



CLIMATE  
ACTION  
RESERVE

# **ANÁLISIS DE ALCANCE**

## **Evaluando la actualización del Protocolo de Sustancias Agotadoras de Ozono para México**

15 de enero de 2020

## Tabla de contenidos

1	Introducción .....	2
2	Preguntas clave .....	2
2.1	¿Qué es una reducción real de emisiones? .....	2
2.2	¿Qué es una reducción adicional de emisiones? .....	3
3	Resultados de la investigación.....	4
3.1	Compromisos internacionales de México para eliminar los HCFC y HFC .....	4
3.1.1	Eliminación de los HCFC bajo el protocolo de Montreal .....	4
3.1.2	La enmienda de Kigali.....	5
3.2	El estado del HCFC-22 en México .....	5
3.2.1	Consumo.....	5
3.2.2	Ciclo de vida del HCFC-22 .....	6
3.3	El estado de los HFC en México .....	8
3.3.1	Consumo.....	8
3.3.2	Ciclo de vida del HFC.....	9
3.4	Prueba de requerimiento legal .....	10
3.5	Prueba estándar del desempeño .....	11
4	Conclusiones .....	13
4.1	Descripción de la línea base de HCFC-22 y HFC .....	13
4.2	Opciones para proyectos de destrucción de HCFC/HFC .....	14
4.3	¿Son adicionales los proyectos de destrucción de halocarbonos?.....	17
4.4	¿Es posible actualizar el protocolo?.....	20

## 1 Introducción

La Reserva se encuentra en un proceso de consulta pública para evaluar la viabilidad de expandir la lista de refrigerantes elegibles a destrucción bajo su Protocolo de Proyecto de Sustancias Agotadoras de Ozono de México Versión 1.0 (MX SAO V1.0). Los refrigerantes a evaluar son Hidroclorofluorocarbono-22 (HCFC-22), Hidrofluorocarbono-134a (HFC-134a), Hidrofluorocarbono-125 (HFC-125), Hidrofluorocarbono-32 (HFC-32) e Hidrofluorocarbono - 143a (HFC-143a). El uso de CFC ha disminuido significativamente, siendo reemplazado por HCFC, que tienen un potencial de agotamiento del ozono (PAO) y potencial de calentamiento global (PCG) significativamente más bajos. Los HCFC ahora se están reemplazando por HFC, que, como no están clorados, tienen cero PAO. Sin embargo, muchos de ellos tienen un PCG significativo. Si la actualización de este protocolo es aprobada, el nombre del protocolo cambiará a Protocolo de Proyectos de Destrucción de Halocarbonos para México con el fin de reconocer que los HFC no son sustancias que destruyen la capa de ozono. Los gases siendo evaluados para la expansión de este protocolo se resumen a continuación.

Gas en consideración	PCG A 100 AÑOS (tCO <sub>2</sub> e/t-halocarbono)	Potencial de agotamiento del ozono
HCFC-22	1,810	0.055
HFC-134a	1,430	0
HFC-125	3,500	0
HFC-32	675	0
HFC-143a	4,470	0

Este ejercicio exploratorio se limita a los halocarbonos recuperados de equipos de refrigeración industriales, comerciales o residenciales o de aire acondicionado en servicio o al final de su vida útil. Las existencias de halocarbonos incautados sin capacidad de venderse legalmente también están siendo consideradas.

## 2 Preguntas clave

Para determinar si es factible agregar HCFC-22 y los HFC en cuestión al protocolo de halocarbonos de México es necesario tener certidumbre sobre la posibilidad de generar reducciones de emisiones que cumplan con dos principios críticos del Programa de Reserva: 1) que las reducciones de emisiones por la destrucción de halocarbonos sean reales y, 2) que las reducciones de emisiones sean adicionales.

### 2.1 ¿Qué es una reducción real de emisiones?

Las reducciones reales de emisiones deben ser el resultado de una contabilidad de emisiones completa y precisa. Para lograrlo, los métodos para cuantificar las reducciones de emisiones deben ser conservadores para evitar sobreestimar el efecto de un proyecto. Asimismo, los efectos de un proyecto sobre las emisiones de GEI deben evaluarse de manera integral, incluyendo así los efectos imprevistos por el proyecto (a menudo denominados "fugas").<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Manual del Programa de Créditos de Compensación de la Reserva, 2019.

La cuantificación de fugas es un concepto crítico en el contexto de un protocolo de destrucción de halocarbonos, ya que un proyecto real debe garantizar que la destrucción del gas no será compensada con un subsecuente aumento en la producción de otros gases: lo cual que nulificaría el beneficio ambiental del proyecto. Los programas para la eliminación de HCFC y HFC en México bajo el protocolo de Montreal son relevantes para mitigar las fugas, ya que las limitaciones y prohibiciones de consumo (consumo = producción + importaciones - exportaciones) limitarán los incrementos de halocarbonos en México.

Asimismo, para determinar si las reducciones de emisiones de GEI por un proyecto de destrucción de halocarbonos son reales, es necesario comparar cómo un proyecto de destrucción de halocarbonos sería diferente del escenario de referencia del proyecto (línea base). La línea base es la descripción del ciclo de vida típico de los halocarbonos en México. La comparación entre las actividades de un proyecto con su línea base, es lo que determina el beneficio ambiental real que generaría un proyecto. El llevar a cabo un proyecto de destrucción de halocarbonos generalmente tendrá como resultado el uso de un gas sustituto para proporcionar la misma utilidad que el gas destruido. Este sustituto casi siempre tiene un potencial de calentamiento global (PCG) que debe ser cuantificado. Este ejercicio de análisis de alcance debe, por lo tanto, garantizar que el refrigerante sustituto tendrá un PCG más bajo.

## 2.2 ¿Qué es una reducción adicional de emisiones?

El segundo principio que este documento exploratorio evalúa es la adicionalidad. Las reducciones adicionales de emisiones de GEI son aquellas que se llevan a cabo por encima de las que habrían ocurrido en ausencia de un mercado de carbono. Las reducciones "Business As Usual", es decir, aquellas que ocurrirían en ausencia de un proyecto de reducción de GEI no deberían ser elegibles para el registro.<sup>1</sup> La Reserva utiliza dos pruebas estandarizadas para determinar la adicionalidad de las reducciones de emisiones de GEI.

La primera prueba para evaluar la adicionalidad es la de requisitos legales. Esta prueba asegura que los proyectos elegibles (y sus reducciones de emisiones GEI) no habrían ocurrido para cumplir con las regulaciones federales, estatales, locales o internacionales. Un proyecto pasa la prueba de requisitos legales cuando no hay leyes, estatutos, reglamentos, órdenes judiciales, acuerdos de mitigación ambiental u otros mandatos legalmente vinculantes que requieran su implementación o requieran la implementación de medidas similares que lograrían niveles equivalentes de reducción de emisiones de GEI.

La segunda prueba para determinar la adicionalidad es la Prueba estándar de desempeño. Esta prueba detecta proyectos que habrían sido implementados en ausencia del mercado de carbono por razones diferentes a los requisitos legales. Por ejemplo, porque los proyectos son inversiones atractivas independientemente de los ingresos por créditos de carbono. Esta prueba asegura que los incentivos creados por el mercado de carbono hayan jugado un papel crítico en las decisiones para implementar un proyecto. Un tipo de prueba estándar de desempeño, que se aplica en este memorando de alcance, es la evaluación de las prácticas comunes. Según este enfoque, las prácticas o tecnologías (en este caso, destrucción de halocarbonos) que no son comunes se considerarían adicionales.

En el resto de este documento, presentamos los resultados de un ejercicio de investigación que busca responder si la reducción de emisiones asociada a la destrucción de HCFC-22, HFC-134a, HFC-125, HFC-32 y HFC-143a es real y adicional (Sección 3). Para determinar si un

proyecto de destrucción de halocarbonos sería real, resumimos los planes de eliminación de HCFC-22 y HFC en México, las tendencias de consumo en México de los halocarbonos siendo evaluados en este estudio, su ciclo de vida y la línea base de un proyecto. Para determinar si un proyecto de destrucción de halocarbonos es adicional, presentamos la actualización de la Prueba de requisitos legales y la actualización de la Prueba estándar de desempeño de la V1.0 del protocolo.

La Sección 4 presenta las conclusiones de esta evaluación y propuestas para una actualización del protocolo de proyectos de destrucción de halocarbonos en México.

### 3 Resultados de la investigación

#### 3.1 Compromisos internacionales de México para eliminar los HCFC y HFC

##### 3.1.1 Eliminación de los HCFC bajo el protocolo de Montreal

México es un líder comprometido en abordar la protección del ozono estratosférico y la eliminación gradual de halocarbonos. El país firmó el Protocolo de Montreal en 1987 y, en 1988, se convirtió en el primer país del Artículo 5 en ratificarlo. México fue más allá de los requisitos impuestos por el Artículo 5 al adoptar un plan acelerado de eliminación de CFC y HCFC con compromisos de cumplimiento más ambiciosos. Para HCFC, el calendario de eliminación gradual es el siguiente:

- 1ro de enero, 2018: consumo por debajo de la línea base en un 35%<sup>2</sup>
- 1ro de enero, 2020: consumo por debajo de la línea base en un 50%
- 1ro de enero, 2022: consumo por debajo de la línea base en un 67.5%
- 1ro de enero, 2030 – 31 de diciembre, 2039: Consumo equivalente al 2.5% de la línea base durante todo el periodo
- 1ro de enero, 2040: Eliminación completa.<sup>3</sup>

Para lograr la eliminación gradual, México estableció tres etapas de implementación divididas por subsector de halocarbonos que se ven reflejadas en la Tabla 3.1. A la fecha, se ha completado la Etapa 1, lo que significa que no hay más consumo de HCFC para la fabricación de nuevos equipos de refrigeración doméstica y comercial.

---

<sup>2</sup> Para los países del Artículo 5, la línea base se define promediando el consumo de 2009 a 2010. La línea base de consumo de HCFC-22 de México es de 8,505 toneladas según la siguiente fuente: United Nations Programme, 2018. Comments and recommendations of the Secretariat on Mexico's HCFC phase-out management plan (stage II, third tranche). UNEP/OzL.Pro/ ExCom/81/45.

<sup>3</sup> Los objetivos de eliminación para 2030 y 2040 representan los objetivos del Artículo 5, no los compromisos acelerados de México.

**Tabla 3.1.** Etapas de implementación del plan de eliminación de HCFC en México <sup>4</sup>

Etapa 1, 2018 35% de eliminación	Etapa 2, 2020 Hasta un 50% de eliminación	Etapa 3 <sup>5</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminación del consumo en el sector de espumas y refrigeración doméstica y comercial</li> <li>▪ Servicios de lavado para sistemas de refrigeración</li> <li>▪ Sector de aerosoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminación del consumo restante en el sector de espuma y aerosoles</li> <li>▪ Eliminación del consumo restante en el sector de lavado para sistemas de refrigeración</li> <li>▪ Sector de poliestireno extruido (XPS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sector de servicio de equipos en operación</li> <li>▪ Sectores de manufactura restantes</li> <li>▪ Sector de producción nueva de HCFC</li> </ul>

### 3.1.2 La enmienda de Kigali

A través de la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, todos los países se han comprometido con objetivos legalmente vinculantes a la reducción gradual en el consumo y la producción de HFC. Para México, el acuerdo requiere que un sistema de licencias para la importación y exportación de HFC entre en vigencia a más tardar el 1 de enero de 2021. Según este acuerdo, México tendrá que congelar su consumo en 2024, tomando como referencia el promedio de Consumo de HFC en el período de 2020 a 2022. Los objetivos que México debe cumplir para reducir el 80% de la línea de base antes de 2045, por año, son:

- 2020-2022: Promedio del consumo para definir la línea base
- 2024: Congelamiento del consumo
- 2029: consumo por debajo de la línea base en un 10%
- 2035: consumo por debajo de la línea base en un 35%
- 2040: consumo por debajo de la línea base en un 50%
- 2045: consumo por debajo de la línea base en un 80%

El gobierno de México está analizando las opciones para cumplir con estos compromisos y está realizando talleres públicos para establecer un plan de trabajo. Como el congelamiento del consumo comenzará en 2024, el consumo de HFC continúa aumentando debido a la eliminación exitosa de los HCFC

## 3.2 El estado del HCFC-22 en México

### 3.2.1 Consumo

El Hidroclorofluorocarbono-22 (HCFC-22, o R-22) se utiliza en México para refrigeración comercial, aire acondicionado doméstico, transporte refrigerado y aire acondicionado industrial.<sup>6</sup> El potencial de calentamiento global de 100 años (PCG) de HCFC-22, de acuerdo

<sup>4</sup> Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol, May 2019. HCFC Phase-Out Management Plans and HCFC-Production Phase-Out Management Plans. Available at: <http://www.multilateralfund.org/Our%20Work/policy/Shared%20Documents/Policy83HPMP-HPPMP.pdf>

<sup>5</sup> Con base en el último documento sobre los Planes de Eliminación de HCFC, con fecha de mayo 2019, México no ha firmado una fase III del plan de manejo de HCFC.

<sup>6</sup> SEMARNAT, 2019. Hoja de ruta para la implementación de la Enmienda de Kigali en México.

con el Cuarto Informe de del IPCC <sup>7, 8</sup>, es 1,810 (toneladas de CO<sub>2</sub>e por tonelada de HCFC-22). A la fecha, México está muy cerca de eliminar por completo el consumo (es decir, producción + importaciones) de HCFC-22 para nuevos equipos de refrigeración.<sup>9</sup> La mayor parte del consumo restante de HCFC-22 es para el mantenimiento de equipos preexistentes. Solo se consumieron 237 toneladas de HCFC-22 para la fabricación de equipos de refrigeración en 2017 y 4,460 toneladas se utilizaron para el servicio de equipos en operación.<sup>9</sup> Las importaciones de HCFC-22, para su uso en agentes de refrigeración y soplado, han cesado y la producción solo la realiza una empresa (Quimobásicos o CYDSA). HCFC-22 continúa siendo importado para usos que no resultan en emisiones a la atmósfera tales como la producción de Teflón. Dado que la forma de HCFC-22 para ese propósito no se considera parte de los planes de eliminación de HCFC de México, la Reserva no incluyó una evaluación de las importaciones de HCFC para fines distintos a la refrigeración.

En su Plan de gestión para la eliminación de HCFC (HPMP), México se comprometió a una reducción total de 450 toneladas métricas de consumo de HCFC-22 para 2018 en comparación con su consumo de 2008.<sup>4</sup> El punto de comparación establecido en el plan de gestión de eliminación de HCFC (consumo de 2008) fue de 7,140 toneladas métricas.<sup>4</sup> En 2017, México reportó un consumo de 4,694.12 toneladas de HCFC-22<sup>9</sup>, lo cual es 1,995 por debajo de la reducción comprometida bajo el plan de gestión de eliminación de .

### 3.2.2 Ciclo de vida del HCFC-22

#### Equipo al final de su vida útil y el gas liberado

Debido a que la producción de HCFC-22 continúa disminuyendo, cualquier destrucción de HCFC-22 del equipo que estaba al final de su vida útil será sustituida por una generación más nueva de refrigerantes. Por lo tanto, es relevante saber qué sucede comúnmente con este gas cuando el equipo de refrigeración llega al final de su vida útil.

En México, la gran mayoría de los equipos de refrigeración al fin de su vida útil (FVU) se envían al relleno sanitario o depósito de chatarra.<sup>10</sup> El gas contenido del equipo dispuesto en un relleno sanitario se filtrará por completo a la atmósfera (menos una pequeña cantidad que puede ser oxidada por las bacterias del suelo) a menos que sea recuperado, reclamado o reciclado.<sup>11</sup> La recuperación, reclamación o reciclaje de halocarbonos es mínima en México, según representantes de CYDSA y Ecosave, un centro de recuperación en Celaya, Guanajuato. Dos centros de reclamación indican que el gas reclamado se obtiene del sector comercial, mientras

<sup>7</sup> Tabla 2.14 (Errata) y Tabla 2.15 en Cambios en los constituyentes atmosféricos y forzamiento radiativo. En IPCC. 2007. Cambio Climático 2007: La Base de Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 996 pp.

<sup>8</sup> El Manual del Programa de Créditos de Compensación de la Reserva hace referencia a Potenciales de Calentamiento Global del 4to reporte del IPCC; el cuál es utilizado más comúnmente por los programas de reducción de emisiones GEI. Cuando información sobre PCG para ciertos gases no está disponible en el 4to reporte del IPCC, se usa información del 5to reporte.

<sup>9</sup> Programa de las Naciones Unidas, 2018. Comentarios y recomendaciones de la Secretaría sobre el plan de gestión de eliminación de HCFC de México (Etapa II, tercer tramo). UNEP/OzL.Pro/ ExCom/81/45.

<sup>10</sup> Con base en entrevistas con SEMARNAT, Quimobásicos y Ecosave (un centro de reclamación de SAO).

<sup>11</sup> Cuatro eventos pueden suceder con los halocarbonos al fin de su vida útil. Los halocarbonos pueden ser recuperadas (colectadas), recicladas (cuando una instalación limpia su gas para reuso), reclamadas (cuando un gas es removido de una instalación, limpiado y usado para refrigeración en otra instalación) o liberadas a la atmósfera (cuando el equipo de refrigeración llega al relleno sanitario o a un depósito de chatarra).

que la recuperación de los otros subsectores es prácticamente nula (Ver tabla Tabla 3.2).<sup>12</sup> Ecosave tiene una de las participaciones en el mercado de recuperación de halocarbonos más altas en México, no recibe más del dos por ciento de los halocarbonos que estarían disponibles para la recuperación proveniente de equipos de refrigeración al Fin de su vida útil cada año. Ecosave está recuperando el 90% del gas que recibe. De acuerdo a Ecosave y CYDSA, solo tres de los nueve centros de reclamación en México están colectando halocarbonos, cada uno con un máximo potencial de recuperación de dos por ciento. Con base en esta información anecdótica, la Reserva puede asumir que hasta un 6 por ciento de los halocarbonos al fin de su vida útil se reclaman en México. El 94% restante se libera a la atmósfera una vez que los equipos de refrigeración se desechan en un relleno sanitario o depósito de chatarra.

Aproximadamente 5% del refrigerante virgen contenido en cilindros para el servicio de equipos de refrigeración, se desperdicia y es eventualmente liberado a la atmósfera. El refrigerante virgen de los cilindros no es reclamado ni destruido.<sup>13</sup>

La destrucción es mínima ya que no existen incentivos o regulaciones que promuevan la actividad. Hasta la fecha, hay tres instalaciones de destrucción de halocarbonos en México, un horno de arco de plasma de argón (Quimobásicos) y dos hornos rotatorios de cemento (Geocycle y Klinash).

#### Mantenimiento a equipos de refrigeración

El uso principal de HCFC-22 en México es para el mantenimiento de equipos existentes, ya que prácticamente no se fabrican equipos nuevos de HCFC-22.<sup>9</sup> El gas para el mantenimiento proviene de refrigerante virgen importado o producido en México y pequeñas cantidades de refrigerante recuperado.<sup>9</sup> La continua tendencia a la baja en la disponibilidad de HCFC-22 en el mercado ha creado la demanda de refrigerante recuperado. Sin embargo, dada la mínima cantidad de HCFC-22 recuperado, la importación y producción de refrigerante virgen continúa siendo necesaria para satisfacer la demanda de servicio. El único productor de este refrigerante en México es Quimobásicos (una empresa conjunta de CYDSA y Honeywell).

La regulación no requiere que las compañías de reciclaje identifiquen si un gas se recicla cuando se vende para su mantenimiento. Por lo tanto, HCFC-22, que a veces contiene impurezas, puede venderse como nuevo. Para este estudio no se encontraron datos disponibles sobre los subsectores de refrigeración donde se utiliza el servicio, ni sus cuotas de mercado.

#### Substitutos de HCFC-22

Un informe publicado recientemente por el gobierno de México enumera los HFC que se consumen por subsector de refrigeración.<sup>6</sup> Las mezclas utilizadas en cada subsector tienen un potencial de agotamiento del ozono más bajo que el HCFC-22 pero tienen un PCG combinado mayor que el PCG del HCFC-22, excepto en el caso del sector de aire acondicionado móvil y la refrigeración doméstica. Las mezclas de refrigerantes que se muestran en la Tabla 3.2 pueden asumirse como los substitutos de HCFC-22 ya que representan las tendencias actuales de consumo de refrigeración que resultaron de la eliminación de CFC y HCFC. Con base en los

---

<sup>12</sup> La reclamación de gases del sector doméstico ha dependido de programas aislados para la otorga de incentivos de destrucción.

<sup>13</sup> Agustin Quintana. Silverbreeze



cálculos mostrados en la tabla Tabla 3.2, la eliminación gradual de HCFC-22 en México, si bien logró limitar el daño de HCFC a la capa de ozono, ha resultado en mayores emisiones de GEI, al menos en relación con la eliminación gradual de HCFC-22. El PCG combinado para los HFC que sustituyen al HCFC-22 en México es de 2,286.

**Tabla 3.2.** Proporción del uso de HFC en México por subsector de refrigeración, 2017<sup>6,14</sup>

Subsector de refrigeración	Participación en el Mercado en términos de CO <sub>2</sub> eq					PCG combinado	Participación relativa en el Mercado en términos de CO <sub>2</sub> e <sup>15</sup>
	R-404a <sup>16</sup>	R-410a	HFC-134a	R-407c	R-507a		
<i>Potencial de calentamiento global a 100 años<sup>7</sup></i>	3,922	2,088	1,430	1,774	3,985		
Aire acondicionado estacionario		92%	6%	2%		2,042	58.3%
Refrigeración comercial <sup>17</sup>	80%		4%		13%	3,833	20.6%
Aire acondicionado móvil			100%			1,430	16.0%
Refrigeración doméstica			100%			1,430	4.6%
Refrigeración en el transporte	37%		63%			2,352	0.5%
<b>PCG para todos los sustitutos de HCFC-22</b>						<b>2,286</b>	

### 3.3 El estado de los HFC en México

#### 3.3.1 Consumo

HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a se utilizan principalmente como refrigerantes o componentes en refrigerantes mezclados en refrigeración doméstica, comercial e industrial, así como en sistemas de aire acondicionado.<sup>6</sup> Los HFC tienen características ideales para sus aplicaciones, pero también tienen un alto PCG en comparación con otros GEI comunes como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Muchos de estos gases se usan en mezclas. Véase la Tabla 3.3 para el PCG y la cuota de mercado de HFC y sus mezclas relevantes para México.<sup>6</sup>

<sup>14</sup> El sector de refrigeración industrial usa amoníaco principalmente, el uso de HFC-134a en este sector puede considerarse *de minimis*.

<sup>15</sup> Las participaciones en el Mercado corresponden únicamente a las proporciones dentro de los subsectores de refrigeración, Otros sectores como espumas o aerosoles no están siendo considerados.

<sup>16</sup> Véase la Tabla 3.2 para la composición de las mezclas de HFC.

<sup>17</sup> Las participaciones en el Mercado de las tres mezclas usadas para refrigeración comercial no suman un 100%. El documento de referencia no proporcionó información para el tres por ciento restante. Para calcular de forma conservadora el PCG de refrigeración comercial, se asignó al tres por ciento el PCG del componente de R-407A con PCG más alto.

**Tabla 3.3.** Potencial de calentamiento global y participación en el mercado de HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, y sus mezclas<sup>6</sup>

Gas/Mezcla	Composición				Potencial de Calentamiento Global (4 <sup>th</sup> AR)	Participación en el mercado <sup>6, 18</sup>
	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a		
HFC-32	100%				675	<1%
HFC-125		100%			3,500	<1%
HFC-134a			100%		1,430	24%
HFC-143a				100%	4,470	<1%
R-404A	44%	4%	52%		3,922	15%
R-407C	4%	25%	52%		2,107	1%
R-410A	50%	50%			2,088	46%
R-507a		50%		50%	3,985	2%

El consumo de HFC en México ha tenido una tasa de crecimiento anual promedio (en unidades de CO<sub>2</sub>e) del 14.5% entre 2007 y 2017.<sup>6</sup> En 2017, los HFC y las mezclas más consumidas en el sector de refrigeración de México fueron R-410A (utilizado principalmente para aire acondicionado estacionario), HFC-134A (utilizado para aire acondicionado móvil y refrigeración doméstica) y R-404A (utilizado para refrigeración comercial). Independientemente del gas en particular, el 50.9% de los HFC y sus mezclas están destinados a aire acondicionado estacionario, 17.79% para refrigeración comercial, 14.23% para aire acondicionado móvil, 0.45% para refrigeración de transporte y 0.17% para refrigeración industrial (Véase la Tabla 3.2).

Actualmente hay al menos 10 empresas que importan HFC en México, sin producción nacional de HFC.

### 3.3.2 Ciclo de vida del HFC

#### Equipo que llega al fin de su vida útil

Al igual que con HCFC-22, el equipo que llega al final de su vida útil (FVU) se envía al relleno sanitario donde el gas se libera a la atmósfera. Se está recuperando una cantidad mínima de HFC-134a, R-410A y 404A del sector comercial<sup>19</sup> antes de llegar al vertedero (hasta un seis por ciento de según la Sección 3.2.2). Posteriormente, ese refrigerante se almacena indefinidamente. No existe ningún incentivo en el mercado para reciclar y reutilizar estos gases, ya que los refrigerantes vírgenes están altamente disponibles a precios bajos.

#### Substitutos de HFC

Hasta la fecha, la sustitución de HFC, particularmente R-410A y HFC-134a, con refrigerantes de nueva generación es poco común. Cuando se necesita un reemplazo de gas, el mercado continúa usando los mismos gases por subsector como se especifica en la Tabla 3.2. Aproximadamente 5% del refrigerante virgen contenido en cilindros para el servicio de equipos

<sup>18</sup> Participación en el Mercado se refiere a la proporción que el HFC o su mezcla representa en comparación al consumo total de HFC en términos de CO<sub>2</sub>e en México.

<sup>19</sup> De acuerdo a Ecosave y Silverbreeze, las entidades que envían gases al FVU tienden a limitarse a empresas de refrigeración comercial con metas ambiciosas de responsabilidad social.

de refrigeración, se desperdicia y es eventualmente liberado a la atmósfera. El refrigerante virgen de los cilindros no es reclamado ni destruido.<sup>13</sup>

Asimismo, como la implementación de la reducción gradual de HFC en México no comienza hasta 2024, el consumo de HFC continúa aumentando cada año.

La regulación para eliminación de HFC de México derivada de las Enmiendas de Kigali tendrá como objetivo tener sustitutos de HFC de no más de 150 PCG.<sup>6</sup> Las hidrofluoroolefinas (HFO) o los hidrocarburos (HC) son ejemplos de posibles continúan en desarrollo y no está claro qué gases dominarán la mayor parte del mercado. Los posibles sustitutos futuros que México ha identificado por subsector se definen en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Sustitutos potenciales por HFC en México y su Potencial de Calentamiento Global a 100 años<sup>6</sup>

Sector de refrigeración	Gas	PCG a 100 años (4AR)
Aire acondicionado estacionario	HFC-32	675
	R-290	3.3
	HFO	≤ 2
Refrigeración comercial (equipos autocontenidos)	R-290	3.3
	R-744	1
Refrigeración comercial (unidades de condensación y sistemas centralizados)	HFO	≤ 2
	R-744	1
	Hydrocarbons	≤11
Aire acondicionado móvil	HFO	≤ 2
	HFC-152a	124
	R-744	1
Refrigeración doméstica	R-600a	3
	HFO	≤ 2
Refrigeración para el transporte	R-452a	2,139

### 3.4 Prueba de requerimiento legal

Las siguientes dos secciones presentan el resultado de la actualización de la prueba de requisitos legales y la prueba estándar de desempeño en la Versión 1.0 del protocolo para la destrucción de halocarbonos en México.

México es signatario del Protocolo de Montreal y sus enmiendas. Por lo tanto, México debe gestionar el consumo de halocarbonos de acuerdo con los acuerdos de eliminación gradual del Protocolo de Montreal; de hecho, México se comprometió con planes de eliminación más ambiciosos que los requeridos para los países en desarrollo enumerados en el Artículo 5. Como el Protocolo de Montreal no exige la destrucción de halocarbonos, la Reserva concluye que la destrucción de halocarbonos en México no está ordenada por las leyes internacionales. Véanse las Secciones 3.1.1 y 3.1.2 para más detalles sobre cómo México cumple con los acuerdos del Protocolo de Montreal.

En México, los bancos de halocarbonos se clasifican como peligrosos, y los generadores, importadores, exportadores y proveedores de servicios de manipulación, transporte y eliminación deben seguir varios procedimientos. Los movimientos transfronterizos de residuos

peligrosos siguen políticas internacionales, incluidos los requisitos del Convenio de Basilea.<sup>20</sup> Véase la Tabla 3.5 para una lista de las reglamentaciones aplicables a los halocarbonos en FVU en México, adaptada de ONUDI, 2017.

**Tabla 3.5.** Regulaciones aplicables a los halocarbonos en FVU en México

Legislación aplicable	Descripción
<b>Manejo de residuos</b>	
LGPGIR	Ley general que regula las actividades de gestión de residuos sólidos, incluida la de residuos peligrosos (generación, manipulación, transporte y eliminación).
NOM-052-SEMARNAT-2005	Clasificación e identificación de residuos peligrosos (estándar). Clasifica los halocarbonos en FVU como residuos peligrosos.
NOM-002-SCT-2011	Transporte de materiales peligrosos y residuos.
NOM-003-SCT-2008	Envasado y etiquetado de materiales peligrosos y residuos.
NOM-161-SEMARNAT-2011	Clasificación de la gestión especial de residuos y planes de gestión de residuos, incluidos refrigeradores y aires acondicionados descartados por grandes generadores.
<b>Desecho y destrucción</b>	
NOM-098-SEMARNAT-2002	Criterios ambientales para instalaciones de incineración de residuos.
NOM-040-SEMARNAT-2002	Criterios ambientales para las instalaciones de fabricación de cemento, incluido el coprocesamiento
<b>Importación y exportación</b>	
Convención de Basel	Movimientos transfronterizos de residuos peligrosos (tratado internacional)
LGPGIR y sus reglamentos	Especifica obligaciones y procedimientos para la importación y exportación de residuos peligrosos hacia y desde México

Aunque existen varias regulaciones que rigen el manejo adecuado de los halocarbonos, ninguna de ellas, la ley nacional mexicana ni el Protocolo de Montreal, requieren la destrucción de los bancos existentes de halocarbonos. Por el contrario, las reservas vírgenes pueden venderse para su uso, y los bancos instalados pueden recuperarse, reciclarse, recuperarse y reutilizarse indefinidamente. Debido a que ni el Protocolo de Montreal ni la ley mexicana prohíbe el uso de sustancias controladas existentes o recicladas más allá de las fechas de eliminación, incluso los bancos de halocarbono administrados adecuadamente serán eventualmente liberados a la atmósfera durante el proceso de mantenimiento, uso y fin de la vida útil del equipo.

La revisión de las leyes nacionales e internacionales continúa demostrando que no hay regulaciones que exijan la destrucción de halocarbonos en México. Por lo tanto, la destrucción de halocarbonos desde México cumple con la Prueba de Requisitos Legales.

### 3.5 Prueba estándar del desempeño

Para la Versión 1.0 del protocolo (adoptada en 2015), la Reserva evaluó la proporción de halocarbonos que se destruyen con base en los informes del país al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En ese momento, se determinó que en el límite

<sup>20</sup> ONUDI, 2017. Demonstration Project for Disposal of Unwanted ODS in Mexico.

superior de la estimación de destrucción de CFC, el 0.02% de los CFC consumidos se destruyeron en 2008, el año más reciente de datos disponible.

En 2018, el PNUMA publicó un informe actualizado que contenía información sobre la destrucción nacional de halocarbonos. México informó la destrucción de halocarbonos en 2007, 2014, 2015 y 2016; no hubo destrucción en todos los demás años intermedios. Como los datos de destrucción se informan para todos los halocarbonos independientemente del gas específico, la Reserva estimó un valor límite superior conservador para la destrucción de HCFC-22 y HFC, suponiendo que toda la destrucción había sido solo para un tipo de gas.

No se encontraron datos sobre la cantidad de halocarbonos en FVU que estarían disponibles para su destrucción cada año. Para estimar el monto, la Reserva asumió que la vida útil promedio de los equipos de refrigeración es de 10 años. Bajo ese supuesto, el equipo de 2004 estaría al final de su vida útil para 2014 y los halocarbonos que contenía podrían estar disponibles para su destrucción.

Los resultados indican que no más del 1.26% de HCFC-22 o HFC se habrían destruido anualmente bajo esta suposición. El análisis demuestra que la destrucción sigue siendo altamente inusual y, por lo tanto, adicional en México. De hecho, México continúa reportando destrucción como eventos aislados que suceden gracias al financiamiento multilateral. Véase la Tabla 3.6 para el cálculo de la estimación de destrucción del límite superior de HCFC-22 y HFC en México.

**Tabla 3.6.** Destrucción de HCFC-22 y HFC relativa a lo disponible al fin de vida útil

Categoría	2014	2015	2016
Toneladas de halocarbonos destruidos <sup>21</sup>	3.03	62.85	39.07
HCFC-22 al fin de vida útil (Toneladas consumidas al año -10) <sup>22</sup>	4,848 <sup>23</sup>	6,498	8,990
HFC al fin de su vida útil <sup>24</sup> (Toneladas consumidas al año -10)	NA	4,977	5,821
Destrucción relativa <sup>21</sup>	2014	2015	2016
HCFC-22	0.05%	0.97%	0.43%
HFC	NA	1.26%	0.67%

<sup>21</sup> PNUMA, 2018. Información reportada por las partes de acuerdo a los artículos 7 y 9 del Protocolo de Montreal en Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono. Reporte del Secretariado. Disponible en:

<https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol/meetings/tenth-meeting-parties/decisions/decision-x2-data-and>

<sup>22</sup> PNUMA, 2011. Comentarios y recomendaciones del Secretariado del Fondo sobre el Plan para la eliminación de HCFC de México (Fase I, primer tramo). UNEP/OzL.Pro/ExCom/64/39

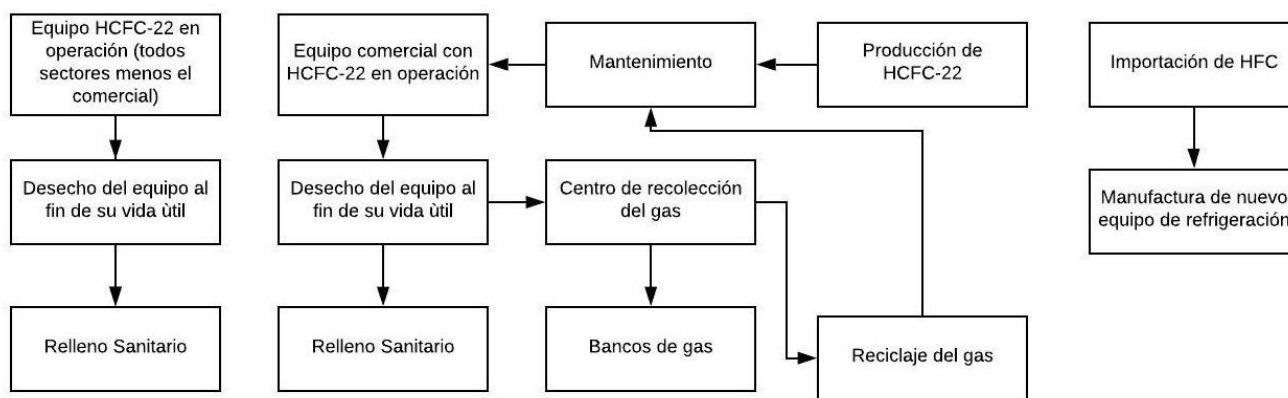
<sup>23</sup> Los halocarbonos en FVU en 2014 (consumo de HCFC-22 en 2004) se estimaron asumiendo que el consumo de 2004 fue el 90% de consumo en 2005.

<sup>24</sup> Presentación online de Ester Monroy en los resultados de las encuestas a las Alternativas a las SAO: Disponible en: [https://www.unido.org/sites/default/files/2017-06/13June\\_ODSAlternatives\\_GeneralAnalysis\\_0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/2017-06/13June_ODSAlternatives_GeneralAnalysis_0.pdf). La presentación solo otorgó el consumo para 2015. EL valor de HFC para 2016 al FVU (consumo en 2006) se estimó como un ingreso del consumo de 2015 en un 14.5%.

## 4 Conclusiones

### 4.1 Descripción de la línea base de HCFC-22 y HFC

El ciclo de vida del HCFC-22 en México se puede resumir como se describe en la Figura 4.1. El ciclo comienza con la operación del equipo de refrigeración que usa HCFC-22. Una vez que el equipo llega al final de su vida útil, se elimina en un relleno sanitario. Solo una pequeña fracción de los equipos en FVU se recolecta para la extracción de metales, sin embargo, no se encontraron datos sobre la proporción de recolección. En el relleno, el gas se liberará completamente a la atmósfera, aparte de una pequeña cantidad de oxidación por las bacterias del suelo. Con base en nuestras conclusiones de la Sección 3.2.2 de este documento, la Reserva asume que hasta un seis por ciento del gas al FVU del sector comercial es colectado antes de la eliminación del equipo. El gas recuperado se envía a un centro de acopio. En el centro de acopio, una porción del gas se guarda indefinidamente en bancos (donde se continuará escapando a la atmósfera con el tiempo) y otra porción se recicla en refrigerante vendible. El gas reciclado se utiliza para reparar equipos que continúan funcionando. Al mismo tiempo, Quimobásicos sigue produciendo HCFC-22 para satisfacer las demandas de servicio y la demanda de nuevos equipos de refrigeración que suplen a los equipos dispuestos en rellenos sanitarios se satisface con HFC vírgenes importados.



**Figura 4.1.** Ciclo de vida del HCFC-22 para refrigeración en México

El ciclo de vida de HFC en México se puede resumir como se presenta en la Figure 4.2. Al menos diez empresas en México importan HFC para diferentes propósitos, incluso para la fabricación de nuevos equipos de refrigeración. Los equipos de refrigeración con HFC continúan siendo mantenidos durante su vida útil con HFC importados vírgenes. Una vez que el equipo alcanza el final de su vida útil, se elimina en un relleno sanitario donde el gas se liberará a la atmósfera. Con base en nuestras conclusiones de la Sección 3.2.2 de este documento, la Reserva asume que hasta un seis por ciento del gas proveniente del sector comercial es colectado antes de la eliminación del equipo. Ese seis por ciento del gas al fin de su vida útil se recolecta en los centros de recuperación donde se almacena indefinidamente hasta su eventual liberación a la atmósfera. La pérdida de HFC a la atmósfera se sustituye por nuevas importaciones de HFC a México. El consumo de HFC sigue una tendencia al alza, ya que no habrá límites para las importaciones de HFC hasta 2024

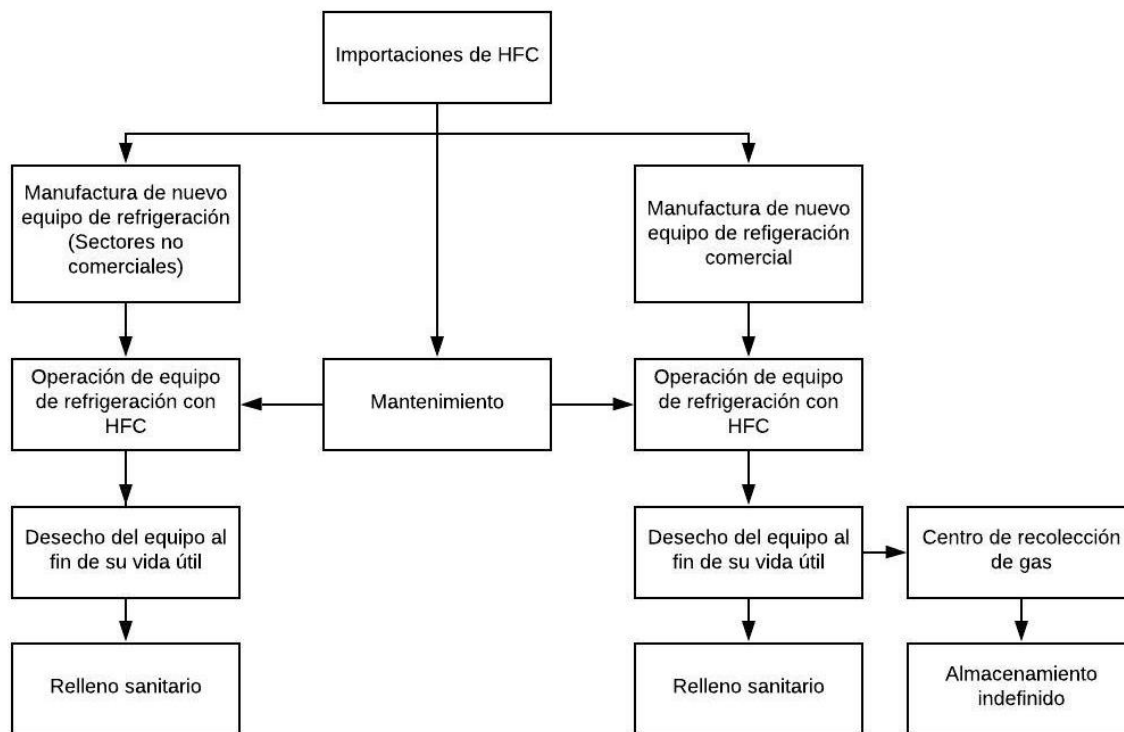


Figure 4.2. Ciclo de vida del HFC para refrigeración en México

## 4.2 Opciones para proyectos de destrucción de HCFC/HFC

En México, una alta proporción de refrigerantes se filtra a la atmósfera debido a los bajos niveles de recuperación y reclamación. Este documento estima que se recupera un máximo del seis por ciento de todos los halocarbonos comerciales en FVU antes de llegar a un relleno sanitario o depósito de chatarra. En el caso de HCFC-22, el 90% del gas recuperado se utiliza para el servicio, lo que retrasa la liberación de este material a la atmósfera. Una vez que el equipo reparado alcanza su FVU, presumiblemente solo el seis por ciento de ese gas se recuperará nuevamente. Esto refleja que eventualmente, todos los HCFC-22 se filtrarán a la atmósfera. En el caso de HFC, la mayor parte del gas recuperado se almacena porque no hay demanda para su reutilización. Todas las reservas eventualmente se filtrarán a la atmósfera. A medida que el nuevo HFC entra al mercado, las emisiones de halocarbono continúan aumentando cada año.

Las tendencias de fuga tanto para HCFC-22 como para HFC demuestran que cualquier destrucción de refrigerante al fin de su vida útil que de otro modo no se recuperaría sería beneficiosa. Sin embargo, si la porción del gas que hubiera sido reclamado (seis por ciento) fuera destruido, o si un equipo que no estaba al fin de su vida útil fuera destruido de manera anticipada, los gases sustitutos podrían causar un efecto negativo neto a la atmósfera si tiene un PCG más alto que el HCFC-22. En un proyecto de destrucción de HCFC-22 comercial, el seis por ciento del material destruido, debe asumirse que fue sustituido por una mezcla de halocarbonos con un potencial de calentamiento global de 2,286 (ver Tabla 3.2). En el caso de

los HFC, el refrigerante sustituto para el sector comercial sería el mismo HFC que fue destruido, y el seis por ciento de la materia destruida debe cuantificarse como emisiones del proyecto.

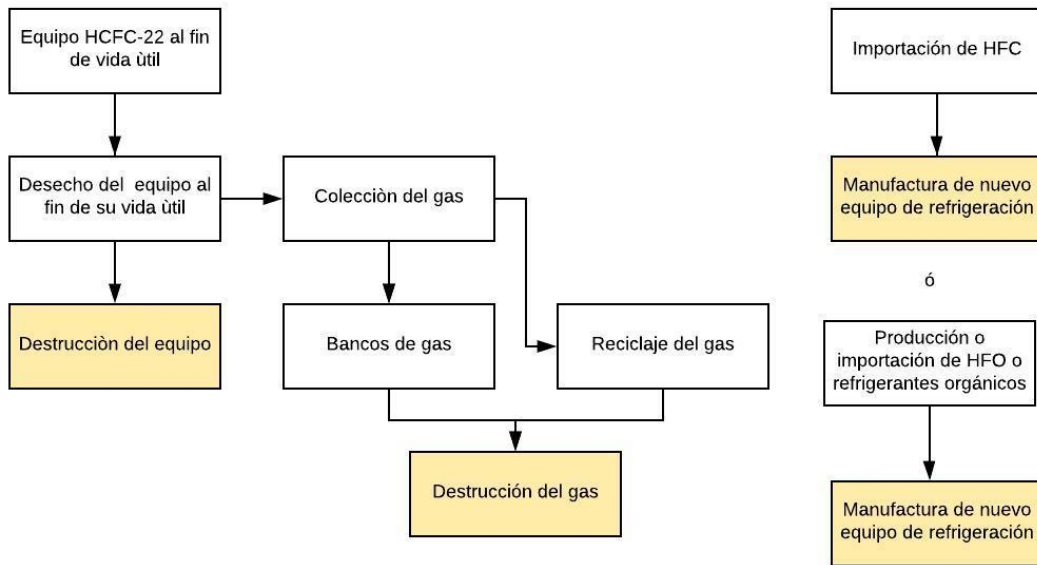
Con base en la confirmación de los actores consultados, solo el sector comercial manda HCFC/HFC al fin de su vida útil a los centros de acopio, mientras que los refrigerantes de los sectores de aire acondicionado estacionario, aire acondicionado móvil, transporte refrigerado y el sector doméstico se mandan al relleno sanitario, por lo que puede asumirse que su destrucción no casaría un efecto negativo a la atmósfera. La recuperación documentada de halocarbonos desde los sectores no comerciales se consideraría diferente a lo que hubiera sucedido en ausencia del proyecto: liberado a la atmósfera por su disposición en el relleno sanitario. Por lo tanto, la destrucción de halocarbonos de refrigeración domestica se puede asumir que no hubieran sido sustituidos por refrigerantes con PCG más algo. La colección de refrigerante virgen desperdiciado en cilindros para mantenimiento puede ser una actividad de proyecto. El potencial para la inclusión de esta actividad de proyecto se consultará con el público y los miembros del grupo de trabajo.

Si los desarrolladores de proyectos pudieran demostrar que el seis por ciento de halocarbonos que hubieran sido reclamados se sustituyeron con refrigerantes de PCG bajo como HFO o hidrocarbonos, el refrigerante sustituto podría soportar una mayor reducción de emisiones derivada de la implementación del proyecto.

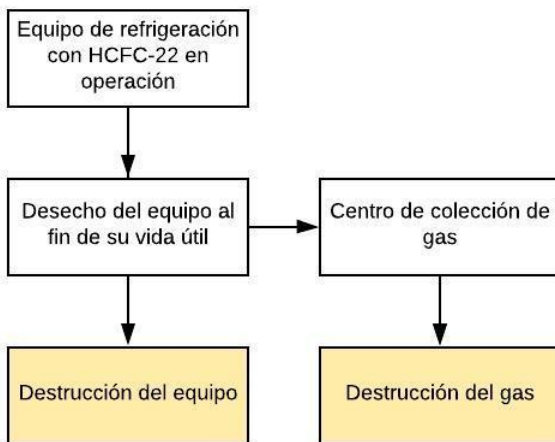
#### Descripción de un Proyecto de destrucción de HCFC-22

La Figura 4.3 y la Figura 4.4 representan un proyecto hipotético de destrucción de HCFC-22. Los cuadros sombreados resaltan las actividades específicas del proyecto. Un proyecto de destrucción de HCFC-22 consistiría en la destrucción de las reservas de HCFC-22 o el gas recuperado antes de su uso para el mantenimiento. Para garantizar que el gas destruido no se reemplace con una mayor producción de HCFC-22, el equipo al final de su vida útil debe destruirse o adaptarse para usar un refrigerante de bajo PCG. Un desarrollador de proyecto que destruya refrigerantes del sector comercial tendría que cuantificar un seis por ciento del halocarbono sustituto como emisiones del proyecto o demostrar que cualquier equipo nuevo que reemplazará al equipo de línea de base usará refrigerantes con un PCG más bajo. Si un proyecto consiste en la destrucción de gas de cualquier sector no comercial, no será necesario cuantificar emisiones del proyecto por el gas sustituto ya que el gas no se habría reemplazado en ausencia del proyecto.





**Figura 4.3.** Proyecto hipotético de destrucción de HCFC-22 en el sector comercial



**Figura 4.4.** Proyecto hipotético de destrucción de HCFC-22 en sectores no comerciales

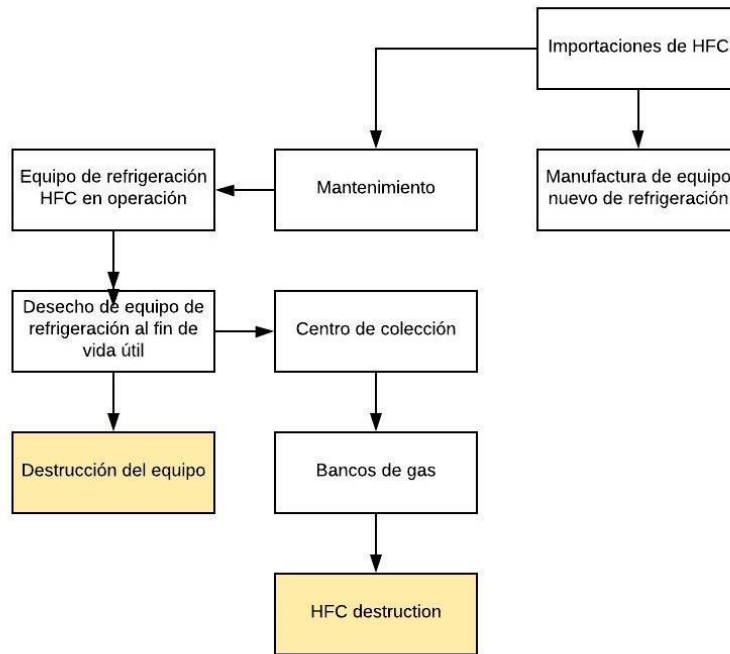
Descripción de un Proyecto de destrucción de HFC

La Figura 4.5. representa un proyecto hipotético de destrucción de HFC. Los cuadros sombreados resaltan las actividades específicas del proyecto. Un proyecto de destrucción de HFC consistiría en la destrucción de HFC recuperado tomado de los equipos de refrigeración de HFC al final de su vida útil. El equipo del que provenía el gas tendría que ser destruido para garantizar que se reemplazará con equipos nuevos que usan refrigerantes de bajo PCG, como HFO o HC. El desarrollador de un proyecto necesitaría cuantificar un seis por ciento de los halocarbonos sustitutos como emisiones de un proyecto comercial o demostrar que el gas

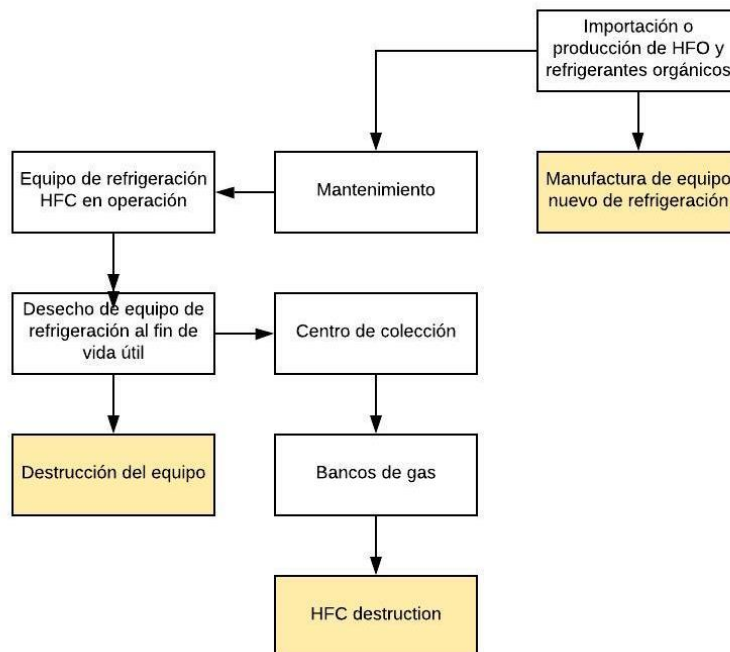
destruido fue sustituido por refrigerantes de nueva generación, como los HFO o HC. Si un proyecto consiste en la destrucción de gas proveniente de cualquier sector no comercial, no será necesario cuantificar los sustitutos ya que el gas no se hubiera sustituido. No obstante, el desarrollador del proyecto puede documentar que los gases destruidos fueron sustituidos con refrigerantes de menor PCG para generar una mayor reducción de emisiones.

#### **4.3 ¿Son adicionales los proyectos de destrucción de halocarbonos?**

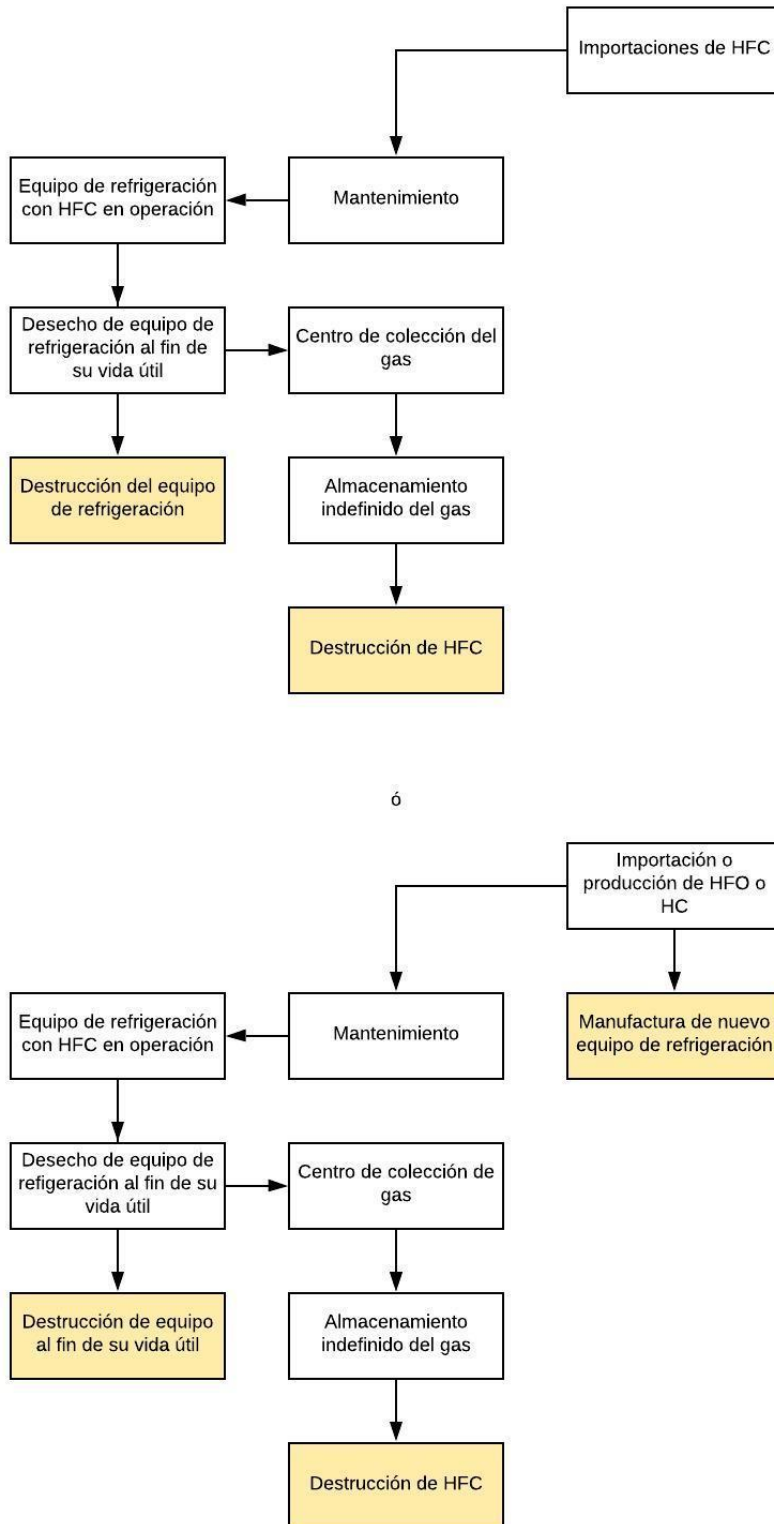
Con base en los limitados datos disponibles, los niveles de destrucción de halocarbonos reportados en México demuestran que la práctica continúa siendo poco común. La regulación identificada para el manejo y destrucción de halocarbonos también demuestra que no existe un requisito legal para destruir HCFC-22 ni HFC. Por lo tanto, la destrucción de HCFC-22 y HFC generaría reducciones de emisiones adicionales. La principal preocupación con la acreditación de la destrucción de estos tipos de proyectos está en torno a la fuga de emisiones de GEI y el potencial aumento de la demanda de refrigerantes vírgenes con alto PCG. Estos riesgos se pueden controlar a través de salvaguardas adicionales en el protocolo en sí, aunque aumentarán el costo y la complejidad del desarrollo del proyecto.



ó



**Figura 4.5.** Proyecto hipotético de destrucción de HFC en el sector comercial



**Figure 4.6.** Proyecto hipotético de destrucción de HFC en sectores no comerciales

#### **4.4 ¿Es posible actualizar el protocolo?**

La destrucción de HCFC-22, HFC-32, HFC-125, HFC-134a, y HFC-143a en México generaría reducciones de emisiones reales y adicionales. Por lo tanto, la Reserva concluye que es posible actualizar el Protocolo de Sustancias Agotadoras de Ozono para México.

Algunas suposiciones en el documento dependen de evidencia anecdótica tales como los sectores donde la reclamación se realiza y las tasas de recuperación de los gases. Para desarrollar un protocolo conservador, la Reserva dependerá en el apoyo de los miembros del grupo de trabajo y consultas públicas. Será crítico consultar a los actores que no tienen su punto de vista reflejado en este documento y que tengan intereses diferentes al desarrollo de proyectos.