso por componente				
Área pico del componente A(i)	*RRF(i)	H=A(i) x RRF(i) x 100	** G=ΣA(i) x RRF(i)	*** W(i)=H/G

\* Factor de respuesta Relativo del componente (i).  
 \*\* Suma de todas las áreas de todos los componentes por su respectivo Factor de Respuesta Relativo.  
 \*\*\* Porcentaje en peso de cada componente del estándar de calibración

## 14. REFERENCIAS

Partes 7, 8 y 9 del apéndice C para estándares AHRI 700-2014 (formalmente el apéndice C para estándares AHRI 700-2012). 2008. AHRI (AIR-CONDITIONING, HEATING, & REFRIGERATION, INSTITUTE).

Para propósitos de consulta remítase a [www.ahrinet.org](http://www.ahrinet.org)



**Tabla 3. Parámetros Estadísticos de los componentes**

Componente	Límite de detección, ppm	Rango de concentración investigado, ppm	Precisión de concentración al 95% de Límite de Confianza, ppm	Error Medio Relativo, %
Metano	1.0	5	0.07	4.0
R-23	2.0	25	0.07	-2.3
R-1150 (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	1.0	5	0.13	-5.6
R-170 (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	1.0	5	0.10	-4.1
R-13	3.90	30	0.47	-3.8
R-143a	1	25	0.30	3.3
R-152a	1	30	0.63	1.7
R-40	1.0	20	0.37	2.3
R-134a	1.0	45	0.27	-3.3
R-22	2.0	65	1.75	2.7
R-1170 (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	1.0	5	0.10	3.4
R-115	2.0	115	1.67	1.8
R-142b	1.0	20	0.23	-1.3
R-124	1.0	25	0.37	1.8
R-133a	1.0	35	0.23	1.8
R-21	2.0	50	0.83	1.8
R-600a	1.0	20	0.23	-2.8
R-114	2.0	50	0.83	2.0
R-600	2.0	20	0.23	-3.3
R-114	2.0	50	0.83	-3.8
2-Butano	1.0	5	0.06	1.1
R-11	4.0	40	0.87	-4.7
R-123	2.0	35	1.05	1.6
2-Butanol	2.0	20	0.33	1.6
MEK	2.0	25	0.47	-2.3
R-113	2.0	30	0.87	-4.0
n-Pentano	1.0	5	0.25	-3.7

**Tabla 4. Estándar de calibración estándar primario**

Componente	Peso molecular	Volumen adicionado, µL	Masa adicionada <sup>1</sup> , µg	Concentración adicionada <sup>2</sup> , ppm	Concentración total presente <sup>3</sup> , ppm
Methane	16	20	13.1	5	
R-23	70	22	63.0	23	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28	12	13.7	5	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	11	13.5	5	
R-13	104	20	85.4	31	
R-143a	84	20	68.8	25	
R-152a	66	30	81.0	30	
R-40	50	28	57.8	21	
R134a	102	30	125.1	46	
R-22	86	50	176.9	64	
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42	8	13.7	5	
R115	154	50	315.9	115	
R-142b	100	15	61.7	22	
R-124	136	12	67.0	24	
R-133a	118	20	97.0	35	
R-21	103	32	134.7	49	
Isobutane	58	25	59.3	22	
R.114	170	20	139.8	51	
n-butane	58	25	59.3	22	
2-butene_T	56	6	13.7	5	
R-11 <sup>4</sup>	137	-	- <sup>5</sup>	57	
R-123 <sup>4</sup>	153	-	- <sup>5</sup>	38	
MEK <sup>4</sup>	72	-	- <sup>5</sup>	17	
R-113 <sup>4</sup>	188	-	- <sup>5</sup>	27	
2-butanol <sup>4</sup>	74	-	- <sup>5</sup>	21	
n-pentane <sup>4</sup>	72	-	- <sup>5</sup>	5	

**Notas:**

1. Si es necesario, corrija la masa adicionada para la pureza del componente de calibración previamente establecido.
2. Los valores mostrados son para ilustrar; los valores exactos se determinan de acuerdo al numeral 9.2.10.
3. La columna para llenar en la determinación de ppm presentes en el stock R-12 (revise la Nota en 9.2.3).
4. Estos componentes son líquidos a temperatura ambiente de laboratorio y se adicionan al bulbo como se describe en 9.2.12 a 9.2.15.
5. Del numeral 9.2.15.



UNIDAD TÉCNICA OZONO  
C o l o m b i a

