

CAPÍTULO 7

EMISIONES DE LOS SUSTITUTOS FLUORADOS PARA LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO

Autores

Paul Ashford (Reino Unido)

James A. Baker (Estados Unidos), Denis Clodic (Francia), Sukumar Devotta (India), David Godwin (Estados Unidos), Jochen Harnisch (Alemania), William Irving (Estados Unidos), Mike Jeffs (Bélgica), Lambert Kuijpers (Países Bajos), Archie McCulloch (Reino Unido), Roberto De Aguiar Peixoto (Brasil), Shigehiro Uemura (Japón) y Daniel P. Verdonik (Estados Unidos)

Autores colaboradores

William G. Kenyon (Estados Unidos), Sally Rand (Estados Unidos) y Ashley Woodcock (Reino Unido)

Índice

7	Emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono	7.8
7.1	Introducción	7.8
7.1.1	Sustancias químicas y áreas pertinentes de aplicación cubiertas.....	7.8
7.1.2	Cuestiones metodológicas generales para todas las aplicaciones de los sustitutos de la SAO	7.10
7.1.2.1	Resumen de la problemática de los sustitutos de las SAO.....	7.10
7.1.2.2	Elección del método.....	7.15
7.1.2.3	Elección de los factores de emisión	7.21
7.1.2.4	Elección de los datos de la actividad	7.22
7.1.2.5	Exhaustividad.....	7.24
7.1.2.6	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.24
7.1.3	Evaluación de incertidumbre.....	7.25
7.1.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), Generación de informes y documentación para todas las aplicaciones de los sustitutos de las SAO	7.25
7.1.4.1	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC) para todos los sustitutos de las SAO	7.25
7.1.4.2	Generación de informes y documentación para todas las aplicaciones de los sustitutos de las SAO	7.26
7.2	Solventes (sin aerosol).....	7.28
7.2.1	Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación.....	7.28
7.2.2	Cuestiones metodológicas	7.28
7.2.2.1	Elección del método.....	7.28
7.2.2.2	Elección de los factores de emisión	7.29
7.2.2.3	Elección de los datos de la actividad	7.30
7.2.2.4	Exhaustividad.....	7.31
7.2.2.5	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.31
7.2.3	Evaluación de incertidumbre.....	7.31
7.2.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación	7.32
7.2.4.1	Garantía de calidad y Control de calidad	7.32
7.2.4.2	Generación de informes y documentación	7.32
7.3	Aerosoles (propulsores y solventes).....	7.33
7.3.1	Sustancias químicas cubiertos en esta área de aplicación	7.33
7.3.2	Cuestiones metodológicas	7.33
7.3.2.1	Elección del método.....	7.33
7.3.2.2	Elección de los factores de emisión	7.35
7.3.2.3	Elección de los datos de la actividad	7.35
7.3.2.4	Exhaustividad.....	7.36

7.3.2.5	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.36
7.3.3	Evaluación de la incertidumbre	7.36
7.3.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación	7.36
7.3.4.1	Garantía de calidad / Control de calidad (GC/CC)	7.36
7.3.4.2	Generación de informes y documentación	7.37
7.4	Agentes espumantes	7.38
7.4.1	Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación.....	7.38
7.4.2	Cuestiones metodológicas	7.39
7.4.2.1	Elección del método.....	7.40
7.4.2.2	Elección de los factores de emisión	7.42
7.4.2.3	Elección de los datos de la actividad	7.45
7.4.2.4	Resumen de los métodos principales	7.46
7.4.2.5	Exhaustividad.....	7.47
7.4.2.6	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.48
7.4.3	Evaluación de incertidumbre.....	7.48
7.4.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación	7.48
7.4.4.1	Garantía de calidad y Control de calidad	7.48
7.4.4.2	Generación de informes y documentación	7.48
7.5	Refrigeración y aire acondicionado.....	7.50
7.5.1	Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación.....	7.50
7.5.2	Cuestiones metodológicas	7.52
7.5.2.1	Elección del método.....	7.52
7.5.2.2	Elección de los factores de emisión	7.58
7.5.2.3	Elección de los datos de la actividad	7.61
7.5.2.4	Aplicación de los métodos de Nivel 2 – el ejemplo del aire acondicionado móvil (MAC)..	7.62
7.5.2.5	Exhaustividad.....	7.65
7.5.2.6	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.66
7.5.3	Evaluación de incertidumbre.....	7.66
7.5.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación	7.66
7.5.4.1	Garantía de calidad y Control de calidad	7.66
7.5.4.2	Generación de informes y documentación.....	7.67
7.6	Productos contra incendios.....	7.68
7.6.1	Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación.....	7.68
7.6.2	Cuestiones metodológicas	7.69
7.6.2.1	Elección del método.....	7.69
7.6.2.2	Elección de los factores de emisión	7.71
7.6.2.3	Elección de los datos de la actividad	7.72
7.6.2.4	Exhaustividad.....	7.72
7.6.2.5	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.72

7.6.3	Evaluación de incertidumbre.....	7.72
7.6.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación	7.73
7.6.4.1	Garantía de calidad y Control de calidad.....	7.73
7.6.4.2	Generación de informes y documentación.....	7.73
7.7	Otras aplicaciones.....	7.73
7.7.1	Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación.....	7.73
7.7.2	Cuestiones metodológicas.....	7.74
7.7.2.1	Elección del método.....	7.74
7.7.2.2	Elección de los factores de emisión	7.75
7.7.2.3	Elección de los datos de la actividad	7.75
7.7.2.4	Exhaustividad.....	7.75
7.7.2.5	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.75
7.7.3	Evaluación de incertidumbre.....	7.76
7.7.4	Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación	7.76
7.7.4.1	Garantía de calidad y Control de calidad.....	7.76
7.7.4.2	Generación de informes y documentación	7.76
Referencias	7.78

Ecuaciones

Ecuación 7.1	Cálculo del consumo neto de una sustancia química en una aplicación específica.....	7.16
Ecuación 7.2A	Cálculo de las emisiones de una sustancia química de una aplicación específica.....	7.16
Ecuación 7.2B	Cálculo de las emisiones de una sustancia química de una aplicación con bancos	7.17
Ecuación 7.3	Ecuación general de equilibrio de masas para el Nivel 1b	7.17
Ecuación 7.4	Ecuación resumida de emisiones basada en las fases del ciclo de vida útil	7.20
Ecuación 7.5	Método de estimación de las emisiones para los usos en solventes	7.28
Ecuación 7.6	Método de estimación de las emisiones para los usos de los aerosoles.....	7.33
Ecuación 7.7	Enfoque general por factor de emisión (A) para las espumas	7.39
Ecuación 7.8	Método de cálculo genérico para las emisiones provenientes de las espumas de celdas abiertas	7.40
Ecuación 7.9	Determinación de las emisiones de los refrigerantes por equilibrio de masas.....	7.55
Ecuación 7.10	Resumen de las fuentes de emisión	7.56
Ecuación 7.11	Fuentes de emisiones de la gestión de los contenedores	7.57
Ecuación 7.12	Fuentes de emisiones durante la carga de equipos nuevos	7.57
Ecuación 7.13	Fuentes de emisiones durante la vida útil de los equipos	7.58
Ecuación 7.14	Emisiones al fin de la vida útil del sistema	7.58
Ecuación 7.15	Verificación de las evaluaciones del abastecimiento y la demanda	7.66

Ecuación 7.16	Cálculo del mercado anual de refrigerantes	7.67
Ecuación 7.17	Dependencia temporal de las emisiones provenientes de los equipos de protección contra incendios.....	7.69
Ecuación 7.18	Evaluación de las fuentes de emisiones rápidas desde otras aplicaciones.....	7.74
Ecuación 7.19	Evaluación de las emisiones provenientes de otras aplicaciones confinadas	7.75

Figuras

Figura 7.1	Desagregación de los datos químicos en toda una aplicación.....	7.11
Figura 7.2	Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de las aplicaciones de los solventes	7.30
Figura 7.3	Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de la aplicación de los aerosoles.....	7.34
Figura 7.4	Árbol de decisión para las emisiones provenientes de las aplicaciones de las espumas.....	7.43
Figura 7.5	Ejemplo de hoja de cálculo para el método de Nivel 1a.....	7.47
Figura 7.6	Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de la aplicación de refrigeración y aire acondicionado (RAC).....	7.53
Figura 7.7	Ejemplo de hoja de cálculos para la evaluación de Nivel 1a/b	7.54
Figura 7.8	Ejemplo de hoja de cálculo para el método de Nivel 1	7.70
Figura 7.9	Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de la aplicación de la protección contra incendios	7.71
Figura 7.10	Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de otras aplicaciones	7.77

Cuadros

Cuadro 7.1	Áreas principales de aplicación para los HFC y los PFC como sustitutos de las SAO.....	7.10
Cuadro 7.2	Panorama general de los requerimientos de datos para los diferentes niveles y enfoques	7.15
Cuadro 7.3	Ejemplo de distribución del uso de los HFC/PFC por área de aplicación	7.19
Cuadro 7.4	Uso de los HFC en la industria del soplado de espumas	7.38
Cuadro 7.5	Factores de emisión por defecto para los HFC provenientes de las espumas de celdas cerradas	7.41
Cuadro 7.6	Factores de emisión por defecto para los usos de los HFC-134a/HFC-152a	7.44
Cuadro 7.7	Factores de emisión por defecto para los usos de los HFC-245fa/HFC-365mfc/HFC-227ea	7.44
Cuadro 7.8	Mezclas (muchas contienen HFC y/o PFC)	7.51
Cuadro 7.9	Estimaciones para la carga, vida útil y factores de emisión en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado	7.60
Cuadro 7.10	Documentación de buena práctica para los sistemas de refrigeración y aire acondicionado	7.68

Recuadros

Recuadro 7.1	Bases de datos mundiales y regionales para los sustitutos de las SAO	7.13
Recuadro 7.2	Implementación del Nivel 2a para la aplicación de las espumas utilizando datos derivados mundial o regionalmente	7.46
Recuadro 7.3	Contabilización de la importaciones y exportaciones de refrigerantes y equipos	7.62
Recuadro 7.4	Ejemplo de aplicación de un cálculo de Nivel 2a para el aire acondicionado móvil.....	7.63

7 EMISIONES DE LOS SUSTITUTOS FLUORADOS PARA LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO

7.1 INTRODUCCIÓN

7.1.1 Sustancias químicas y áreas pertinentes de aplicación cubiertas

Los hidrofluorocarbonos (HFC) y, en una medida muy limitada, los perfluorocarbonos (PFC), sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal. Las áreas actuales y previsibles de aplicación de los HFC y los PFC incluyen (IPCC/TEAP, 2005):

- refrigeración y aire acondicionado;
- extinción de incendios y protección contra explosiones;
- aerosoles;
- limpieza con solventes;
- agentes espumantes; y
- otras aplicaciones¹.

En este capítulo, estos agrupamientos mayores de los usos actuales y previsibles están referenciados como *aplicaciones* dentro de la categoría de los sustitutos de las SAO. En esta introducción (Sección 7.1) se proporciona un marco general para estimar las emisiones provenientes de los sustitutos de las SAO y las secciones subsiguientes (Secciones 7.2 hasta 7.7) proporcionan una orientación especializada sobre las aplicaciones individuales presentadas más arriba. Algunas de estas aplicaciones abarcan, por sí mismas, productos o usos con diversas características de emisión y los países producirán estimaciones más rigurosas si dan cuenta de esta diversidad mediante la adopción de evaluaciones desagregadas (de nivel superior). Además, en algunas aplicaciones, en particular en las espumas rígidas (típicamente, las espumas de celdas cerradas), en la refrigeración y en la extinción de incendios, el uso de los HFC y de los PFC puede conducir al desarrollo de *bancos* de materiales de larga duración. Los patrones de emisión de estos usos pueden ser particularmente complejos y los métodos que emplean conjuntos de datos desagregados son esenciales para generar estimaciones exactas de las emisiones. Otras aplicaciones, como los aerosoles y la limpieza con solventes pueden tener inventarios de existencias de corto plazo pero, en el contexto de la estimación de las emisiones, aún pueden considerarse fuentes de emisiones rápidas. Esta afirmación se aplica también a las espumas flexibles (típicamente, las de celdas abiertas).

Los HFC y los PFC no están controlados por el Protocolo de Montreal porque no contribuyen al agotamiento de la capa estratosférica de ozono. Los HFC son sustancias químicas que sólo contienen hidrógeno, carbono y flúor. Con anterioridad al Protocolo de Montreal y al retiro de circulación de varias SAO, los únicos HFC producidos eran el HFC-152a, que es un componente de la mezcla refrigerante R-500, y el HFC-23, refrigerante de bajas temperaturas, que es un producto derivado de la producción de HCFC-22². El HFC-134a entró en producción en 1991 y desde entonces se introdujo una variedad de otros HFC, los cuales están siendo utilizados actualmente como sustitutos de las SAO (IPCC/TEAP, 2005), entre otras aplicaciones. Al recopilar datos sobre el consumo de los HFC y los PFC con fines declarativos, deben tomarse precauciones para incluir esos HFC existentes en las mezclas pero, al mismo tiempo, para no incluir aquellos componentes de una mezcla que no necesitan ser declarados (p. ej., los CFC y los HCFC).

Los HFC y los PFC poseen un alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA) y en el caso de los PFC, largos tiempos de residencia en la atmósfera. En el Cuadro 7.1 se presenta un panorama general sobre los HFC y PFC

¹ Los HFC y los PFC pueden emplearse también como sustitutos de SAO en los equipos de esterilización, para las aplicaciones de expansión del tabaco y como solventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas.

² HCFC - hidroclorofluorocarbonos

más importantes (*IPCC Second Assessment Report* (IPCC, 1996); *IPCC Third Assessment Report* (IPCC, 2001); IPCC/TEAP, 2005), incluidas sus principales áreas de aplicación. Los diferentes HFC y PFC tienen muy diferentes potencialidades como gases de efecto invernadero. Los PFC poseen unos PCA particularmente elevados, independientemente del horizonte temporal integrado que se adopte, debido a su larga permanencia en la atmósfera. Los patrones de consumo relacionados con los gases individuales deben, por lo tanto, conocerse o estimarse con una exactitud razonable para lograr realizar evaluaciones útiles sobre el aporte al calentamiento atmosférico global debida a las emisiones generadas por este grupo de sustancias químicas.

Dado que los CFC, los halones, el tetracloruro de carbono, el metil cloroformo y, por último, los HCFC están siendo retirados finalmente de la circulación³, los HFC se están utilizando selectivamente como reemplazantes. También se están empleando los PFC, pero sólo en una medida limitada. Aunque hasta un 75 por ciento de las aplicaciones anteriores de los CFC puedan estar cubiertas hoy por las tecnologías sin fluorocarbonos (IPCC/TEAP, 2005), se prevé, al menos en el corto plazo, que el uso de los HFC continuará creciendo.

³ Para conocer el programa y los plazos de retiro de circulación impuestos por el Protocolo de Montreal, refiérase a <http://hq.unep.org/ozone/>

CUADRO 7.1
ÁREAS PRINCIPALES DE APLICACIÓN PARA LOS HFC Y LOS PFC COMO SUSTITUTOS DE LAS SAO ¹

Sustancia química	Refrigeración y aire acondicionado	Extinción de incendios y protección contra explosiones	Aerosoles		Limpieza con solventes	Soplado de espumas	Otras aplicaciones ²
			Propulsores	Solventes			
HFC-23	X	X					
HFC-32	X						
HFC-125	X	X					
HFC-134a	X	X	X			X	X
HFC-143a	X						
HFC-152a	X		X			X	
HFC-227ea	X	X	X			X	X
HFC-236fa	X	X					
HFC-245fa				X		X	
HFC-365mfc				X	X	X	
HFC-43-10mee				X	X		
PFC-14 ³ (CF ₄)		X					
PFC-116 (C ₂ F ₆)							X
PFC-218 (C ₃ F ₈)							
PFC-31-10 (C ₄ F ₁₀)		X					
PFC-51-14 ⁴ (C ₆ F ₁₄)					X		

¹ Varias aplicaciones emplean los HFC y los PFC como componentes de mezclas. Los otros componentes de estas mezclas son a veces las SAO y/o los gases sin efecto invernadero. Varios HFC, PFC y mezclas se comercializan bajo nombres de marcas registradas; en este capítulo sólo se emplean las denominaciones genéricas

² Otras aplicaciones incluyen los equipos de esterilización, las aplicaciones en la expansión del tabaco, el decapado por plasma de las pastillas electrónicas (PFC-116) y como solventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas (Kroeze, 1995; U.S. EPA, 1992a).

³ El PFC-14 (químicamente, el CF₄) se utiliza como componente menor de una mezcla comercial. Se emplea principalmente en el decapado de semiconductores.

⁴ El PFC-51-14 es un material inerte que tiene una capacidad reducida o nula para disolver los suelos. Puede utilizarse como transportador de otros solventes o para disolver y depositar los lubricantes de los discos duros. Los PFC se utilizan también para someter a prueba la estanqueidad de los componentes sellados.

7.1.2 Cuestiones metodológicas generales para todas las aplicaciones de los sustitutos de la SAO

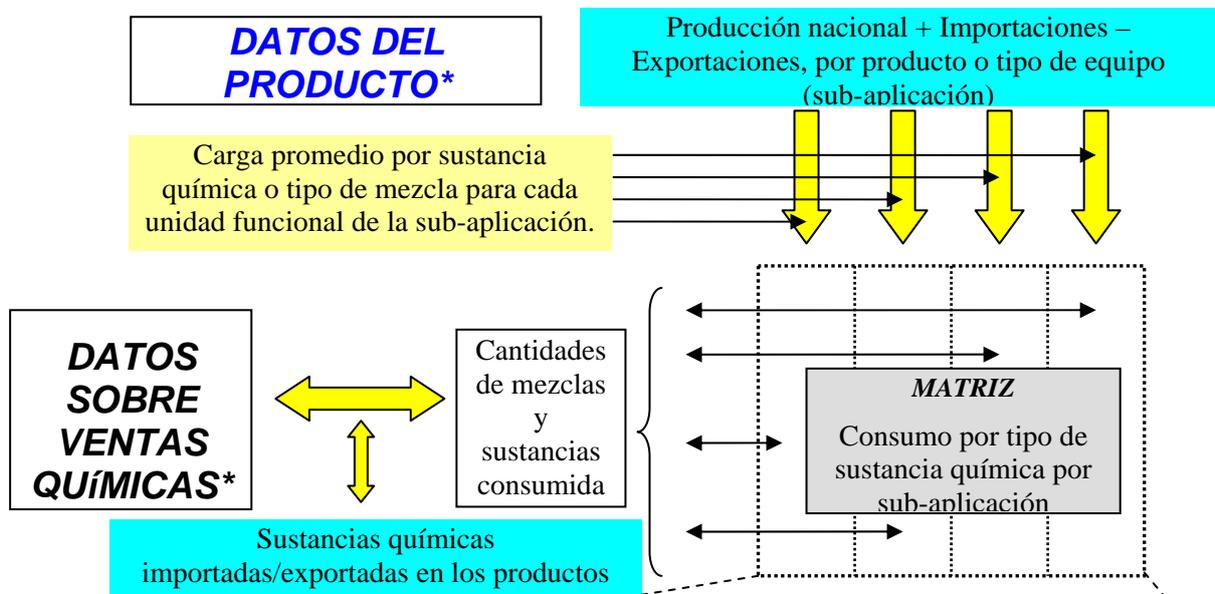
7.1.2.1 RESUMEN DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS SUSTITUTOS DE LAS SAO

NIVELES DE AGREGACIÓN DE LOS DATOS

Cada aplicación entre las discutidas más arriba puede dividirse en sub-aplicaciones. Al escoger un método para estimar las emisiones, es una *buena práctica* considerar el número y la pertinencia de las sub-aplicaciones, la disponibilidad de los datos y los patrones de emisión. Las aplicaciones que tienen una gran cantidad de sub-aplicaciones (la refrigeración tiene seis sub-aplicaciones mayores; las espumas tienen aún más) se beneficiarán generalmente de un nivel más alto de desagregación en sus conjuntos de datos a causa de las diferencias entre las sub-aplicaciones. En consecuencia, es probable que los compiladores del inventario favorezcan una estimación separada de emisiones para cada sub-aplicación con el fin de obtener estimaciones más rigurosas. En este capítulo, un enfoque semejante define un método de Nivel 2, mientras que los métodos que se aplican sobre la base de conjuntos de datos agregados al nivel de las aplicaciones, se clasifican todos como métodos de Nivel 1. Aun cuando existan pocas sub-aplicaciones, la estimación de las emisiones por sub-aplicación sigue siendo lo más apropiado debido a las diferencias respecto de los patrones de emisión, los usos químicos, las metodologías

de recopilación de datos y/o la disponibilidad de los datos. En el caso de la protección contra incendios, por ejemplo, ésta tiene sólo dos sub-aplicaciones mayores, pero cada una posee características de emisión únicas y con un método desagregado (de Nivel 2) se obtienen mejores estimaciones de las emisiones respectivas. Por otro lado, si los patrones de emisión de las sub-aplicaciones son similares y es difícil recopilar los datos bajo una forma desagregada, la estimación de las emisiones a un nivel agregado (Nivel 1) puede constituir un abordaje apropiado para producir estimaciones fiables de las emisiones. Por ejemplo, aunque existan varias sub-aplicaciones dentro de la aplicación de los aerosoles propulsores, para lograr buenos resultados puede ser suficiente estimar las emisiones al nivel de la aplicación, pues los patrones de emisión y las sustancias químicas utilizadas son similares.

Figura 7.1 Desagregación de los datos químicos en toda una aplicación



* Ambos son necesarios para las series temporales.

Consumo de sustancia química, banco o emisiones		Datos del producto para la aplicación						Etc.
		Sub-aplicación 1			Sub-aplicación 2			
		Producción nacional	+ Importaciones	- Exportaciones	Producción nacional	+ Importaciones	- Exportaciones	
Datos químicos para la aplicación	Sustancia química 1							
	Sustancia química 2			Completar cada celda (algunas pueden ser cero) con los datos de sustancias y productos según la disponibilidad. Para las mezclas, separar los datos según los componentes químicos individuales. Determinar si los datos sobre sustancias químicas incluyen a esa sustancia utilizada en las mezclas o no.				
	Sustancia química 3							
	Mezcla A							
	Mezcla B							
	Etc.							

TIPOS DE DATOS

Es importante decidir, al comienzo del proceso de estimación, sobre cómo y de dónde se recopilarán los datos. Los datos sobre las ventas de sustancias químicas (llamados a veces datos «de arriba hacia abajo» o verticales descendentes, [«top-down», en inglés]) vienen dados, típicamente, sustancia por sustancia, aunque esto pueda

aún complicarse debido al uso de mezclas. Es frecuente que los datos sobre mercados (llamados a veces datos «de abajo hacia arriba» o verticales ascendentes, [*«bottom-up»*, en inglés]) vengan dados como ventas de equipos o de productos al nivel de la sub-aplicación, aunque estarán afectados típicamente por la existencia de importaciones y exportaciones de tales equipos o productos. Estos datos requieren a menudo estar acompañados por una estimación sobre la parte de mercado que utiliza una tecnología determinada. Por ejemplo, ciertas sustancias químicas diferentes (incluso algunas no están sometidas a declaración), pueden utilizarse en la misma sub-aplicación. Además, la cantidad promedio de sustancia química utilizada por cada tipo de producto dentro de la sub-aplicación, puede variar. Ambas vías (la de las sustancias químicas y la de los productos) representan los dos ejes de una matriz y el enfoque desagregado exige que esa matriz sea llenada por completo (o casi completamente) (Figura 7.1). El llenado de esta matriz se logra típicamente utilizando combinaciones de ambos tipos de datos (esto es, datos «de arriba hacia abajo» y datos «de abajo hacia arriba»), comparando los resultados y ajustándolos según lo que sea más apropiado.

DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

A menudo surgen dificultades al recopilar datos para ambos métodos, el de Nivel 1 y el de Nivel 2, cuando los proveedores nacionales de sustancias químicas estiman que divulgar información genera problemas de confidencialidad. En la práctica, ésta ha sido una de las barreras mayores para lograr estimaciones fiables de las emisiones a la escala nacional.

Con el fin de superar algunas de estas restricciones, en años recientes se han realizado esfuerzos para desarrollar bases de datos mundiales y regionales que procuran información sobre los datos históricos y actuales de la actividad (consumo de sustancias químicas), por países, para aplicaciones y sub-aplicaciones específicas. El mérito de este enfoque es que estos datos pueden validarse frente a las ventas de sustancias químicas a escala regional, o incluso mundial, y evitar así menoscabar las restricciones de confidencialidad que exigen los proveedores. A medida que estas bases de datos se han ido desarrollando (por ejemplo, las que se desarrollan bajo la supervisión de los pertinentes comités de opciones técnicas del PNUMA, bajo el Protocolo de Montreal), han llegado a niveles cada vez mayores de sofisticación en los análisis sobre los patrones de uso, los cuales son a menudo bien comprendidos al nivel de las sub-aplicaciones (véase el Recuadro 7.1). Esto significa que los dos ejes de la matriz descrita anteriormente pueden ser abordados a partir de estos conjuntos de datos y que se puede facilitar el empleo de los métodos de Nivel 2 al nivel de los países, sin recurrir a una inversión masiva de recursos. Estos datos de la actividad pueden combinarse luego con datos sobre los factores de emisión por defecto o los factores de emisión específicos de los países, si están disponibles, para derivar las estimaciones apropiadas de las emisiones. Por supuesto, es importante ser cauto en el uso de tales bases de datos, así como escoger las fuentes reputadas y bien documentadas. Con todo, el uso de datos mundiales o regionales de este tipo puede proporcionar estimaciones fiables. Una estrategia alternativa consistiría en usar la información generada a partir de estas bases de datos para que sirva de referencia comparativa frente a la información recopilada nacionalmente.

En ambos casos, es importante que los datos se generen de forma coherente con los requisitos pertinentes de la generación de informes (p. ej., con el formato común para la generación de informes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)). Estos requisitos pueden variar con el tiempo durante la vida útil de estas *Directrices*. Por lo tanto, la estructuración de los conjuntos de datos de la actividad deberá lo suficientemente flexible como para adaptarse a tales cambios.

En algunas situaciones, la complejidad de la cadena de abastecimiento en sustancias químicas y en equipos puede presentar desafíos adicionales en relación con la disponibilidad de los datos. Como se destaca en la Sección 7.5, existe una variedad de contenedores que pueden ser utilizados para el abastecimiento del mercado de aire acondicionado móvil: desde los contenedores a granel para los fabricantes originales de equipos (OEM, del inglés, *Original Equipment Manufacturer*); a los contenedores intermedios para los centros de servicio de vehículos más comunes (10-15 kg.); hasta las pequeñas latas de 300-500g para el mercado del bricolaje. Puesto que los niveles de generación de desechos varían sustancialmente entre estos diferentes métodos de transporte en la cadena de abastecimiento, los compiladores del inventario deben considerar cómo evaluar las pérdidas en la práctica. El uso de contenedores no está limitado solamente al aire acondicionado móvil, sino que prevalece a menudo en otros sectores del mercado de los refrigerantes, de los aerosoles y en la extinción de incendios. Los compiladores del inventario pueden considerar el tratamiento del abastecimiento de los sustitutos de las SAO como elemento aparte del inventario. Sin embargo, aunque se siga este camino, se requerirá un conocimiento detallado de las sub-aplicaciones para comprender la variedad de los tamaños de contenedor utilizados y la proporción de cada cual. En consecuencia, se considera que lo más adecuado es evaluar las *pérdidas* desde los contenedores dentro de cada aplicación y sub-aplicación, aunque será de *buena práctica* comparar entre sí las pérdidas estimadas al interior de las diferentes aplicaciones y sub-aplicaciones que emplean contenedores de tamaño similar, para garantizar una cierta uniformidad de enfoque.

RECUADRO 7.1**BASES DE DATOS MUNDIALES Y REGIONALES PARA LOS SUSTITUTOS DE LAS SAO**

Típicamente, las bases de datos mundiales y regionales se desarrollan para aplicaciones específicas por expertos en el tema. Estos expertos tienen a menudo buenos contactos profesionales con las fuentes industriales y están familiarizados con el acceso a los estudios de mercado pertinentes y a otros informes que dilucidan los patrones de consumo de las regiones y de los países. Sobre la base de este conocimiento es posible cotejar los datos sobre productos de nivel regional e incluso, mundial, con los datos de consumo de sustancias químicas. Es frecuente que estas bases de datos contengan predicciones sobre consumos futuros, así como evaluaciones sobre el consumo actual. Esto las valoriza también como herramientas para el desarrollo de políticas. Sin embargo, es importante el mantenimiento adecuado y la verificación cruzada de esas bases de datos con los datos reales del consumo de sustancias químicas, en cuanto éstos estén disponibles, con el fin de asegurarse de que toda nueva tendencia u otras causales de discrepancia sean tomadas en cuenta y, en la medida de lo posible, resueltas de manera exhaustiva.

Por ejemplo, los miembros individuales de los comités de opciones técnicas del PNUMA (TOC, del inglés, *Technical Options Committees*), en virtud del Protocolo de Montreal, han preparado varios conjuntos de datos sobre las actividades mundiales que pueden asistir a los países en la preparación de las estimaciones de emisiones provenientes de las SAO. Las bases de datos particularmente pertinentes son las que se utilizan para asistir el desarrollo del Informe especial del IPCC/TEAP sobre la Protección de la capa de ozono y el Sistema Climático Mundial (*IPCC/TEAP Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System*): *Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons* (IPCC/TEAP, 2005), pues la información sobre el retiro de la circulación de las sustancias que agotan la capa de ozono tiene una pertinencia directa en relación con la estimación de la entrada en circulación de los sustitutos. Las hipótesis que fundamentan estos conjuntos de datos han sido documentadas en una serie de informes resumidos que pueden consultarse en <http://epa.gov/ozone/snap/emissions/index.html> (p. ej., Clodic D., Palandre, L., McCulloch, A., Ashford, P. y Kuijpers, L.. «*Determination of comparative HCFC and HFC emission profiles for the Foam and Refrigeration sectors until 2015.*» Report for ADEME and US EPA., 2004). Estos conjuntos de datos existentes han sido revisados por otros pares expertos dentro de los TOC y han sido utilizados por las Partes del Protocolo de Montreal para evaluar las transiciones en los mercados de sustancias químicas y en los patrones de uso de estos productos.

Si es difícil obtener los datos nacionales, los países pueden buscar en la base de datos sobre factores de emisión del IPCC, (EFDB), los conjuntos de datos como los analizados más arriba. Todas estas bases deben estar estructuradas para facilitar su empleo en la generación de informes para el inventario. Es probable que la EFDB llegue a ser la depositaria de una serie de tales bases de datos mundiales y/o regionales en el momento adecuado, ya sea como fuentes adicionales para aplicaciones ya cubiertas o con nuevas fuentes para aplicaciones no cubiertas anteriormente. Aunque la inclusión de las bases de datos en la EFDB proporciona la seguridad general de un proceso adecuado, es una *buena práctica* que los países garanticen que todos los datos tomados de la EFDB sean apropiados a sus circunstancias nacionales y que la revisión de pares sea suficiente para esta área de actividad compleja.

TIPOS DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

A diferencia de las *Directrices* anteriores, los dos métodos, el de Nivel 1 y el de Nivel 2, propuestos en este capítulo proporcionan emisiones *reales* en vez de las *potenciales*. Esto refleja el hecho de que toman en cuenta el lapso transcurrido entre el consumo de los sustitutos de las SAO y la liberación de las emisiones, el cual puede ser considerable, como se ha indicado anteriormente, en áreas de aplicación como las espumas de celdas cerradas, la refrigeración y los equipos de extinción de incendios. Este retardo se debe a que una sustancia química introducida en un producto nuevo puede fugarse sólo muy lentamente con el tiempo y, a menudo, no se libera antes del fin de su vida útil. Por ejemplo, un refrigerador doméstico emite apenas o nada de refrigerante por fugas durante toda su vida útil y la mayor parte de la carga no se libera hasta su eliminación, muchos años después de la producción. Aun entonces, la eliminación puede no implicar emisiones significativas si, tanto el refrigerante como el agente espumante del refrigerador se capturan para ser reciclados o destruidos.

El método de las emisiones *potenciales*, en el cual se supone que las emisiones son iguales a la cantidad de sustancia química virgen consumida anualmente en el país, menos la cantidad que se destruye o se exporta en el año en consideración, se presenta ahora sólo como un caso de referencia en la sección de CG/CC. Como se ha señalado más arriba, el método *potencial* no toma en cuenta la acumulación ni la posible liberación retardada⁴ de sustancias químicas en varios productos y equipos, lo cual implica que al corto plazo (p. ej., de 10 a 15 años), las

⁴ A veces, a partir de equipos y de productos que actualmente han sido convertidos y ya no utilizan las tecnologías de los halocarbonos.

estimaciones pueden llegar a ser muy inexactas. Por ello, no se considera una *buena práctica* utilizar el método *potencial* para las estimaciones nacionales.⁵

OPORTUNIDAD DE LAS EMISIONES Y SIGNIFICADO DE LOS BANCOS

En muchas aplicaciones, los sustitutos de las SAO, tales como los HFC y los PFC, cumplen con su propósito sólo si están confinados (p. ej., en la refrigeración y el aire acondicionado), mientras que en otras aplicaciones están destinados a la emisión (p. ej., en un propulsor de aerosol). Es importante comprender estas diferencias, de modo que pueda evaluarse con exactitud el año en el que se producirán las emisiones y que, en consecuencia, se puedan estimar con exactitud las emisiones *reales*.

Cuando las emisiones se producen dentro de los dos primeros años, se las suele denominar emisiones *rápidas*. Los ejemplos de aplicaciones y sub-aplicaciones que presentan emisiones rápidas incluyen a los aerosoles, los solventes en aerosol, las espumas de celdas abiertas y en algunos casos, los solventes sin aerosol. En general, las emisiones de las aplicaciones o sub-aplicaciones que generan emisiones *rápidas* pueden estimarse a través del consumo anual de la sustancia química, bajo la hipótesis que todas las emisiones ocurren dentro del primer o segundo año después del consumo. Por lo tanto, si para una sustancia química no se conoce el consumo anterior a una fecha determinada, las estimaciones de las emisiones de uno o dos años posteriores a esa fecha serán de todas maneras exactas y se ganará muy poco en exactitud al investigar o estimar el consumo de los años anteriores.

Cuando las emisiones ocurren con retardo, se llama *banco* a la diferencia acumulativa entre la cantidad de producto que se ha consumido en una aplicación o sub-aplicación y la cantidad que ya sido liberada. Las aplicaciones en que se generan típicamente los bancos incluyen la refrigeración y el aire acondicionado, la protección contra incendios y, frecuentemente, los solventes sin aerosol. La definición de un banco abarca todas las etapas del ciclo de vida útil en las cuales hay presencia de la sustancia química y puede extenderse incluso hasta las corrientes de desecho. A modo de ejemplo, un agente espumante que siga presente en los productos de espuma que ya hayan sido depositados en un vertedero, aún forma parte del banco, puesto que es una sustancia química consumida que aún no ha sido liberada. En la práctica, la totalidad de la sustancia química confinada en el equipo actualmente en uso constituye una buena aproximación del banco efectivo, pues para la mayoría de las sub-aplicaciones relacionadas con equipos (p. ej., la refrigeración y la protección contra incendios), es poco probable que éstas trasladen sus cargas hacia la corriente de desecho.

Se estima el tamaño de un banco en una aplicación o sub-aplicación típicamente a través de la evaluación del consumo histórico de una sustancia química y de la aplicación de factores de emisión apropiados. En los casos en los que existe más de una sub-aplicación, pero que se está implementando un método de Nivel 1, es necesario aplicar un factor de emisión compuesto. Sin embargo, en vista de las incertidumbres asociadas a tales factores compuestos de emisión, para las aplicaciones con muchas sub-aplicaciones se preferirán siempre los métodos de Nivel 2, en particular cuando éstas sean de naturaleza diferente.

A veces es posible estimar también el tamaño del banco a partir del conocimiento detallado de las existencias actuales de equipos o productos. Un buen ejemplo es el del aire acondicionado móvil, para el cual se puede disponer de estadísticas sobre vehículos que proporcionan información en términos de población de automóviles por tipo y por antigüedad, e incluso si hay equipos de aire acondicionado presentes. Con un conocimiento sobre las cargas promedio se puede derivar una estimación del banco, sin recurrir al conocimiento detallado sobre el consumo histórico de sustancias químicas, aunque por lo general, será siempre útil para efectuar verificaciones cruzadas.

ENFOQUES PARA ESTIMAR LAS EMISIONES

Aun entre las aplicaciones que retienen sustancias químicas de manera prolongada existen algunas distinciones significativas. En algunos casos (p. ej. la refrigeración) la cantidad de HFC o de PFC se conserva típicamente en el límite de llenado durante el mantenimiento rutinario. Si los equipos mantuvieran anualmente el límite de llenado y, además, el mercado se mantuviera estable (p. ej. sin crecimiento de las existencias de equipos), las emisiones efectivas serían equivalentes al consumo del año en cuestión. En tales circunstancias, no resulta necesario conocer las existencias precisas de los equipos, siempre y cuando, al nivel de las sub-aplicaciones, se conozca el consumo por tipo de HFC y PFC. Ésta es la base del enfoque del equilibrio de masas al cual este capítulo se refiere sistemáticamente como Enfoque B. En el Capítulo 1, Sección 1.5 de este volumen se puede encontrar más información sobre el método del equilibrio de masas. Sin embargo, el enfoque del equilibrio de masas no es apropiado para otras situaciones o para otros productos (p. ej., las espumas) donde el consumo se

⁵ En su tercera sesión, la Conferencia de las Partes de la CMNUCC afirmó: «...que se deben calcular las emisiones reales de los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre, cuando se disponga de los datos, y que esos cálculos deben utilizarse para declarar las emisiones. Las Partes deben hacer todo los esfuerzos posibles por determinar las fuentes de datos necesarias.» (Decisión 2/CP.3 - Cuestiones metodológicas relativas al Protocolo de Kyoto)

produce únicamente en el punto de fabricación, mientras que las emisiones, en cierta medida, pueden producirse de manera continuada durante todo el periodo de vida útil del producto. En tales casos, por lo general conviene volcarse hacia un enfoque de factor de emisión (es decir, hacia métodos basados en los datos de la actividad (consumo) y en sus factores de emisión). Tales métodos pueden implementarse tanto a niveles agregados (Nivel 1) como desagregados (Nivel 2) y este capítulo se refiere a ellos sistemáticamente como Enfoque A. De ahí que un método de Nivel 1a corresponderá a un enfoque por factor de emisión con un bajo nivel de desagregación, mientras que un método de Nivel 2b corresponderá a un enfoque de equilibrio de masas con un grado relativamente alto de desagregación (por lo menos al nivel de las sub-aplicaciones). Para más información sobre la elección entre el uso de un enfoque por equilibrio de masas y un enfoque por factor de emisión, refiérase al Capítulo 1, Sección 1.5. Por lo general, los enfoques por equilibrio de masas se consideran sólo para los sustitutos de las SAO almacenados o utilizados en contenedores a presión y hay muchas aplicaciones que ni siquiera se consideran con un Enfoque B. Para los casos en los que se considere el Enfoque B (p. ej. la refrigeración y la protección contra incendios) la elección del método se discute en la parte del Capítulo 7 que aborda la aplicación en cuestión.

Algunos de los métodos descritos para estas aplicaciones específicas pueden tener las características de ambos enfoques y el enfoque del equilibrio de masas puede emplearse para cotejar y validar los resultados de un enfoque de factor de emisión/datos de la actividad (consumo). En consecuencia, aunque para evitar confusiones, las convenciones de denominación no varíen en toda la discusión, puede suceder que algunos métodos reciban la etiqueta de Nivel 1a/b o de Nivel 2a/b, por considerarse que contienen elementos de ambos enfoques. Esto ocurre más comúnmente en el caso de los métodos de Nivel 1, cuando los datos son limitados y un enfoque puede servir para cotejar al otro.

En el Cuadro 7.2 se presenta un resumen de los tipos de datos necesarios para implementar los diferentes niveles y enfoques.

CUADRO 7.2 PANORAMA GENERAL DE LOS REQUERIMIENTOS DE DATOS PARA LOS DIFERENTES NIVELES Y ENFOQUES		
	Enfoque A (enfoque del factor de emisión)	Enfoque B (enfoque del equilibrio de masas)
Nivel 2 (estimación de las emisiones a un nivel desagregado)	<ul style="list-style-type: none"> Datos sobre ventas de sustancias químicas y patrones de uso por sub-aplicación [específicos del país o derivados mundial/regionalmente] Factores de emisión por sub-aplicación [específico del país o por defecto] 	<ul style="list-style-type: none"> Datos sobre ventas de sustancias químicas por sub-aplicación [específicos del país o derivados mundial/regionalmente] Datos históricos y actuales sobre ventas de equipos para importación/exportación, por sub-aplicación [específicos del país o derivados mundial/regionalmente]
Nivel 1 (estimación de las emisiones a un nivel agregado)	<ul style="list-style-type: none"> Datos sobre ventas de sustancias químicas por aplicación [específicos del país o derivados mundial/regionalmente] Factores de emisión por aplicación [específico del país o por defecto (compuesto)] 	<ul style="list-style-type: none"> Datos sobre ventas de sustancias químicas por aplicación [específicos del país o derivados mundial/regionalmente] Datos históricos y actuales sobre ventas de equipos ajustados para la importación/exportación, por aplicación [específicos del país o derivados mundial/regionalmente]

En las próximas seis secciones (Secciones 7.2 a 7.7), se incluyen los árboles de decisión de cada aplicación para ayudar a identificar las necesidades en datos y a seleccionar el enfoque para las sub-aplicaciones individuales, cuando éstas existen.

7.1.2.2 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Como ya se ha explicado, las emisiones de los sustitutos de las SAO pueden estimarse de varias maneras con grados diferentes de complejidad y de intensidad en los requerimientos de datos. En este capítulo se proporcionan los métodos de Nivel 1, con requerimientos menos intensivos de datos, basados típicamente en bajos niveles de desagregación, y los métodos de Nivel 2, con datos más intensivos que requieren mayores niveles de desagregación. Un tercer nivel (Nivel 3), basado en el monitoreo efectivo y en la medición de las emisiones de las fuentes por puntos es técnicamente posible para algunas sub-aplicaciones específicas, pero, para los sustitutos de la SAO, éste se emplea muy rara vez, o tal vez nunca, pues las fuentes por puntos son demasiado diversificadas. Por lo tanto, los métodos de Nivel 3 no serán abordados en este capítulo.

MÉTODOS DE NIVEL 1

Los métodos de Nivel 1 tienden a ser menos intensivos en el uso de los datos y menos complejos que los de Nivel 2 porque las estimaciones de las emisiones se efectúan generalmente al nivel de la aplicación en vez de discriminar por productos individuales o por tipos de equipos. Sin embargo, los enfoques propuestos varían considerablemente según las características de las aplicaciones específicas. Pueden existir enfoques de Nivel 1a, 1b y, en algunos casos, combinaciones de uno y otro (Nivel 1 a/b). Este último es con frecuencia el caso, cuando los datos son escasos. En efecto, los resultados de un enfoque de Nivel 1a pueden cotejarse mediante un método de Nivel 1b. Sin embargo, por regla general, los métodos más simples tienden a apoyarse principalmente en un enfoque de Nivel 1a (enfoque por factor de emisión) con un factor de emisión por defecto de hasta el 100 por ciento para las aplicaciones con liberación rápida.

Para el caso de los enfoques de Nivel 1, en general bastan los datos sobre ventas de sustancias químicas al nivel de la aplicación. Sin embargo, la discriminación entre los componentes de las mezclas puede representar un desafío considerable. Independientemente de la metodología de Nivel 1 que se escoja, los países deben declarar las emisiones de los HFC y de los PCF individuales. Por lo tanto, se requerirá información sobre el uso práctico de los diversos tipos comerciales de refrigerantes, agentes espumantes, solventes, etc., que contengan HFC y PFC. Muchos de estos productos son mezclas de dos o más HFC y/o PFC y la composición de los fluidos para propósitos similares puede variar según las fórmulas individuales desarrolladas por las diferentes compañías químicas.

Nivel 1a – Enfoque por factor de emisión al nivel de la aplicación

El Nivel 1a depende de la disponibilidad de los datos sobre la actividad básica al nivel de la aplicación, en vez del nivel de los equipos o de los tipos de productos (sub-aplicación). Estos datos de la actividad pueden consistir en datos sobre el consumo anual de una sustancia química, en el caso de las aplicaciones que presentan emisiones retardadas y que generan bancos de ese producto. Una vez que se han establecido los datos de la actividad al nivel de la aplicación, también se aplican los factores compuestos de emisión (véase la Sección 7.1.2.3) al nivel de la aplicación. Estos factores de emisión más agregados (p. ej., para las espumas rígidas) pueden corresponder a un promedio compuesto o ponderado de los factores de emisión desarrollados para el Nivel 2a que se aplican a los equipos individuales o a los tipos de productos, o bien, pueden validarse recurriendo a un enfoque por aproximación (p. ej., Gamlen *et al.* 1986).

La fórmula para calcular el Consumo neto dentro de un método de Nivel 1a es la siguiente:

<p>ECUACIÓN 7.1</p> <p>CÁLCULO DEL CONSUMO NETO DE UNA SUSTANCIA QUÍMICA EN UNA APLICACIÓN ESPECÍFICA</p> <p><i>Consumo Neto = Producción + Importaciones – Exportaciones – Destrucción</i></p>

Los valores del Consumo neto para cada HFC o PFC se utilizan entonces para calcular las emisiones anuales para las aplicaciones que presentan emisiones rápidas, de la manera siguiente:

<p>ECUACIÓN 7.2A</p> <p>CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE UNA SUSTANCIA QUÍMICA DE UNA APLICACIÓN ESPECÍFICA</p> <p><i>Emisiones Anuales = Consumo neto • EF Compuesto</i></p>
--

Donde:

Consumo Neto = consumo neto para la aplicación

EF Compuesto = factor de emisión compuesto para la aplicación

Nótese que, como se ha discutido en la sección Elección de los datos de la actividad, los compiladores del inventario pueden tener acceso a los datos sobre el consumo de una sustancia química a un nivel agregado en vez de datos por aplicación. En este caso, será necesario determinar en una etapa inicial cuál es la parte del consumo total que corresponde a cada aplicación.

En la Ecuación 7.1, *Producción* se refiere a la producción de una sustancia química nueva. Al estimar el consumo no se debe incluir el reprocesamiento de los fluidos recuperados. Las *Importaciones* y las *Exportaciones* incluyen las sustancias químicas a granel, pero es poco probable que para un método de Nivel 1, éstos contengan la cantidad de sustancias químicas confinadas en los productos, como los refrigeradores, acondicionadores de aire, materiales de embalaje, espumas aislantes, extintores de incendio, etc., a menos que se haya utilizado un sistema de atribución regional u otro método de aproximación. El término *factor de emisión compuesto* se refiere a un índice de emisión que resume los índices de emisión de diferentes tipos de equipos, de productos o, con mayor generalidad, de sub-aplicaciones dentro de un área aplicación de las SAO. Los factores

compuestos de emisión deben dar cuenta del montaje, la operación y, donde sea pertinente en la serie temporal, de las emisiones en la fase de eliminación.

Aunque en la actualidad la destrucción de los HFC y de los PFC vírgenes no sea una práctica difundida y en algunos casos esto pueda resultar técnicamente difícil (*UNEP TEAP Task Force on Destruction Technologies* (UNEP-TEAP, 2002)), este caso se debe incluir como opción eventual para reducir el consumo. Nótese que la destrucción de sustancias químicas vírgenes, tal como se considera aquí, se distingue de la destrucción de los HFC y los PFC en la fase de fin de vida útil, la cual es, en términos estrictos, una medida de reducción de las emisiones. Las emisiones de productos derivados durante la producción de los HFC y/o los PFC y las emisiones fugitivas relacionadas con la producción y la distribución deben calcularse por separado.

Aun en los métodos simples de Nivel 1a suele ser necesario dar cuenta del desarrollo potencial de bancos, cuando éstos puedan producirse. Los bancos corresponden a la cantidad de sustancias químicas que se han acumulado a lo largo del ciclo de vida útil, ya sea en la cadena de abastecimiento, en los productos, en los equipos y hasta en las corrientes de desecho, pero que no ha sido emitida al término del año más reciente. Los bancos pueden estimarse al nivel de las aplicaciones mediante algoritmos e hipótesis simples, siempre y cuando se conozca el Consumo neto histórico para cada año posterior a la introducción de la sustancia, o bien, si este periodo sobrepasa el tiempo de vida útil promedio del producto o equipo, el consumo neto durante ese tiempo de vida útil promedio. Para dar cuenta de las emisiones durante la vida útil de los productos o equipos, los factores de emisión pertinentes de la aplicación se aplican entonces a los bancos. Para los métodos de Nivel 2a se emplea este mismo proceso pero, en ese caso, al nivel de la sub-aplicación. La Sección 7.1.2.1 contiene más información general acerca de los bancos.

En los casos en los que se generan bancos, la Ecuación 7.2A se reemplaza entonces por la siguiente:

<p>ECUACIÓN 7.2B</p> <p>CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE UNA SUSTANCIA QUÍMICA DE UNA APLICACIÓN CON BANCOS</p> <p><i>Emisiones Anuales = Consumo Neto • EF_{PA} Compuesto</i></p> <p><i>+ Total Sustancia química en Banco • EF_B Compuesto</i></p>

Donde:

Consumo Neto = consumo neto para la aplicación

EF Compuesto_{PA} = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el primer año

Total sustancia química en banco = banco de la sustancia química para la aplicación

EF_B Compuesto = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el banco

Los factores compuestos de emisión se determinan calculando un promedio de los factores de emisión de sub-aplicación que corresponda, ponderado según la actividad de cada sub-aplicación. Los factores de emisión de las sub-aplicaciones pueden ser específicos del país, si se conocen, o pueden ser factores por defecto. En la práctica, si se conocen los datos de una sub-aplicación, los compiladores del inventario optarán por un Nivel 2 (enfoque desagregado). Si sólo se conocen los datos al nivel de la aplicación, se pueden emplear los factores de emisión compuestos proporcionados por otros estudios, o los factores de emisión compuesto por defecto proporcionados en este capítulo.

Nivel 1b – Enfoque por equilibrio de masas al nivel de aplicación

El enfoque por equilibrio de masas estima también las emisiones procedentes del ensamblado, la operación y la eliminación pero no utiliza factores de emisión. Emplea, en cambio, mediciones del consumo (es decir, las ventas) de cada sustancia química en el país o en la instalación considerada. En general, su uso se limita a los sustitutos de las SAO confinados en sistemas bajo presión. La ecuación general es la siguiente⁶:

<p>ECUACIÓN 7.3</p> <p>ECUACIÓN GENERAL DE EQUILIBRIO DE MASAS PARA EL NIVEL 1B</p> <p><i>Emisiones = Ventas anuales de productos químicos nuevos – (Carga total de los equipos nuevos</i></p> <p><i>– Carga original total de los equipos que se retiran)</i></p>
--

⁶ Condiciones límite: Si no hay una carga neta en la carga total de los equipos, entonces las ventas anuales son iguales a las emisiones. Si la carga neta en la carga total de los equipos es igual a las ventas anuales, entonces las emisiones son nulas.

La industria necesita comprar sustancias químicas nuevas a los fabricantes para reemplazar las fugas (vale decir, las emisiones) de los equipos actualmente existentes o que los equipos funcionen adecuadamente. Si las existencias de equipos no cambian de un año al otro, sólo el consumo anual de sustancias químicas puede proporcionar una estimación razonable de las fugas o emisiones reales. Sin embargo, el total de las existencias de equipos, y de las cargas que contienen, cambian de un año para otro. Parte de los equipos nuevos que contienen una sustancia química se introduce cada año y parte de los equipos antiguos, originalmente cargados, se retiran cada año de las existencias. Si la carga química total confinada en todos los equipos aumenta como resultado de este recambio anual, el consumo químico anual total sobreestima las emisiones (es decir, la carga confinada en los equipos nuevos es mayor que la carga original de los equipos que se retiran). Por el contrario, si la carga química total de todos los equipos disminuye, el consumo químico anual total subestimaré las emisiones.

Por lo tanto, para hacer un buen uso de los datos sobre las ventas anuales de sustancias químicas nuevas es necesario también estimar la carga total confinada en los equipos nuevos y la carga original confinada en los equipos que se retiran. La carga total de los equipos nuevos menos la carga original total de los equipos que se retiran representa el cambio neto en la carga de las existencias de los equipos. (Al usar el enfoque del equilibrio de masas, para calcular las emisiones *no* es necesario conocer la cantidad total de cada sustancia química presente en las existencias de los equipos.) Cuando el cambio neto es positivo, parte de la sustancia química nueva se está utilizando para satisfacer el aumento de la carga total y, por lo tanto, no se puede considerar que esta parte reemplace a las emisiones del año anterior.

La industria necesita también sustancias químicas nuevas para reemplazar el gas destruido y para constituir reservas. Además, no todos los equipos reciben un mantenimiento anual. A la ecuación general se le pueden agregar términos que den cuenta de estos factores, pero típicamente, éstos no se adoptan en los métodos simples de Nivel 1b.

Este enfoque se aplica más directamente a los equipos a presión utilizados en las aplicaciones de refrigeración, aire acondicionado y protección contra incendios, pues para éstos ocurre que las ventas de sustancias químicas están destinadas, como regla general, a compensar las emisiones operativas. Sin embargo, dado que el método básico es relativamente simple de aplicar, lo más típico es extender el enfoque al nivel de las sub-aplicaciones (es decir, a un método de Nivel 2b). En la descripción correspondiente a cada aplicación se proporcionan elaboraciones y modificaciones a este enfoque. En la práctica, lo más común es que los métodos de Nivel 1b se empleen para cotejar mejor los resultados de los métodos de Nivel 1a. Para los casos en los que faltan datos sobre el Consumo Neto básico, se han desarrollado bases de datos regionales e internacionales y modelos que atribuyen las ventas de sustancias químicas a los diferentes usos finales (sub-aplicaciones) al nivel de un país. Por lo tanto, estos recursos se pueden utilizar para extraer los datos pertinentes.

MÉTODOS DE NIVEL 2 – EMPLEADOS AL NIVEL DE LAS SUBAPLICACIONES

Existen dos versiones del método de Nivel 2 y ambos implican cálculos de emisiones para cada sustancia química individual y tipos de productos o equipos definidos al nivel de las sub-aplicaciones o dentro de una sub-aplicación. Los sustancias químicas individuales y los productos y/o equipos dentro de una sub-aplicación forman una matriz, descrita previamente en esta sección, y su análisis es comparable con los métodos empleados actualmente por el Estudio de aceptabilidad ambiental de los fluorocarbonos alternativos (AFEAS, del inglés, *Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study*) para los CFC, HCFC y los HFC (McCulloch, Midgley y Ashford, 2001 and 2003; Ashford, Clodic, Kuijpers y McCulloch, 2004).

Ambas versiones de la metodología de Nivel 2 cumplen las dos etapas generales siguientes:

- i. Cálculo o estimación de la serie temporal del consumo neto de cada HFC y PCF a un nivel relativamente detallado de productos y de equipos con el fin de establecer las bases del consumo para el cálculo de las emisiones. (p. ej., refrigeradores, otros equipos de refrigeración y aire acondicionado estacionarios, espumas instaladas en electrodomésticos, paneles aislantes, aislantes de tuberías, etc.)
- ii. Estimación de las emisiones mediante los datos de la actividad y los cálculos obtenidos para los bancos, derivados de la etapa (i), así como los factores de emisión que reflejan, ya sea las características únicas de emisión relacionadas con los diversos procesos, productos y equipos (Nivel 2a), o bien, para sostener el enfoque por equilibrio de masas, la información pertinente sobre los equipos nuevos y los que se retiran al nivel de las sub-aplicaciones (Nivel 2b).

La diferencia que existe entre el Nivel 2a y el Nivel 2b es la misma que se da entre el Nivel 1a y el Nivel 1b – en concreto, que los métodos de Nivel 2a emplean un enfoque por factor de emisión, mientras que los métodos de Nivel 2b obedecen a un enfoque por equilibrio de masas. Sin embargo, ambos necesitan ser implementados a un nivel de desagregación apropiado para el método de Nivel 2, típicamente al nivel de las sub-aplicaciones, por lo menos.

Si se dispone de los datos requeridos, para estimar las emisiones de los sustitutos de las SAO es preferible un método de Nivel 2, en particular cuando las sub-aplicaciones dentro del área general de aplicación son relativamente heterogéneas. Algunos países pueden disponer ya de la información pertinente para aplicar una metodología de Nivel 2. En la actualidad, puede suceder que otros países no tengan todavía acceso a los datos necesarios para el Nivel 2, pero se los alienta a poner en práctica procedimientos para recopilar los datos específicos del país o los datos derivados de la actividad regional o mundial, por sustancia química y por sub-aplicación, dentro del área de la aplicación (p. ej., los diferentes tipos de sub-aplicaciones de refrigeración y de aire acondicionado). Por contraste, el Nivel 1 requiere una recopilación de datos a un nivel de aplicación más agregado (p. ej., la refrigeración y el aire acondicionado en su totalidad).

Al usar un método de Nivel 2, uno de los primeros pasos que los países pueden decidir implementar es obtener una aproximación de primer orden sobre la información requerida para la etapa (i). Esto orientará los esfuerzos para una recopilación más focalizada en ciertas áreas de aplicaciones o sub-categorías. En el Cuadro 7.3 se presentan ejemplos de la distribución del consumo entre los HFC/PFC al nivel de la aplicación en 2002 para varias áreas de aplicación en algunos países seleccionados. Dado que para algunas aplicaciones los HFC y los PFC se han introducido en el mercado sólo recientemente, el volumen relativo del consumo en cada aplicación continuará cambiando con el tiempo y deberá ser actualizado regularmente al nivel de los países.

País	Refrigeración y aire acondicionado	Soplado de espumas	Solvente ^b	Protección contra incendios ^b	Propulsor de aerosoles ^b	Otras aplicaciones ^b
Austria	18%	81%	0%	1%	0%	0%
Dinamarca	81%	18%	0%	0%	1%	0%
Noruega	72%	11%	0%	16%	1%	0%
Suecia	48%	42%	0%	4%	6%	0%
Reino Unido	31%	22%	0%	9%	38%	0%

^a Datos declarados por la CMNUCC para 2002 y reafirmados en 2004

^b No siempre una declaración nula refleja una ausencia de uso, sino que puede reflejar una declaración realizada en otras categorías.

En esta sección, la *orientación de buenas prácticas* se ocupa de las variaciones del método de Nivel 2. Los métodos de Nivel 1 explicados anteriormente se consideran métodos por defecto para los casos en los que la aplicación no corresponda a una *categoría principal* y cuando la disponibilidad de los datos sea limitada. (Excepcionalmente, en los casos en que la Protección contra incendios esté identificada como una *categoría principal*, se empleará el método de Nivel 1a con datos de la actividad y un factor de emisión específicos del país.) En cada sub-sección de las Secciones 7.2 a 7.7 se estudia cómo aplicar estos métodos a las aplicaciones de SAO específicas, se revisan las fuentes de datos existentes y se identifican los vacíos que se observan en éstos.

Nivel 2a – Enfoque del factor de emisión

Los datos específicos del país que se requieren para el enfoque de Nivel 2a se derivan de la cantidad de productos y de usos finales pertinentes para cada sub-aplicación en la cual los sustitutos de las SAO están confinados y desde la cual estos sustitutos son finalmente emitidos. Para aplicar este enfoque se requiere información sobre la cantidad de unidades de equipos o productos que usan estas sustancias químicas, el promedio de las cargas químicas, el promedio de vida útil, los índices de emisión, el reciclado, la eliminación y otros parámetros pertinentes. Esta información se recopila generalmente al nivel de grupos definidos de productos o equipos (p. ej., para las espumas rígidas: piel integral, paneles continuos y discontinuos, electrodomésticos, productos de espumas inyectadas y otros). Las emisiones anuales se estiman luego como una función de estos parámetros a lo largo de la vida útil de las unidades o productos mediante la aplicación de los factores de emisión pertinentes para las fases del ciclo de vida útil. Dado que los equipos y otros productos varían significativamente en términos de la cantidad de sustancia química utilizada, de la vida útil en servicio y de los índices de emisión, la caracterización de estos equipos puede ser una tarea que exige un uso intensivo de los recursos. Mientras más longevidad presente el uso final de un equipo o producto, y mientras más diversos sean los tipos de equipos o de productos dentro de una sub-aplicación en particular, más complejo deberá ser el enfoque de los datos de fuentes originarias para que dé cuenta de las emisiones. Sin embargo, el enfoque puede proporcionar una estimación exacta de las emisiones si, para todos los tipos y antigüedades pertinentes de los equipos o productos, se dispone de los datos requeridos por la ecuación siguiente:

ECUACIÓN 7.4

$$\begin{aligned} \text{ECUACIÓN RESUMIDA DE EMISIONES BASADA EN LAS FASES DEL CICLO DE VIDA ÚTIL} \\ \text{Emisiones totales de cada PFC o HFC} = & \text{Emisiones de la fase ensamblado/fabricación} \\ & + \text{Emisiones de la fase operación} \\ & + \text{Emisiones de la fase eliminación} \end{aligned}$$

Las *emisiones de la fase de fabricación o de ensamblado* ocurren como emisiones fugitivas cuando se llenan los equipos nuevos por primera vez con una sustancia química o cuando se fabrica un producto. Las *emisiones de la fase operacional* desde los equipos o productos ocurren como fugas o por difusión durante la fase de uso del producto o equipo (incluido el mantenimiento). En algunos casos, durante la operación pueden producirse incluso liberaciones intencionales. Por último, las *emisiones de la fase eliminación* pueden ocurrir cuando el equipo o producto llega al término de su vida útil y es desmantelado y eliminado. En este caso, los HFC y/o PFC que permanecen en el producto o equipo pueden escaparse hacia la atmósfera, reciclarse o quizá ser destruidos.

Al igual que para el método de Nivel 1a, en algunas aplicaciones es necesario prever el desarrollo de bancos. Esto puede conducir a múltiples y complejos cálculos al nivel de las sub-aplicaciones, pues la dinámica de los bancos puede variar considerablemente. Sin embargo, debido a que los algoritmos individuales dependen de cálculos secuenciales simples para determinar el consumo que no se emite (esto es, consumo – emisiones para cada año sucesivo), con un modelo nacional bien concebido y bien mantenido pueden obtenerse excelentes estimaciones de las emisiones.

La necesidad de actualizar anualmente los inventarios de equipos y productos puede constituir uno de los mayores desafíos para los compiladores de inventarios que poseen recursos limitados. Si se dispone de un conjunto exhaustivo de otros parámetros del mercado (p. ej., la cantidad de refrigeradores domésticos producidos, etc.), puede resultar innecesario recopilar los datos de consumo químico anual y este desafío se verá algo aliviado. En algunos países o regiones, las asociaciones comerciales pueden ser fuentes significativas de tales datos. En el caso contrario, puede ser necesario un estudio de mercado específico. Allí donde estos parámetros de mercado son la fuente principal de datos de la actividad, la magnitud potencial de los errores que se pueden introducir a través de pequeñas discrepancias al nivel de las unidades hace que sea una *buena práctica* cotejar los datos sobre el consumo químico, como medio de proporcionar garantía de calidad. En este capítulo, en las secciones correspondientes de GC/CC, se brinda una orientación sobre cómo realizar estos cotejamientos para cada aplicación pertinente.

Para limitar el esfuerzo en materia de gestión de datos, tanto para los datos de consumo anual como para el estado de los bancos, es posible acceder a las bases de datos internacionales y regionales que contienen dicha información, con el fin de explotar las entradas de datos validadas al nivel mundial o regional que permitan mantener un modelo nacional. Estas bases de datos pueden ayudar también a superar cualquier barrera de confidencialidad que pueda surgir al recopilar y/o publicar datos de nivel nacional, en particular cuando la cantidad de proveedores es reducida. En la Sección 7.1.2.4 y en el Recuadro 7.1 se proporciona más información sobre el uso de tales bases de datos.

Aun cuando existan datos exhaustivos de la actividad específicos para un país, es una *buena práctica* realizar comparaciones de referencia de los resultados con las evaluaciones realizadas a partir de las bases de datos con datos derivados al nivel mundial o regional. Se debe hacer anualmente, pero puede abordarse razonablemente cada 2 ó 3 años. Esto permite analizar las discrepancias significativas y tomar las medidas adecuadas para resolverlas.

Nivel 2b – (Enfoque por equilibrio de masas)

Los enfoques por equilibrio de masas de Nivel 2 son similares a los descritos para el Nivel 1b, excepto que el proceso se implementa al nivel de las sub-aplicaciones. Es un enfoque particularmente valioso para el sector de la refrigeración, donde hay una cantidad significativa de sub-aplicaciones relativamente heterogéneas. Como es también el caso de los métodos de Nivel 1, no es inusual que se empleen enfoques por equilibrio de masas en combinación con enfoques por factor de emisión, para garantizar que los resultados obtenidos sean lo más sólidos posibles. Estos enfoques pueden ser descritos realísticamente como métodos híbridos de Nivel 2a/b y cuando aparezcan en las subsiguientes secciones pertinentes dedicadas a las aplicaciones específicas, serán identificados como tales.

Dado que en los enfoques por equilibrio de masas se requieren también los datos de la actividad al nivel de las sub-aplicaciones, para obtener datos apropiados y validados al nivel mundial o regional puede ser más rentable utilizar las bases de datos mundiales o regionales. A los métodos de Nivel 2b se les aplican los mismos criterios de selección que a los métodos de Nivel 2a. Por lo tanto, se deben tomar las mismas precauciones al seleccionar los conjuntos de datos validados.

7.1.2.3 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Todos los métodos que emplean el Enfoque A necesitan factores de emisión. En términos generales, los factores de emisión pueden ser de dos tipos:

1. Factores de emisión derivados de las mediciones efectivas de los productos o equipos al nivel nacional durante las diferentes fases de su ciclo de vida útil (*específicos de los países*).

o

2. Factores de emisión inferidos a partir de la experiencia más amplia al nivel mundial o regional (p. ej., *por defecto*)

El tipo de factor de emisión requerido depende del nivel de homogeneidad dentro de una sub-aplicación, del Nivel del enfoque que se esté implementando, de la dependencia de los factores de emisión respecto de las prácticas aplicadas, de la función que desempeñan los bancos y de la probabilidad de incidencia de circunstancias nacionales específicas. En algunos casos, la aplicación será o podrá ser considerada razonablemente totalmente emisiva, en cuyo caso el consumo neto para un año determinado corresponderá a la estimación de las emisiones para ese año (p. ej., muchas de las aplicaciones de aerosoles). Normalmente, en una situación como ésta, un factor de emisión por defecto será perfectamente adecuado. Sin embargo, en la mayoría de los casos que implican a los sustitutos de las SAO, se anticipa un retardo en las emisiones. En consecuencia, los factores de emisión deberán ser más sofisticados, en particular cuando se emplean al nivel de las sub-aplicaciones (Nivel 2).

Debido a que los métodos de Nivel 1 operan típicamente al nivel de las aplicaciones, es necesario utilizar factores de emisión compuestos, lo cual puede efectuarse sobre la base de los promedios ponderados de factores de emisión conocidos para la sub-aplicaciones (específicos del país o por defecto), o bien sobre la base de enfoques aproximativos validados. Puesto que la intención es que los métodos de Nivel 1 sean simples de aplicar, los compiladores del inventario tienen la opción de utilizar los factores de emisión compuestos existentes basados en el trabajo de otros. Los enfoques de Nivel 1a esbozados en las Secciones 7.2 a 7.7 ofrecen esta posibilidad.

Para los métodos de Nivel 2, los compiladores del inventario deben estar al tanto de las circunstancias específicas que afectan a las sub-aplicaciones en sus países. Aunque los tipos de productos y de equipos puedan ser similares en toda una región, o incluso mundialmente, pueden existir diferencias significativas en los factores de emisión a lo largo del ciclo de vida útil del producto o equipo. Tales diferencias pueden surgir de los factores climáticos, de los métodos de construcción, de los enfoques de la reglamentación y, en particular, de los métodos de mantenimiento cuando corresponda. Un factor adicional que debe ser considerado en muchos países es el de la gestión de la eliminación de los productos y equipos al término de su vida útil, lo cual puede ejercer un efecto profundo en el total de las emisiones. Las sustancias químicas que permanecen en los sistemas es esta etapa pueden constituir el 90 por ciento o más de la cantidad originalmente utilizada. En las secciones pertinentes sobre las aplicaciones se abordan los problemas específicos relacionados con los factores de emisión.

Por esto, los compiladores del inventario deben garantizar que sus derivaciones tomen en consideración estas

fuentes potenciales de variaciones. A menudo, la mejor manera de hacerlo es comparando las selecciones con las escogidas por otros países con circunstancias similares. En este capítulo, este tema se destaca en las secciones específicas dedicadas a las aplicaciones, cuando se considera que la variación de los factores de emisión es significativa (p. ej., la distinción entre la experiencia de los países desarrollados y la de los países en desarrollo con equipos de refrigeración).

Un soporte adicional para los compiladores del inventario es la inclusión de los factores de emisión más significativos en la base de datos de factores de emisión (EFDB) administrada por el IPCC. Un amplio proceso de revisión editorial garantiza que los factores de emisión enumerados en la EFDB hayan sido examinados adecuadamente para asegurar su solidez. Dado que los factores de emisión de la EFDB tienden a ser ajustados menos frecuentemente que los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente, en general el proceso de revisión puede mantenerse al día con los desarrollos, lo cual garantiza que los valores listados sean muy actuales.

7.1.2.4 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Para los sustitutos de las SAO, los datos de la actividad consisten en las cantidades netas de cada sustancia química que se consume anualmente en un país en una aplicación, en una sub-aplicación o en los tipos más detallados de equipos y/o productos. Al adoptar un método de Nivel 2a, a menudo es necesario recopilar los datos de la actividad para la cantidad de unidades de un tipo particular de equipo o producto existente, con el fin de estimar la cantidad de sustancias químicas consumidas o que se integra a los bancos.

Allí donde sea probable que se produzcan bancos de sustancias químicas, es necesario también disponer de información sobre los patrones históricos de consumo neto anual, ya sea a partir del año de introducción de la sustancia química o a lo largo de la vida útil promedio de los productos o equipos dentro de la aplicación o sub-aplicación. Esto permite calcular el banco acumulativo en los casos en los que deban aplicarse los factores de emisión (métodos de Nivel 1a o 2a).

Como se ha indicado anteriormente, al estimar el consumo no se debe incluir el reprocesamiento de los fluidos recuperados. Las importaciones y las exportaciones incluyen no sólo las sustancias químicas a granel, sino, en particular para los métodos de Nivel 2, pueden incluir también las sustancias químicas confinadas en los productos, como los refrigeradores, acondicionadores de aire, materiales de embalaje, espumas aislantes, extintores de incendio, etc., según que se haya empleado o no una asignación regional. Por lo general, resulta manifiestamente difícil obtener datos sobre los HFC y los PFC confinados en los productos o equipos, a menos que se haya establecido un régimen aduanero específico para abordar este tema. Si se llega a instaurar esta práctica, lo será probablemente sólo en conjunción con la implementación de un método de Nivel 2 y es improbable que esté disponible para los métodos de Nivel 1, lo cual hace que tenga una importancia excepcional disponer de los datos derivados mundial o regionalmente, al menos para cotejarlos, si se espera un comercio significativo de productos o equipos.

Estos datos sobre consumo neto (actividad) derivados mundial o regionalmente pueden obtenerse de los conjuntos de datos existentes en las bases de datos regionales y mundiales. Bajo este enfoque, los datos sobre ventas de sustancias químicas se atribuyen a veces a partir de información de consumo regional más amplia, sobre la base de algunos factores geo-económicos tales como población, PIB o número de viviendas. Al emplear este método de atribución basado en el mercado, puede no ser necesario tomar en cuenta los HFC y los PFC confinados en los productos importados o exportados, si el tratamiento regional implica la anulación del comercio neto intra-regional (es decir, si las importaciones y exportaciones de productos que contienen HFC y PFC dentro de una región están aproximadamente equilibradas). Si el comercio extra-regional es significativo, entonces los HFC y los PFC confinados en los productos deberán ser considerados más cuidadosamente.

Puesto que los datos de la actividad son más proclives al cambio anual que los factores de emisión, la fuente de los datos derivados mundial o regionalmente que utilicen los compiladores del inventario tiene que ser actualizada con regularidad. Las bases de datos mundiales fiables que ofrecen esta información se cotejan regularmente con los datos sobre ventas mundiales para las sustancias químicas y las sub-aplicaciones individuales, lo que garantiza así una validación regular. Al acceder a estas bases de datos, es una *buena práctica* que los compiladores del inventario garanticen que la información que reciben haya sido validada de esta manera. Como se indica en el Recuadro 7.1, Bases de datos mundiales y regionales para los sustitutos de las SAO, la inclusión en la EFDB del IPCC indica la adhesión general al proceso debido, pero es una *buena práctica* que los países garanticen que todos los datos tomados de la EFDB sean los apropiados para sus propias circunstancias nacionales.

Consideraciones específicas para recopilar los datos de la actividad específicos del país.

La recopilación de datos de la actividad específicos del país requiere un inventario del consumo neto de los HFC y/o PFC para cada sustancia química y, cuando las emisiones son retardadas respecto del consumo, un inventario

de las sustancias químicas confinadas en los bancos. Algunos compiladores del inventario pueden tener acceso a los datos nacionales publicados en revistas comerciales o en informes técnicos. Si estos datos no están directamente disponibles, pueden estimarse mediante un estudio especial para estimar el inventario de las unidades o sustancias químicas existentes. Los grupos de expertos pueden facilitar también la generación de esta información. Hay que preocuparse de garantizar que se comprende el alcance de todo conjunto de datos que se haya citado y que toda carencia restante ha sido identificada.

Los compiladores del inventario pueden decidir también realizar estudios anuales para actualizar sus inventarios sobre los diferentes equipos y/o productos. Una alternativa para esto puede consistir en calcular o estimar el crecimiento de la producción para cada una de las sub-aplicaciones consideradas. Los datos tienen que reflejar las nuevas unidades que se introducen cada año y las unidades antiguas o en mal estado de funcionamiento que se retiran.

Los datos sobre el uso nacional de sustancias químicas se obtienen más fácilmente que los datos sobre la cantidad de equipos responsables de las emisiones, siempre y cuando no intervengan restricciones de confidencialidad. Siempre es una *buena práctica* obtener datos sobre el total de las ventas anuales a partir de los fabricantes o de los importadores de sustancias químicas. Es probable que las mejores fuentes de datos sobre la carga total de los equipos nuevos sean los fabricantes de equipos o las asociaciones comerciales que los representan. Para el caso de la carga total de los equipos que se retiran, es esencial estimar u obtener información sobre (i) la vida útil de los productos y/o equipos y, (ii) ya sea, (a) las ventas históricas de productos y/o equipos y el promedio histórico del tamaño o la formulación de la carga acumulada, o bien, (b) la tasa de crecimiento de tales ventas y tamaños de las cargas durante el periodo en cuestión, allí donde esta información se conozca para el año en curso.

Es probable que los compiladores del inventario de los países que importan todos o la mayoría de las sustancias químicas nuevas consumidas se confronten a diferentes problemas de disponibilidad de los datos, en comparación con los de aquellos países con una producción nacional significativa de sustancias químicas. Si la mayoría de las sustancias químicas son importadas, ya sea a granel o dentro de los equipos y productos, para calcular las emisiones será necesario disponer de algunos datos sobre las importaciones. En el caso ideal, las autoridades aduaneras deberían actualizar y poner a disposición las estadísticas sobre importaciones de sustancias químicas. Para algunos productos, como las espumas y los aerosoles, puede suceder que las autoridades aduaneras no estén en condiciones de determinar el tipo de sustancia química confinada en el producto (p. ej., los hidrocarburos versus los HFC en los aerosoles) ni la presencia de la sustancia en los equipos importados (p. ej., las espumas de celdas cerradas en los refrigeradores). En tales casos, puede ser necesario recopilar o estimar los datos con ayuda de los distribuidores más importantes y de los usuarios finales.

Como ya se ha indicado previamente en esta Sección, la capacidad de obtener los datos de la actividad específicos del país y la información sobre los bancos sobre una base coherente al nivel del país, puede verse restringida por problemas tales como la confidencialidad, la falta de redes industriales consumidoras y la falta de información comercial sobre los productos que contienen HFC y/o PFC. A menudo, la conciliación de datos se logra mejor recurriendo al nivel regional e incluso, en algunos casos, al nivel mundial. Nótese, a propósito de este comentario, que el uso de datos específicos del país y de datos derivados mundial o regionalmente no constituye específicamente una elección de «uno o el otro». En muchos casos, el desarrollo de un inventario general de un país puede basarse en una combinación de datos obtenidos de ambas fuentes. Como fuere, se estimula activamente, como *buena práctica*, el empleo de unos para verificar los otros.

Consideraciones específicas para el empleo del enfoque por equilibrio de masas (Nivel 1b o 2b)

Para los datos de la actividad requeridos por el enfoque por equilibrio de masas (Nivel 1b o 2b), la atención se concentra en el despliegue de las sustancias químicas en vez de en las fuentes de las emisiones. Estos datos de la actividad incluyen las ventas anuales de sustancias químicas nuevas, la carga total de los equipos nuevos y la carga total de los equipos que se retiran. Si no se dispone de estos datos al nivel nacional, se pueden usar los datos derivados mundial o regionalmente, al igual que para el Enfoque A (enfoque por factor de emisión). Dado que el enfoque por equilibrio de masas suele estar reservado para las aplicaciones de los equipos bajo presión en la refrigeración, aire acondicionado y protección contra incendios, es útil saber que para éstos ya existen bases de datos completas a nivel mundial.

Dependencia temporal de los datos contenidos en estas Directrices

Los productos y equipos en los cuales se emplean sustitutos de la SAO han cambiado significativamente a través del tiempo y se espera que estos cambios continúen. En consecuencia, se debe recordar que, para los datos de la actividad y los factores de emisión por defecto contenidos en estas *Directrices*, al determinar las emisiones globales, los datos de la actividad resultan componentes más volátiles que los factores de emisión. Por lo tanto, toda información por defecto sobre la actividad contenida aquí, «envejecerá» más rápidamente y conducirá a mayores inexactitudes con el paso del tiempo, a menos que se vayan haciendo ajustes adecuados al crecimiento

del mercado. Las bases de datos mundiales y regionales sobre los sustitutos de la SAO, indicadas en el Recuadro 7.1, generalmente reflejan estos cambios. En los casos en los que las transiciones de las SAO estén todavía previstas para el futuro, la adopción de datos estáticos sobre la actividad puede conducir a errores muy significativos en las proyecciones sobre las emisiones.

7.1.2.5 EXHAUSTIVIDAD

La exhaustividad está asegurada en gran medida para los sustitutos de las SAO como resultado del empleo de patrones de uso bien documentados respecto de las SAO en sí mismas y por el hecho que los datos de la actividad, evaluados al nivel de las aplicaciones y de las sub-aplicaciones, pueden validarse por comparación con el total de las ventas de sustancias químicas. Éste es particularmente el caso de los HFC y de los PFC que se emplean sólo como sustitutos de las SAO. Sin embargo, es importante aún poder identificar todos los HFC y PFC en uso. En el Cuadro 7.1 se presenta un panorama general de los principales HFC y PFC que han de ser considerados, pero la lista puede no ser exhaustiva cuando se trate de componentes de mezclas, los cuales poseen a menudo una composición compleja.

Existe un conjunto de emisiones que no está cubierto rutinariamente por esta categoría de fuente y es el de las emisiones que surgen de la producción de sustancias químicas en sí. Sin embargo, los métodos para evaluar estas emisiones están cubiertos en el Capítulo 3, Sección 3.10.

Es posible que las emisiones sobrepasen el consumo (la actividad) de un año determinado, debido a las emisiones provenientes de los bancos acumulados y, por lo tanto, la exhaustividad de las declaraciones de emisiones puede establecerse sólo con los enfoques de Nivel 2, graficando las emisiones acumulativas versus la actividad acumulativa para la totalidad del periodo en que se ha producido el consumo y las consiguientes emisiones (es decir, el consumo acumulativo es igual a las emisiones acumulativas, más el banco actual y menos la destrucción acumulativa).

7.1.2.6 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Se estimula a los compiladores del inventario que hayan preparado estimaciones básicas (de Nivel 1) en el pasado, a desarrollar las capacidades para preparar estimaciones de Nivel 2 en el futuro. Es una *buena práctica* garantizar que en la misma serie temporal se incluyan sólo las estimaciones de las emisiones reales. Si han cambiado de enfoque, los compiladores del inventario deben recalcular las emisiones históricas con el método preferido real. Puesto que todos los enfoques de Nivel 1 y Nivel 2 son ahora métodos para emisiones reales, la mezcla de los enfoques para las diferentes aplicaciones o sub-aplicaciones no constituye un problema. Sin embargo, si anteriormente se han utilizado emisiones potenciales, debe recalcularse la serie temporal. Si no se dispone de datos, para garantizar la coherencia hay que reconciliar ambos métodos, siguiendo la orientación del Volumen 1 Capítulo 5 sobre la repetición de los cálculos. Para garantizar la transparencia, es una *buena práctica* proveer una documentación completa sobre esta repetición.

Generalmente, los factores de emisión provienen de los datos históricos sobre otras sustancias químicas (p. ej., los CFC) utilizados en los mercados establecidos. Cuando se incorporan nuevas sustancias químicas (p. ej., los sustitutos de la SAO), es preciso adaptar estos factores. Actualmente se dispone de datos nacionales sobre la implementación del año de base (o pueden calcularse con una incertidumbre conocida).

7.1.3 Evaluación de incertidumbre

Durante un largo periodo (más de 50 años en algunas aplicaciones) las emisiones acumulativas de los sustitutos de la SAO al interior de un país tienden a igualar el consumo acumulativo en el mismo periodo, a menos que se practique una significativa recuperación al término de la vida útil. Para un año dado, es muy difícil estimar la cuantificación de la incertidumbre para las SAO, debido al gran número de fuentes diferentes y a la diversidad de los patrones de emisión. Para los métodos de Nivel 1b y 2b, la incertidumbre general estará relacionada directamente con la calidad y la exhaustividad de los datos sobre ventas e importaciones de sustancias químicas, ya sea al nivel de las aplicaciones o al de las sub-aplicaciones. Estos factores serán igualmente importantes para los métodos de Nivel 1a, pero en este caso habrán fuentes adicionales de incertidumbre debidas al empleo de factores compuestos de emisión y al uso de otras hipótesis para completar los algoritmos específicos. Para el método de Nivel 2a, la incertidumbre reflejará la exhaustividad de la inspección de los equipos y la adecuación de los factores de emisión desarrollados para caracterizar las emisiones al nivel de las sub-aplicaciones. En las secciones separadas que tratan de las seis áreas subsiguientes de aplicación, se proporcionan más consejos relativos a las incertidumbres.

7.1.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), Generación de informes y documentación para todas las aplicaciones de los sustitutos de las SAO

7.1.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD/CONTROL DE CALIDAD (GC/CC) PARA TODOS LOS SUSTITUTOS DE LAS SAO

Es una *buena práctica* efectuar verificaciones de control de calidad como se indica en el Volumen 1, Capítulo 6, así como una revisión de expertos de las estimaciones de emisiones. También pueden ser aplicables verificaciones adicionales de control de calidad, como las esbozadas en el Volumen 1, así como procedimientos de garantía de calidad, en particular si al determinar las emisiones de estas aplicaciones o sub-aplicaciones se utilizan métodos de nivel superior. Se estimula a los compiladores del inventario a utilizar procedimientos de GC/CC de nivel superior para las *categorías principales* identificadas en el Volumen 1, Capítulo 4. Más abajo se esbozan procedimientos específicos pertinentes para esta categoría de fuente, como complemento de la orientación del Volumen 1.

Aun cuando se pongan en práctica estas medidas para manejar los datos de la actividad, los datos sobre las emisiones reales no se conocerán nunca con exactitud, independientemente del grado de refinamiento de los métodos de estimación. Por lo tanto, para lograr la concordancia a través del tiempo, debe efectuarse a intervalos regulares un cotejamiento de las cifras sobre las emisiones integradas con el consumo neto real de los HFC y/o PFC, junto con una evaluación del contenido de los bancos durante el mismo periodo, así como un reajuste de los factores de entrada.

Comparación de las estimaciones de emisiones obtenidas mediante los diferentes enfoques

Cuando sea apropiado, los compiladores del inventario deben comparar las estimaciones basadas en los equipos y/o productos al nivel de las sub-aplicaciones (Nivel 2a) con los resultados del enfoque por equilibrio de masas de Nivel 1b o 2b, pues los factores de emisión al nivel de los productos poseen una incertidumbre asociada intrínseca. Esta técnica también minimiza la probabilidad de que algunos usos finales no sean tomados en cuenta en los enfoques basados en los equipos y/o productos.

Estimación de las emisiones potenciales como situación hipotética de referencia

Los compiladores del inventario pueden utilizar también una situación hipotética de referencia con emisiones potenciales para verificar las estimaciones reales de Nivel 1 o de Nivel 2. Al considerar el desarrollo de modelos de contabilización que pongan en concordancia las estimaciones de las emisiones potenciales y de las emisiones reales, con el tiempo, los compiladores del inventario podrán mejorar la determinación de los factores de emisión específicos del país. Cuando se aborde conjuntamente con las estimaciones de las emisiones reales, a partir de la determinación de las concentraciones atmosféricas, esta situación de referencia puede ayudar a monitorear el crecimiento de los gases de efecto invernadero confinados en los bancos, producto de los retardos en las emisiones y, por lo mismo, a mantener un seguimiento de los probables inconvenientes ambientales futuros. Este medio crucial de verificación por equilibrio de masas es particularmente efectivo para los HFC y los PFC, debido a sus características únicas y a la falta de fuentes naturales.

Las emisiones potenciales de una cierta sustancia química son iguales a la cantidad de sustancia química virgen consumida en el país anualmente menos la cantidad de sustancia química recuperada para la destrucción o la exportación durante el año considerado. (Véase la Sección 2 de este volumen.) Todas las sustancias químicas consumidas serán emitidas eventualmente hacia la atmósfera a través del tiempo si no son encapsuladas de manera permanente, convertidas químicamente o destruidas⁷. A largo plazo (más de 50 años para algunas aplicaciones), las emisiones potenciales acumulativas serán iguales a las emisiones efectivas acumulativas en aquellas aplicaciones que cesan de usar los HFC y/o los PFC y en las cuales no se practica ni la captura ni la destrucción.

Dado que para la mayoría de las áreas de utilización, como la refrigeración y las espumas, se piensa que la acumulación es el proceso dominante del presente, los cálculos de las emisiones potenciales sobreestimarán fuertemente las emisiones y resultan inadecuados como método formal aplicable a la generación de los informes anuales.

El error se minimiza cuando transcurre un tiempo suficiente para que los equipos y productos que contienen HFC y/o PFC comiencen a ser retirados, aunque aún entonces, el índice de las emisiones subsiguientes pueda depender de la estrategia escogida para el término de la vida útil. Sin embargo, mientras las emisiones estén retrasadas respecto del consumo y éste siga creciendo, la sobreestimación persistirá. El error es nulo sólo si no hay retardo en las emisiones o si la tasa de crecimiento del consumo es nula durante una periodo largo.

Verificación de los datos nacionales de la actividad

Para el método de Nivel 2, los compiladores del inventario deben evaluar los procedimientos de GC/CC asociados con la estimación de los inventarios de equipos y productos, sean éstos específicos del país o derivados mundial o regionalmente, para garantizar que sean conformes a los procedimientos esbozados en el plan de GC/CC y que se hayan utilizado procedimientos de muestreo representativos. Esto es particularmente importante para los tipos de equipos y/o productos con sustitutos de las SAO, debido al gran tamaño de la población de equipos y productos.

Para el método de Nivel 1b (equilibrio de masas), los compiladores del inventario deben evaluar y referir los procedimientos de GC/CC efectuados por las organizaciones responsables de producir información sobre el despliegue de las sustancias químicas. Los datos sobre las ventas pueden provenir de los fabricantes de gases, importadores, distribuidores o asociaciones comerciales. Si el procedimiento de GC asociado con los datos secundarios es inadecuado, entonces el compilador del inventario debe establecer sus propias verificaciones de GC para los datos secundarios, reevaluar la incertidumbre de las estimaciones de las emisiones derivadas de los datos y reconsiderar la manera de utilizarlos.

Verificación de los factores de emisión

Idealmente, los factores de emisión empleados para el método de Nivel 2a deben estar basados en estudios específicos del país. Cuando se emplee esta metodología, en respaldo de los métodos de Nivel 2a, los compiladores del inventario deben comparar estos factores con los factores por defecto y con todos los valores que puedan estar contenidos en la EFDB o en otras bases de datos. Deben determinar si los valores específicos del país son razonables, dadas las similitudes o diferencias entre las circunstancias nacionales que rodean la sub-aplicación en particular y aquellas que corresponden a las hipótesis para los valores por defecto. Toda diferencia entre los factores específicos del país y los factores por defecto debe ser explicada y documentada.

7.1.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN PARA TODAS LAS APLICACIONES DE LOS SUSTITUTOS DE LAS SAO

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales, como se indica en el Volumen 1, Sección 6.11.

Como se ha discutido más arriba, los compiladores del inventario deben preparar y declarar las estimaciones de las emisiones reales para tantas sub-aplicaciones como sea posible. Esta tarea es asistida actualmente por la disponibilidad de los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente en las bases de datos regionales y mundiales (véase el Recuadro 7.1), conjuntamente con los factores de emisión para varias sub-aplicaciones contenidos en la EFDB. En el caso de aquellos tipos de equipos y/o productos para los cuales no es posible

⁷ La destrucción de los fluorocarbonos puede ser costosa, pero existen varios procesos de destrucción recomendados por las Partes del Protocolo de Montreal: la incineración por inyección líquida; la escisión en reactores; la oxidación de gases y/o humos; los incineradores de horno rotatorio, la destrucción por plasma; los incineradores municipales de desechos (sólo para las espumas).

preparar estimaciones de las emisiones reales al nivel de las sub-aplicaciones (es decir, estimaciones de Nivel 2), aún con la ayuda de este soporte adicional, los compiladores del inventario deben preparar y declarar las estimaciones de las emisiones reales utilizando los métodos de Nivel 1, al nivel de la aplicación.

La cuestión del equilibrio entre la preservación de la confidencialidad y la transparencia de los datos debe ser abordada cuidadosamente. Una agregación cuidadosa de los datos puede resolver algunos problemas, pero esto requerirá que los resultados sean validados por otros medios (p. ej., una auditoría por terceros independientes). Cuando los datos se hayan agregado para preservar la confidencialidad de la información que es propiedad industrial, se deben proporcionar explicaciones cualitativas para indicar el método y el enfoque utilizados para la agregación.

7.2 SOLVENTES (SIN AEROSOL)

7.2.1 Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación

Los HFC se emplean hoy en aplicaciones de solventes en un grado mucho menor que el uso del CFC-113 anterior a su retiro de la circulación y aún se utilizan PFC en raras ocasiones. Los usos de los HFC y/o PFC como solventes se producen en las cuatro principales áreas siguientes:

- (i) Limpieza de precisión;
- (ii) Limpieza en la electrónica;
- (iii) Limpieza de metales;
- (iv) Aplicaciones de deposición.

Los HFC se utilizan típicamente en forma de azótropos u otras mezclas para la limpieza con solvente. El HFC más comúnmente utilizado es el HFC-43-10mee, con algún empleo del HFC-365mfc, el HFC-245fa (como solvente aerosol⁸) y el heptafluorociclopentano (U.S. EPA, 2004b).

Esto permite ajustar el equilibrio entre una limpieza eficaz y la compatibilidad con los materiales que constituyen la pieza trabajada. El material puro no posee la potencia limpiadora del CFC-113, pues no hay átomos de cloro presentes en la molécula. En general, los perfluorocarbonos no son muy útiles para la limpieza, pues son esencialmente inertes, tienen un PCA muy elevado y poco poder para disolver los aceites, excepto los aceites fluorados y las grasas fluoradas utilizadas para la deposición uniforme de materiales que actúan como lubricantes en la fabricación de discos duros. En consecuencia, los PFC se usan muy raramente en el sector de los solventes, como fluidos de inertización para los sistemas de limpieza con 2-propanol (por la sección militar de *British Aerospace*) o en el actualmente obsoleto sistema de co-solventes heterogéneos para el desgrasado avanzado al vapor (AVD, del inglés, *Advanced Vapour Degreasing*). Estos PFC pueden utilizarse como fluidos de inertización y protección para evitar las pérdidas de otros fluidos primarios más costosos en los sistemas de soldadura de doble fluido en fase vapor. Los PFC pueden utilizarse como el único fluido activo en los sistemas de soldadura de fluido simple en fase vapor. En el sector de la fabricación de componentes, se utilizan los PFC para los ensayos de estanqueidad de los componentes sellados. Más información sobre el uso de los PFC en la industria electrónica se encuentra en el Capítulo 6 de este volumen.

En general, los principales fabricantes de PFC han convertido a los antiguos usuarios de los PFC al uso de los HFC o del hidrofluoroéter (HFE) en las aplicaciones de limpieza.

7.2.2 Cuestiones metodológicas

7.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Las emisiones provenientes de las aplicaciones de solventes han sido consideradas históricamente como emisiones *rápidas*, pues el 100 por ciento de la sustancia química se emite típicamente dentro de los dos años siguientes al empleo inicial. IPCC (2000). Para estimar las emisiones, en tales casos es necesario conocer la cantidad total de cada HFC o PFC vendido cada año en los productos de solventes. Las emisiones de HFC y PFC provenientes de los usos en solventes pueden calcularse para el año t , de la manera siguiente:

ECUACIÓN 7.5
MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES PARA LOS USOS EN SOLVENTES

$$Emisiones_t = S_t \cdot EF + S_{t-1} \cdot (1 - EF) - D_{t-1}$$

Donde:

Emisiones_t = emisiones en el año t , toneladas

S_t = cantidad de solventes vendidos en el año t , toneladas

S_{t-1} = cantidad de solventes vendidos en el año $t-1$, toneladas

⁸ Las emisiones de los solventes aerosoles se incluyen como aerosol (véase la Sección 7.3).

EF = factor de emisión (= fracción de la sustancia química emitida desde el solvente en el año del uso inicial), fracción

D_{t-1} = cantidad de solventes destruidos en el año $t-1$, toneladas

En el Cuadro 7.1 se indican los HFC y PFC conocidos que se emplean en las aplicaciones de solventes, aunque la *buena práctica* es investigar la situación específica del país en el caso de que surjan aplicaciones no identificadas anteriormente. La extensión de esta búsqueda está facilitada por el hecho de que el compilador del inventario está buscando solamente las aplicaciones en las cuales se usaron las SAO con anterioridad.

El enfoque expresado en la Ecuación 7.5 puede aplicarse, tanto como método de Nivel 1a, o como método de Nivel 2a, pues corresponde al Enfoque A (enfoque por factor de emisión). Que este enfoque se califique como de Nivel 1 o 2 depende de la existencia de sub-aplicaciones identificables dentro de los usos como solvente en el país declarante (p. ej., las cuatro áreas principales identificadas más arriba). Puesto que las tendencias han evolucionado hacia un mayor control ambiental de los solventes, ha aumentado la necesidad de emplear un enfoque de Nivel 2. En algunos casos pueden haber sub-aplicaciones altamente controladas (p. ej., en la industria electrónica de precisión) en las cuales los factores específicos de emisión están completamente caracterizados. Éstos han de tratarse de manera diferente que las aplicaciones de solventes más generales que permanecen basadas en el uso del factor de emisión por defecto. Nótese que la Ecuación 7.5 supone la liberación total del solvente en un plazo de dos años, independientemente del factor de emisión aplicado en el año t . Además, no se consideran ni la recuperación ni el reciclado, lo cual puede constituir un factor para algunas situaciones. Sin embargo, se podrá suponer que la recuperación y el reciclado se verán reflejados, en general, en la reducción de las ventas de los materiales vírgenes. La recuperación y la destrucción consiguiente de los solventes están consideradas, pero en la práctica, es un curso de acción poco probable si se tiene en mente el costo de los materiales involucrados.

7.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

El factor de emisión EF representa la fracción de la sustancia química que se emite desde el solvente en el año t . Se supone que la vida útil del producto es de dos años y que, por lo tanto, cualquier cantidad no emitida durante el primer año será emitida, por definición, durante el segundo y probablemente último año. En la Figura 7.2, Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de las aplicaciones de los solventes, se presenta un árbol de decisión para estimar las emisiones reales. El proceso de recopilación de datos se describe en la Sección 7.2.2.3.

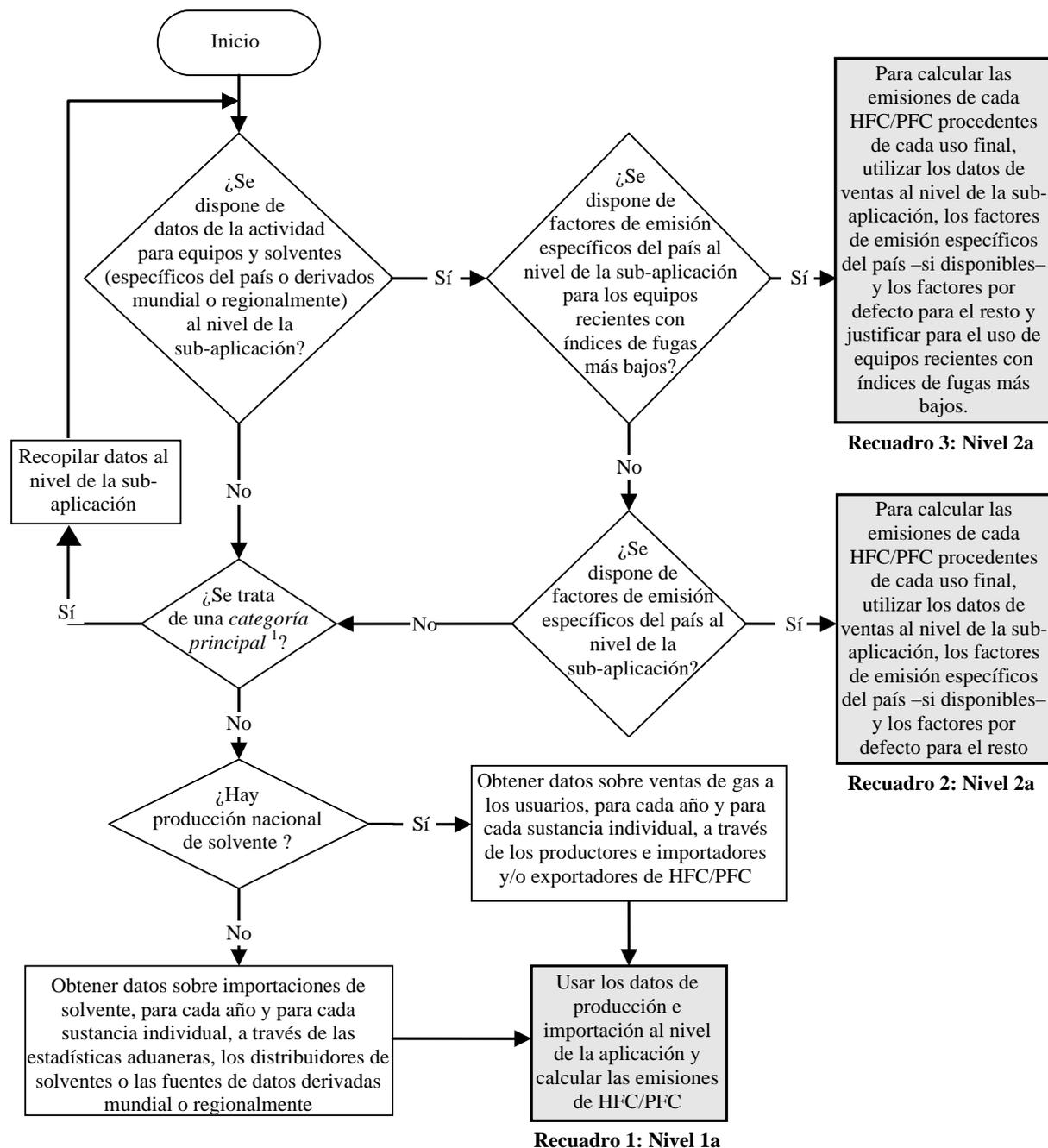
Ante la falta de datos específicos del país, para las aplicaciones de solventes es una *buena práctica* utilizar un factor de emisión por defecto del 50 por ciento de la carga inicial/año.⁹ En algunas aplicaciones con equipos nuevos que incorporan especificaciones de diseño de baja emisión, es muy posible que se logren índices de pérdidas mucho más bajas y que las emisiones ocurran durante un periodo de más de dos años. Para tales situaciones se pueden desarrollar factores de emisión alternativos, utilizando los datos sobre el uso de tales equipos y las pruebas empíricas relativas a los factores de emisión alternativos.¹⁰ Estos factores de emisión específicos del país deben documentarse exhaustivamente (Nivel 2a). La «mezcla» de sistemas manuales de limpieza por lotes y de sistemas automatizados por cinta transportadora dentro de un país o región puede arrojar emisiones muy diferentes. Una atención dedicada a las prácticas de trabajo adecuadas, una organización del área de trabajo y una capacitación adecuada de los trabajadores disminuye las emisiones desde los solventes de manera significativa. Dentro de estos grupos (por lotes o por cinta transportadora), existe una amplia gama de antigüedades en los equipos, de sofisticación en el diseño de baja emisión, diseño de las piezas, tamaño de la carga de las piezas y diligencia en el mantenimiento. Todos estos factores afectarán las emisiones provenientes de una pieza, equipo o región en particular.

Si es posible obtener estimaciones apropiadas sobre los equipos que se reintroducen, se pueden efectuar modificaciones para tomar en cuenta la recuperación y el reciclado de los solventes. Aunque debido a su alto costo, los solventes HFC y PFC pueden recuperarse y reciclarse múltiples veces durante su uso, en la mayoría de los usos finales emisivos (sub-aplicaciones), estas sustancias químicas serán liberadas mucho más rápidamente después de la puesta en uso que las que se utilizan en las aplicaciones de refrigeración sellada.

⁹ Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

¹⁰ A modo de orientación, respecto de las ventas de equipos nuevos, aproximadamente el 10-20 por ciento puede ser emitido con el resto del solvente utilizado para llenar el equipo. En los años subsiguientes, las ventas se destinan a la mantención del llenado y pueden considerarse como emitidas en un 100 por ciento.

Figura 7.2 **Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de las aplicaciones de los solventes**



Nota :

1. Para un análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión, Véase el Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

7.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

La Ecuación 7.5 debe aplicarse a cada sustancia química individualmente y, según la desagregación de los datos disponibles, puede ser apropiado evaluar el consumo neto de cada sustancia química por sub-aplicación (Nivel 2a). Donde sea posible, los datos de la actividad deben recopilarse directamente de los proveedores de solventes o de los usuarios, en respaldo de los métodos, de Nivel 1a o 2a. Sin embargo, donde esto no sea posible, se pueden utilizar los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente al nivel de la aplicación o al nivel de la sub-aplicación si están disponibles.

Los datos de la actividad para este uso final son iguales a la cantidad de cada sustancia química pertinente que se vende como solvente en un año en particular. En consecuencia, los datos sobre las cantidades de solvente, tanto nacional como importado, deben recopilarse desde los proveedores. Según el carácter de la industria nacional de solventes, puede cotejarse con los usuarios cuando sea factible. En la mayoría de los países, los usuarios finales serán extremadamente diversos y un enfoque basado en los proveedores será el más práctico. De todas maneras, una combinación de ambos es, a menudo, lo más efectivo.

DATOS DE LOS PROVEEDORES

Los datos de la actividad de los proveedores corresponden a la cantidad de solvente químico anualmente vendido o importado en un país. Las ventas nacionales de solventes deben estar disponibles directamente de los fabricantes de sustancias químicas. Puesto que los solventes se producen solamente en algunos países, la mayoría importa una parte de lo que consume o todo. Los datos sobre las importaciones de solventes pueden recopilarse de los fabricantes exportadores, aunque la información sobre las exportaciones a países individuales puede ser considerada confidencial. Como alternativa, pueden utilizarse las estadísticas de la aduana o de los distribuidores de solventes importados. Los datos sobre importaciones de solventes suelen obtenerse más fácilmente que los datos sobre las importaciones de aerosoles porque los solventes se importan generalmente a granel en vez de recibirlos en contenedores pequeños.

Si se desarrollan factores de emisión específicos para tipos particulares de equipos, será necesario desagregar los datos de consumo para estas clases de equipos. En general, exige un enfoque de «abajo hacia arriba».

DATOS DE LOS USUARIOS

Los datos de la actividad de los usuarios incluyen la cantidad de piezas de los equipos o de las latas que contienen solvente y la cantidad de sus cargas respectivas. El enfoque de «abajo hacia arriba» es apropiado cuando las grandes corporaciones consumen la mayor parte del solvente vendido, pues debe ser posible obtener datos sobre los usos finales desde un número reducido de grandes entidades. El enfoque de «abajo hacia arriba» es también el más apropiado cuando se dispone de los factores de emisión específicos de los equipos.

7.2.2.4 EXHAUSTIVIDAD

La exhaustividad depende de la disponibilidad de los datos de la actividad. Los compiladores del inventario de los países que no tienen una producción nacional de solventes deben recurrir al dictamen de expertos para estimar los datos de la actividad, pues es probable que las estadísticas sobre las importaciones estén incompletas (véase el Volumen 1, Capítulos 2 y 3).

Existe la posibilidad del cómputo doble que se ha discutido ya en el Volumen 3, Capítulo 6, donde se aborda el uso de los HFC y PFC en la industria electrónica. Esto no debería ocurrir si se toman las precauciones para identificar los patrones anteriores de consumo de la SAO. Siempre es una *buena práctica* que los compiladores del inventario establezcan referencias cruzadas entre las dos partes de una declaración para confirmar que no se ha incurrido en cómputos dobles.

En relación con el cómputo doble, también se deben tomar precauciones cuando los HFC y los PFC que actúan como solventes están contenidos en aerosoles. Debe establecerse una política clara sobre cómo contabilizarlos. Normalmente, es una *buena práctica* dar cuenta de estos usos en el consumo de los aerosoles para evitar problemas al hacer la distinción entre solventes y propulsores, en particular cuando un producto puede cumplir ambas funciones. Este tema está cubierto más adelante, en la Sección 7.3.

Como se ha indicado en la Sección 7.2.2.1, es también una *buena práctica* hacer algunas investigaciones para confirmar que en las aplicaciones de solventes no se estén utilizando otros HFC o PFC que los que se enumeran en el Cuadro 7.1. Los productores, importadores y distribuidores deben estar en condiciones de confirmar esta situación.

7.2.2.5 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Las emisiones originadas por los solventes deben calcularse utilizando el mismo método y las mismas fuentes de datos para cada año de la serie temporal. Allí donde no se disponga de datos para todos los años de la serie temporal, deben recalcularse los vacíos según la orientación del Volumen 1, Capítulo 5.

7.2.3 Evaluación de incertidumbre

La hipótesis de que todos los solventes pueden ser emitidos dentro de un lapso aproximado de dos años (50 por ciento en el Año t y 50 por ciento en Año $t+1$) ha sido ampliamente aceptada por los expertos como hipótesis por

defecto razonable (Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, (IPCC, 2000). Sin embargo, la magnitud del error inducido por esta hipótesis depende de la naturaleza de los patrones de utilización del solvente en el país declarante. En general, la hipótesis por defecto sobreestimarán las emisiones para un año dado a medida que mejora la hermeticidad de los equipos frente a las fugas, aunque no de una manera acumulativa, a menos que se practique la destrucción. Inversamente, el aumento con el tiempo de la destrucción de los solventes recuperados o reciclados, influye sobre la hipótesis de un 100 por ciento de liberación eventual. Los datos de la actividad deben ser fiables al nivel de la aplicación debido al reducido número de fabricantes de sustancias químicas, al alto costo de los solventes y a la naturaleza ciento por ciento emisiva del uso a través del tiempo, para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, la incertidumbre al nivel de las sub-aplicaciones depende en gran medida de la calidad de los datos proporcionados por los usuarios y del nivel de exhaustividad logrado en la revisión de los datos.

7.2.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación

7.2.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Es una *buen práctica* efectuar verificaciones de control de calidad como se indica en el Volumen 1, Capítulo 6, así como una revisión de expertos de las estimaciones de emisiones. También pueden ser aplicables verificaciones adicionales de control de calidad, como las esbozadas en el Volumen 1, Capítulo 6 y procedimientos de garantía de calidad, en particular si al determinar las emisiones de esta aplicación se utilizan métodos de nivel superior. Se alienta a los compiladores del inventario a utilizar un método de GC/CC de nivel superior para las *categorías principales* según lo identificado en el Volumen 1, Capítulo 4.

Además de la orientación del Volumen 1, se bosquejan a continuación los procedimientos específicos pertinentes para esta aplicación.

- Para un exacto control y/o garantía de calidad, deben compilarse los datos, tanto de «de arriba hacia abajo» como por utilización final. Para facilitar una evaluación independiente del nivel de calidad de las declaraciones de datos, debe cuantificarse la cantidad de fabricantes, distribuidores y usuarios finales entrevistados.
- Al aplicar los factores de emisión y los datos de la actividad específicos para varias aplicaciones de solventes, se deben obtener datos de la actividad con el mismo nivel de detalle.

7.2.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Los compiladores del inventario deben declarar el factor de emisión utilizado y las bases empíricas de todo factor específico del país. Para los datos de la actividad, deben declararse las ventas y las importaciones de las sustancias químicas, a menos que existan problemas de confidencialidad provocados por la cantidad limitada y la ubicación de los fabricantes. (Por ejemplo, en la actualidad puede que exista sólo un productor para cada compuesto.) Donde existan menos de tres fabricantes de una sustancia química específica utilizada como solvente, las declaraciones pueden agregarse dentro de la sección de los aerosoles, pues ambas son consideradas como aplicaciones 100 por ciento emisivas (véase la Sección 7.3.4.2, más abajo). En este caso, para preservar la confidencialidad, no deben especificarse las emisiones de los gases individuales y éstas deben declararse en toneladas de equivalente-CO₂.

7.3 AEROSOL (PROPULSORES Y SOLVENTES)

7.3.1 Sustancias químicas cubiertos en esta área de aplicación

La mayoría de los contenedores de aerosoles contienen propulsores de hidrocarburos (HC), pero en una pequeña fracción del total, los HFC y PFC pueden usarse como propulsores o solventes. Las emisiones de los aerosoles ocurren generalmente poco después de la producción, en promedio seis meses después de la venta. Sin embargo, el periodo comprendido entre la fabricación y la venta puede variar significativamente según la sub-aplicación involucrada. Durante el uso de los aerosoles se emite el 100 por ciento de la sustancia química (Gamlen *et al.*, 1986; U.S. EPA, 1992b). Las 5 sub-aplicaciones principales son las siguientes:

- (i) Inhaladores dosificados (MDI, del inglés, *Metered Dose Inhalers*) (Aerosoles de uso médico)
- (ii) Productos de higiene personal (p. ej., cuidado del cabello, desodorantes, cremas de afeitar);
- (iii) Productos para uso doméstico (p. ej., desodorantes ambientales, limpiadores para hornos y tejidos);
- (iv) Productos industriales (p. ej., rociadores para limpiezas especiales tales como las de contactos eléctricos, lubricantes, congelantes);
- (v) Otros productos generales (p. ej., serpentinas gelatinosas, infladores de neumáticos, cláxones)

Como se muestra en el Cuadro 7.1, los HFC usados actualmente como propulsores son el HFC 34a, el HFC 227ea y el HFC 152a. Las sustancias HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-43-10mee y un PFC, el perfluorohexano, se usan como solventes en aerosoles industriales. Entre éstos, el HFC-43-10mee es el que se utiliza más ampliamente.¹¹ Se espera que el HFC-365mfc se utilice también en los aerosoles en el futuro cercano.

7.3.2 Cuestiones metodológicas

7.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Las emisiones de los aerosoles se consideran *rápidas* pues, para la mayoría de las sub-aplicaciones, toda la carga inicial se escapa dentro del primer o segundo año posterior a la fabricación y típicamente dentro de los seis meses posteriores a la venta. Por lo tanto, para estimar las emisiones, es necesario conocer la cantidad total del aerosol cargado inicialmente, antes de la venta, en los contenedores del producto. Las emisiones para cada aerosol individual durante el año t pueden calcularse de la manera siguiente:

ECUACIÓN 7.6
MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES PARA LOS USOS DE LOS AEROSOL

$$Emisiones_t = S_t \cdot EF + S_{t-1} \cdot (1 - EF)$$

Donde:

Emisiones_t = emisiones en el año t , toneladas

S_t = cantidad de HFC y PFC confinada en los productos con aerosol vendidos en el año t , toneladas

S_{t-1} = cantidad de HFC y PFC confinada en los productos con aerosol vendidos en el año $t-1$, toneladas

EF = factor de emisión (= fracción de la sustancia química emitida durante el primer año), fracción

Debe aplicarse esta ecuación individualmente a cada sustancia química. Toda vez que sea posible y para facilitar un enfoque de Nivel 2a, los datos de la actividad deben recopilarse directamente de los fabricantes o distribuidores de aerosoles, idealmente al nivel de las sub-aplicaciones. Cuando no existan datos específicos del país, para proporcionar un análisis de las sub-aplicaciones pueden usarse los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente. Si no se dispone de datos al nivel de las sub-aplicaciones de ninguna de estas fuentes, los datos de la actividad se deben obtener al nivel de la aplicación para utilizarlos en la Ecuación 7.6 (Nivel 1a).

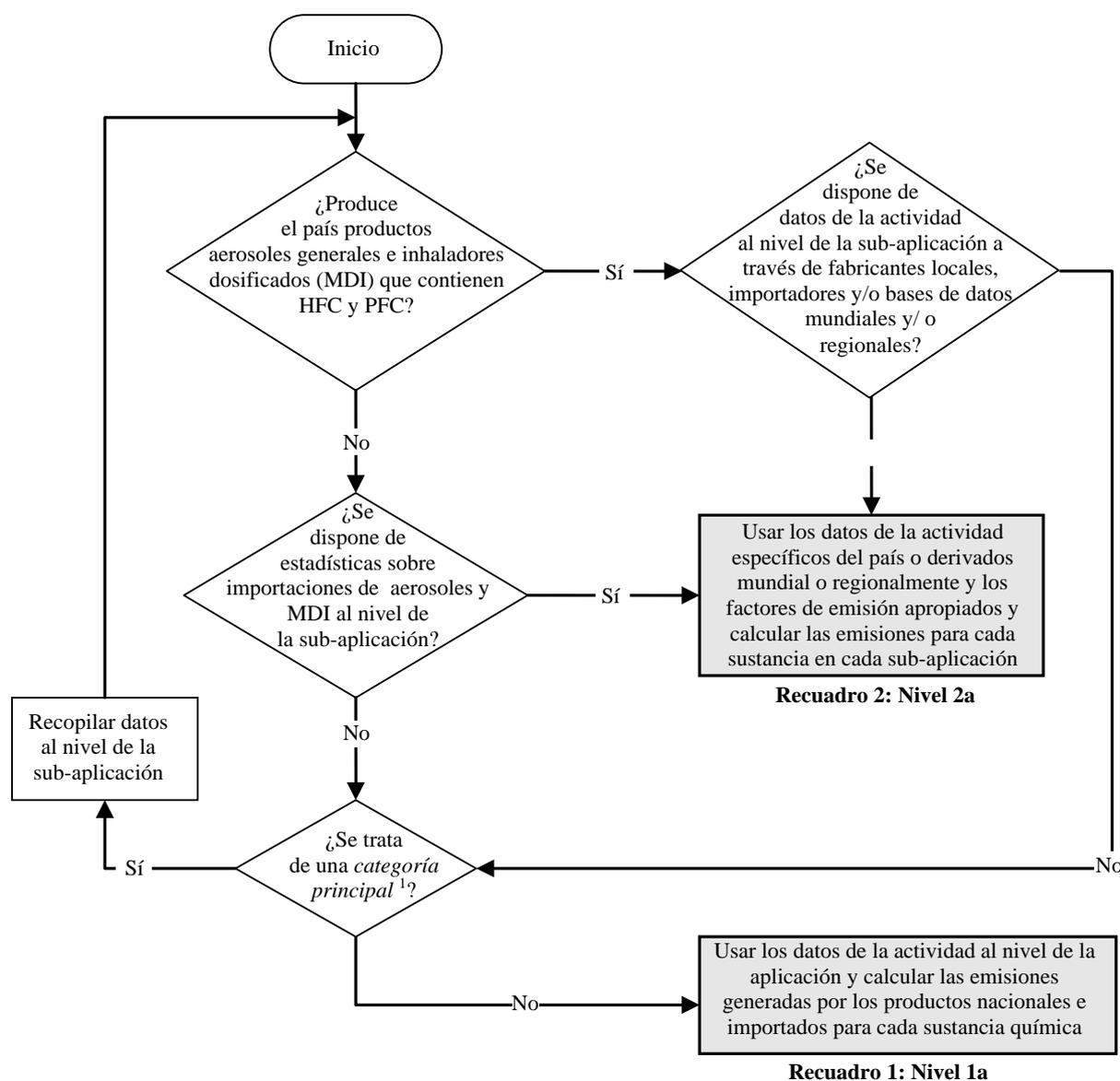
¹¹ El HFC-43-10mee se usa solamente como solvente, pero se cuenta como aerosol cuando se distribuye en latas de aerosol.

Dada la hipótesis de que la vida útil del producto no es superior a dos años, toda cantidad no emitida durante el primer año debe emitirse, por definición, durante el segundo y último año. En la realidad, la mayoría de las emisiones ocurren dentro del primer año posterior a la compra del producto, pero la Ecuación 7.6 da cuenta correctamente del periodo de retardo entre la fecha de fabricación y el tiempo de la compra y de la utilización. Sin embargo, al aplicar la Ecuación 7.6 se debe poner cuidado en definir el Punto de Venta que, para los fines de la estimación de las emisiones, es visto por el fabricante como ventas a la cadena de abastecimiento, y no por el distribuidor hacia el usuario final. Este enfoque es el más apropiado, pues los datos sobre las ventas se recopilan generalmente de los fabricantes y de los distribuidores más importantes.

Por contraste con la situación de los solventes, rara vez es necesario dar cuenta de la recuperación, el reciclado o la destrucción, pues esto puede ocurrir eventualmente sólo cuando caducan los productos almacenados. En condiciones normales de gestión de la cadena de abastecimiento, es una eventualidad poco frecuente.

En la Figura 7.3, Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de las aplicaciones de los aerosoles, se incluye un árbol de decisión para estimar las emisiones reales. El proceso de recopilación de datos se describe más abajo.

Figura 7.3 **Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de la aplicación de los aerosoles**



Nota :
 1. Para un análisis de las categorías principales y el uso de los árboles de decisión, Véase el Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

7.3.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Cuando se evalúa el amplio espectro de los productos con aerosol al nivel de la aplicación (Nivel 1a), es una *buen práctica* utilizar, para cada año, un factor de emisión por defecto del 50 por ciento de la carga inicial. Esto significa que la mitad de la carga química se escapa durante el primer año y, el resto durante el segundo año (Gamlen *et al.*, 1986). Los compiladores del inventario deben usar factores de emisión alternativos sólo cuando se disponga de pruebas empíricas para la mayoría de los productos con aerosoles, ya sea al nivel de la aplicación (Nivel 1a), o al nivel de las sub-aplicaciones (Nivel 2a). En todo caso, los factores porcentuales de emisión deben totalizar, en general, el 100 por ciento para el periodo durante el cual se supone que se escapa la carga. El desarrollo de factores de emisión específicos de los países debe documentarse de manera exhaustiva. Los fabricantes de aerosoles generales y de MDI pueden estar en condiciones de proveer datos sobre las pérdidas de procesos.

A modo de observación general, la naturaleza intrínsecamente emisiva de los aerosoles hace que la distinción entre factores de emisión específicos del país y factores de emisión por defecto, por un lado, y toda diferencia entre los factores de emisión de las variadas sub-aplicaciones, por otro, influya menos en la estimación global de las emisiones que en el caso de otras áreas de aplicaciones. De ahí que el beneficio de favorecer un enfoque más desagregado de Nivel 2a en vez de un enfoque de Nivel 1a sea menos pronunciado en el caso de los aerosoles. Por esto, los compiladores del inventario deben considerar cuidadosamente cuántos recursos se han de invertir en el desarrollo de un enfoque de Nivel 2a. Sin embargo, puede haber otras razones para mantener aparte las declaraciones de algunas sub-aplicaciones y se espera que muchos países deseen monitorear las emisiones provenientes de los MDI separadamente de otros aerosoles generales por razones de política.

7.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad requeridos por el método de Nivel 1a son las cantidades totales de cada sustancia química pertinente confinada en todos los productos con aerosoles consumidos en un país (tanto las ventas nacionales como las importaciones). Para los países que importan el 100 por ciento de los productos con aerosoles, los datos de la actividad son iguales a las importaciones.

Los datos de la actividad para esta aplicación pueden recopilarse al nivel de las sub-aplicaciones utilizando un enfoque basado en los proveedores o uno basado en los usuarios, según la disponibilidad y la calidad de los datos (Nivel 2a). El enfoque basado en los usuarios requiere datos sobre la cantidad de productos con aerosoles vendida e importada al nivel de las sub-aplicaciones (p. ej., el número de inhaladores dosificados individuales, de productos de cuidado del cabello y de infladores de neumáticos) y la carga promedio por contenedor. Para algunos sectores de utilización, esto puede exigir datos de la actividad derivados mundial o regionalmente. El enfoque basado en los proveedores implica la recopilación de datos sobre las ventas de sustancias químicas para aerosoles y MDI directamente de los fabricantes químicos que posean análisis de ventas suficientemente sólidos al nivel del país. En muchos casos, será necesaria una mezcla de ambas fuentes de datos.

Producción nacional de aerosoles: para los países donde exista una producción nacional, normalmente los fabricantes de aerosoles generales y de MDI pueden proporcionar datos sobre las cantidades de productos con aerosol producidos para el consumo en el país, sobre el número de aerosoles exportados, sobre la carga promedio por aerosol y sobre el tipo de propulsor o de solvente utilizado (esto es, cuáles HFC y/o PFC). El uso total de los aerosoles producidos nacionalmente por año puede ser calculado entonces como el número de productos con aerosol vendidos en el país en un año dado, multiplicado por la carga de HFC y/o PFC de cada producto. Por supuesto, para tener una visión general, a esta evaluación habrá que agregar los aerosoles importados. Si no se dispone de datos proporcionados por los productores locales para las sub-aplicaciones, a menudo los productores químicos nacionales pueden proporcionar los datos sobre las cantidades de HFC que venden a los fabricantes nacionales en los inhaladores dosificados y los datos agregados sobre las ventas a otros productores de aerosoles (categorías (ii), (iii), (iv) y (v), señaladas más arriba). Si los fabricantes nacionales de aerosoles y de MDI importan los HFC, la información puede obtenerse de los importadores de sustancias químicas o de sus proveedores extranjeros, aunque, por razones de confidencialidad comercial, estos últimos pueden no estar en condiciones de proveer datos sobre las exportaciones destinadas a países individuales. Las autoridades aduaneras y los distribuidores de sustancias químicas constituyen otra fuente posible de datos sobre las importaciones químicas. Los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente pueden también jugar un papel para subsanar los vacíos en los conjuntos de datos existentes y para cotejar los datos obtenidos de los fabricantes de aerosoles y de los proveedores de sustancias químicas.

Producción de aerosoles importados: La mayoría de los países importan una parte significativa del total de sus productos con aerosol. Los datos sobre las importaciones de aerosoles generales que contienen HFC pueden ser difíciles de recopilar porque, típicamente, las estadísticas oficiales sobre las importaciones de productos con aerosoles no distinguen los aerosoles que contienen HFC de los demás aerosoles. Cuando no se puedan obtener

estadísticas utilizables sobre importaciones de las entidades aduaneras, pueden proporcionar los datos los distribuidores de productos y los usuarios finales específicos. Por ejemplo, en el caso de los MDI, en general una cantidad limitada de compañías farmacéuticas importan estos productos y éstas pueden ser sondeadas para obtener la información necesaria. De nuevo, los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente pueden ser útiles en algunos casos.

7.3.2.4 EXHAUSTIVIDAD

La exhaustividad depende de la disponibilidad de los datos de la actividad sobre cada sustancia química a cubrir. En la Sección 7.3.1 (y en el Cuadro 7.1) se presenta una evaluación de los HFC y los PFC actualmente en uso, pero los compiladores del inventario deben verificar el caso con las fuentes propias del país para confirmar cuáles son las sustancias químicas pertinentes para la situación local. Los compiladores del inventario de los países sin producción nacional de aerosoles deben recurrir al dictamen de expertos para estimar los datos de la actividad, pues es probable que las estadísticas sobre las importaciones estén incompletas (véase el Volumen 1, Capítulos 2 y 3), en particular, respecto de los propulsores y los solventes que contienen. Cuando existan, las bases de datos de la actividad validadas a nivel mundial o regional pueden ser muy útiles en estos casos.

7.3.2.5 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Las emisiones originadas por los aerosoles deben calcularse utilizando el mismo método y las mismas fuentes de datos para cada año de la serie temporal. Allí donde no se disponga de datos coherentes para cualquier año de la serie temporal, deben recalcularse los vacíos según la orientación del Volumen 1, Capítulo 5.

7.3.3 Evaluación de incertidumbre

El uso de los HFC en el sector de los aerosoles generales suele ser mayor que en el sector de los MDI. Los datos de los fabricantes de HFC y de los importadores sobre las ventas al sector de los aerosoles generales no están bien definidos actualmente, salvo para el HFC-134a a escala mundial. Es posible mejorar estos datos a través de actividades adicionales de recopilación de datos y del desarrollo de bases de datos mundiales y regionales. La naturaleza difusa del sector de los aerosoles generales implica que la adquisición de datos «de abajo hacia arriba» fiables (Nivel 2a) exige estudios específicos por país realizados por expertos industriales locales, cuyo consejo debe solicitarse en relación con las incertidumbres, utilizando los métodos para obtener dictámenes de expertos esbozados en el Volumen 1, Capítulo 3.

Existen varias fuentes de datos fiables para el sector de los MDI, lo que conduce a un alto grado de confianza en los datos declarados, y esto debe reflejarse en las estimaciones de emisiones del inventario. Sin embargo, al declarar para un solo país, la falta de datos fiables para el sector de los aerosoles generales puede traducirse en que los datos sobre emisiones aparezcan subestimados o sobreestimados por un factor de un tercio o tres, respectivamente.

7.3.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación

7.3.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD (GC/CC)

Es una *buena práctica* efectuar verificaciones de control de calidad como se indica en el Volumen 1, Capítulo 6, así como organizar una revisión de expertos de las estimaciones de emisiones. También pueden ser aplicables verificaciones adicionales de control de calidad, como las esbozadas en el Volumen 1, Capítulo 6 y procedimientos de garantía de calidad, en particular si al determinar las emisiones de esta aplicación se utilizan métodos de nivel superior. Se alienta a los compiladores del inventario a utilizar un método de GC/CC de nivel superior para las *categorías principales*, como se identifica en el Volumen 1, Capítulo 4.

Además de la orientación del Volumen 1, se bosquejan a continuación los procedimientos específicos pertinentes para esta aplicación. Los datos sobre fabricación de aerosoles e importaciones, por un lado, y los datos sobre suministros de sustancias químicas, por otro, pueden cotejarse mutuamente durante el desarrollo de una estimación de las emisiones, o después. Los datos utilizados para calcular las emisiones del año t-1 deben ser coherentes con los datos utilizados en las estimaciones del inventario del año anterior, de modo que el total de los dos años sume 100 por ciento. Si no fuera el caso, entonces hay que declarar las razones de esta incoherencia. Una recopilación de datos llevada a cabo según lo indicado más arriba, en la sección sobre recopilación de datos,

debería proporcionar un control de calidad adecuado. Para facilitar una evaluación independiente del nivel de calidad de las declaraciones de datos, debe cuantificarse la cantidad de fabricantes de aerosoles, más la de importadores.

7.3.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

La estimación de las emisiones provenientes de los inhaladores dosificados puede declararse aparte de la estimación de las emisiones realizadas por algunos compiladores del inventario para otros aerosoles. En estos casos, se debe documentar el factor de emisión específico utilizado. Si se usa preferentemente un factor de emisión específico del país en vez de un factor por defecto, debe documentarse su desarrollo. Los datos detallados de la actividad deben declararse en la medida en la que no divulguen información comercial confidencial. Cuando algunos datos sean confidenciales, se debe proporcionar información cualitativa sobre los tipos de productos con aerosoles consumidos, importados y producidos dentro del país. Es probable que el tipo de HFC utilizado como propulsor o como solvente, así como las ventas de MDI y de aerosoles generales a los países individuales sean considerados información confidencial.¹² Cuando existan menos de tres fabricantes de sustancias químicas específicas utilizadas como solventes, las declaraciones pueden agregarse en esta sección, pues ambas se consideran aplicaciones ciento por ciento emisoras (véase la Sección 7.2.4.2, más arriba).

¹² La cuantificación de los datos sobre utilización para los sectores de aerosoles generales individuales permitirá que se desarrollen proyecciones futuras más fiables y que se consideren estrategias para la reducción de las emisiones.

7.4 AGENTES ESPUMANTES

7.4.1 Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación

Los HFC se están empleando cada vez más para reemplazar los CFC y HCFC en las espumas y, en particular, en las aplicaciones de aislantes. Los compuestos que se están usando incluyen HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-227ea, HFC-134a y HFC-152a, como se muestra en el Cuadro 7.1. Los procesos y las aplicaciones en los que se están empleando estos diversos HFC se muestran en el Cuadro 7.4, donde las espumas de celdas abiertas predominantes están marcadas con un fondo gris.

CUADRO 7.4 USO DE LOS HFC EN LA INDUSTRIA DEL SOPLADO DE ESPUMAS (EMISIONES DE PRODUCTOS DE ESPUMA POR SUSTITUCIÓN DE GASES – SAO)					
Tipo de celda	sub-aplicación	Alternativas para los agentes espumantes de HFC			
		HFC-134a	HFC-152a	HFC-245fa	HFC-365mfc (+ HFC-227ea)
A B I E R T A	Espuma flexible de PU ^a				
	Espuma moldeada flexible de PU ^a				
	Espuma de piel integral de PU	✓		✓	
	Espuma de componente único de PU	✓	✓		
C E R R A D A	Panel continuo de PU	✓		✓	✓
	Panel discontinuo de PU	✓		✓	✓
	Espuma de PU instalada en aparatos	✓		✓	✓
	Espuma de PU inyectada	✓		✓	✓
	Bloque continuo de PU			✓	✓
	Bloque discontinuo de PU			✓	✓
	Laminado continuo de PU			✓	✓
	Espuma de PU rociado			✓	✓
	Tuberías compuestas aisladas con PU	✓		✓	✓
	Poliestireno extrudido	✓	✓		
	Bloque fenólico			✓	✓
Laminado fenólico			✓	✓	

^a PU significa poliuretano

La clasificación de las espumas en espumas de celdas abiertas o de celdas cerradas guarda relación con la manera en la que se pierde el agente espumante desde los productos. En el caso de las espumas de celdas abiertas, las emisiones de los HFC utilizados como agentes espumantes tienden a producirse durante el proceso de fabricación e inmediatamente después. En las espumas de celdas cerradas, sólo una minoría de las emisiones ocurre durante la fase de fabricación. Las emisiones se extienden, por lo tanto, a la fase del uso y a menudo la mayoría de las emisiones no ocurren hasta que se llega al término del ciclo de vida útil (pérdidas al retirar del servicio). En consecuencia, las emisiones desde las espumas de celdas cerradas pueden producirse durante un periodo de 50 años, o más, a partir de la fecha de fabricación.

Las espumas de celdas abiertas se utilizan para aplicaciones como cojines de muebles domésticos, colchones, asientos de vehículos y para productos moldeados como los volantes de automóviles y mobiliario de oficinas. Por otro lado, las espumas de celdas cerradas se emplean principalmente en las aplicaciones de aislantes, en las cuales la conductividad térmica del gas escogido como agente espumante (inferior a la del aire) se utiliza para contribuir a la eficacia aislante del producto durante todo el ciclo de vida útil.

7.4.2 Cuestiones metodológicas

En las *Directrices* anteriores se presentó una ecuación para calcular las emisiones provenientes de las espumas de celdas cerradas que daba cuenta de los dos primeros puntos de emisión (es decir, de la fabricación y durante la fase de uso). Por lo general, esto sigue siendo suficiente para dar cuenta de las fases iniciales de la incorporación de los HFC. Sin embargo, para preparar una estimación *exhaustiva* de las emisiones desde esta fuente, si se dispone de los datos necesarios, es una *buena práctica* agregar un tercer y un cuarto término a la ecuación para dar cuenta de las pérdidas en la fase de desmantelamiento y de destrucción química. La ecuación pertinente es entonces la siguiente:

ECUACIÓN 7.7
ENFOQUE GENERAL POR FACTOR DE EMISIÓN (A) PARA LAS ESPUMAS

$$Emisiones_t = M_t \cdot EF_{FYL} + Banco_t \cdot EF_{AL} + DL_t - RD_t$$

Donde:

Emisiones_t = emisiones de las espumas de celdas cerradas en el año t, toneladas

M_t = total de HFC utilizado en la fabricación de espumas de celdas cerradas nuevas en el año t, toneladas

EF_{FYL} = factor de emisión para las pérdidas del primer año, fracción

Banco_t = carga de HFC soplada dentro de las espumas de celdas cerradas durante la fabricación, entre el año t y el año t-n, toneladas

EF_{AL} = factor de emisión para las pérdidas anuales, fracción

DL_t = pérdidas durante el desmantelamiento en el año t = pérdidas residuales de sustancia química al término del ciclo de vida útil que se producen cuando el producto y/o equipo es desguazado, calculadas a partir de la cantidad de sustancia química restante y del factor de pérdidas al término de la vida útil que depende del tipo de tratamiento de fin de vida útil adoptado¹³, toneladas

RD_t = emisiones de HFC evitadas por recuperación y destrucción de las espumas y de sus agentes espumantes en el año t, toneladas

n = vida útil del producto para las espumas de celdas cerradas

t = año en curso

(t-n) = periodo total durante el cual los HFC utilizados en las espumas aún pueden estar presentes

Nótese que la Ecuación 7.7, aunque concebida para las espumas de celdas cerradas, puede aplicarse igualmente a las espumas de celdas abiertas. En este sentido, es una ecuación universal para todas las espumas. En el caso de las espumas de celdas abiertas el factor de emisión de las pérdidas del primer año es típicamente de un 100 por ciento y la ecuación se simplifica a su primer término solamente, lo cual se simplifica aún más en la Ecuación 7.8.

En consecuencia, cuando la naturaleza de una espuma sea incierta, la Ecuación 7.7 debe aplicarse individualmente a cada sustancia química y a las principales sub-aplicaciones de espumas, siguiendo un método de Nivel 2a.

Dado que los perfiles de emisión varían sustancialmente entre las sub-aplicaciones dentro de una aplicación general de espumas, al adoptar, donde sea posible, un método de Nivel 2, se aumenta significativamente el valor de la estimación. Idealmente, esto debería lograrse realizando una investigación sobre las actividades de cada país. Sin embargo, en la práctica, el comercio intra-regional de las espumas, combinado con la gran dificultad para implementar sistemas de identificación de los agentes espumantes empleados en las espumas ya fabricadas, hace que sea muy difícil aplicar, al nivel de las sub-aplicaciones, un método basado en los datos de la actividad específicos del país. Reconociendo que tanto los datos desagregados de la actividad como los factores de emisión relacionados pueden ser muy difíciles de obtener, el Comité de opciones técnicas para las espumas del PNUMA (UNEP-FTOC, 1999; UNEP-FTOC, 2003) (FTOC, del inglés, en *Foams Technical Options Committees*) y otros,

¹³ La mayoría de los procedimientos de desmantelamiento no producen la liberación de todo el agente espumante restante. Se ha determinado que aun el procesamiento a través de una auto trituradora abierta genera emisiones inferiores al 50 por ciento del agente espumante restante en el punto de procesamiento (U.S. EPA/AHAM, 2005). De acuerdo con esto, los bancos de agentes espumantes pueden acumularse aún en las corrientes de desecho (p. ej., en vertederos) – véase la Sección 7.4.2.1.

han realizado varios esfuerzos para proporcionar datos de la actividad validados mundial o regionalmente, así como factores de emisión por defecto por sub-aplicación, para los CFC, los HCFC y los hidrocarburos (HC). Aunque sólo ahora los HFC se están empleando significativamente como alternativas adicionales a las SAO, se espera que un enfoque similar, con factores de emisión disponibles en la EFDB, pueda ponerse en práctica para estas sustancias químicas, con el fin de procurar una fuente útil de información a los compiladores del inventario. Otras bases de datos están surgiendo de los trabajos originales de los FTOC sobre los datos de la actividad y éstas serán particularmente útiles allí donde el comercio de productos que contienen HFC sea significativo, pero difícil de indagar.

A modo de consideración metodológica adicional, nótese que muchas de las emisiones provenientes de las espumas aislantes con celdas cerradas surgen de los bancos de agentes espumantes constituidos durante los años de consumo previos. Este punto fue destacado por el Informe especial del IPCC sobre la Protección de la capa de ozono y el Sistema Climático Mundial (TEAP): *Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons* (IPCC/TEAP, 2005), donde se señaló que las emisiones de los CFC podrían continuar produciéndose desde los agentes espumantes de los bancos de espumas hasta mediados del siglo XXI. Esto ilustra la importancia de emplear un método de estimación de las emisiones que refleje correctamente el desarrollo de los bancos.

Un característica adicional de los inventarios de las espumas es que una mayoría significativa de las emisiones se produce de las espumas de celdas cerradas en el punto de desmantelamiento o ulteriormente. Por esto, los compiladores del inventario deben investigar cuidadosamente y de cerca, las prácticas de desmantelamiento y toda práctica de recuperación y destrucción que se apliquen dentro de sus países respectivos. Como corolario extra, es probable que los métodos que suponen una liberación total de los agentes espumantes durante las fases de fabricación y de uso tiendan a sobreestimar las emisiones para cualquier año en particular. En consecuencia, los métodos deben suponer una liberación completa de los agentes espumantes durante el desmantelamiento sólo cuando existan pruebas explícitas que apoyen esta hipótesis y deben atribuir normalmente las emisiones a los años subsiguientes sobre la base de una función más adecuada de liberación. Por esto, las columnas pertinentes de los Cuadros 7.6 y 7.7 representan las pérdidas «potenciales máximas». En la práctica, es probable que estas emisiones se distribuyan a lo largo de un gran número de años después del desmantelamiento si las espumas permanecen esencialmente intactas (es decir, el tamaño de las partículas > 8 Mm.) (U.S. EPA/AHAM, 2005).

A modo de observación general, el enfoque por equilibrio de masas (Enfoque B) no es apropiado para las espumas, pues en la práctica no existe un mecanismo que permita dar mantenimiento a estos productos.

7.4.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Espuma de celdas abiertas: Dado que los HFC utilizados para soplar las espumas de celdas abiertas son liberados inmediatamente, en casi todos los casos las emisiones ocurrirán en el país de fabricación. La única excepción puede darse en el caso de las OCF (del inglés, *One Component Foams*: espumas de componente único) donde el contenedor que se llena puede fabricarse en un país, pero las emisiones pueden ocurrir en otro, pues los contenedores se comercializan fácilmente. Las emisiones se calculan según la ecuación siguiente:¹⁴

<p>ECUACIÓN 7.8</p> <p>MÉTODO DE CÁLCULO GENÉRICO PARA LAS EMISIONES PROVENIENTES</p> <p>DE LAS ESPUMAS DE CELDAS ABIERTAS</p> <p>$Emisiones_t = M_t$</p>

Donde:

Emisiones_t = emisiones de la espuma de celdas abierta en el año t, toneladas

M_t = total de HFC utilizado en la fabricación de espumas de celdas abierta nuevas en el año t, toneladas

Esta ecuación debe aplicarse para cada sustancia química utilizada en las aplicaciones de espumas de celdas abiertas. Aunque hay poca variación en los factores de emisión entre las sub-aplicaciones de celdas abiertas, puede ser aún ventajoso emplear un método desagregado de Nivel 2a para que sea más fácil evaluar los datos de la actividad sobre el consumo neto. Ese enfoque aborda naturalmente la comercialización de las espumas de componente único. Allí donde haya poco uso de las espumas de componente único, resulta lógico orientarse hacia un método de Nivel 1a en el cual la Ecuación 7.8 se implemente al nivel de la aplicación.

Espuma de celdas cerradas: las emisiones provenientes de las espumas de celdas cerradas ocurren en tres puntos definidos que ya se han destacado en la Ecuación 7.7:

¹⁴ Para estas aplicaciones, las emisiones reales de cada sustancia química son iguales a las emisiones potenciales.

- (vi) Pérdidas del primer año provenientes de la fabricación y la instalación de las espumas: estas emisiones ocurren en el lugar de fabricación o instalación de los productos.
- (vii) Pérdidas anuales (pérdidas in situ durante el uso de las espumas): cada año, las espumas de celdas cerradas pierden una fracción de su carga inicial hasta que son desmanteladas. estas emisiones ocurren en el lugar de utilización de los productos.
- (viii) Pérdidas por desmantelamiento: las emisiones durante el desmantelamiento también ocurren en el lugar de utilización de los productos.

Para implementar un enfoque que capture estas tres fases, es necesario recopilar datos actuales e históricos sobre las ventas anuales hacia la industria de las espumas para todo el tiempo en que los HFC hayan sido utilizados en este periodo de aplicación, incluyendo el tiempo promedio de vida útil de las espumas de celdas cerradas (hasta de 50 años). También deben tomarse en consideración las importaciones o exportaciones de las especies de espumas que todavía incluyen los HFC. Por igual, deben hacerse ajustes para artículos como los refrigeradores domésticos o comerciales y los congeladores, o aquellos de las aplicaciones del sector de la construcción como los paneles dobles, las placas, los bloques y las tuberías aisladas, que se producen en un país pero que pueden ser utilizados en otro.

En evaluaciones anteriores, el cálculo de las pérdidas por desmantelamiento se ha basado en la premisa de que todo agente espumante que permanece en una espuma hasta el término de la vida útil, se pierde en la etapa de desmantelamiento. Desde el punto de vista de las emisiones, ésta es la hipótesis del peor de los casos, aún para los métodos de eliminación que no estén orientados hacia la recuperación y la destrucción (véase la nota 13). En la práctica, la recuperación y destrucción del agente espumante o su destrucción directa (p. ej., por incineración) disminuyen aún más estas pérdidas. Por lo tanto, la Ecuación 7.7 contiene un cuarto componente para dar cuenta de las emisiones de HFC evitadas de esta manera. El informe del PNUMA *TEAP Task Force Report on Foams End-of-Life* (UNEP-TEAP, 2005) aborda muchas de las posibles maneras de evitar las emisiones de los agentes espumantes e introduce el concepto de eficiencia de recuperación y destrucción (RDE: del inglés, *Recovery and Destruction Efficiency*) para evaluar la eficacia de tales métodos.

Incluso donde no se practiquen los métodos activos de recuperación y destrucción, sigue siendo improbable que todo el agente espumante sea liberado al término de la vida útil, en particular cuando las espumas suelen permanecer intactas durante la eliminación (p. ej., durante la permanencia en vertederos). En estas circunstancias, una proporción considerable del agente espumante permanece en la corriente de desecho y se constituye una fuente adicional de emisiones de *bancos*. Puesto que los índices de emisión procedentes de tales bancos serán inferiores al 100 por ciento, la Ecuación 7.7 sobreestimarán las emisiones para los casos en que una proporción significativa de las espumas que contienen HFC utilizadas en el país hayan sido ya desmanteladas. Aunque para abordar este elemento de emisión sería posible considerar un quinto término para la Ecuación 7.7, esto no se juzga de una importancia suficiente como para justificar este enfoque en la fase mundial del uso de los HFC que cubren estas *Directrices*. Sin embargo, este tema puede ser abordado por algunas de las evaluaciones más sofisticadas derivadas global o regionalmente.

Si no es posible recopilar datos sobre las pérdidas potenciales durante el desmantelamiento, se debe suponer que todas las sustancias químicas no emitidas durante la fabricación se emiten durante el ciclo de vida útil de la espuma. Sin embargo, se deben tomar precauciones particulares para verificar si los artículos como los refrigeradores domésticos o comerciales y los congeladores, se exportan a otros países para ser reutilizados. Allí donde la aplicación de las espumas no pueda desagregarse al nivel de las sub-aplicaciones y donde no se disponga de datos de la actividad derivados mundial o regionalmente, hay que aplicar un método de Nivel 1a. Al escoger el método de Nivel 1, es una *buena práctica* suponer que todas las emisiones de las espumas de celdas cerradas se conforman al modelo de Gamlen (véase el Cuadro 7.5)

CUADRO 7.5	
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LOS HFC PROVENIENTES DE LAS ESPUMAS DE CELDAS CERRADAS	
Factor de emisión	Valores por defecto
Vida útil del producto	n = 20 años
Pérdidas del primer año	10% de la carga original de HFC/año, aunque el valor puede descender a 5% si hay un reciclado significativo durante la fabricación.
Pérdidas anuales	4,5% de la carga original de HFC/año
Fuente: Gamlen <i>et al.</i> (1986).	

Si se dispone a la vez de datos históricos y actuales de la actividad, específicos del país, para las espumas de celdas cerradas al nivel de la aplicación, a esta información se le puede aplicar el modelo de Gamlen. Sin embargo, el desafío principal para los compiladores del inventario se presenta generalmente en la caracterización de los datos históricos de la actividad al nivel del país. Si se da esta dificultad, por lo general es posible estimar los datos de la actividad al nivel del país a partir de la aplicación de factores geo-económicos, siempre y cuando se conozcan los datos de la actividad validados mundial o regionalmente. Este tema está cubierto más adelante en la Sección 7.4.2.3.

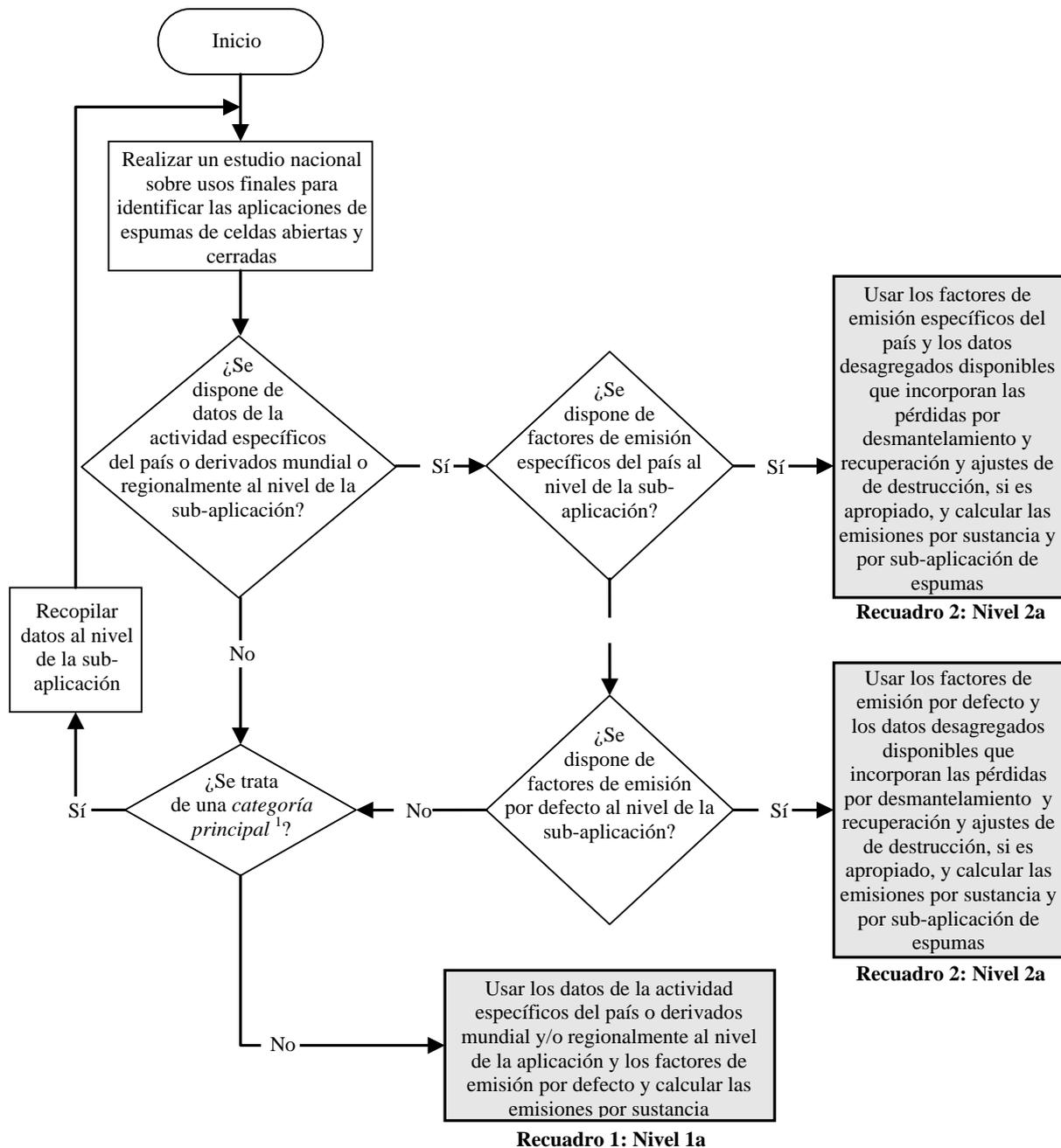
Allí donde se disponga de los datos de la actividad relativos al consumo neto para las sub-aplicaciones, ya sea a partir de fuentes de datos específicos del país o de conjuntos de datos de la actividad derivados mundial o regionalmente, es una *buena práctica* utilizar los métodos de Nivel 2 que reflejen el nivel de desagregación. Esto es particularmente importante para las espumas, debido a la naturaleza heterogénea de las diversas sub-aplicaciones involucradas. El árbol de decisión de la Figura 7.4 describe la *buena práctica* para seleccionar los métodos para estimar las emisiones.

7.4.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Tal como en otras aplicaciones, la primera opción para escoger los factores de emisión consiste en desarrollar y utilizar los datos específicos del país, revisados por pares y bien documentados, sobre la base de una investigación de campo sobre cada tipo de espuma (de celdas abiertas y de celdas cerradas), que respalden un enfoque de Nivel 2a. Como se ha señalado anteriormente, si no se dispone de información al nivel de las sub-aplicaciones, pueden adoptarse los factores de emisión de la base de datos EFDB o de los datos contenidos en esta sección. Sin embargo, nótese que los datos de esta sección no serán reemplazados por datos, actualizados como puede ser el caso de la EFDB. Ambos enfoques, tanto el específico del país como el derivado mundial y/o regionalmente, conducen a la necesaria evaluación de las pérdidas por desmantelamiento.¹⁵

¹⁵ Se ha señalado también que el desmantelamiento puede no implicar necesariamente la pérdida total del agente espumante en ese punto, ya sea debido a un cierto nivel de uso secundario o porque el elemento se ha eliminado intacto (p. ej., muchos refrigeradores). Esto puede considerarse una de las opciones de gestión del término de la vida útil que están disponibles para las naciones, pero es manifiestamente menos eficaz que una destrucción adecuada o que las tecnologías de recuperación. Los modelos de emisiones deben concentrar una atención apropiada en los temas relativos al término de la vida útil.

Figura 7.4 **Árbol de decisión para las emisiones provenientes de las aplicaciones de las espumas**



Nota :

1. Para un análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión, Véase el Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

En el Cuadro 7.6, Factores de emisión por defecto para los HFC-134a/HFC-152a (sub-aplicaciones de las espumas) y en el Cuadro 7.7, Factores de emisión por defecto para los HFC-245a/HFC-365mfc/HFC-227ea (sub-aplicaciones de las espumas), se enumeran las hipótesis sobre los factores de emisión por defecto para las aplicaciones más importantes de las espumas de celdas cerradas de la actualidad. Al utilizar estos factores se requieren datos sobre las ventas de sustancias químicas al nivel de las sub-aplicaciones, tanto para el consumo actual como para el consumo histórico, de modo que el banco de sustancias químicas en los equipos y/o productos sea considerado adecuadamente para estas sub-aplicaciones.

CUADRO 7.6
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LOS USOS DE LOS HFC-134A/HFC-152A
(SUB-APLICACIONES DE LAS ESPUMAS) (IPCC/TEAP, 2005)

Sub-aplicación	Vida útil del producto en años	Pérdidas del primer año %	Pérdidas anuales %	Pérdidas potenciales máximas al fin de la vida útil %
Poliuretano – piel integrada	12	95	2,5	0
Poliuretano – panel continuo	50	10	0,5	65
Poliuretano – panel discontinuo	50	12,5	0,5	62,5
Poliuretano – Electrodomésticos	15	7	0,5	85,5
Poliuretano – inyectado	15	12,5	0,5	80
Espuma de componente único (OCF) ^a	50	95	2,5	0
Poliuretano extruido (XPS) ^b - HFC-134a	50	25	0,75	37,5
Poliuretano extruido (XPS) - HFC-152a	50	50	25	0
Poliuretano extruido (PE) ^a	50	40	3	0

Fuente:
^a Ashford y Jeffs (2004) compilado de *UNEP FTOC Reports* (UNEP-FTOC, 1999; UNEP-FTOC, 2003).
^b Vo y Paquet (2004): *An Evaluation of Thermal Conductivity over time for Extruded Polystyrene Foams blown with HFC-134a and HCFC-142b*

Algunos artículos como los frigoríficos o las cámaras aisladas de camiones pueden pasar la mayor parte de sus vidas útiles transitando entre distintos países. Dado que estas aplicaciones tienen unas emisiones de uso muy bajas, es razonable que se tomen en cuenta sólo las pérdidas por fabricación y de desmantelamiento.

CUADRO 7.7
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LOS USOS DE LOS HFC-245fa/HFC-365mfc/HFC-227ea
(SUB-APLICACIÓN DE LAS ESPUMAS)

Aplicaciones de los HFC-245a/HFC-365mfc	Vida útil del producto en años	Pérdidas del primer año %	Pérdidas anuales %	Pérdidas potenciales máximas al fin de la vida útil %
Poliuretano – panel continuo	50	5	0,5	70
Poliuretano – panel discontinuo	50	12	0,5	63
Poliuretano – Electrodomésticos	15	4	0,25	92,25
Poliuretano – inyectado	15	10	0,5	82,5
Poliuretano – bloque continuo	15	20	1	65
Poliuretano – bloque discontinuo para secciones de tuberías	15	45	0,75	43,75
Poliuretano – bloque discontinuo para paneles	50	15	0,5	60
Poliuretano – laminado continuo / placas	25	6	1	69
Poliuretano – nebulizadores	50	15	1,5	10
Poliuretano – tuberías compuestas aisladas	50	6	0,25	81,5
Fenólico – bloque discontinuo	15	45	0,75	43,75
Fenólico – laminado discontinuo	50	10	1	40
Poliuretano – piel integrada	12	95	2,5	0

Fuente: Ashford y Jeffs (2004) compilado de *UNEP FTOC Reports* (UNEP-FTOC, 1999; UNEP-FTOC, 2003).

Si sólo se dispone de datos agregados sobre las ventas de sustancias químicas para las espumas de celdas cerradas y no se puede obtener información sobre los tipos específicos de espumas, los factores de emisión por defecto generales que se muestran en el Cuadro 7.5 pueden utilizarse como respaldo del método de Nivel 1a.¹⁶ Esto repite la anterior orientación de las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996* (IPCC, 1997) para el Nivel 2, pero clasificado ahora como método de Nivel 1a, luego de la exclusión de los métodos de emisiones potenciales para los sustitutos de la SAO.

El empleo de estos factores de emisión por defecto produce una emisión del 90 por ciento de las cargas iniciales durante veinte años de uso anual, después de un 10 por ciento inicial durante el primer año.

7.4.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Para preparar las estimaciones de las emisiones se necesitan dos tipos de datos de la actividad:

1. la cantidad de sustancia química utilizada en la fabricación de espuma en un país, sin exportaciones ulteriores, y
2. la cantidad de sustancia química confinada en la espuma importada en el país.

Los problemas de recopilación de datos relacionados con estas dos áreas son diferentes.

Sustancias químicas utilizadas en la fabricación de espumas

La cantidad de sustancias químicas a granel utilizadas en la industria del soplado de espumas debe incluir tanto los HFC producidos nacionalmente como los importados. Los datos sobre las ventas nacionales a la industria de las espumas deben estar disponibles directamente de los proveedores químicos o de los fabricantes de espumas al nivel de la aplicación (Nivel 1a) y pueden extenderse hacia un análisis al nivel de las sub-aplicaciones (Nivel 2a). Al igual que para otras aplicaciones de los sustitutos de las SAO, los datos sobre importaciones químicas pueden estar disponibles a través de las autoridades aduaneras o de los distribuidores químicos.

Para construir una imagen adecuada sobre el desarrollo de los bancos de agentes espumantes se necesitan datos históricos sobre el consumo. Sin embargo, esto no se aplica al caso de las espumas de celdas abiertas que pierden sus agentes espumantes durante el primer año. Para las espumas de celdas abiertas, todas las emisiones ocurren durante la fabricación, excepto en el caso del sub-sector OCF. Por lo tanto, es necesario determinar la parte de la sustancia química asociada con la fabricación de espumas de celdas abiertas. Estos datos pueden determinarse mediante un estudio sobre uso final o aproximarse por revisión de datos similares sobre uso final para los CFC y los HCFC.

Sustancia química confinada en las espumas importadas y exportadas

Los compiladores del inventario de los países exportadores de espumas de celdas cerradas deben restar estos volúmenes de sus cálculos sobre los bancos anuales y sobre las pérdidas definitivas por desmantelamiento, pues las emisiones durante el uso se producen en el país importador. Los datos sobre la carga química de las espumas de celdas cerradas exportadas pueden obtenerse de los grandes fabricantes. Sin embargo, es poco probable que, por sí mismos, los datos aduaneros puedan proporcionar información apropiada sobre el tipo de agente espumante, a menos que el país declarante haya tomado medidas especiales en este sentido.

Por igual, los compiladores del inventario de los países importadores de productos que contienen espumas de celdas cerradas deben incluir, para mayor exhaustividad, estimaciones de las emisiones procedentes de estos productos importados. Puesto que los compiladores del inventario tendrán aún menos conocimientos y menos control sobre los productos fabricados fuera del país que sobre los fabricados y seguidamente exportados, la información sobre los agentes espumantes confinados en los productos de espumas de celdas cerradas resulta aún más difícil de recopilar. En consecuencia, para estimar estos datos, los compiladores de los países cuyas emisiones ocurren sólo a partir de espumas de celdas cerradas pueden tener que recurrir al dictamen de expertos (véase el Volumen 1, Capítulos 2 y 3)

En el pasado, para desarrollar las estimaciones de las sustancias químicas confinadas en las espumas de celdas cerradas importadas, los compiladores del inventario no estaban en condiciones de utilizar los conjuntos de datos internacionales sobre producción y consumo de HFC, pues éstos no incluían las bases de datos regionales sobre los patrones de uso y comercialización. Por ejemplo, el proceso de acopio de estadísticas del estudio *Alternative*

¹⁶ No se proporcionan factores de emisión para las espumas de celdas abiertas pues todas las emisiones ocurren durante el primer año.

Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS), compiló datos de la actividad mundial para el HFC-134a en el sector de las espumas¹⁷ hasta 1997, pero en la época no se disponía de desgloses regionales.

Para ayudar a resolver este problema, hoy día, algunas bases de datos contienen mecanismos nacionales para asistir a los compiladores del inventario en la explotación de los conjuntos de datos internacionales sobre consumo y emisiones de HFC/PFC que dan acceso a los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente y a estimaciones de bancos de agentes espumantes confinados en espumas de celdas cerradas dentro de sus propios países. Éstos pueden aplicarse dentro de las evaluaciones de Nivel 2a y proporcionarán datos estimados de consumo y de bancos al nivel de las sub-aplicaciones, a los cuales podrán aplicarse los factores de emisión por defecto indicados en los Cuadros 7.6 y 7.7 (o versiones actualizadas de éstos proporcionadas por la EFDB u otras fuentes).

7.4.2.4 RESUMEN DE LOS MÉTODOS PRINCIPALES

Etapas del método de Nivel 2a utilizando los datos sustitutos

En el Recuadro 7.2 se ilustran las etapas típicas necesarias para implementar un método de Nivel 2a utilizando los datos sustitutos:

RECUADRO 7.2
IMPLEMENTACIÓN DEL NIVEL 2A PARA LA APLICACIÓN DE LAS ESPUMAS
UTILIZANDO DATOS DERIVADOS MUNDIAL O REGIONALMENTE

En el sector de las espumas hay hasta 16 sub-aplicaciones. Un país declarante debe considerar cuáles de estas sub-aplicaciones son pertinentes para la situación propia y seguir estos pasos para cada proceso y/o aplicación.

Consumo

1. Identificar el tonelaje de espuma utilizada en el proceso y/o aplicación
2. Establecer la densidad promedio de las espumas utilizadas en el proceso y/o aplicación y, de ahí, el volumen de espuma («volumen de espuma por unidad» es la métrica utilizada comúnmente en casas y edificios)
3. Identificar la cantidad de casas construidas en el año o la cantidad de artefactos fabricados/vendidos en el año, para determinar el cociente volumétrico de espuma nominal (volumen de espuma por unidad)
4. Evaluar las tendencias de crecimiento tanto en la cantidad de unidades como en el cociente volumétrico de espuma y aplicar estas tendencias para estimar el tonelaje de espumas para años anteriores y futuros (p. ej., años para los cuales no se dispone de los datos para la etapa 3)
5. Evaluar la fracción o parte de mercado correspondiente a los distintos agentes espumantes (sustancias químicas) utilizadas para cada proceso y/o aplicación. Tomar precauciones particulares cuando se trate de mezclas.
6. Identificar las fórmulas típicas de las espumas para cada tipo de agente espumante y aplicar estas fórmulas a la proporción de los procesos y/o aplicaciones que utilizan ese agente espumante.
7. Multiplicar el tonelaje de espuma por la fórmula (peso/peso) y los datos detallados sobre la participación de mercado, para obtener el consumo de agente espumante por tipo (típicamente, hasta 14 tipos).
8. Cotejar los resultados con toda información disponible sobre las ventas de agentes espumantes específicos al nivel del país.

Emisiones durante el uso

9. Determinar el índice de pérdidas del primer año para el proceso y/o la aplicación. Multiplicar este índice de pérdida por el consumo de sustancia química para estimar las pérdidas provenientes de esta fase. *Estas emisiones deben sumarse a las demás fuentes de emisión.*
10. El balance del consumo no emitido para el año se suma al banco de agente espumante almacenado en ese proceso y/o aplicación
11. Aplicar un índice de emisión lineal a los materiales retenidos en el banco, lo que elimina así la necesidad de aplicar modelos paralelos basados en la antigüedad de la contribución del banco.
12. Aplicar el promedio de el índice de emisión durante el uso al banco y *sumar las emisiones resultantes al total de las emisiones.*
13. Basándose en la predicción del promedio de vida útil del producto, determinar qué cantidad del banco será desmantelada en el año en curso y restar esta cantidad del banco.

Desmantelamiento, recuperación y destrucción

14. Existen una serie de posibilidades de fin de vida útil para las espumas, pero la *buena práctica* sugiere que deben considerarse cuatro posibilidades principales:
 - a. reutilización
 - b. descarga en vertedero sin triturar
 - c. trituración sin recuperación
 - d. recuperación total y captura (incluida la trituración con recuperación, la incineración directa, etc.)
15. Las partes desmanteladas de un banco para un año determinado deben atribuirse a una de las cuatro posibilidades mencionadas más arriba, en proporción con lo que sucede en la práctica en el país.
16. Se deben determinar los factores de emisión aplicables durante el desmantelamiento, así como en otras etapas de la gestión del fin de vida útil. Estos factores deben aplicarse entonces a las partes desmanteladas de los procesos y/o aplicaciones. *Estas emisiones deben sumarse a las demás fuentes de emisión.* Los factores de emisión máximos de los Cuadros 7.6 y 7.7 deben aplicarse sólo donde se pueda suponer razonablemente que ocurren liberaciones instantáneas.
17. Allí donde las emisiones provenientes de la gestión del fin de vida útil sean emisiones en curso (p. ej., reutilización, descarga en vertederos y trituración sin recuperación), deben establecerse más bancos de fin de vida para conservar una traza de la acumulación de los agentes espumantes y para estimar las emisiones anuales en curso que provienen de estas fuentes.
18. A los bancos de fin de vida útil se deben aplicar los factores anuales de emisión para cada una de estas fuentes. *Estas emisiones deben sumarse a las otras fuentes de emisión.*

¹⁷ El HFC-134a es el HFC de uso más común. Los datos de la AFEAS pueden encontrarse en <http://www.afeas.org>.

Utilización del método de Nivel 1a basado en el modelo de Gamlen

Para estimar las emisiones del banco total de espumas de celdas cerradas de un país, se puede utilizar, aunque la alternativa es más limitada, un método de Nivel 1a basado en el modelo de Gamlen (Cuadro 7.5) Se ilustra el método en el extracto de hoja de cálculo siguiente¹⁸:

Figura 7.5 Ejemplo de hoja de cálculo para el método de Nivel 1a

País	Bélgica
Agente	HFC-134a
Consumo espuma celda cerrada	Dejar en blanco para utilizar valor de la base de datos
Consumo espuma celda abierta	Dejar en blanco para utilizar valor de la base de datos

Año en curso	2005 (Año de la estimación)
Año de introducción	1993
Emisiones del primer año	10% (Emisiones de la fabricación e instalación)
	4,50% (Pérdidas anuales durante el uso)

Emisiones espumas celdas cerradas	55,4 toneladas
Emisiones espumas celdas abiertas	0,8 toneladas
(Banco de agente en esp celdas cerradas)	635,9 toneladas)

Emisiones de las espumas de celdas cerradas							Emisiones de las espumas de celdas abiertas			
Edad	Año	Datos conocidos de consumo (toneladas)	Datos interpolados de consumo (toneladas)	primer año	del banco	banco	total de emisiones	Datos conocidos de consumo (toneladas)	Datos interpolados de consumo (toneladas)	emisiones del primer año
0	2005	133,6	133,6	13,4	42,1	635,9	55,4	0,828939	0,8	0,8
1	2004		123,3	12,3	36,1	557,8	48,4		0,7	0,7
2	2003		113,1	11,3	30,5	482,9	41,8		0,6	0,6
3	2002		102,8	10,3	25,4	411,6	35,7		0,5	0,5

En este ejemplo, se estima que en 2005 Bélgica ha consumido 133,6 toneladas de HFC-134a en las espumas de celdas cerradas y que ha emitido 13,4 toneladas provenientes de las actividades de fabricación del primer año, y 42,1 toneladas por emisiones de los bancos acumulados de espumas, lo que constituye un total de 55,4 toneladas de HFC-134a a partir de las espumas de celdas cerradas para el año 2005. Esta evaluación se basa en el conocimiento de que el HFC-134a se introdujo masivamente en Bélgica en 1993, de modo que la estimación incluye 13 años de datos. El enfoque general, cuando se apoya en datos derivados regionalmente, supone que el promedio de la incorporación de las tecnologías basadas en el HFC-134a para Europa refleja la situación del país en cuestión.

Este método es particularmente atractivo para los países y las regiones que poseen índices bajos de consumo de espuma (p. ej., los países en desarrollo) y donde el cociente volumétrico de espumas en los edificios es bajo y es probable que las emisiones sean mínimas durante el periodo efectivo de estas *Directrices*. Sin embargo, para las regiones que consumen volúmenes más grandes de HFC en los edificios, se recomiendan los métodos de Nivel 2 para evitar los errores de asignación del consumo y, en particular, de las emisiones, debido a las hipótesis implícitas en el modelo de Gamlen (Cuadro 7.5) y al hecho de promediar los patrones de consumo.

7.4.2.5 EXHAUSTIVIDAD

Dentro de la aplicación de las espumas se han identificado por lo menos dieciséis sub-aplicaciones potenciales y cinco sustancias químicas potenciales utilizadas como agentes espumantes (HFC-134a, HFC-152a, HFC-245fa, HFC-365mfc and HFC-227ea). Para lograr la exhaustividad, los compiladores del inventario deben determinar si los agentes espumantes de HFC son utilizados en cada sub-aplicación practicada en sus respectivos países, lo cual implica hasta 80 combinaciones teóricamente posibles (véase el Cuadro 7.4, Uso de los HFC en la industria del soplado de espumas). En la práctica, esta lista se reduce a 53 combinaciones potenciales realistas de sustancia/aplicación, aunque se pueden dar algunas variaciones regionales.

Nótese también que, en esta etapa, los métodos descritos no abordan explícitamente la utilización de mezclas aunque, en teoría, esto debería estar cubierto en una evaluación sustancia por sustancia. Al igual que para los

¹⁸ Allí donde la introducción sea lenta, el «año de introducción» debe entenderse como el primer año de utilización significativa.

refrigerantes (véase la Sección 7.5), el desafío consiste en monitorear y declarar las actividades. El empleo de mezclas está aumentando indudablemente y puede incluir, por ejemplo, al HFC-245fa y al HFC-365mfc. Las mezclas de HFC-365mfc con proporciones menores de HFC-227ea están siendo introducidas también por un fabricante. Sin embargo, en esta etapa es aún prematuro atribuir factores de emisión diferentes a estos sistemas.

7.4.2.6 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

El compilador de inventario debe mantener un método coherente para evaluar las emisiones durante un periodo de tiempo. Si no se establece, por ejemplo, ningún sistema para monitorear el desmantelamiento efectivo al lanzar el proceso del inventario, resulta muy difícil obtener los datos de manera retrospectiva al considerar un cambio de datos derivados mundial o regionalmente a datos específicos del país. Esta decisión deberá ser, por lo tanto, objeto de un cuidadoso análisis al inicio del proceso declarativo. Toda reformulación de los cálculos de las estimaciones debe realizarse de acuerdo con la orientación del Volumen 1, Capítulo 5. Por contraste, los cambios de enfoque en la determinación de los niveles de actividad son más fáciles de implementar retrospectivamente.

7.4.3 Evaluación de incertidumbre

Para los datos de la actividad relativos al consumo neto, los datos de ventas actuales indican que las estimaciones mundiales son exactas dentro de un margen del 10 por ciento, que las estimaciones regionales caen dentro del intervalo de 30 – 40 por ciento y que la incertidumbre de la información sobre el consumo específico de un país puede alcanzar hasta un 50 por ciento. Nótese que el cálculo del total de las emisiones para un año depende sólo parcialmente de la exactitud de las estimaciones sobre el nuevo consumo de ese año. El resto de las emisiones surge de los agentes espumantes confinados en bancos de espumas instaladas y de las espumas desmanteladas en ese año. La estimación de estos aportes depende fundamentalmente de la exactitud de los datos sobre el consumo histórico.

Al emplear el Enfoque A (enfoque por factor de emisión), los factores de emisión aumentan las incertidumbres, en particular si sólo se pueden utilizar factores por defecto. Dado que en muchos casos el desmantelamiento dispara la mayor parte de las emisiones, las hipótesis sobre el fin de vida de los productos pueden introducir los grados más altos de incertidumbre. Por esto, es muy importante que los compiladores del inventario mantengan registros de sus estimaciones de productos que contienen HFC y que desarrollen algún mecanismo para monitorear los desmantelamientos reales, en la medida de lo posible. Estos registros pueden ayudar a garantizar que, con el tiempo, las emisiones adicionadas no sobrepasen el total de las entradas.

7.4.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación

7.4.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Es una *buena práctica* efectuar verificaciones de control de calidad como se indica en el Volumen 1, Capítulo 6, así como una revisión de expertos de las estimaciones de emisiones. También pueden ser aplicables verificaciones adicionales de control de calidad, como las esbozadas en el Volumen 1, así como procedimientos de garantía de calidad, en particular si al determinar las emisiones de esta aplicación se utilizan métodos de nivel superior. Se alienta a los compiladores del inventario a utilizar un método de GC/CC de nivel superior para las *categorías principales* como se identifica en el Volumen 1, Capítulo 4.

Una de las mayores preocupaciones es garantizar que la preservación de la integridad de los datos regionales y mundiales se mantenga a través de la sumatoria de las estimaciones de los países individuales, y que una parte mayor del proceso de revisión de GC/CC deba estar implicada en este cotejamiento.

7.4.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Los factores de emisión deben declararse conjuntamente con la documentación sobre el desarrollo de los datos específicos del país. Las ventas de sustancias químicas a la industria del soplado de espumas deben declararse de tal modo que se respeten los requisitos de confidencialidad. La mayoría de los problemas de confidencialidad que surgen de cualquier proceso de recopilación de datos está relacionada con las actividades de mayor concentración. Par manejar estas situaciones, las emisiones de las espumas pueden declararse como cifra única, siempre y cuando el desarrollo de esa cifra pueda someterse a revisión bajo condiciones adecuadas de confidencialidad. Por supuesto, una declaración de emisiones consolidadas provenientes de la fabricación

(primer año), del uso (vida útil del producto) y del desmantelamiento (fin de vida útil), será siempre preferible para posibilitar el acento permanente en las mejoras realizadas en cada una de estas áreas. Si los compiladores del inventario emplean datos de la actividad derivados de bases de datos mundiales o regionales, deben declarar los resultados e informar sobre cómo se atribuyeron las emisiones al nivel del país.

7.5 REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

7.5.1 Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado (RAC) pueden clasificarse en hasta seis dominios de sub-aplicaciones o categorías (UNEP-RTOC, 2003), aunque al nivel de un solo país se emplean típicamente menos sub-aplicaciones. Estas categorías corresponden a sub-aplicaciones que pueden diferir en ubicación y propósito y se enumeran a continuación:

- (ix) Refrigeración doméstica (es decir, hogares),
- (x) Refrigeración comercial, incluidos los diferentes tipos de equipos, desde las expendedoras hasta los sistemas centralizados de refrigeración en los supermercados.
- (xi) Procesos industriales que incluyen congeladores, almacenamiento de baja temperatura y bombas caloríficas industriales utilizadas en la alimentación, la petroquímica y otras industrias,
- (xii) Transporte refrigerado, incluidos los equipos y los sistemas de refrigeración utilizados en camiones, contenedores, frigoríficos y vagones,
- (xiii) Sistemas de aire acondicionado estacionario incluidos los sistemas aire-aire, las bombas caloríficas y los enfriadores-congeladores¹⁹ para aplicaciones residenciales y en la construcción.
- (xiv) Sistemas de aire acondicionado móvil utilizados en vehículos de pasajeros, cabinas de camiones, buses y trenes.²⁰

Para todas estas aplicaciones, diversos HFC están reemplazando progresivamente a los CFC y los HCFC. Por ejemplo, en los países desarrollados y en varios países en desarrollo, el HFC-134a ha reemplazado al CFC-12 en los sistemas de refrigeración doméstica, congeladores de alta presión y en los sistemas de aire acondicionado móvil y las mezclas de HFC tales como R-407C (HFC-32/HFC-125/HFC-134a) y R-410A (HFC-32/HFC-125) están reemplazando al HCFC-22, principalmente en el aire acondicionado estacionario. Las mezclas de HFC, R-404A (HFC-125/HFC-143a/HFC-134a) y R-507A (HFC-125/HFC-143a), han reemplazado a la mezcla R-502 (CFC-22/CFC-115) y al HCFC-22 en la refrigeración comercial. También se usan otras sustancias diferentes de los HFC para reemplazar los CFC y HCFC tales como el isobutano (HC-600a) en la refrigeración doméstica o el amoníaco en la refrigeración industrial.

Está utilizándose una gran cantidad de mezclas que contienen HFC y/o PFC están siendo utilizadas en las aplicaciones de Refrigeración y Aire acondicionado. En el Cuadro 7.8 se muestra las mezclas más comunes.

¹⁹ En los grandes edificios comerciales (incluidos los hoteles, las oficinas, los hospitales, las universidades, etc.), el aire acondicionado de confort es provisto por enfriadores-congeladores de agua acoplados al sistema de ventilación y de distribución de aire.

²⁰ Es probable que para muchos países, la subaplicación de los sistemas de aire acondicionado móvil represente la fracción más grande de las emisiones de HFC dentro de la aplicación de refrigeración y aire acondicionado. Véase la Sección 7.5.2.4, Aplicación de los métodos de Nivel 2 – El ejemplo del Aire acondicionado móvil (MAC, del inglés, *Mobile Air Conditioning*), para ver un ejemplo sobre cómo calcular estas emisiones. El lector podrá ver que para aproximar estas emisiones se necesita una información limitada, que consiste esencialmente en una multiplicación del factor de emisión promedio por la cantidad de vehículos con aire acondicionado a base de HFC, añadiendo posibles emisiones relacionadas con la gestión de los contenedores, de las cargas respectivas y del fin de la vida útil.

CUADRO 7.8
MEZCLAS (MUCHAS CONTIENEN HFC Y/O PFC)

Mezcla	Componentes	Composición (%)
R-400	CFC-12/CFC-114	Debe especificarse ¹
R-401A	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	(53,0/13,0/34,0)
R-401B	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	(61,0/11,0/28,0)
R-401C	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	(33,0/15,0/52,0)
R-402A	HFC-125/HC-290/HCFC-22	(60,0/2,0/38,0)
R-402B	HFC-125/HC-290/HCFC-22	(38,0/2,0/60,0)
R-403A	HC-290/HCFC-22/PFC-218	(5,0/75,0/20,0)
R-403B	HC-290/HCFC-22/PFC-218	(5,0/56,0/39,0)
R-404A	HFC-125/HFC-143a/HFC-134a	(44,0/52,0/4,0)
R-405A	HCFC-22/ HFC-152a/ HCFC-142b/PFC-318	(45,0/7,0/5,5/42,5)
R-406A	HCFC-22/HC-600a/HCFC-142b	(55,0/14,0/41,0)
R-407A	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(20,0/40,0/40,0)
R-407B	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(10,0/70,0/20,0)
R-407C	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(23,0/25,0/52,0)
R-407D	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(15,0/15,0/70,0)
R-407E	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(25,0/15,0/60,0)
R-408A	HFC-125/HFC-143a/HCFC-22	(7,0/46,0/47,0)
R-409A	HCFC-22/HCFC-124/HCFC-142b	(60,0/25,0/15,0)
R-409B	HCFC-22/HCFC-124/HCFC-142b	(65,0/25,0/10,0)
R-410A	HFC-32/HFC-125	(50,0/50,0)
R-410B	HFC-32/HFC-125	(45,0/55,0)
R-411A	HC-1270/HCFC-22/HFC-152a	(1,5/87,5/11,0)
R-411B	HC-1270/HCFC-22/HFC-152a	(3,0/94,0/3,0)
R-411C	HC-1270/HCFC-22/HFC-152a	(3,0/95,5/1,5)
R-412A	HCFC-22/PFC-218/HCFC-142b	(70,0/5,0/25,0)
R-413A	PFC-218/HFC-134a/HC-600a	(9,0/88,0/3,0)
R-414A	HCFC-22/HCFC-124/HC-600a/HCFC-142b	(51,0/28,5/4,0/16,5)
R-414B	HCFC-22/HCFC-124/HC-600a/HCFC-142b	(50,0/39,0/1,5/9,5)
R-415A	HCFC-22/HFC-152a	(82,0/18,0)
R-415B	HCFC-22/HFC-152a	(25,0/75,0)
R-416A	HFC-134a/HCFC-124/HC-600	(59,0/39,5/1,5)
R-417A	HFC-125/HFC-134a/HC-600	(46,6/50,0/3,4)
R-418A	HC-290/HCFC-22/HFC-152a	(1,5/96,0/2,5)
R-419A	HFC-125/HFC-134a/HE-E170	(77,0/19,0/4,0)
R-420A	HFC-134a/HCFC-142b	(88,0/12,0)
R-421A	HFC-125/HFC-134a	(58,0/42,0)
R-421B	HFC-125/HFC-134a	(85,0/15,0)
R-422A	HFC-125/HFC-134a/HC-600a	(85,1/11,5/3,4)
R-422B	HFC-125/HFC-134a/HC-600a	(55,0/42,0/3,0)
R-422C	HFC-125/HFC-134a/HC-600a	(82,0/15,0/3,0)
R-500	CFC-12/HFC-152a	(73,8/26,2)
R-501	HCFC-22/CFC-12	(75,0/25,0)
R-502	HCFC-22/CFC-115	(48,8/51,2)
R-503	HFC-23/CFC-13	(40,1/59,9)
R-504	HFC-32/CFC-115	(48,2/51,8)
R-505	CFC-12/HCFC-31	(78,0/22,0)
R-506	CFC-31/CFC-114	(55,1/44,9)
R-507A	HFC-125/HFC-143a	(50,0/50,0)
R-508A	HFC-23/PFC-116	(39,0/61,0)
R-508B	HFC-23/PFC-116	(46,0/54,0)
R-509A	HCFC-22/PFC-218	(44,0/56,0)

¹ R-400 puede tener varias proporciones de CFC-12 y CFC-14. Es necesario especificar la composición exacta, p. ej., R-400 (60/40).

7.5.2 Cuestiones metodológicas

7.5.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Como se analizó ya en la sección introductoria de este capítulo, los dos métodos, el de Nivel 1 y el de Nivel 2, producen estimaciones de emisiones *reales* en vez de estimaciones de emisiones *potenciales*. Las estimaciones reales, que dan cuenta del retardo entre el consumo y las emisiones, tienen una importancia especial tanto para el sector de la refrigeración como para el del aire acondicionado, debido a la retención potencialmente prolongada de los refrigerantes en los productos y los equipos utilizados en estas aplicaciones.

En el árbol de decisión de la Figura 7.6 se muestran las alternativas disponibles para las aplicaciones de la refrigeración y del aire acondicionado.

NIVEL 1

Nivel 1 a/b

Se espera que en muchos países, la refrigeración y el aire acondicionado lleguen a ser *categorías principales*. La consecuencia de esta conclusión, considerando el Cuadro 7.2 y el árbol de decisión de la Figura 7.6, es que para cumplir la tarea declarativa, se necesitarán, tanto los datos específicos del país como los datos de la actividad derivados mundial o regionalmente al nivel de las sub-aplicaciones (datos desagregados). Sin embargo, en los raros casos en que la aplicación de la refrigeración y el aire acondicionado sea mucho menos significativa, se debería disponer de un método adecuado de Nivel 1 para los datos agregados.

De la experiencia en el estudio de la dinámica del consumo de refrigerantes y de los bancos en varios países (UNEP-RTOC, 2003; Ashford, Clodic, Kuijpers y McCulloch, 2004; y materiales de soporte), es posible derivar las hipótesis que permiten evaluar el uso de los refrigerantes, lo cual puede ayudar a evaluar las ventas de un refrigerante dado al nivel de un país. Un enfoque híbrido de Nivel 1 a/b así puede utilizar las hipótesis siguientes:

1. El servicio de mantenimiento de los equipos que contienen el refrigerante no comienza hasta 3 años después de la instalación.
2. Las emisiones de los refrigerantes confinados en bancos alcanzan un promedio del 15 por ciento anual para toda el área de la aplicación RAC. Se estima que esta hipótesis corresponde a un promedio ponderado de todas las sub-aplicaciones, para las cuales se muestran los factores de emisión en el Cuadro 7.9.
3. En un mercado maduro, dos tercios de las ventas de un refrigerante se destinan al mantenimiento y un tercio se usa para cargar los equipos nuevos. Un mercado maduro es uno en el cual los equipos de refrigeración que emplean sustitutos de las SAO son de amplio uso y existen relaciones entre proveedores y usuarios para comprar y hacer el mantenimiento de los equipos.
4. La vida útil promedio de los equipos es de 15 años. Se estima que esta hipótesis corresponde también a un promedio ponderado de todas las sub-aplicaciones.
5. La transición completa hacia una nueva tecnología de refrigerante se efectuará a lo largo de un periodo de 10 años. Se piensa, sobre la base de la experiencia actual, que esta hipótesis es válida para una sola sustancia química y en un solo país.

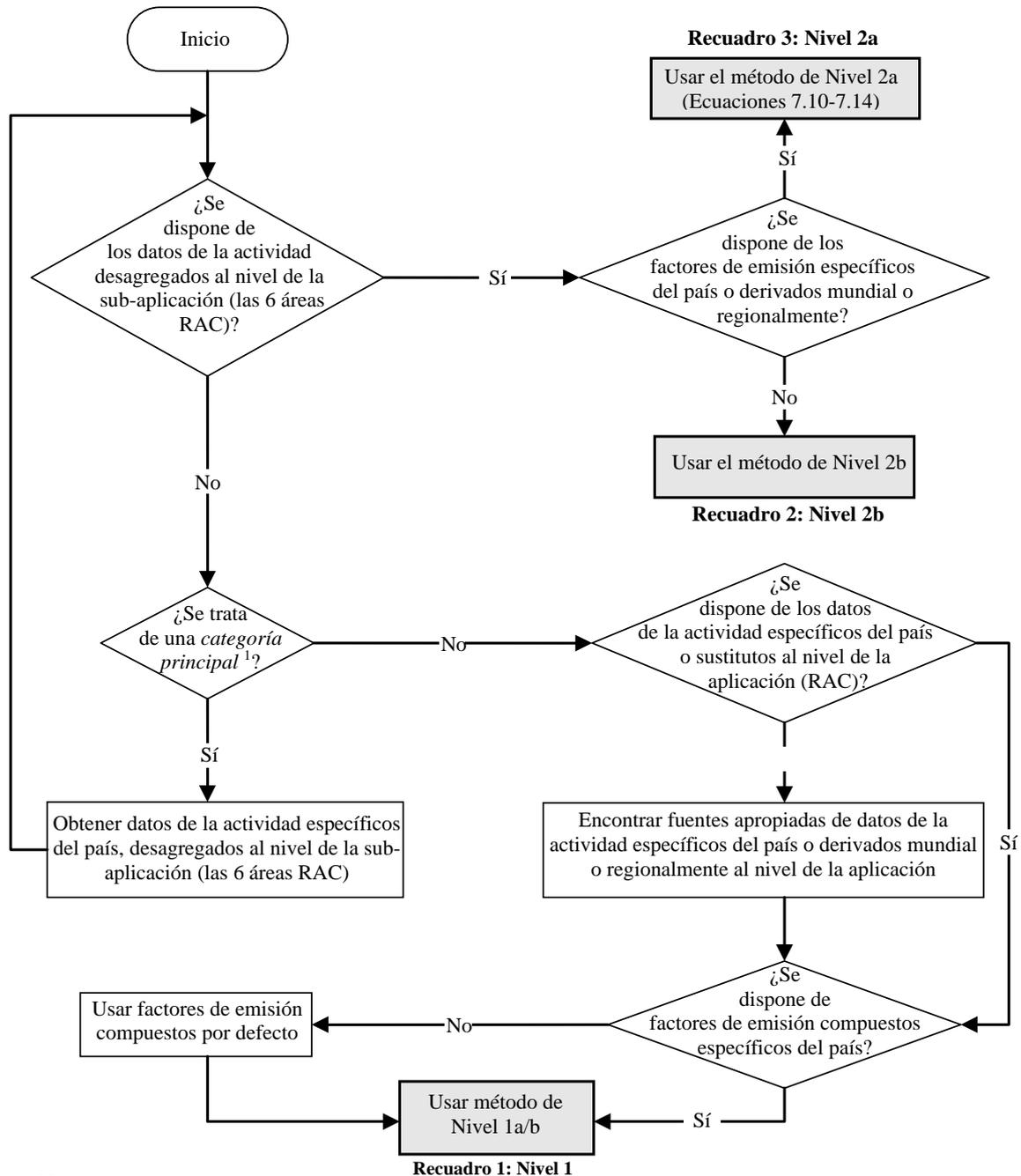
Con estas hipótesis instauradas, es posible derivar las emisiones si se dispone de los datos siguientes:

- Ventas de un refrigerante específico en el año de la declaración
- Año de la introducción del refrigerante
- Índice de crecimiento de las ventas de equipos nuevos (supuesta generalmente como lineal durante el periodo de evaluación)
- Porcentaje supuesto de los equipos nuevos exportados
- Porcentaje supuesto de los equipos nuevos importados

El método 1 a/b calcula luego retrospectivamente el desarrollo de bancos de un refrigerante a partir del año declarativo en curso hasta el año de su introducción. Al graficar este periodo, el método modela también la transición de las ventas hacia los equipos nuevos (inicialmente de 100 por ciento) hacia la situación de un

supuesto mercado maduro, donde se sabe, por experiencia, que las ventas son de un 33 por ciento para los equipos nuevos y de un 67 por ciento para las necesidades del mantenimiento. Se supone que la transición hacia una nueva tecnología de refrigerante se refleja de manera idéntica en todo equipo importado.

Figura 7.6 **Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de la aplicación de refrigeración y aire acondicionado (RAC)**

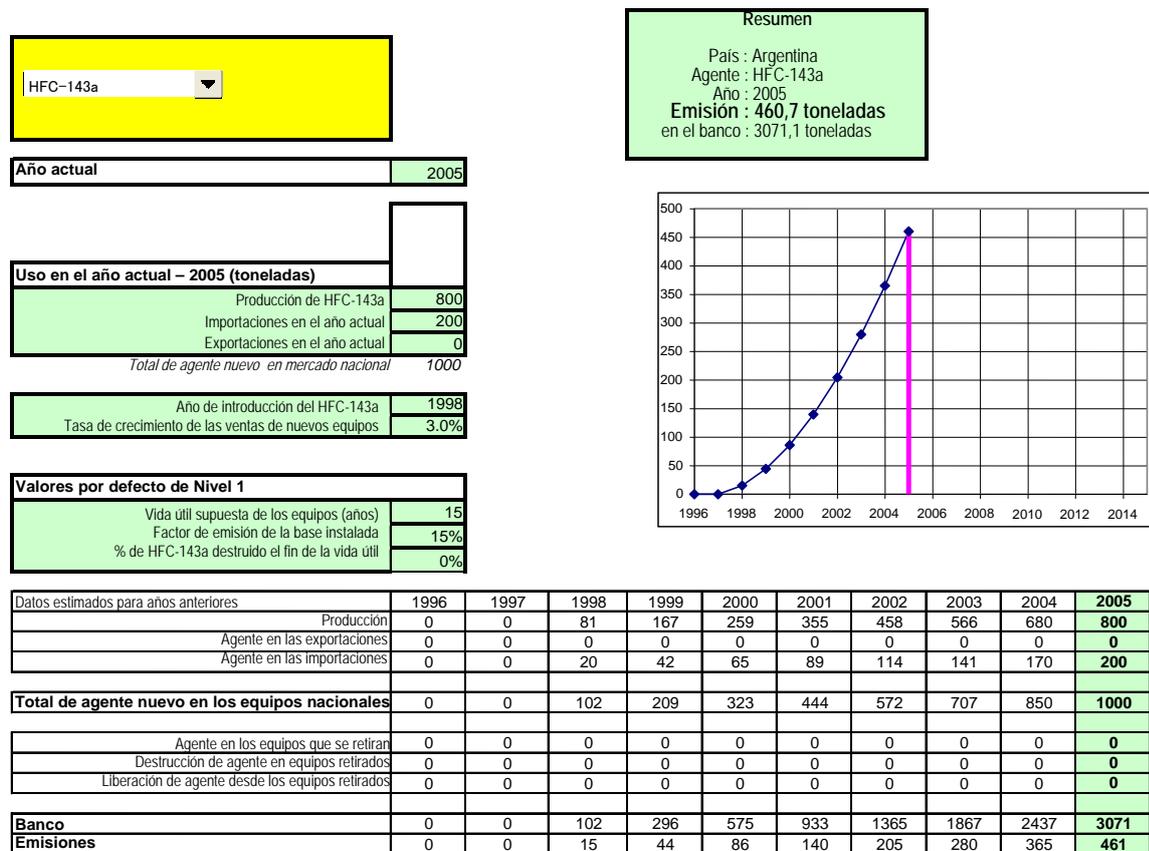


Nota :
 1. Para un análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión, Véase Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de Categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

El siguiente ejemplo de hoja de cálculo indica cómo el método 1 a/b estimaría una serie temporal de emisiones de siete años del refrigerante seleccionado, a partir de su introducción en 1998, sabiendo que hubo ventas de 1 000 toneladas en 2005. La hoja de cálculo contenida en el CDROM de la *Directrices de 2006* reproduce este

cálculo y, para completarla, hay que disponer -al nivel del país- de los conjuntos de datos derivados mundial o regionalmente²¹, tanto al nivel de la aplicación como al nivel de las sub-aplicaciones consolidadas.

Figura 7.7 Ejemplo de hoja de cálculos para la evaluación de Nivel 1a/b



En este ejemplo hipotético, la producción de un refrigerante específico es de 800 toneladas con un añadido de 200 toneladas en los equipos importados en 2005, lo cual da un consumo total de 1 000 toneladas. Sobre la base de este consumo y conociendo el año de introducción del refrigerante, se puede ver que, basándose en el desarrollo de bancos durante los siete años anteriores, el método de Nivel 1 a/b predice emisiones de 161 toneladas. En 2005, el banco se estima en 3 071 toneladas.

Nótese que, aún cuando estos métodos permiten estimar las emisiones cuando los datos son difíciles de obtener, sigue siendo necesario disponer de una evaluación exacta de los datos de la actividad relativos al consumo neto, específicos del país o derivados mundial o regionalmente. Cuando se considera el contenido del Cuadro 7.8 (en particular, cuando algunas de estas mezclas pueden estar siendo importadas en los equipos), es claro que en ese mercado debe existir un conocimiento considerable de la selección tecnológica. Los proveedores de refrigerantes deben estar en condiciones de asistir a los compiladores del inventario en esta área, pero la carga de desarrollar conjuntos de datos de la actividad de alta calidad, puede llevar a los compiladores a concluir que las opciones de Nivel 2 proporcionan más valor con poco trabajo adicional. En efecto, allí donde se busquen datos validados mundial o regionalmente, esto constituye normalmente una reconstitución de los datos originalmente desagregados al nivel de las sub-aplicaciones, de modo que puede ser más lógico aprovechar o completo la ventaja de esta versatilidad y abordar un enfoque de Nivel 2 desde el comienzo.

²¹ Como se indica en el Recuadro 7.1, la inclusión en la base de datos sobre factores de emisión del IPCC (EFDB) indica una adhesión general al proceso debido, pero es una *buena práctica* que los países garanticen que todos los datos tomados de la EFDB sean los apropiados para sus propias circunstancias nacionales.

NIVEL 2

Generalidades

La metodología de Nivel 2a:

- a) Toma en cuenta el retiro o la disminución de la circulación de los CFC y los HCFC, según el calendario del Protocolo de Montreal y de las eventuales reglamentaciones nacionales o regionales, para determinar las opciones de elección del refrigerante para todas las aplicaciones;
- b) Define la carga típica de refrigerante y la duración de la vida útil del equipo por sub-aplicación;
- c) Define los factores de emisión para la carga de refrigerante durante la operación, durante el mantenimiento y al término de la vida útil.

El cálculo de las emisiones producidas a lo largo de toda la vida útil de los equipos requiere una derivación del total de las existencias de estos equipos, independientemente de su antigüedad. De esta manera, se determina el banco por sub-aplicación.

Para lograr una coherencia, se sugiere derivar el mercado anual de los refrigerantes de las cantidades de refrigerantes cargados en los equipos nuevos y de las cantidades de refrigerantes utilizadas para dar servicio de mantenimiento a las existencias totales de los equipos.

El enfoque por equilibrio de masas de Nivel 2b se apoya en el conocimiento de las ventas anuales de refrigerantes, de los refrigerantes destruidos y todo cambio que pueda haber ocurrido en las existencias de los equipos (esto es, ventas de equipos nuevos y desmantelamiento de equipos), sobre la base de las sub-aplicaciones. No se requiere un conocimiento absoluto de las existencias de equipos ni de los factores de emisión asociados con cada sub-aplicación de refrigeración y aire acondicionado.

En el resto de esta sección se dan ejemplos sobre cómo se puede aplicar la metodología de Nivel 2.

Nivel 2b – Enfoque por equilibrio de masas

El enfoque por equilibrio de masas es particularmente aplicable a la refrigeración y al aire acondicionado debido a la significativa componente de servicio requerida para dar mantenimiento a los equipos. El enfoque general de Nivel 2b ha sido introducido en el Capítulo 1 del Volumen 3.

Para el enfoque por equilibrio de masas, las cuatro etapas de las emisiones (carga, operación, mantenimiento y fin de vida útil) identificadas más arriba se abordan en la siguiente ecuación simplificada:

<p>ECUACIÓN 7.9</p> <p>DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE LOS REFRIGERANTES POR EQUILIBRIO DE MASAS</p> <p><i>Emisiones = Ventas anuales de refrigerante nuevo – Carga total de los equipos nuevos</i></p> <p><i>+ Carga total original de los equipos retirados – Cantidad destruida intencionalmente</i></p>

Las *Ventas anuales de refrigerante nuevo* corresponden a la cantidad de sustancia química que se introduce en el sector de la refrigeración en un país particular, en un año determinado. Incluye a todas las sustancias químicas utilizadas para llenar o recargar los equipos, ya sea la carga en la fábrica, la carga en los equipos después de la instalación o las utilizadas para recargar los equipos durante el servicio de mantenimiento. No incluye a las sustancias químicas recicladas o devueltas.

La *Carga total de los equipos nuevos* corresponde a la suma de las cargas completas de todos los equipos nuevos que se venden en un país en un año determinado. Esto incluye tanto las sustancias químicas necesarias para llenar los equipos en la fábrica como las sustancias químicas necesarias para llenar los equipos después de la instalación. No incluye las emisiones durante la carga ni la sustancia química utilizada para recargar los equipos durante el mantenimiento.

La *Carga total original de los equipos retirados* corresponde a la suma de las cargas completas de todos los equipos desmantelados en un país en un año determinado. Supone que los equipos han sido mantenidos adecuadamente hasta su desmantelamiento y que, por lo tanto, contienen la misma cantidad de carga original.

La *Cantidad destruida intencionalmente* corresponde a la cantidad de sustancias químicas destruidas correctamente mediante una tecnología reconocida de destrucción.

En cada país hay existencias de equipos de refrigeración que contienen una existencia efectiva de una sustancia química (*banco*). Por lo tanto, las ventas anuales de sustancias químicas refrigerantes nuevas deben utilizarse para uno de los tres propósitos siguientes:

- Aumentar el tamaño de la existencia de sustancias químicas (*banco*) en uso (incluida la sustitución de la carga previa de los equipos con una sustancia química determinada)

- Reemplazar aquella fracción de las existencias de sustancia química del último año emitida hacia la atmósfera (por ejemplo, a través de fugas o de pérdidas durante el servicio de mantenimiento)
- Aprovisionar la carga inicial de la cadena de abastecimiento o las reservas

Dado que en un mercado estabilizado se requiere raramente el tercer elemento de esta lista, no se lo incluye en la Ecuación 7.9. Si fuere el caso, a la Ecuación 7.9 se le pueden añadir términos que den cuenta de la constitución de reservas y de la reutilización.

La diferencia entre la cantidad total de gas vendido y la cantidad de ese gas utilizado para incrementar el tamaño de las existencias de sustancia química, es igual a la cantidad de sustancia química emitida hacia la atmósfera. El aumento en el tamaño de las existencias de sustancia química es igual a la diferencia entre las cargas totales de los equipos nuevos y de los equipos que se retiran.

Al utilizar los datos sobre las ventas actuales e históricas de gas, en vez de los factores de emisión referidos en la bibliografía, la ecuación refleja las emisiones provenientes del ensamblado, la operación y la eliminación, en el momento y en el lugar en que éstas ocurren. Los factores de emisión por defecto pueden no ser exactos, pues los índices de emisión pueden variar considerablemente de un país a otro, e incluso dentro de un mismo país.

Como se ha discutido ya en el Capítulo 1, Sección 1.5 del Volumen 3, uno de los inconvenientes del enfoque por equilibrio de masas es que puede subestimar las emisiones cuando las existencias de los equipos están creciendo, debido al retraso entre el momento en que ocurren las emisiones y el momento en que se las detecta (a través del servicio de mantenimiento). Esta subestimación será relativamente grande en los países donde se hayan usado los HFC en los equipos durante menos de diez años, pues una gran parte de los equipos habrá experimentado fugas sin jamás haber sido sometidos a mantenimiento. Por esto, se alienta a los países que han usado los HFC durante menos de diez años, a estimar las emisiones utilizando enfoques alternativos. En general, mientras más prolongado haya sido el uso de los HFC en un país, más pequeña será la subestimación asociada al enfoque por equilibrio de masas. Una vez que los equipos que contienen HFC comienzan a ser retirados, la subestimación disminuye a un nivel bajo.

La Ecuación 7.9 puede aplicarse, tanto a los tipos individuales de equipos (sub-aplicaciones), como, más generalmente, a todos los tipos de equipos de aire acondicionado y de refrigeración de un país (es decir, el Nivel 1b), según el nivel de desagregación de los datos disponibles. Si se dispone de datos desagregados, las estimaciones de las emisiones desarrolladas para cada tipo de equipo y de sustancia química se suman para determinar el total de las emisiones para la aplicación.

Nivel 2a – Enfoque por factor de emisión

En un cálculo de Nivel 2a, las emisiones de los refrigerantes en el año t , a partir de cada una de las seis²² sub-aplicaciones de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, se calculan por separado. Estas emisiones son el resultado de:

- $E_{\text{contenedores},t}$ = emisiones relacionadas con la gestión de contenedores refrigerados
- $E_{\text{carga},t}$ = emisiones relacionadas con la carga de refrigerante: conexión y desconexión del contenedor refrigerado y del equipo nuevo a ser cargado.
- $E_{\text{vida útil},t}$ = emisiones anuales desde los bancos de refrigerantes asociados con las seis sub-aplicaciones durante la operación (emisiones fugitivas y rupturas) y el mantenimiento.
- $E_{\text{fin de vida útil},t}$ = emisiones durante la eliminación del sistema

Todas estas cantidades se expresan en kilogramos y deben calcularse para cada tipo de HFC utilizado en las seis sub-aplicaciones diferentes.

ECUACIÓN 7.10
RESUMEN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN

$$E_{\text{total},t} = E_{\text{contenedores},t} + E_{\text{Carga},t} + E_{\text{vida útil},t} + E_{\text{fin de vida útil},t}$$

Más abajo se bosquejan los métodos para estimar los índices de emisión promedio para los sectores mencionados y deben calcularse -refrigerante por refrigerante- para todos los equipos, sin importar su antigüedad. Si no se dispone de información sobre las emisiones de los contenedores o de la carga, los compiladores del inventario

²² Se pueden usar más de seis sub-aplicaciones, según el nivel de los datos desagregados disponibles.

pueden estimar estas pérdidas como porcentaje del banco y revisar el factor de emisión de vida útil (operación más mantenimiento) en la Ecuación 7.13, más abajo, para dar cuenta de tales pérdidas.

Gestión del refrigerante de los contenedores

Las emisiones relacionadas con la gestión del refrigerante de los contenedores comprenden todas las emisiones relativas a las transferencias de refrigerantes de los contenedores a granel (típicamente, de 40 toneladas) hacia las más pequeñas capacidades donde las masas varían desde 0,5 kg. (latas desechables) hasta una tonelada (contenedores) y también de las cantidades remanentes —los restos gaseosos y/o líquidos de refrigerante— que quedan en los diversos contenedores y que son recuperados o emitidos.

ECUACIÓN 7.11
FUENTES DE EMISIONES DE LA GESTIÓN DE LOS CONTENEDORES

$$E_{\text{contenedores},t} = RM_t \cdot \frac{c}{100}$$

Donde:

$E_{\text{contenedores},t}$ = emisiones desde todos los contenedores de HFC en el año t , kg.

RM_t = mercado de los HFC para los equipos nuevos y el mantenimiento de todas las aplicaciones de refrigeración en el año t , kg.

c = factor de emisión de la gestión de los contenedores de HFC del mercado actual de los refrigerantes, porcentaje

Las emisiones relacionadas con la gestión completa del refrigerante de los contenedores se estiman entre 2 y 10 por ciento del mercado de los refrigerantes.

Emisiones de la carga refrigerante de los equipos nuevos

Las emisiones de los refrigerantes debidas al proceso de carga de equipos nuevos están relacionadas con el proceso de conexión y desconexión del contenedor refrigerado de los equipos de carga durante la carga inicial.

ECUACIÓN 7.12
FUENTES DE EMISIONES DURANTE LA CARGA DE EQUIPOS NUEVOS

$$E_{\text{carga},t} = M_t \cdot \frac{k}{100}$$

Donde:

$E_{\text{carga},t}$ = emisiones producidas durante la fabricación/el ensamblado del sistema en el año t , kg.

M_t = cantidad de HFC cargado en los equipos nuevos en el año t (por sub-aplicación), kg.

k = factor de emisión de las pérdidas de HFC cargado en los equipos nuevos durante el ensamblado (por sub-aplicación), porcentaje

Nota: las emisiones relacionadas con el proceso de conexión y desconexión durante el servicio de mantenimiento, están cubiertas por la ecuación 7.13

La cantidad cargada (M_t) debe incluir todos los sistemas que son llenados en el país, incluidos aquellos que se producen para exportación. No deben considerarse los sistemas que se importan precargados.

El intervalo de variación típico para el factor de emisión k es de 0,1 a 3 por ciento. Las emisiones que se producen durante el proceso de carga son muy diferentes para los sistemas ensamblados en la fábrica, donde las emisiones son bajas (véase el Cuadro 7.9), que para los sistemas armados en el lugar de instalación, donde las emisiones pueden alcanzar hasta un 2 por ciento.

Emisiones durante la vida útil (operación y mantenimiento)

Las fugas anuales desde los bancos de refrigerantes representan emisiones fugitivas, es decir, fugas desde empalmes, juntas, sellado de válvulas, etc., pero también rupturas de tuberías o de intercambiadores térmicos que conducen a una liberación parcial o total del refrigerante hacia la atmósfera. Además de las fallas en los componentes, tales como el fundido del compresor, los equipos reciben mantenimiento principalmente cuando la capacidad de refrigeración es muy baja debido a la pérdida de refrigerante por emisiones fugitivas. Según la aplicación, el mantenimiento se realizará, por ejemplo, cada año o cada tres años, o a veces nunca durante toda la vida útil, como es el caso de las sub-aplicaciones de refrigeración doméstica. Para algunas sub-aplicaciones, las fugas deben repararse durante el mantenimiento y quizá sea necesario recuperar refrigerante, de modo que al estimar los factores de emisión debe tomarse en cuenta la eficiencia de recuperación. Además, conocer los requerimientos anuales de refrigerante para el mantenimiento por sub-aplicación permite determinar el mercado

nacional de los refrigerantes a través de la suma de las cantidades cargadas en los equipos nuevos (véase el párrafo Garantía de calidad/Control de calidad). Se aplica la siguiente fórmula de cálculo:

ECUACIÓN 7.13
FUENTES DE EMISIONES DURANTE LA VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS

$$E_{\text{vida útil}, t} = B_t \cdot \frac{x}{100}$$

Donde:

$E_{\text{vida útil}, t}$ = cantidad de HFC emitido durante la operación del sistema en el año t , kg.

B_t = cantidad de HFC confinado en bancos de equipos existentes en el año t (por sub-aplicación), kg.

x = índice de emisión anual (es decir, factor de emisión) de HFC de cada banco de sub-aplicación durante el tiempo de operación que da cuenta de fugas y emisiones anuales promedio durante el mantenimiento, porcentaje

Al calcular el banco de refrigerante (B_t), todos los sistemas en operación en el país (producidos nacionalmente e importados) deben ser considerados sub-aplicación por sub-aplicación.

En el Cuadro 7.9 se proporcionan ejemplos de índices de fugas (x) típicos para varios tipos de equipos, que describen las respectivas sub-aplicaciones de refrigeración.

Emisiones al término de la vida útil

La cantidad de refrigerante liberado de los sistemas desechados depende de la cantidad de refrigerante restante en el momento de la eliminación y de la porción que se recupera. Desde el punto de vista técnico, se puede recuperar la mayor parte del fluido restante, pero la recuperación al término de la vida útil depende de las reglamentaciones, los incentivos económicos y del nivel de conciencia ambiental.

La fórmula siguiente (Ecuación 7.14) es aplicable a los cálculos para estimar las emisiones en el momento de la eliminación:

ECUACIÓN 7.14
EMISIONES AL FIN DE LA VIDA ÚTIL DEL SISTEMA

$$E_{\text{fin de vida útil}, t} = M_{t-d} \cdot \frac{p}{100} \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{rec}, d}}{100}\right)$$

Donde:

$E_{\text{fin de vida útil}, t}$ = cantidad de HFC emitido en el momento de la eliminación del sistema en el año t , kg.

M_{t-d} = cantidad de HFC cargada inicialmente en los sistemas nuevos instalados en el año $(t-d)$, kg.

p = carga residual de HFC en el equipo que se está eliminando, expresada en porcentaje de la carga total, porcentaje

$\eta_{\text{rec}, d}$ = eficiencia de recuperación en el momento de la eliminación, que corresponde al cociente entre el HFC recuperado y el HFC confinado en el sistema, porcentaje

Al estimar la cantidad de refrigerante (M_{t-d}) cargada inicialmente en los sistemas, deben tomarse en cuenta todos los sistemas cargados en el país (para el mercado nacional) y los sistemas importados precargados.

7.5.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Método de Nivel 1a/b

Como se ha explicado en la Sección 7.5.2.1, Elección del método, para completar un método de Nivel 1 se requiere un factor de emisión compuesto. Dado que las sub-aplicaciones dentro de la aplicación de refrigeración y aire acondicionado son relativamente heterogéneas, la validez de cada uno de los factores de emisión compuestos debe ponerse en duda, a menos que tome en consideración la mezcla particular de sub-aplicaciones en el país. Por lo tanto, es una *buena práctica* desarrollar los factores de emisión compuestos sobre la base de investigaciones realizadas dentro del país. En el ejemplo de la hoja de cálculo contenida en el *CDROM de las Directrices de 2006*, adjunto a estas *Directrices*, se utiliza el amplio factor de emisión por defecto de 15 por ciento del banco anual.

Método de Nivel 2a

La *buena práctica* para elegir los factores de emisión consiste en utilizar datos específicos del país, basándose en la información proporcionada por los fabricantes de equipos, los proveedores de servicios, las compañías de eliminación y los estudios independientes. Cuando no se dispone de datos nacionales, los compiladores del inventario deben utilizar los factores de emisión por defecto que se muestran en el Cuadro 7.9, Estimaciones para la carga, la vida útil y los factores de emisión, que resume las mejores estimaciones de carga, vida útil y factores de emisión de los equipos. Estos valores por defecto reflejan el estado actual del conocimiento sobre la industria y se proveen en forma de intervalos de valores posibles en vez de estimaciones precisas. Se intenta que el extremo inferior en los intervalos de la vida útil y de los factores de emisión represente la situación en los países desarrollados, y que el extremo superior de cada intervalo represente la situación dentro de los países en desarrollo. Los compiladores del inventario deben escoger dentro del intervalo de acuerdo con las condiciones específicas del país y documentar las razones para adoptar cada elección. Si los datos recopilados en el campo no pueden desglosarse al nivel de las sub-aplicaciones, como en el Cuadro 7.9, es una *buena práctica* recurrir al dictamen de expertos para estimar la parte relativa de cada tipo de equipo y calcular los factores de emisión compuestos, ponderados según esa proporción relativa, tal como se propone para el Nivel 1a/b, o bien, utilizar el factor de emisión apropiado para el tipo de equipo más común.

CUADRO 7.9 ESTIMACIONES¹ PARA LA CARGA, VIDA ÚTIL Y FACTORES DE EMISIÓN EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO						
sub-aplicación	Carga (kg.)	Vida útil (años) ²	Factores de emisión (% de la carga inicial/año) ³		Emisión de fin de vida útil (%)	
Factor de la Ecuación	(M)	(d)	(k)	(x)	($\eta_{rec,d}$)	(p)
			Emisión inicial	Emisión durante la operación	Eficiencia de recuperación ⁴	Resto de la carga inicial
Refrigeración doméstica	$0,05 \leq M \leq 0,5$	$12 \leq d \leq 20$	$0,2 \leq k \leq 1$	$0,1 \leq x \leq 0,5$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Aplicaciones comerciales autónomas	$0,2 \leq M \leq 6$	$10 \leq d \leq 15$	$0,5 \leq k \leq 3$	$1 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Refrigeración comercial mediana y grande	$50 \leq M \leq 2000$	$7 \leq d \leq 15$	$0,5 \leq k \leq 3$	$10 \leq x \leq 35$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$50 < p < 100$
Transporte refrigerado	$3 \leq M \leq 8$	$6 \leq d \leq 9$	$0,2 \leq k \leq 1$	$15 \leq x \leq 50$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 50$
Refrigeración industrial incluido el Procesamiento de alimentos y almacenamiento a baja temperatura	$10 \leq M \leq 10\ 000$	$15 \leq d \leq 30$	$0,5 \leq k \leq 3$	$7 \leq x \leq 25$	$0 < \eta_{rec,d} < 90$	$50 < p < 100$
Congeladores	$10 \leq M \leq 2000$	$15 \leq d \leq 30$	$0,2 \leq k \leq 1$	$2 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 95$	$80 < p < 100$
Aire acondicionado residencial y comercial, incluidas las bombas térmicas	$0,5 \leq M \leq 100$	$10 \leq d \leq 20$	$0,2 \leq k \leq 1$	$1 \leq x \leq 10$	$0 < \eta_{rec,d} < 80$	$0 < p < 80$
Aire acondicionado móvil	$0,5 \leq M \leq 1,5$	$9 \leq d \leq 16$	$0,2 \leq k \leq 0,5$	$10 \leq x \leq 20^5$	$0 < \eta_{rec,d} < 50$	$0 < p < 50$

¹ Sobre la base de la información contenida en *UNEP RTOC Reports* (UNEP-RTOC, 1999; UNEP-RTOC, 2003)

^{2,3} Valor inferior para los países desarrollados y valor superior para los países en desarrollo

⁴ El umbral inferior (0%) destaca el hecho de que en algunos países no hay recuperación.

⁵ Schwarz y Harnisch (2003) estiman índices de fugas del 5,3% al 10,6%; estos índices se aplican sólo a los acondicionadores de aire móviles de segunda generación instalados en los modelos europeos a partir de 1996.

7.5.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Método de Nivel 1a/b

Los compiladores del inventario de los países que fabrican sustancias químicas refrigerantes deben estimar la Ventas anuales de nuevos refrigerantes utilizando la información proporcionada por los fabricantes de sustancias químicas. Los datos sobre las sustancias químicas importadas deben recopilarse a partir de las estadísticas aduaneras, de los importadores o de los distribuidores.

La Carga total de los equipos nuevos puede estimarse utilizando:

- Información de los fabricantes y/o importadores de equipos sobre la carga total de los equipos que fabrican o importan; o bien
- Información de los fabricantes y/o importadores de sustancias químicas sobre sus ventas a los fabricantes de equipos y a los distribuidores.

Hay que garantizar que esta información incluya sólo las ventas en tanto que refrigerantes, no como sustancias de alimentación a procesos u otros usos. Se supone que la diferencia que existe entre el total de las ventas de refrigerante nuevo y el que está cargado en equipos nuevos se utiliza para el mantenimiento. Si no se dispone de información respecto de las cargas de los equipos nuevos, se puede suponer que, en un mercado maduro, dos tercios del refrigerante se emplean para el mantenimiento, mientras que un tercio se utiliza en los equipos nuevos. Sin embargo, la adopción de tales hipótesis debe acompañarse de alguna justificación relativa al estado del mercado y a la probable bondad de su aplicación.

Métodos de Nivel 2

Tanto los métodos de Nivel 2a como los de Nivel 2b requieren el desarrollo de una matriz para cada sub-aplicación, basada en el tipo de equipo, por un lado, y en el tipo de refrigerante, por el otro. Para derivar la cantidad de piezas de equipos para todas las clases de antigüedad, se requiere también de datos históricos de actividad sobre el consumo neto. La actualización anual de la matriz permite recalcular cada año todos los tipos de emisión, como se detalla en las Ecuaciones 7.10 a 7.14. Más aún, la elección del refrigerante debe ser evaluada año tras año, debido a los cambios en las reglamentaciones nacionales (relacionadas a menudo con el retiro de circulación de los CFC y los HCFC en fechas diferentes) y a cambios en las opciones tecnológicas. En algunos países, los reglamentos sobre los refrigerantes de HFC han comenzado a entrar en vigencia.

Allí donde los datos específicos del país no puedan ser analizados a este nivel, para facilitar los métodos de Nivel 2 se pueden obtener los datos de la actividad validados mundial o regionalmente, a partir de bases de datos bien reputadas, basándose en las cargas y en la vida útil de los refrigerantes, para todas las sub-aplicaciones, según el Cuadro 7.9. Generalmente, un cierto número de refinamientos son necesarios en función de las circunstancias particulares del país. Para abordar estos detalles se puede obtener la ayuda de los expertos en aplicaciones.

Otros temas comunes

Al recopilar los datos de la actividad específicos del país, ya sea para sustentar un método de Nivel 1 o de Nivel 2, los compiladores del inventario deben tomar precauciones al abordar las mezclas refrigerantes. En el Cuadro 7.8 se ilustra la complejidad ya existente y se espera que las mezclas ganen en popularidad en la medida que los fabricantes de equipos busquen nuevas mejoras de rendimiento, en particular en relación con la eficiencia energética. Cuando las mezclas contienen tanto HFC como otros componentes, sólo es necesario considerar los elementos que son declarables. Éste es incluso el caso de otros componentes con PCA significativos (p. ej., los CFC y los HCFC).

Los compiladores del inventario deben considerar también cómo monitorear el movimiento en el comercio de equipos y productos que contienen HFC y/o PFC. En el Recuadro 7.3 se consignan algunas de las medidas necesarias para estimar adecuadamente las importaciones y las exportaciones.

RECUADRO 7.3**CONTABILIZACIÓN DE LA IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE REFRIGERANTES Y EQUIPOS**

Al estimar las *Ventas anuales de nuevos refrigerantes*, la *Carga total de los equipos nuevos* y la *Carga total original de los equipos retirados*, como se requiere para el método de Nivel 2b, los compiladores del inventario deben dar cuenta de las importaciones y exportaciones, tanto de las sustancias químicas como de los equipos. Esto garantiza que se capture el consumo nacional real de sustancias químicas y de equipos. Por ejemplo, si un país importa una parte significativa del HFC-134a que utiliza, la cantidad importada debe contabilizarse como **Ventas anuales**. Por el contrario, si un país carga y luego exporta un número significativo de refrigeradores domésticos, la carga total de los refrigeradores exportados debe restarse de la carga total de los refrigeradores domésticos fabricados en el país, para obtener la **Carga total de los equipos nuevos**.

ENFOQUE GENERAL: En general, la cantidad *Ventas anuales* debe estimarse mediante la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Ventas anuales} &= \text{Sustancias químicas fabricadas nacionalmente} \\ &+ \text{Sustancias químicas importadas a granel} \\ &- \text{Sustancias químicas exportadas a granel} \\ &+ \text{Sustancias químicas confinadas en equipos cargados en fábrica} \\ &- \text{Sustancias químicas confinadas en equipos exportados cargados en la fábrica} \end{aligned}$$

Todas las cantidades deben corresponder al año para el cual se están estimando las emisiones. Por igual, la cantidad **Carga total de los equipos nuevos** debe estimarse utilizando la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Carga total de los equipos nuevos} &= \text{Sustancia química para cargar los equipos fabricados nacionalmente que} \\ &\quad \text{no son cargados en la fábrica} \\ &+ \text{Sustancia química para cargar equipos fabricados nacionalmente que son} \\ &\quad \text{cargados en la fábrica} \\ &+ \text{Sustancia química para cargar equipos importados que no son cargados en la} \\ \text{fábrica} & \\ &+ \text{Sustancia química confinada en equipos importados cargados en fábrica} \\ &- \text{Sustancia química confinada en equipos exportados cargados en fábrica} \end{aligned}$$

La *Carga total original de los equipos retirados* debe estimarse de la misma manera que la *Carga total de los equipos nuevos*, excepto que todas las cantidades deben corresponder al año de fabricación o de importación de los equipos que se retiran.

ENFOQUE SIMPLIFICADO: Al estimar las *Ventas anuales* y la *Carga total de los equipos nuevos*, es posible omitir las cantidades de sustancias químicas importadas o exportadas dentro de los equipos cargados en la fábrica, si estas cantidades se cancelan mutuamente en el cálculo de las emisiones. Sin embargo, los compiladores del inventario que utilicen el cálculo simplificado deben garantizar: (1) que tratan las importaciones y las exportaciones de equipos cargados en la fábrica de manera coherente al estimar tanto las *Ventas anuales* como la *Carga total de los equipos nuevos*; y (2) que al estimar la *Carga total original de los equipos retirados*, siguen dando cuenta de las importaciones y exportaciones de equipos cargados en la fábrica. Puesto que los equipos nuevos llegarán a ser equipos retirados, los países pueden decidir instaurar un seguimiento de las importaciones y exportaciones de equipos cargados en la fábrica, aún cuando esta información no sea estrictamente necesaria para desarrollar las estimaciones del año en curso.

La fórmula simplificada para las **Ventas anuales** es:

$$\begin{aligned} \text{Ventas anuales} &= \text{Sustancias químicas fabricadas nacionalmente} \\ &+ \text{Sustancias químicas importadas a granel} \\ &- \text{Sustancias químicas exportadas a granel} \end{aligned}$$

La fórmula simplificada para la **Carga total de los equipos nuevos** es:

$$\begin{aligned} \text{Carga total de los equipos nuevos} &= \text{Sustancias químicas para cargar los equipos fabricados nacionalmente} \\ &+ \text{Sustancias químicas para cargar los equipos importados no cargados en la fábrica} \end{aligned}$$

La fórmula completa que da cuenta de las importaciones y exportaciones de equipos precargados debe ser usada para calcular la *Carga total original de los equipos retirados*.

7.5.2.4 APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE NIVEL 2 – EL EJEMPLO DEL AIRE ACONDICIONADO MÓVIL (MAC)

El Recuadro 7.4, más abajo, muestra el procedimiento paso a paso necesario para evaluar las emisiones de una sub-aplicación de aire acondicionado móvil del inventario de un país hipotético. El método adoptado corresponde esencialmente a un enfoque de Nivel 2a, aunque hay también elementos que pueden aplicarse por

igual al Nivel 2b. Por lo tanto, este ejemplo pone en evidencia el hecho de que, en la práctica, los enfoques y métodos puros son raros. A menudo se da una mezcla del enfoque por factor de emisión con el enfoque por equilibrio de masas, así como una mezcla de datos de la actividad específicos del país y de datos derivados mundial o regionalmente. Como se ha señalado en la Sección 7.1.2.1, un método, un enfoque o un conjunto de datos puede utilizarse a menudo para cotejar otro. Este ejemplo demuestra también que una implementación detallada del método de Nivel 2a requiere una cantidad significativa de acopio de información sobre la sub-aplicación. Una vez establecido el enfoque, su implementación resulta menos penosa en los años siguientes. Nótese también que las hipótesis realizadas son válidas sólo para el ejemplo; los compiladores deben recopilar la información específica del país en vez de utilizar las hipótesis usadas aquí.

RECUADRO 7.4

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN CÁLCULO DE NIVEL 2A PARA EL AIRE ACONDICIONADO MÓVIL

Introducción

Los inventarios nacionales y otros estudios actuales muestran que las emisiones de HFC-134a a partir de los acondicionadores de aire móviles (MAC) contribuyen significativamente a las emisiones de la Aplicación Refrigeración y Aire acondicionado (RAC) y a las emisiones de la Categoría Sustitutos de las SAO. En muchos países, las emisiones de los MAC corresponden al 50 por ciento o más de las emisiones de los RAC y probablemente a más del 50 por ciento del total de las emisiones de la Categoría Sustitutos de las SAO. Esto se debe a muchos factores, incluidos:

- El retiro de la circulación de las SAO y la sustitución por los HFC en los MAC se produjo antes y más rápidamente que en otras sub-aplicaciones, como el aire acondicionado residencial (estacionario) y la refrigeración comercial (supermercados), que todavía hacen un uso considerable de las SAO.
- Los MAC están sujetos a efectos extremos en términos de impactos y vibraciones y, por lo tanto, las emisiones tienden a ser grandes.
- La vida útil de los MAC tiende a ser más corta que la de muchas otras sub-aplicaciones de los RAC, de modo que las emisiones de fin de vida útil se producen más temprano y las existencias de equipos que utilizan las SAO son reemplazados antes por los HFC.
- Debido a la pequeña carga de refrigerante implicada, la recuperación desde los MAC es considerada a menudo antieconómica y, por ende, no se practica durante el mantenimiento ni la eliminación.

Además, los datos sobre las compras de vehículos y los empadronamientos en un país son conocidos a menudo con un nivel superior de calidad o se obtienen fácilmente. En consecuencia, es una *buena práctica* estimar las emisiones provenientes de esta sub-aplicación. El texto siguiente describe cómo pueden aplicarse las ecuaciones generales para la aplicación de los RAC a la sub-aplicación de los MAC.

Recopilación de datos e hipótesis

Una estimación exacta de las emisiones de los MAC puede obtenerse recopilando algunos datos al nivel de la sub-aplicación y aplicando unas pocas hipótesis básicas para simplificar los datos y los cálculos requeridos, de la manera siguiente:

Tipo de refrigerante. Es importante separar cada dato elemental por refrigerante, de modo que las emisiones de cada refrigerante se calculen por separado. Para los MAC, puede simplificarse por el hecho de que todos los MAC producidos desde mediados hasta fines de los años 1990 utilizan el HFC-134a como refrigerante. Sin embargo, se utilizó el CFC-12 en el pasado y todavía existe en algunos sistemas en operación. Más aún, otros refrigerantes, como el HFC-152a y el R-744 (dióxido de carbono), están siendo considerados para el futuro.

Refrigerante vendido en contenedores (RM_f). Para los MAC, el refrigerante suele venir en tres tipos de contenedores: los «contenedores a granel» enviados a los fabricantes de vehículos para llenar los MAC nuevos; las «latas pequeñas», que contienen alrededor de 300-500 gramos de refrigerante, utilizadas generalmente por las personas que le dan mantenimiento a sus propios equipos; y los «cilindros» que contienen alrededor de 10 a 15 kilogramos de refrigerante, utilizados por las tiendas y estaciones de servicio que dan mantenimiento a muchos vehículos. Si se supone que no hay pérdidas de los contenedores a granel (véase más abajo), para calcular la cantidad $E_{\text{contenedores}}$, se necesita conocer la cantidad total de refrigerante vendido en latas pequeñas (RM_{sc}) y en cilindros (RM_{cy}). Será importante distinguir el refrigerante vendido que va a las diferentes sub-aplicaciones (p. ej., el HFC-134a se usa también en las sub-aplicaciones de los congeladores y de los refrigeradores domésticos) de modo que en los cálculos se utilice sólo la cantidad de refrigerante vendido para los MAC. Estos datos pueden obtenerse de los envasadores de latas pequeñas y de los productores y/o distribuidores de refrigerantes.

Restos en los contenedores (c). Para este ejemplo se supone que los restos que permanecen en los contenedores no se recuperan (p. ej., los cilindros son eliminados y no reutilizados) y corresponden a $c_{sc} = 20\%$ para las latas pequeñas y a $c_{cy} = 2\%$ para los cilindros. Debido a que los contenedores de refrigerante a granel suelen devolverse al productor de refrigerantes y se llenan de nuevo, se puede suponer que no hay residuos que puedan ser emitidos y por lo tanto $c_{bulk} = 0\%$.

MAC producidos cada año (N_t). Si no se conoce la cantidad de MAC puestos en servicio cada año, se puede hacer una estimación multiplicando el número de vehículos puestos en servicio cada año por una estimación del porcentaje de vehículos vendidos con MAC incorporados. Estos datos pueden obtenerse de los fabricantes de automóviles, de los productores y/o proveedores de MAC o de los organismos gubernamentales dedicados a la seguridad, del transporte, infraestructuras y autorrutas. Si se usa más de un refrigerante, es importante separar cada N_t en los diferentes refrigerantes, p. ej., $N_{1994} = N_{1994,CFC-12} + N_{1994,HFC-134a}$.

Carga nominal de cada MAC (m_t). Es probable que este factor varíe por tipo de vehículo; por ejemplo los pequeños vehículos de pasajeros tenderán a tener cargas más pequeñas de refrigerante que los buses o los vehículos más grandes, particularmente aquellos con evaporadores múltiples. Del mismo modo, puede variar con el tiempo, por ejemplo, disminuir a medida que los fabricantes producen sistemas más pequeños para un mismo tamaño de vehículo, o bien, aumentar a medida que los vehículos más grandes y más evaporadores múltiples entran al mercado. Para este ejemplo, se supone una carga nominal constante a través del tiempo con un promedio de 0,7 kg., lo cual es típico de los vehículos de pasajeros pequeños y medianos.

Refrigerante cargado en equipos nuevos (M_t). Este valor se calcula fácilmente como $M_t = N_t \cdot m_t = 0,7 \cdot N_t$.

Pérdidas durante el ensamble (k). Se usa para calcular las Emisiones de carga, denominadas también «Emisiones del primer llenado». El índice de pérdidas suele ser pequeño, del orden de $k = 0.5\%$ o inferior. Para simplificar, en este ejemplo se supone que $k = 0$.

Vida útil (d). Vida útil supuesta de un MAC. Esta variable puede estar basada en datos nacionales y puede ser diferente para los distintos tipos de MAC (vehículos de pasajeros, buses, etc.). Para este ejemplo, se supone una vida útil para todos los MAC de $d = 12$ años.

Banco en los equipos existentes (B). El banco corresponde a la cantidad de refrigerante de los MAC puestos en servicio, menos la cantidad de refrigerante en los MAC eliminados, más la cantidad de refrigerante utilizada para dar mantenimiento a los MAC, menos la cantidad perdida por fugas. En la actualidad, un MAC dado presentará fugas durante varios años antes de ser sometido a mantenimiento. En vez de intentar dar cuenta de estas fugas, para este ejemplo se aplica la Ecuación 7.13, que supone que todos los MAC reciben mantenimiento cada año, de modo que la carga estimada de cada MAC sea igual a la carga nominal. El índice de emisión anual se promedia para dar cuenta de esta hipótesis. Esto producirá sólo errores menores, a menos que las ventas de MAC de un año para otro fluctúen ampliamente. Por ende, el banco de cualquier año dado corresponde a la suma del Refrigerante cargado en equipos nuevos cada año, desde el año en curso hacia atrás, hasta el año que se corresponde con la duración de la vida útil del equipo. Por lo tanto,

$$B_t = \sum_{i=1}^d M_{t-i+1}$$

Por ejemplo, empleando $d = 12$ años, en 2006 el banco será $B_{2006} = M_{2006} + M_{2005} + M_{2004} + \dots + M_{1997} + M_{1996} + M_{1995}$.

Índice de emisión anual (x). Este factor da cuenta, a la vez de las fugas desde los equipos, así como de cualquier emisión producida durante la acción de mantenimiento. Ambos elementos pueden diferir para los diferentes tipos de MAC y pueden variar también según cuándo haya sido producido el MAC (es decir, los MAC más antiguos generan más fugas que los MAC más recientes). Si no se efectúa un mantenimiento anual, para obtener el índice anual hay que promediar la cantidad emitida en cada ocasión de mantenimiento respecto del número de años transcurridos entre las acciones de mantenimiento. Es probable que esta cantidad varíe considerablemente según las condiciones nacionales y los tipos de servicio de mantenimiento se lleven a cabo. Hay que considerar el caso en que la carga se recupera antes de la acción de mantenimiento, y ésta puede deducirse parcialmente a través del examen del refrigerante vendido en latas pequeñas en relación con el refrigerante vendido en cilindros. Para este ejemplo, se supone que cada año se fuga el 15% de la carga nominal y que, en promedio, el 11% se emite durante la acción de mantenimiento. En consecuencia, $x = 26\%$.

Carga residual en los MAC eliminados (p). Si se supone que el MAC recibe mantenimiento el año anterior a su eliminación y que se ha estimado la índice anual de emisión, se calcula fácilmente como $p = 1 - x$. En nuestro ejemplo, $p = 1 - 26\% = 0,74$.

Eficiencia de recuperación ($nrec$). Si no existen reglamentos o incentivos para requerir la recuperación del refrigerante de los MAC eliminados, es muy probable que ésta no se produzca. Entonces, para este ejemplo, se supone que $nrec = 0$.

Cálculo de los diferentes tipos de emisiones

Una vez que se han acopiado estos datos y que se han establecido las hipótesis mencionadas, se puede proceder al cálculo de las emisiones. A continuación, un ejemplo para el año $t = 2006$:

Emisiones del contenedor (Ecuación 7.11).

$$E_{\text{contenedores},2006} = RM_{cy,2006} \cdot c_{cy} + RM_{sc,2006} \cdot c_{sc} = 0,02 \cdot RM_{cy,2006} + 0,2 \cdot RM_{sc,2006}$$

Emisiones durante la carga (Ecuación 7.11).

$$E_{\text{carga},2006} = M_{2006} \cdot k = 0$$

Emisiones durante la vida útil (operación y mantenimiento) (Ecuación 7.13).

$$\begin{aligned} E_{\text{operación},2006} &= B_{2006} \cdot x = 0,26 \cdot B_{2006} = 0,26 \cdot \sum_{i=1}^d M_{t-i+1} \\ &= 0,26 \cdot (M_{2006} + M_{2005} + M_{2004} + \dots + M_{1997} + M_{1996} + M_{1995}) \\ &= 0,26 \cdot m \cdot (N_{2006} + N_{2005} + N_{2004} + \dots + N_{1997} + N_{1996} + N_{1995}) \\ &= 0,26 \cdot 0,7 \cdot (N_{2006} + N_{2005} + N_{2004} + \dots + N_{1997} + N_{1996} + N_{1995}) \\ &= 0,182 \cdot (N_{2006} + N_{2005} + N_{2004} + \dots + N_{1997} + N_{1996} + N_{1995}) \end{aligned}$$

Emisiones del fin de la vida útil (Ecuación 7.14).

$$\begin{aligned} E_{\text{end-of-life},2006} &= M_{2006-d} \cdot p \cdot (1 - n_{\text{rec}}) = M_{2006-12} \cdot 0,74 \cdot (1 - 0) \\ &= 0,74 \cdot M_{1994} = 0,74 \cdot 0,7 \cdot N_{1994} = 0,518 \cdot N_{1994} \end{aligned}$$

Cálculo del total de las emisiones

Total de emisiones de los MAC (Ecuación 7.8).

$$\begin{aligned} E_{\text{total},2006} &= E_{\text{contenedores},2006} + E_{\text{carga},2006} + E_{\text{vida útil},2006} + E_{\text{mantenimiento},2006} + E_{\text{fin de vida útil},2006} \\ &= 0,02 \cdot RM_{cy,2006} + 0,2 \cdot RM_{sc,2006} + 0 \\ &\quad + 0,182 \cdot (N_{2006} + N_{2005} + N_{2004} + \dots + N_{1997} + N_{1996} + N_{1995}) + 0,518 \cdot N_{1994} \\ &= 0,02 \cdot RM_{cy,2006} + 0,2 \cdot RM_{sc,2006} \\ &\quad + 0,182 \cdot (N_{2006} + N_{2005} + N_{2004} + \dots + N_{1997} + N_{1996} + N_{1995}) + 0,518 \cdot N_{1994} \end{aligned}$$

Las únicas incógnitas son las siguientes:

- RM_{sc} – refrigerante (en kilogramos) vendido en latas pequeñas para el mantenimiento de los MAC, la cual se puede obtener de los envasadores de latas pequeñas;
- RM_{cy} – refrigerante (en kilogramos) vendido en cilindros para el mantenimiento de los MAC, la cual se puede obtener de los productores y/o distribuidores de refrigerantes; y
- N_t – el número de MAC puestos en servicio cada año, la cual puede obtenerse de los fabricantes de automóviles, de los productores y/o proveedores de MAC o de los organismos gubernamentales dedicados a la seguridad del transporte, de las infraestructuras y de las autorruas.

Si no se incluyen las emisiones provenientes de los contenedores de refrigerante ni las emisiones del fin de la vida útil, pues se piensa, por ejemplo, que los cilindros para el mantenimiento se vacíen completamente y que un mínimo de los MAC llega al fin de la vida útil en el año en cuestión, esta ecuación se convierte simplemente en una actividad (la cantidad de MAC) multiplicada por un factor de emisión (el índice de emisión anual multiplicada por el tamaño de la carga promedio, en este caso, de 0,182 kg. por MAC). Este cálculo proporciona el total de las emisiones en kilogramos de refrigerante. Si cada refrigerante se trata por separado y se multiplica cada suma por el PCA del refrigerante respectivo, se obtiene el equivalente CO_2 de las emisiones en kilogramos. Dividiendo luego por 1 millardo (10^9), se obtienen las emisiones en teragramos de equivalente CO_2 (TgCO_2eq).

7.5.2.5 EXHAUSTIVIDAD

Si se dispone de los datos sobre los nuevos refrigerantes y sobre los refrigerantes de los equipos que se retiran en el año en curso, se puede lograr la exhaustividad para el método de Nivel 1a/b. Para los métodos de Nivel 2a y 2b, la exhaustividad depende de la contabilización minuciosa de los bancos existentes en los equipos, y esto puede implicar el seguimiento de gran cantidad de datos.

7.5.2.6 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Las emisiones originadas por la refrigeración y el aire acondicionado deben calcularse utilizando el mismo método y las mismas fuentes de datos para cada año de la serie temporal. Allí donde no se disponga de datos para los métodos más rigurosos para todos los años de la serie temporal, estos vacíos deben recalcularse según la orientación del Volumen 1, Capítulo 5.

7.5.3 Evaluación de incertidumbre

En el Cuadro 7.8, Estimaciones para la carga, la vida útil y los factores de emisión para los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, se presentan los intervalos de los factores de emisión que destacan las incertidumbres asociadas con este sector. En general, los métodos desagregados (Nivel 2) poseen menos incertidumbre que los métodos de Nivel 1, debido a la naturaleza heterogénea de las sub-aplicaciones. Los métodos de Nivel 2 que se apoyan en factores de emisión (Nivel 2a) poseen más incertidumbre que los métodos por equilibrio de masas que utilizan datos sobre las ventas de sustancias químicas (Nivel 2b). Esto sucede en gran medida debido al reducido tamaño unitario de la mayoría de los equipos y al potencial multiplicativo de un pequeño error unitario. Los compiladores del inventario deben solicitar consejos a la industria acerca de las incertidumbres, empleando para ello los métodos delineados en el Volumen 1, Capítulo 3 para obtener dictámenes de expertos.

7.5.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación

7.5.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Para efectuar un control de calidad correspondiente al método de Nivel 2, es posible, aunque no necesario para los requerimientos de *buena práctica*, comparar el mercado nacional anual de los refrigerantes de HFC según lo declarado por los fabricantes químicos o los distribuidores de refrigerantes, con las necesidades anuales en refrigerantes de HFC, según lo derivado mediante el método de Nivel 2. Se necesitan los refrigerantes tanto para cargar los equipos nuevos como para dar mantenimiento a los equipos existentes. Lo que se necesita (es decir, lo que se compra) para cargar los equipos, incluye el refrigerante que está cargado de hecho en el equipo más toda emisión asociada (ya sea durante el proceso de carga o desde los contenedores utilizados para cargar, pero que no se vacían completamente antes de ser desechados). Lo que se necesita para el mantenimiento es el refrigerante que reemplaza las pérdidas producidas desde los equipos existentes debido a las fugas y a las pérdidas por manipulación, así como el refrigerante de los contenedores que no se vacían por completo antes de ser desechados. La fórmula siguiente permite realizar esta verificación.

ECUACIÓN 7.15
VERIFICACIÓN DE LAS EVALUACIONES DEL ABASTECIMIENTO Y LA DEMANDA

$$RN_t = \sum_{j=1}^6 (S_{prod_t,j} \cdot m_{t,j}) + \sum_{j=1}^6 (M_{t,j} \cdot k_j) + \sum_{j=1}^6 (B_{t,j} \cdot x_j) + RM_t \cdot c$$

Donde:

RN_t = necesidades de refrigerante HFC en el año t , kg.

j = índice de conteo de 1 a 6 (o la cantidad de sub-aplicaciones escogida para el método de Nivel 2)

$S_{prod_t,j}$ = producción nacional de equipos que usan refrigerantes de HFC en el dominio de la sub-aplicación j en el año t , número de equipos

$m_{t,j}$ = carga inicial promedio de HFC en el tipo de equipos de la sub-aplicación j , kg.

$M_{t,j}$ = cantidad de HFC cargada durante la fabricación de los equipos de la sub-aplicación j en el año t , kg.

k_j = factor de emisión de las pérdidas del HFC cargado durante el ensamblado en los equipos nuevos de la sub-aplicación j , fracción

$B_{t,j}$ = cantidad de HFC confinado en bancos de sistemas existentes de la sub-aplicación j en el año t (por sub-aplicación), kg.

x_j = índice de emisión anual (es decir, el factor de emisión) de HFC del banco de sub-aplicación j durante el tiempo de operación que da cuenta del promedio de las fugas anuales y del promedio de las emisiones durante el mantenimiento, fracción

RM_t = mercado de los HFC para los equipos nuevos y el mantenimiento de todas las sub-aplicaciones de refrigeración en el año t , kg.

c = factor de emisión de la gestión de los contenedores de HFC del mercado de refrigerantes, fracción

El primer término corresponde a la carga de refrigerante de los nuevos sistemas de refrigeración y aire acondicionado producidos en el país en el año en curso t , incluidas las exportaciones.

El segundo término corresponde al refrigerante emitido durante la carga inicial de los nuevos sistemas de refrigeración y aire acondicionado producidos en el país en el año en curso t , incluidas las exportaciones.

El tercer término corresponde a la carga de refrigerante utilizada para dar mantenimiento, bajo la hipótesis de que el refrigerante emitido por fugas y durante la acción de mantenimiento se restituye cada año.

El último término representa al refrigerante emitido desde los contenedores a través de todo el mercado de la refrigeración y del aire acondicionado en el año dado t .

El refrigerante que se recupera y se recarga directamente en los equipos del mismo propietario, no se considera una necesidad; sin embargo, el que se recupera y envía para su reutilización, se contabiliza en el mercado declarado.

El mercado anual de refrigerante tal como es declarado por los fabricantes químicos o los distribuidores de refrigerantes RD, se calcula mediante la Ecuación 7.16

ECUACIÓN 7.16
CÁLCULO DEL MERCADO ANUAL DE REFRIGERANTES

$$RD_t = R_{prod_t} - R_{exp_t} + R_{imp_t} + R_{recl_t} - R_{dest_t}$$

Donde:

R_{prod_t} = cantidades de la producción de refrigerantes de HFC en el país, kg.

R_{exp_t} = cantidades de refrigerantes de HFC producidos en el país y exportados, kg.

R_{imp_t} = cantidades de refrigerantes de HFC importados, kg.

R_{recl_t} = cantidades de refrigerantes de HFC recuperados y reprocesados para la venta como refrigerantes de HFC reutilizados, menos las cantidades a reutilizar que aún no han sido vendidas, kg.

R_{dest_t} = cantidades de refrigerantes de HFC destruidos, kg.

Todas las cantidades se calculan para el año en curso t .

La comparación entre RN_t , que corresponde a las necesidades de refrigerantes de HFC según lo derivado del método del inventario, y RD_t , que corresponde al mercado de refrigerantes según lo declarado por los fabricantes y distribuidores de refrigerantes, proporciona un control de calidad claro del método del inventario y también de las emisiones globales. RN_t y RD_t se calculan para cada tipo de HFC.

Se alienta a los compiladores del inventario a utilizar un método de GC/CC de nivel superior para las *categorías principales* identificadas en el Volumen 1, Capítulo 4.

Es difícil proporcionar procedimientos adecuados de GC/CC para el método de Nivel 1 a/b sin llevar a cabo un análisis de Nivel 2 para verificar la selección del factor de emisión compuesto. Dado que esto es contrario al objetivo del enfoque de Nivel 1, la estrategia más apropiada es buscar una evaluación externa de la derivación del factor de emisión compuesto, cuando éste sea específico del país. Otra alternativa es la de comparar los resultados de Nivel 1 con las predicciones de las bases de datos regionales o mundiales.

7.5.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Una información de soporte necesaria para garantizar la transparencia en las estimaciones de emisiones declaradas, se muestra en el siguiente Cuadro 7.10, Documentación de buena práctica para los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

CUADRO 7.10			
DOCUMENTACIÓN DE BUENA PRÁCTICA PARA LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO			
Fuente de los datos	Datos a declarar	Nivel 1a/b	Nivel 2a y 2b
Reglamentación para el retiro de circulación de los CFC y los HCFC	Calendario de la fase final de las cargas en equipos nuevos y del uso en el mantenimiento	X	X
Estadísticas gubernamentales o de las Compañías de eliminación	Cantidad de equipos eliminados para cada tipo de aplicación	X	X
Fabricantes y distribuidores de refrigerantes	Todos los refrigerantes vírgenes vendidos para cargar nuevos equipos y para dar mantenimiento en los diferentes sectores	X	X
Asociaciones de fabricantes o Estudios de mercado	Equipos producidos a un nivel nacional que utilizan los HFC como refrigerantes (para las seis sub-aplicaciones)	X	X
Compañías de importación/exportación, Estadísticas gubernamentales, Asociaciones de fabricantes o Estudios de mercado	Cantidad de equipos que usan los HFC (importados y exportados)	X	X
Gobierno o Distribuidores de refrigerantes	Refrigerantes de HFC recuperados para reprocesamiento o para la destrucción	X	X
Asociaciones de fabricantes	Vida útil promedio de los equipos	NA	X
Asociaciones de fabricantes	Carga inicial de los sistemas	X	X

7.6 PRODUCTOS CONTRA INCENDIOS

7.6.1 Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación

Hay dos tipos generales de equipos contra incendios (extinción) que usan los HFC y los PFC para reemplazar parcialmente los halones: los equipos portátiles (de chorro corriente) y los equipos fijos (de anegación). Los HFC y PFC y, más recientemente, una fluorocetona se utilizan principalmente como sustitutos de los halones en los equipos de anegación, en particular del halón 1301. Los PFC desempeñaron un papel en la etapa temprana del reemplazo del halón 1301, mas su uso actual se limita al rellenado de los sistemas instalados con anterioridad. Los HFC de los equipos portátiles (de chorro corriente) que generalmente reemplazan al halón 1211, están disponibles, pero su aceptación es muy limitada en el mercado, debido principalmente a su costo elevado. El uso de PFC en los extintores portátiles nuevos está limitado actualmente a una pequeña proporción (un porcentaje mínimo) de una mezcla de HCFC.

Aunque se espera que las emisiones reales provenientes del sub-sector de la protección contra incendios sean bastante pequeñas, su uso en el suministro a la prevención contra incendios es normalmente no emisor y está creciendo. Esto genera un banco acumulativo de emisiones potenciales futuras.

Los HFC y PFC que pueden estar todavía involucrados en la protección contra incendios se muestran en el Cuadro 7.1.

7.6.2 Cuestiones metodológicas

7.6.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Al igual que para la aplicación de la refrigeración y el aire acondicionado, la aplicación de la protección contra incendios ofrece la posibilidad de usar tanto el Enfoque A (enfoque por factor de emisión) como el Enfoque B (enfoque por equilibrio de masas). Este último se justifica por el hecho de que probablemente una proporción importante del consumo neto se destine al mantenimiento de los equipos en vez de a los equipos nuevos. Sin embargo, la aplicación de la protección contra incendios difiere de la aplicación de la refrigeración y el aire acondicionado en el hecho de que las sub-aplicaciones son menos numerosas y más homogéneas. Esto significa que un método de Nivel 1a o de Nivel 1b puede ser suficiente para proporcionar declaraciones apropiadas de las emisiones, aunque, para ser estrictamente correctos, la inclusión de consideraciones de fin de la vida útil justificaría normalmente el uso de un enfoque de Nivel 2.

Sin embargo, al igual que para las espumas y la refrigeración/el aire acondicionado, en la aplicación de la protección contra incendios es necesario tratar la cuestión del desarrollo y seguimiento de bancos. Esto significa que se requiere de una serie temporal histórica de datos de la actividad específicos del país o derivados mundial o regionalmente, hasta la fecha pasada de introducción de nuevos HFC o PFC.

Dado que los HFC y los PFC en la protección contra incendios se emiten durante un periodo superior a un año, los países deben determinar las emisiones producidas desde los equipos cargados durante los años anteriores. La elección de un factor de emisión anual basado en la producción que refleje un proceso de emisión plurianual puede conducir a errores considerables y no se considera una *buena práctica*.

La Ecuación 7.17 indica cómo debe modificarse el enfoque para tomar en consideración la dependencia temporal de las emisiones y considerar qué datos de la actividad pueden estar disponibles con mayor probabilidad.

ECUACIÓN 7.17

DEPENDENCIA TEMPORAL DE LAS EMISIONES PROVENIENTES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

$$Emisiones_t = Banco_t \cdot EF + RRL_t$$

y

$$Banco_t = \sum_{i=t_0}^t (Producción_i + Importaciones_i - Exportaciones_i - Destrucción_i - Emisiones_{i-1}) - RRL_t$$

Donde:

Emisiones_t = emisiones de agente en los equipos de protección contra incendios en el año *t*, toneladas

Banco_t = banco de agente en los equipos de protección contra incendios en el año *t*, toneladas

EF = fracción del agente en los equipos emitido cada año (excluidas las emisiones provenientes de equipos retirados o puestos fuera de servicio), adimensional

RRL_t = liberación o pérdida durante la recuperación (RRL, del inglés, *Recovery Release or Loss*): emisiones de agente durante la recuperación, el reciclado o la eliminación, en el momento del retiro de los equipos de protección contra incendios existentes en el año *t*, toneladas

Producción_t = cantidad de agente nuevo suministrado (es decir, excluido el agente reciclado) en los equipos de protección contra incendios producidos en el año *t*, toneladas

Importaciones_t = cantidad de agente en equipos de protección contra incendios importados en el año *t*, toneladas

Exportaciones_t = cantidad de agente en equipos de protección contra incendios exportados en el año *t*, toneladas

Destrucción_t = cantidad de agente de los equipos de protección contra incendios que se recolecta y destruye, toneladas

t = año para el cual se están estimando las emisiones (p. ej., 2006, 2007, etc.)

*t*₀ = primer año de producción de la sustancia química y/o de su uso

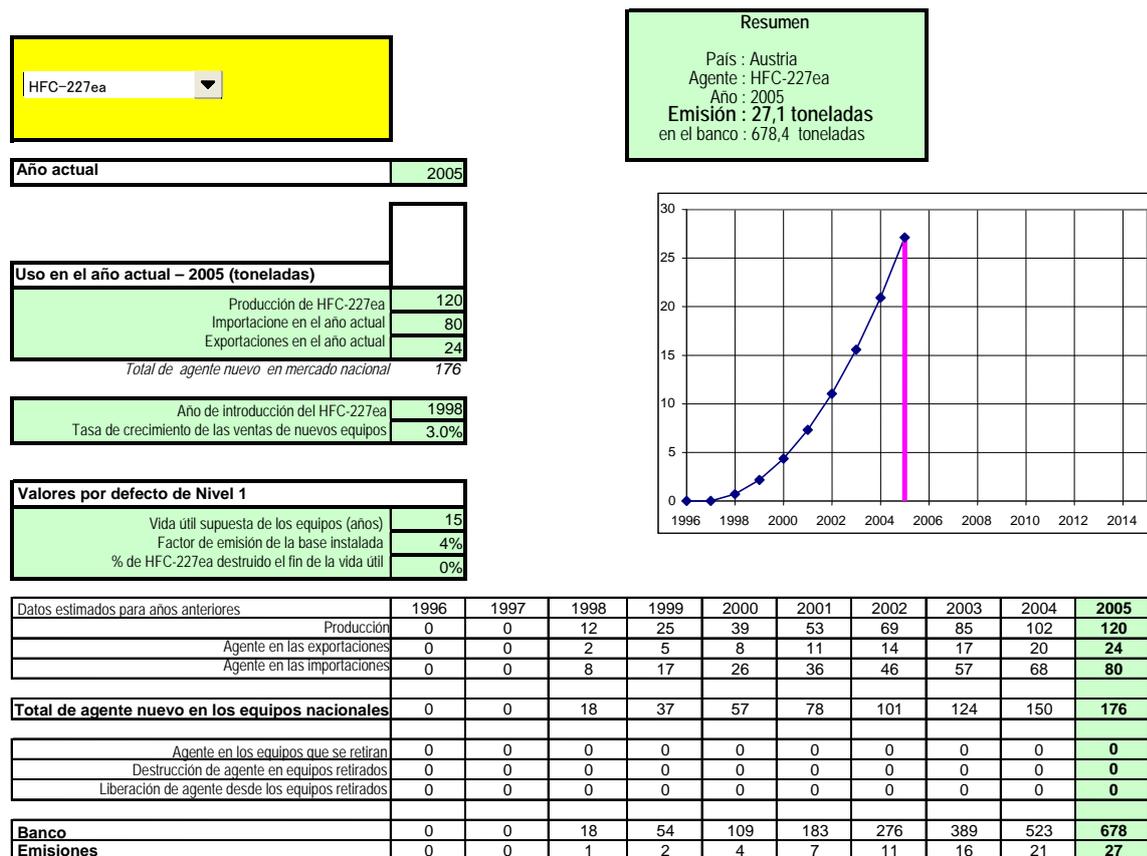
i = índice de conteo desde el primer año de producción de la sustancia química y/o de su uso, hasta el año en curso t

Es una *buena práctica* aplicar la Ecuación 7.17 a cada gas de efecto invernadero utilizado en los equipos de protección contra incendios. El cálculo de las emisiones debe realizarse para cada año y aplicarse a los cálculos para el año siguiente.

Con estos antecedentes en mente, el uso del árbol de decisión para la aplicación de protección contra incendios, tal como se presenta en la Figura 7.9, resulta muy simple.

Al igual que para los métodos de Nivel 1 adoptados tanto para las espumas como para la refrigeración y el aire acondicionado, es posible crear una hoja de cálculos simple que dé cuenta del desarrollo de los bancos y de las subsiguientes emisiones desde ellos. El siguiente extracto de hoja de cálculo proporciona un ejemplo:

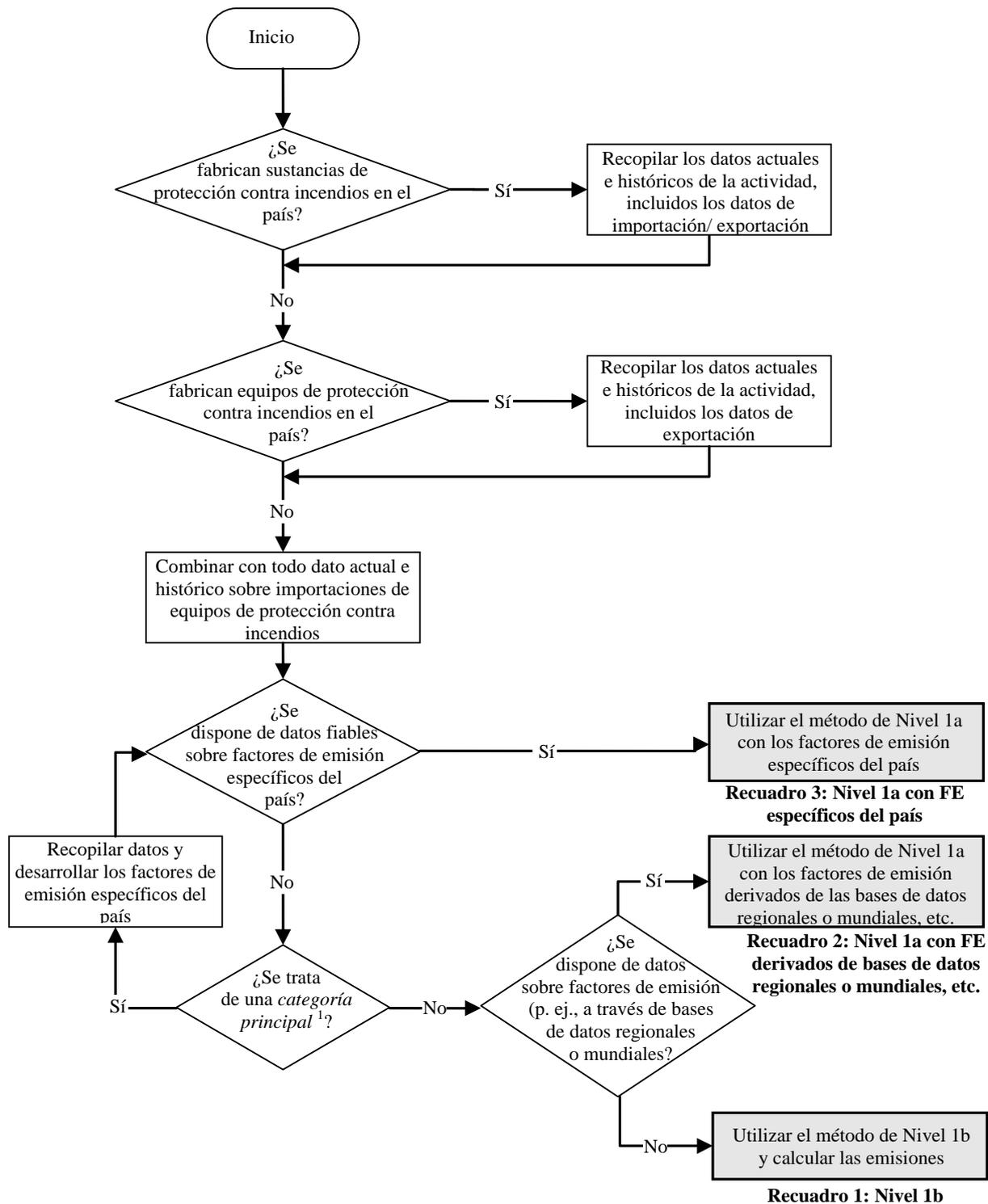
Figura 7.8 Ejemplo de hoja de cálculo para el método de Nivel 1



El objetivo es que esta hoja de cálculo facilite los cálculos para la aplicación de protección contra incendios, apoyándose, cuando sea necesario, en los datos de la actividad tomados de un conjunto de datos apropiado derivados mundial o regionalmente²³.

²³ Como se indica en el Recuadro 7.1, la inclusión en la base de datos sobre factores de emisión del IPCC (EFDB) indica la adhesión general al proceso adecuado, pero es una *buena práctica* que los países garanticen que todos los datos tomados de la EFDB sean los apropiados para sus propias circunstancias nacionales.

Figura 7.9 **Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de la aplicación de la protección contra incendios**



Nota :

1. Para un análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión, Véase el Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

7.6.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

La experiencia obtenida durante el proceso de retiro de circulación de las sustancias de halones ha dejado valiosas enseñanzas en relación con el uso y los patrones de emisión y es razonable esperar que estas enseñanzas sean pertinentes para los gases de efecto invernadero que se utilizan con propósitos similares. Los equipos de protección contra incendios están diseñados para liberar su carga inicial durante un incendio real. Un estudio

reciente muestra que las emisiones anuales provenientes de los sistemas instalados de anegación se sitúan en el intervalo del 2 ± 1 por ciento de la base instalada (Verdonik y Robin, 2004). Para los extintores portátiles de halón 1211, el comité *Halons Technical Options Committee* (2003) estimó que el índice de emisión para el año 2000 es aproximadamente el doble que para los sistemas fijos. Al aplicar ese factor, se obtiene un intervalo del 2 al 6 por ciento (esto es, $4\% \pm 2\%$) de las cantidades en uso.

Dada la naturaleza de esta aplicación, se da la oportunidad de recuperar el gas al término de la vida útil de los equipos (o cuando se retiran del servicio). El gas recuperado puede destruirse o reciclarse. Por lo tanto, la hipótesis por defecto de una recuperación nula al fin de la vida útil puede sobreestimar las emisiones de fin de vida útil. El compilador del inventario debe establecer contactos con las industrias pertinentes para recopilar información sobre la recuperación que pueda efectuarse debido a la legislación, a los códigos de prácticas industriales u otras medidas. Es una *buena práctica* documentar esta información y declarar todas las hipótesis.

En aquellos países que no poseen un código nacional de prácticas industriales, es una *buena práctica* suponer que el agente no será recuperado al fin de la vida útil del sistema y que el gas será emitido. Las duraciones de la vida útil típicas de los sistemas de anegación, son de 15 a 20 años. En las aplicaciones especializadas, como los sistemas aeronáuticos y militares, los sistemas pueden permanecer en uso durante 25 a 35 años, o más (UNEP-HTOC, 1994).

7.6.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

En los países que producen el agente de protección contra incendios, es una *buena práctica* atribuir toda la producción de ese agente a ese país, a menos que se sepa que ha sido, ya sea 1) exportado a granel, o 2) destruido. En los países que no producen el agente, pero sí producen y llenan los sistemas de protección contra incendios, se considera que todo el agente a granel importado en el país permanece en el país, a menos que se sepa que ha sido 1) re-exportado a granel, o 2) destruido. Los países que no producen ni el agente ni los sistemas, utilizan los datos de la actividad desarrollados por los países productores para desarrollar su propio inventario, o bien, ante la evidencia de la exportación en el país, estiman que las emisiones de la protección contra incendios son inferiores a un nivel significativo respecto de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, es decir, prácticamente nulas. Esta metodología por defecto sitúa la mayor responsabilidad en los países que producen el agente o que lo usan para la fabricación de los sistemas. Para que los países productores puedan usar esta metodología, es preciso que los datos de la actividad se desarrollen en torno a la producción, a las importaciones y exportaciones a granel, y a la destrucción.

En resumen, los datos de la actividad provienen de los países que son productores de sistemas o agentes de protección contra incendios, excepto en el caso de la destrucción. Para que el país productor pueda disminuir la cantidad de producción de agente atribuida a ese país, debe demostrar el monto de las exportaciones a granel. Esas exportaciones a granel reducirán la base instalada de los países productores y sirven también como datos de la actividad para los países importadores cuando determinen su base instalada.

7.6.2.4 EXHAUSTIVIDAD

Los compiladores del inventario deben garantizar que todos los gases de efecto invernadero utilizados en la industria de la protección contra incendios estén incluidos en las estimaciones. También es necesario aplicar la Ecuación 7.17, a partir del primer año en que los agentes de protección contra incendios en tanto que gases de efecto invernadero fueron utilizados en el país.

7.6.2.5 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En algunos países, los datos históricos de la actividad para los gases de efecto invernadero cargados en los equipos nuevos, o utilizados para el mantenimiento de los equipos existentes, pueden ser difíciles de determinar debido a la reciente introducción de estas sustancias. Si los compiladores del inventario emplean factores de emisión preliminares para estos años, basándose en los datos históricos para los halones, y luego cambian de factores, deben seguir las *buenas prácticas*, tal como se describen en el Volumen 1, Capítulo 5, para garantizar la coherencia de la serie temporal.

7.6.3 Evaluación de incertidumbre

Al nivel mundial, se puede esperar un alto grado de certidumbre, pues las evaluaciones estarán basadas en la producción y esto es suficiente para un balance material completo. En cualquier momento, la producción agregada mundial será siempre igual a las emisiones agregadas mundiales más el total agregado confinado en los

equipos. En los datos específicos de los países hay una incertidumbre mayor. Un pequeño error es intrínseco al método pues éste no incluye la importación ni la exportación de los sistemas llenados. Sin embargo, según la experiencia obtenida con los halones y con sus sustitutos de gases de efecto invernadero, es muy poco probable poder obtener datos exactos sobre las importaciones y/o exportaciones con un nivel de esfuerzo razonable.

Verdonik (2004) comparó los informes sobre consumo de halones con los informes de los fabricantes al CEFIC²⁴, sobre la producción mundial de halón, la producción declarada por los países en desarrollo y la producción declarada por el CEIT²⁵. Los resultados indican una desviación estándar del 16 por ciento para los países desarrollados, del 15 por ciento para los países en desarrollo y del 13 por ciento al nivel mundial. Se anticipa que la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de HFC/PFC sería comparable o superior a las incertidumbres observadas en las estimaciones sobre el consumo de halones.

7.6.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación

7.6.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Es una *buena práctica* efectuar verificaciones de control de calidad como se indica en el Volumen 1, Capítulo 6, así como una revisión de expertos de las estimaciones de emisiones. Puede implicar una referencia directa a las bases de datos mundiales o regionales para las evaluaciones paralelas que permiten las comparaciones de referencia. También pueden ser aplicables verificaciones adicionales de control de calidad, como las esbozadas en el Volumen 1, Capítulo 6, y procedimientos de garantía de calidad, si al determinar las emisiones de esta aplicación se utilizan métodos de nivel superior. Sin embargo, si éste no fuera el caso, se pueden adoptar los enfoques básicos de GC/CC delineados en el Volumen 1, Capítulo 6.

Además de la orientación del Volumen 1, los procedimientos específicos pertinentes para esta aplicación, se bosquejan en las referencias incluidas al final del capítulo.

7.6.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

El acceso a datos tales como las ventas de sustancias químicas puede depender de la capacidad de los inventarios de preservar la confidencialidad. El equilibrio entre la preservación de la confidencialidad y la transparencia de los datos es un tema importante, en especial en una aplicación de bajo uso como la protección contra incendios. Estos sustitutos de las SAO son fabricados por pocos productores y en cantidades mucho menores que las de los sustitutos de las SAO utilizados en otras aplicaciones. Una agregación cuidadosa de datos ponderados según el PCA puede ser un medio para resolver este problema.

7.7 OTRAS APLICACIONES

7.7.1 Sustancias químicas cubiertas en esta área de aplicación

Los HFC y los PFC representan un amplio abanico de gases cuyas propiedades los hacen muy atractivos para una variedad de aplicaciones nicho que no están cubiertas por separado en este Capítulo. Éstas incluyen los ensayos electrónicos, la transferencia térmica, los fluidos dieléctricos, las aplicaciones médicas y, potencialmente, muchas otras aplicaciones nuevas que no se han desarrollado todavía. En estas aplicaciones hay algunos usos históricos de los PFC, así como el uso emergente de los HFC. Estas aplicaciones tienen índices de fugas que van desde la emisión del 100 por ciento en el año de la aplicación hasta alrededor del 1 por ciento anual. Sin embargo, este capítulo se concentra específicamente en aquellos usos de los HFC y los PFC que reemplazan directamente las sustancias que agotan la capa de ozono, y éstos tienen un alcance más limitado.

Es necesario asegurarse de que no se produzcan cómputos dobles con la categoría electrónica cubierta en el Capítulo 6 de este Volumen, incluido los ensayos electrónicos, la transferencia térmica y las aplicaciones dieléctricas. Otro cómputo doble es posible en la cobertura de los solvente o donde los HFC y/o los PFC están

²⁴ CEFIC – Consejo Europeo de la Industria Química

²⁵ CEIT – países con economías en transición (del inglés, *Countries with Economies in Transition*)

contenidos como solventes en los aerosoles industriales. Éste es un ejemplo patente donde la línea de demarcación entre lo que actúa como sustituto de las SAO y lo que no, puede ser muy delgada. Para evitar toda confusión, en este capítulo se usa un enfoque en el que se consideran sólo aquellas transiciones tecnológicas que ocurren directamente desde las tecnologías de las SAO hacia las de los HFC y/o los PFC.

Si se tiene en cuenta que en los países desarrollados el retiro de circulación de las SAO (tanto de los CFC como de los HCFC) está completándose, se espera que la cantidad de nuevas aplicaciones emergentes sea muy limitado. Sin embargo, al menos en teoría, las nuevas aplicaciones pueden emerger hasta el plazo final del programa mundial de retiro de circulación de las SAO, en 2040.

7.7.2 Cuestiones metodológicas

7.7.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La elección de métodos de *buena práctica* depende de las circunstancias nacionales (véase el árbol de decisión de la Figura 7.10, Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de otras aplicaciones).

Al escoger un método para esta área de aplicación es necesario considerar si las *Otras aplicaciones* se abordan como aplicación aparte, o como grupo. Lo primero conduce a una serie de métodos de Nivel 2, mientras que lo último conduce a un solo enfoque de Nivel 1.

Los usuarios finales de estas aplicaciones nicho son muy diversos. Como resultado, investigar estas aplicaciones por separado puede no ser factible. En cambio, se sugiere que estas variadas aplicaciones se dividan en aplicaciones muy emisivas, similares a los solventes y aerosoles, y en aplicaciones confinadas menos emisivas, similares a las espumas de celdas cerradas y a los refrigeradores. El desglose del consumo anual de gas que se destina a cada categoría debe determinarse mediante una encuesta sobre las aplicaciones de uso final.

La separación de los usos será:

- Emisivo = X% del consumo total (donde cabe esperar que X sea > 50%)
- Confinado = (100 - X)% del consumo total

La consecuencia de este enfoque es que, según la cantidad de sub-aplicaciones de cada clase, sería posible seguir un enfoque exclusivamente de Nivel 1 o, como alternativa, adoptar un método de Nivel 2. Dado que el criterio de diferenciación es el índice de emisión y que no se sabe si las sub-aplicaciones requieren mantenimiento o no, se recomienda el uso exclusivo del Enfoque A (enfoque por factor de emisión, es decir, los métodos de Nivel 1a y/o de Nivel 2a).

Ahora se considera la modelización de estas dos clases de sub-aplicaciones.

APLICACIONES EMISIVAS

Es una *buena práctica* utilizar el método de Nivel 1a, similar a los métodos descritos para los aerosoles y solventes. Durante el uso de estos fluidos en estas aplicaciones, se emite el 100 por ciento de la sustancia química en promedio durante los seis meses posteriores a la venta. En otras palabras, las emisiones del año t pueden calcularse según la ecuación para los solventes y aerosoles, de la manera siguiente:

ECUACIÓN 7.18
EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIONES RÁPIDAS DESDE OTRAS APLICACIONES

$$Emisiones_t = S_t \cdot EF + S_{t-1} \cdot (1 - EF)$$

Donde:

Emisiones_t = emisiones en el año t , toneladas

S_t = cantidad de HFC y PFC vendida en el año t , toneladas

S_{t-1} = cantidad de HFC y PFC vendidos en el año $t-1$, toneladas

EF = factor de emisión (= fracción del producto químico emitido durante el primer año después de la fabricación), fracción

El factor de emisión (EF) representa aquella fracción de la sustancia química que se emite durante el primer año después de la fabricación. Por definición, las emisiones sobre dos años deben alcanzar el 100 por ciento. Debe aplicarse esta ecuación individualmente a cada sustancia química.

APLICACIONES CONFINADAS

Ciertas aplicaciones poseen índices de fugas mucho más bajos. Donde se disponga de datos apropiados, se requiere un modelo separado de las emisiones para ajustarlas a estos índices de fugas menores. Cuando estos datos no existan, se pueden usar datos y factores de emisión derivados mundial o regionalmente. Entonces, la ecuación para las emisiones anuales es la siguiente:

ECUACIÓN 7.19
EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES PROVENIENTES DE OTRAS APLICACIONES CONFINADAS
Emisiones = Emisiones durante la fabricación del producto
+ Emisiones durante la vida útil del producto
+ Emisiones durante la eliminación del producto

Donde:

Emisiones durante la fabricación = Ventas anuales • Factores de emisión de la fabricación

Emisiones durante la vida útil = Banco • Índice de fugas

Emisiones durante la eliminación = Ventas anuales • Factores de emisión de la eliminación

7.7.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión para aquellas sub-aplicaciones con emisiones rápidas respetan criterios de selección similares a los de los solventes (Sección 7.2.2.2) y los aerosoles (Sección 7.3.2.2).

Los factores de emisión para las sub-aplicaciones confinadas dependen de la naturaleza particular de esa sub-aplicación. Si una serie de sub-aplicaciones es de naturaleza relativamente homogénea, todavía puede ser posible trabajar con un factor de emisión compuesto y adoptar un método de Nivel 1a. Sin embargo, allí donde haya variaciones considerables en la naturaleza de las sub-aplicaciones confinadas si no se dispone de factores de emisión adecuados, será más apropiado investigarlos específicamente. En ambos casos, la necesidad de disponer de factores de emisión separados conduce a la adopción del método de Nivel 2a.

7.7.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad siempre son difíciles de determinar para las aplicaciones de nicho pequeño y los compiladores del inventario dependen de la cooperación de los proveedores de sustancias químicas para identificar las sub-aplicaciones que correspondan. Sin embargo, una vez identificadas, deben ser relativamente fáciles de cuantificar al nivel del país, pues es probable que sean de naturaleza bastante especializada.

Como se indica en la Figura 7.10, es una *buena práctica* realizar periódicamente una encuesta sobre los usos finales.

7.7.2.4 EXHAUSTIVIDAD

Como se ha señalado en la Sección 7.7.2.3, el desafío principal es el de mantener un conocimiento actualizado sobre las *Otras aplicaciones*, a medida de que éstas emergen. Una ayuda a este respecto es la de cotejar regularmente las informaciones con las revisiones sobre la sustitución de las SAO (p. ej., los informes *UNEP Technical & Economic Assessment Panel Reports*).

7.7.2.5 DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Las emisiones originadas por *Otras aplicaciones* deben calcularse utilizando el mismo método y las mismas fuentes de datos para cada año de la serie temporal. Allí donde no se disponga de datos para cualquier año de la serie temporal, deben recalcularse los vacíos según la orientación del Volumen 1, Capítulo 5.

7.7.3 Evaluación de incertidumbre

Puede haber una amplia variedad de *otras aplicaciones* y, por lo tanto, no es posible proponer incertidumbres por defecto para estas fuentes. Sin embargo, se deben implementar procedimientos para evaluar los niveles de incertidumbre de acuerdo con las prácticas delineadas en el Volumen 1, Capítulo 3.

7.7.4 Garantía de calidad/Control de calidad (GC/CC), generación de informes y documentación

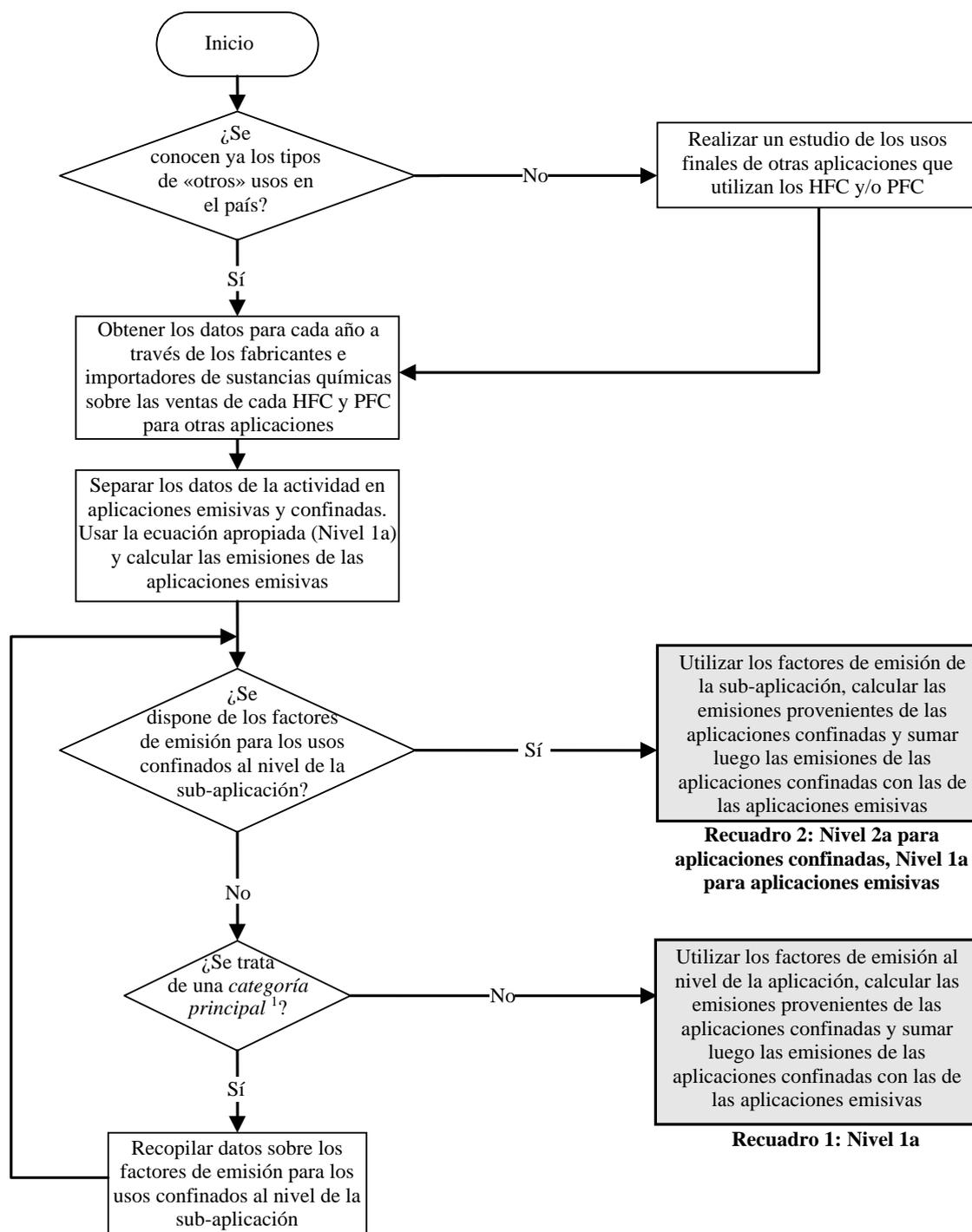
7.7.4.1 GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Es una *buena práctica* efectuar verificaciones de control de calidad como se indica en el Volumen 1, Capítulo 6, así como una revisión de expertos de las estimaciones de emisiones. Esto puede implicar una referencia directa a las bases de datos mundiales o regionales para las evaluaciones paralelas que permiten las comparaciones de referencia. También pueden ser aplicables verificaciones adicionales de control de calidad, como las esbozadas en el Volumen 1, Capítulo 6, y procedimientos adicionales de garantía de calidad, si al determinar las emisiones de estas sub-aplicaciones se utilizan métodos de nivel superior. Sin embargo, si éste no fuera el caso, se pueden adoptar los enfoques básicos de GC/CC delineados en el Volumen 1, Capítulo 6.

7.7.4.2 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

El equilibrio entre la preservación de la confidencialidad y la transparencia de los datos es un tema importante, en particular en las sub-aplicaciones donde el uso es bajo. Muchas veces, pocos productores fabrican los sustitutos especializados de las SAO y en cantidades mucho menores que las de los sustitutos de las SAO utilizados en otras aplicaciones. Una agregación minuciosa de los datos ponderados por PCA puede ser un medio para resolver este problema.

Figura 7.10 **Árbol de decisión para las emisiones reales provenientes de otras aplicaciones**



Nota:

1. Para un análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión, Véase el Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

Referencias

- Ashford, P., Clodic, D., Kuijpers, L. and McCulloch, A. (2004). Emission Profiles from the Foam and Refrigeration Sectors – Comparison with Atmospheric Concentrations, *International Journal of Refrigeration*, 2004.
- Ashford, P. and Jeffs, M. (2004). Development of Emissions Functions for Foams and their use in Emissions Forecasting, ETF Proceedings, April 2004.
- Clodic, D., Palandre, L., McCulloch, A., Ashford, P. and Kuijpers, L. (2004). Determination of comparative HCFC and HFC emission profiles for the Foam and Refrigeration sectors until 2015. Report for ADEME and US EPA. 2004.
- Gamlen P.H., Lane B.C., Midgley P.M. and Steed J.M (1986). The production and release to the atmosphere of CFCl_3 and CF_2Cl_2 (chlorofluorocarbons CFC-11 and CFC-12). *Atmos. Environ.* 20: 1077-1085.
- IPCC (1996). Climate Change 1995: Impacts, Adaptation, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis. The Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R. T. Watson, M. C. Zinyowera, R. H. Moss, (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2001). Climate Change 2001: Mitigation: Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by Metz, B., Davidson, O., Swart, R. and Pan, J., Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC/TEAP (2005). IPCC/TEAP Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons. Prepared by Working I and III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, and the Technology and Economic Assessment Panel [Metz, B., L. Kuijpers, S. Solomon, S. O. Andersen, O. Davidson, J. Pons, D. de Jager, T. Kestin, M. Manning, and L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 488 pp.
- Kroeze, C. (1995). Fluorocarbons and SF_6 : Global emission inventory and control. RIVM Report No. 773001007, Bilthoven, The Netherlands.
- McCulloch A., Ashford, P. and Midgley, P.M. (2001). Historic Emissions of Fluorotrichloromethane (CFC-11) Based on a Market Survey, *Atmos. Environ.*, 35(26), 4387-4397
- McCulloch A., Midgley, P.M. and Ashford, P. (2003). Releases of Refrigerant Gases (CFC-12, HCFC-22 and HFC-134a) to the Atmosphere, *Atmos. Environ.* 37(7), 889-902
- Palandre L., Barrault, S. and Clodic, D. (2003). Inventaires et prévisions des fluides frigorigènes et de leurs émissions, France. Année 2001. Rapport pour l'ADEME, mai 2003.
- Palandre, L., Barrault, S. and Clodic, D. (2004). Inventaires et prévisions des émissions de fluides frigorigènes France - Année 2002. Rapport pour l'ADEME. Août 2004.
- Schwarz, W. and Harnisch, J. (2003). Establishing the leakage rates of Mobile Air Conditioners. Final report for the EC. Ref. B4-3040/2002/337136/MAR/C1. 17 April 2003.
- UNEP-FTOC (1999). 1998 Report of the Rigid and Flexible Foams Technical Options Committee, UNEP, Ozone Secretariat, 1999.
- UNEP-FTOC (2003). 2002 Report of the Rigid and Flexible Foams Technical Options Committee, UNEP, Ozone Secretariat, 2003.
- UNEP-HTOC (1994). Assessment Report of the Halons Technical Options Committee, Report prepared for the United Nations Environment Programme, Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, <http://www.ozonelog.org>.
- UNEP-HTOC (2003). Assessment Report of the Halons Technical Options Committee, Report for the United Nations Environment Programme, Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, <http://www.ozonelog.org>, 69 pp.

- UNEP-RTOC (1999). 1998 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, 1998 Assessment, UNEP, Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, ISBN 92-807-1731-6
- UNEP-RTOC (2003). 2002 Report of the Refrigeration, air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, 2002 Assessment, UNEP, Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, ISBN 92-807-2288-3
- UNEP-TEAP (2002). April 2002 Report of the Technology and Economic Assessment Panel, Volume 3b, Report of the Task Force on Destruction Technologies. [S. Devotta, A. Finkelstein and L. Kuijpers (ed.)]. UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya.
- UNEP-TEAP (2005). May 2005 Report of the Technology and Economic Assessment Panel, Volume 3, Report of the Task Force on Foam End-of-Life Issues, UNEP Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya.
- U.S. EPA (1992a). U.S. Environmental Protection Agency, Risk Screen on the Use of Substitutes for Class I Ozone Depleting Substances Prepared in Support of the Significant New Alternatives Policy Program (SNAP), 1992.
- U.S. EPA (1992b). U.S. Environmental Protection Agency, Regulatory Impact Analysis: Compliance with Section 604 of the Clean Air Act for the Phaseout of Ozone Depleting Chemicals, 1992.
- U.S. EPA (2004a). U.S. Environmental Protection Agency, Analysis of International Costs to Abate HFC and PFC Emissions from Solvents (Preliminary Report), 2004
- U.S. EPA (2004b). U.S. Environmental Protection Agency, The U.S. Solvent Cleaning Industry and the Transition to Non- Ozone Depleting Substances, <http://www.epa.gov/ozone/snap/solvents/index.html>
- U.S. EPA/AHAM (2005). Disposal of Refrigerators/Freezers in the US – State of Practice (Baumgartner W., Kjeldsen P. *et al.*), 2005
- Verdonik, D.P. (2004). Modelling Emissions of HFCs and PFCs in the Fire Protection Sector, Proceedings of the Earth Technology Forum, Washington, DC, 2004, 13 pp.
- Verdonik, D.P. and Robin, M.L. (2004). Analysis of Emission Data, Estimates, and Modelling of Fire Protection Agents, Proceedings of the Earth Technology Forum, Washington, DC, 2004, 11 pp.
- Vo and Paquet (2004). An Evaluation of Thermal Conductivity over time for Extruded Polystyrene Foams blown with HFC-134a and HCFC-142b, ETF Proceedings, April 2004