



Distr. general
20 de julio de 2015

Español
Original: inglés

**Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el
Control de los Movimientos Transfronterizos de los
Desechos Peligrosos y su Eliminación**

12ª reunión

Ginebra, 4 a 15 de mayo de 2015

Tema 4 b) i) del programa

**Cuestiones relacionadas con la aplicación del Convenio:
asuntos científicos y técnicos: directrices técnicas**

Directrices técnicas

Directrices técnicas sobre el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, que los contengan o estén contaminados con ellos

Nota de la Secretaría

En su 12ª reunión, la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea aprobó, mediante la decisión BC-12/4, las directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, que los contengan o estén contaminados con ellos, sobre la base del proyecto de directrices técnicas contenido en el documento UNEP/CHW.12/5/Add.8. Las directrices técnicas a que se hace referencia anteriormente fueron elaboradas por el gobierno del Japón, en consulta con el pequeño grupo de trabajo entre reuniones sobre la elaboración de directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de los desechos de mercurio. Las directrices técnicas fueron revisadas nuevamente tomando en consideración las observaciones recibidas de las Partes y demás interesados hasta el 21 de marzo de 2015 (véase el documento UNEP/CHW.12/INF/8). El texto de la versión final de las directrices técnicas, según quedó aprobado, figura en el anexo de la presente nota.

Anexo

Directrices técnicas sobre el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, que los contengan o estén contaminados con ellos

Versión final revisada (15 de mayo de 2015)

Índice

Abreviaturas y siglas.....	5
Unidades de medida	6
I. Introducción	7
A. Ámbito	7
B. Acerca del mercurio	8
II. Disposiciones pertinentes del Convenio de Basilea y vínculos internacionales	9
A. Convenio de Basilea.....	9
1. Disposiciones generales.....	9
2. Disposiciones relacionadas con el mercurio	9
B. Vínculos internacionales	11
1. Convenio de Minamata sobre el Mercurio	11
2. Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA	14
3. Convenio de Rotterdam.....	14
4. Protocolo relativo a los metales pesados.....	14
5. SAICM	15
III. Orientaciones sobre el manejo ambientalmente racional	15
A. Consideraciones generales	15
1. Convenio de Basilea	15
2. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	16
3. Manejo del mercurio basado en el ciclo de vida.....	16
B. Marco legislativo y reglamentario	18
1. Registro de los generadores de desechos	18
2. Reducción y eliminación del mercurio en productos y procesos industriales.....	18
3. Requisitos aplicables a los movimientos transfronterizos	19
4. Autorización e inspección de las instalaciones para la eliminación.....	21
C. Identificación e inventario.....	21
1. Identificación de las fuentes de desechos de mercurio	21
2. Inventarios.....	25
D. Muestreo, análisis y vigilancia.....	26
1. Muestreo.....	27
2. Análisis.....	28
3. Vigilancia.....	29
E. Prevención y reducción al mínimo de los desechos	30
1. Prevención y reducción al mínimo de los desechos de procesos industriales.....	30
2. Prevención y reducción al mínimo de los desechos de productos con mercurio añadido	32
3. Responsabilidad ampliada del productor	34
F. Manipulación, separación, recogida, empaque, etiquetado, transporte y almacenamiento	35
1. Manipulación	36
2. Separación	36
3. Recogida.....	38
4. Empaque y etiquetado.....	40
5. Transporte	40
6. Almacenamiento	41
G. Eliminación ambientalmente racional.....	43
1. Operaciones de recuperación.....	44

2.	Operaciones que no conducen a la recuperación de mercurio o compuestos de mercurio	49
H.	Reducción de las liberaciones de mercurio mediante el tratamiento térmico y la descarga de los desechos en vertederos	59
1.	Reducción de las liberaciones de mercurio mediante el tratamiento térmico de los desechos.....	59
2.	Reducción de las liberaciones de mercurio de los vertederos	61
I.	Saneamiento de lugares contaminados	61
1.	Detección de lugares contaminados y respuesta en casos de emergencia.....	61
2.	Saneamiento ambientalmente racional	62
J.	Salud y seguridad	63
K.	Respuesta en casos de emergencia.....	64
1.	Plan de respuesta en casos de emergencia	64
2.	Consideración especial de los derrames de mercurio o compuestos de mercurio	65
L.	Concienciación y participación	65
Annex: Bibliography		69

Abreviaturas y siglas

AOX	hálidos orgánicos absorbibles
ASTM	American Society for Testing and Materials
CCME	Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente
CEN	Comité Europeo de Normalización
CEPE	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas
CETEM	Centro de Tecnología Mineral (Brasil)
CFL	lámparas fluorescentes compactas
Cl	cloro
COP	contaminantes orgánicos persistentes
CH ₃ Hg ⁺ o MeHg ⁺	monometilmercurio, denominado comúnmente metilmercurio
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GMP	Proyecto Mundial del Mercurio
HCl	ácido clorhídrico
HF	ácido fluorhídrico
Hg	mercurio
HgCl ₂	dicloruro de mercurio
HgO	óxido de mercurio (II)
HgS	sulfuro mercúrico o cinabrio
HgSO ₄	sulfato de mercurio
HNO ₃	ácido nítrico
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IIED	Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo
IMERC	Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse
ISO	Organización Internacional de Normalización
JIS	norma industrial japonesa
JLT	ensayo normalizado de lixiviación del Japón
J-Moss	Indicación japonesa de determinadas sustancias químicas (norma japonesa JIS C 0950: "Indicación de la presencia de determinadas sustancias químicas en el equipo eléctrico y electrónico")
JSA	Asociación de Normalización del Japón
LCD	visualizador de cristal líquido
MMSD	Mining, Minerals and Sustainable Development (proyecto IIED/WBCSD)
NEWMOA	Asociación Nororiental de Encargados del Manejo de Desechos
NIMD	Instituto Nacional para la Enfermedad de Minamata
NO _x	óxido de nitrógeno
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEWG	Grupo de Trabajo de composición abierta (del Convenio de Basilea)
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMI	Organización Marítima Internacional
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	organización no gubernamental
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OSPAR	Convenio para la protección del medio marino del Atlántico Nordeste
PACE	Asociación para la acción en materia de equipos de computadoras
PBB	difenilo polibromado
PBDE	éteres de difenilo polibromado
PCB	bifenilo policlorado
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PVC	cloruro de polivinilo
SAICM	Enfoque estratégico para la gestión de los productos químicos a nivel internacional
SETAC	Sociedad de Toxicología y Química Ambientales
SO ₂	dióxido de azufre
TS	Especificación técnica
UE	Unión Europea
WBCSD	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible

Unidades de medida

µg	microgramo
mg	miligramo
g	gramo
kg	kilogramo
mg/kg	miligramo por kilogramo. Corresponde a partes por millón (ppm) en masa
l	litro
m ³	metro cúbico
cm ³	centímetro cúbico
°C	grado Celso

I. Introducción

A. Ámbito

1. En las presentes directrices se imparten orientaciones sobre el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio¹ o compuestos de mercurio,² que los contengan o estén contaminados con ellos, en lo sucesivo “desechos de mercurio”, de conformidad con las decisiones VIII/33, IX/15, BC-10/7, BC 11/5 y BC-12/4 de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación y las decisiones VII/7 y OEWG-9/4 del Grupo de Trabajo de composición abierta del Convenio de Basilea. El presente documento sustituye las *Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados por este*, del Convenio de Basilea, aprobadas por la Conferencia de las Partes en su 10ª reunión.

2. En el párrafo 1 del artículo 2 (“Definiciones”) del Convenio de Basilea, por desechos se entienden “las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional”. Los desechos de mercurio³ enumerados a continuación son objeto de las presentes directrices (para más ejemplos, véase el cuadro 3):

A: Desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio (por ejemplo, excedentes de mercurio procedentes del desmantelamiento de plantas de cloro-álcali, el mercurio recuperado de desechos que contienen mercurio o compuestos o desechos de mercurio contaminados con mercurio o compuestos de mercurio, o existencias sobrantes de mercurio designadas como desecho);

B: Desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio;

B1: Desechos de productos con mercurio añadido⁴ que liberen fácilmente el mercurio al medio ambiente, incluso cuando se rompen (por ejemplo, termómetros de mercurio, lámparas fluorescentes);

B2: Desechos de productos con mercurio añadido distintos de los mencionados en B1 (por ejemplo, las pilas);

B3: Desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio resultantes del tratamiento de los desechos de mercurio mencionados en A, B1, B2 o C;

C: Desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio (es decir, residuos generados por procesos de extracción de minerales, procesos industriales o procesos de tratamiento de desechos).

3. Las presentes directrices se centran en los desechos de mercurio clasificados como desechos peligrosos.

¹ Por “mercurio” se entiende el mercurio elemental (Hg(0), n° de CAS 7439-97-6); véase el apartado d) del artículo 2 del Convenio de Minamata sobre el mercurio (en lo adelante “Convenio de Minamata”).

² Por “compuesto de mercurio” se entiende toda sustancia que consiste en átomos de mercurio y uno o más átomos de elementos químicos distintos que pueden separarse en componentes diferentes solo por medio de reacciones químicas (véase el apartado e) del artículo 2 del Convenio de Minamata).

³ En el párrafo 2 del artículo 11 del Convenio de Minamata, se definen solamente como desechos de mercurio aquellos que consisten en mercurio o compuestos de mercurio, los contienen o están contaminados con estos en una cantidad que exceda los umbrales pertinentes definidos por la Conferencia de las Partes en el Convenio. Se excluyen de esta definición la roca de recubrimiento y de desecho y los desechos de la minería, salvo los derivados de la extracción primaria de mercurio, a menos que contengan cantidades de mercurio o compuestos de mercurio que excedan los umbrales definidos por la Conferencia de las Partes.

⁴ Por “producto con mercurio añadido” se entiende un producto o componente de un producto al que se haya añadido mercurio o un compuesto de mercurio de manera intencional (véase el apartado f) del artículo 2 del Convenio de Minamata).

B. Acerca del mercurio⁵

4. El mercurio es o ha sido ampliamente utilizado en productos como dispositivos de medición (barómetros, higrómetros, manómetros, termómetros, esfigmomanómetros), interruptores y relés, lámparas fluorescentes, pilas, cosméticos, plaguicidas, biocidas, antisépticos tópicos y amalgama dental, así como en procesos de fabricación tales como los que comprenden la producción de cloro-álcali, acetaldehídos, monómeros de cloruro de vinilo, metilatos o etilatos de sodio o potasio, poliuretano y productos con mercurio añadido.

5. El mercurio también puede ser un subproducto de procesos de refinación o producción de materias primas, como la refinación de petróleo y gas y la producción de metales no ferrosos. Se reconoce que el mercurio es un contaminante peligroso en todo el mundo.⁶ Las emisiones y liberaciones de mercurio pueden ser causadas por actividades humanas (es decir, que pueden ser antropógenas), pero también pueden proceder de fuentes naturales como las erupciones volcánicas y los incendios forestales. Tan pronto el mercurio es emitido o liberado al medio ambiente, persiste en la atmósfera (como vapor de mercurio), el suelo (como mercurio iónico) y masas de agua (metilmercurio (MeHg, o CH₃Hg⁺)). Parte del mercurio que se libera o emite al medio ambiente va a parar a la cadena alimentaria, principalmente debido a la biomagnificación del mercurio biodisponible.

6. La manipulación, recogida, transporte o eliminación indebidos de los desechos de mercurio pueden dar lugar a emisiones o liberaciones de mercurio, como es el caso del empleo de algunas tecnologías de eliminación.

7. Las descargas de aguas residuales con mercurio en la bahía de Minamata, Japón, desde 1932 hasta 1968 (Ministerio de Medio Ambiente, Japón, 2002), el vertido ilícito de desechos contaminados con mercurio en Camboya en 1998 (Honda y otros, 2006; NIMD, 1999), y el caso que involucró a Thor Chemicals en Sudáfrica (Lambrecht, 1989), son solo algunos ejemplos de situaciones en las que no se han manejado de manera ambientalmente racional desechos que contienen mercurio o están contaminados con mercurio o compuestos de mercurio.

8. La intención de las disposiciones del Convenio de Minamata sobre el mercurio (en lo sucesivo “Convenio de Minamata”) es reducir la oferta y la demanda de mercurio. La tendencia creciente a nivel mundial hacia la eliminación de los productos y procesos con mercurio añadido que utilizan mercurio terminará muy pronto por generar mercurio sobrante, si la oferta de mercurio se mantiene como hasta ahora. Además, se espera que en los próximos años se registre un aumento del uso de algunos productos con mercurio añadido como son las lámparas fluorescentes, que se están utilizando en sustitución de las lámparas incandescentes como parte de la estrategia de lograr sociedades con bajas emisiones de carbono y menor uso de visualizadores de cristal líquido (LCD) con lámparas de retroiluminación con mercurio añadido. Asegurarse del manejo ambientalmente racional, en particular de los desechos de mercurio, será crucial para muchos países.

⁵ Para más información sobre el mercurio y sus propiedades químicas, fuentes, comportamiento en el medio ambiente, riesgos para la salud humana y sobre los riesgos y la contaminación por mercurio pueden consultarse las siguientes fuentes (véase el anexo de la bibliografía para conocer todas las obras de consulta).

- Sobre las propiedades químicas: Japan Public Health Association, 2001; Steffen, 2007; OMS, 2003; Spiegel y Veiga, 2006; OIT, 2000 y 2001; Oliveira y otros, 1998 y Tajima, 1970;
- Sobre fuentes de emisiones antropógenas: PNUMA, 2008a y The Zero Mercury Working Group, 2009;
- Sobre comportamiento en el medio ambiente: Japan Public Health Association, 2001 y Wood, 1974;
- Sobre riesgos para la salud humana: Ozonoff, 2006; Sanbom y Brodberg, 2006; Sakamoto y otros, 2005, OMS 1990; Kanai y Endou, 2003; Kerper y otros, 1992, Mottet y otros, 1985; Sakamoto y otros, 2004; Oikawa y otros, 1983; Richardson 2003, Richardson y Allan, 1996, Gay y otros, 1979; Boom y otros, 2003; Hylander y Meili, 2005; Bull, 2006; OMS, 1972, 1990, 1991, 2003 y 2008; Japan Public Health Association, 2001; Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 1998; Asano y otros, 2000 y PNUMA, 2008;
- Sobre la contaminación por mercurio: Ministerio de Medio Ambiente del Japón, 1997 y 2002; Amin-Zaki y otros, 1978; Bakir y otros, 1973; Damluji y Tikriti, 1972; PNUMA, 2002; Lambrecht, 1989; GroundWork 2005; Escuela de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Universidad de Michigan, 2000 y Butler, 1997.

⁶ En el preámbulo del Convenio de Minamata se reconoce que el mercurio es un producto químico objeto de preocupación a nivel mundial debido a su transporte a larga distancia en la atmósfera, su persistencia en el medio ambiente luego de haberse introducido antropogénicamente, su capacidad para bioacumularse en ecosistemas y sus importantes efectos negativos en la salud de las personas y el medio ambiente.

II. Disposiciones pertinentes del Convenio de Basilea y vínculos internacionales

A. Convenio de Basilea

1. Disposiciones generales

9. La finalidad del Convenio de Basilea es proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos resultantes de la generación, el manejo, los movimientos transfronterizos y la eliminación de desechos peligrosos y otros desechos.

10. En el párrafo 4 del artículo 2, el Convenio estipula que se entiende por eliminación “cualquiera de las operaciones especificadas en el Anexo IV” del Convenio. El anexo IV contiene dos categorías de operaciones: las que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos (operaciones R) y las que no ofrecen esa posibilidad (operaciones D).

11. En el párrafo 1 del artículo 4 (“Obligaciones generales”) se establece el procedimiento según el cual las Partes que ejerzan su derecho a prohibir la importación de desechos peligrosos u otros desechos para su eliminación, comunicarán a las demás Partes su decisión. En el apartado a) del párrafo 1 se estipula lo siguiente: “Las Partes que ejerzan su derecho a prohibir la importación de desechos peligrosos y otros desechos para su eliminación, comunicarán a las demás Partes su decisión de conformidad con el artículo 13”. En el apartado b) del párrafo 1 se dispone que: “Las Partes prohibirán o no permitirán la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a las Partes que hayan prohibido la importación de esos desechos, cuando dicha prohibición se les haya comunicado de conformidad con el apartado a).”

12. En los apartados a) a e) y g) del párrafo 2 del artículo 4 figuran disposiciones clave relativas al manejo ambientalmente racional, la reducción al mínimo de los desechos, la reducción del movimiento transfronterizo y las prácticas de eliminación de desechos con vistas a mitigar los efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente:

“Cada Parte tomará las medidas apropiadas para:

- a) Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos en ella, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos;
- b) Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos, cualquiera que sea el lugar donde se efectúa su eliminación que, en la medida de lo posible, estará situado dentro de ella;
- c) Velar por que las personas que participen en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos dentro de ella adopten las medidas necesarias para impedir que ese manejo dé lugar a una contaminación y, en caso de que se produzca ésta, para reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente;
- d) Velar por que el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y otros desechos se reduzca al mínimo compatible con un manejo ambientalmente racional y eficiente de esos desechos, y que se lleve a cabo de forma que se protejan la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos que puedan derivarse de ese movimiento;
- e) No permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a un Estado o grupo de Estados pertenecientes a una organización de integración económica y/o política que sean Partes, particularmente a países en desarrollo, que hayan prohibido en su legislación todas las importaciones, o si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional, de conformidad con los criterios que adopten las Partes en su primera reunión;”
- g) Impedir la importación de desechos peligrosos y otros desechos si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional.”

2. Disposiciones relacionadas con el mercurio

13. El artículo 1 (“Alcance del Convenio”) determina los tipos de desechos que son objeto del Convenio de Basilea. En el apartado a) del párrafo 1 se establece un proceso en dos etapas para determinar si un “desecho” es “desecho peligroso” a los efectos del Convenio: primeramente, el desecho debe pertenecer a una de las categorías incluidas en el anexo I del Convenio (“Categorías de desechos que hay que controlar”) y, en segundo lugar, debe poseer por lo menos una de las características incluidas en el anexo III del Convenio (“Lista de características peligrosas”).

14. Se presume que los desechos incluidos en el anexo I muestran una o varias de las características peligrosas del anexo III. Esas características pueden ser H6.1 “Tóxicos (venenos) agudos”, H11 “Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)” o H12 “Ecotóxicos”, a menos que se pueda demostrar, por medio de “ensayos nacionales”, que no muestran esas características. Las pruebas nacionales pueden ser útiles para determinar una característica peligrosa específica incluida en el anexo III hasta el momento en que quede plenamente definida la característica peligrosa. En el marco del Convenio se han redactado documentos de orientación en relación con algunas características peligrosas incluidas en el anexo III.

15. En la lista A del anexo VIII se describen los desechos que están “caracterizados como peligrosos de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del presente Convenio” aunque “su inclusión en este anexo no obsta para que se use el anexo III [características peligrosas] para demostrar que un desecho no es peligroso” (anexo I, párrafo b)). En la lista B del anexo IX se incluyen los desechos “que no estarán sujetos a lo dispuesto en el apartado a) del párrafo 1 del artículo 1 del Convenio de Basilea, a menos que contengan materiales incluidos en el anexo I en una cantidad tal que les confiera una de las características del anexo III.”

16. Como se estipula en el apartado b) del párrafo 1 del artículo 1, también son objeto del Convenio de Basilea “los desechos no incluidos en el apartado a), pero definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de la Parte que sea Estado de exportación, de importación o de tránsito”.

17. En el cuadro 1 a continuación se enumeran los desechos de mercurio incluidos en los anexos I y VIII del Convenio.

Cuadro 1: Desechos de mercurio incluidos en los anexos I y VIII del Convenio de Basilea (los subrayados en el cuadro son nuestros)

Entradas que hacen referencia directa al mercurio	
Y29	Desechos que tengan como constituyentes: <i>Mercurio, compuestos de mercurio</i>
A1010	Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: ... - <i>Mercurio</i> ... pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.
A1030	Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: ... - <i>Mercurio, compuestos de mercurio</i> ...
A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de estos ⁷ que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, <i>interruptores de mercurio</i> , vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del anexo I (por ejemplo, cadmio, <i>mercurio</i> , plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110) ⁸
Otras entradas relacionadas con desechos que pueden contener mercurio o estar contaminados con este	
A1170	Acumuladores de desecho sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores sólo de la lista B. Los acumuladores de desecho no incluidos en la lista B que contengan constituyentes del anexo I en tal grado que los conviertan en peligrosos
A2030	Desechos de catalizadores, pero excluidos los desechos de este tipo especificados en la lista B
A2060	Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias del anexo I en concentraciones tales que presenten características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050)
A3170	Desechos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina)
A4010	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos

⁷ En esta entrada no se incluyen los restos de instalaciones para la generación de energía eléctrica.

⁸ Los PCB tienen un nivel de concentración de 50 mg/kg o más.

	farmacéuticos, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B
A4020	Desechos clínicos y afines; es decir desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación
A4030	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, o no aptos para el uso previsto originalmente
A4080	Desechos de carácter explosivo (pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B)
A4100	Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B
A4140	Desechos que consisten en productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados, ⁹ o los contienen, correspondientes a las categorías del anexo I, y que muestran las características peligrosas del anexo III
A4160	Carbono activado consumido no incluido en la lista B (véase el correspondiente apartado de la lista B B2060)

B. Vínculos internacionales

1. Convenio de Minamata sobre el Mercurio

18. El objetivo del Convenio de Minamata, aprobado el 10 de octubre de 2013, es proteger la salud de las personas y el medio ambiente frente a las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio. Para lograr este objetivo, el Convenio de Minamata tiene como propósito:

- a) Reducir la oferta de mercurio y controlar su comercio internacional;
- b) Reducir la demanda de mercurio en los productos, los procesos de fabricación y la minería artesanal y a pequeña escala del oro;
- c) Reducir las emisiones y liberaciones de mercurio en la atmósfera, los suelos y el agua;
- d) Asegurar el almacenamiento provisional ambientalmente racional del mercurio y de los compuestos de mercurio;
- e) Asegurar el manejo ambientalmente racional de los desechos de mercurio y el saneamiento de los lugares contaminados; y
- f) Promover la creación de capacidad, la prestación de asistencia técnica y la transferencia de tecnología, también mediante la concertación de arreglos específicos financieros y de otra índole.

19. En el artículo 11 (“Desechos de mercurio”) del Convenio de Minamata figuran las siguientes disposiciones relativas a los desechos:

“1. Las definiciones pertinentes del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación se aplicarán a los desechos incluidos en el presente Convenio para las Partes en el Convenio de Basilea. Las Partes en el presente Convenio que no sean Partes en el Convenio de Basilea harán uso de esas definiciones como orientación aplicada a los desechos a que se refiere el presente Convenio.

2. A los efectos del presente Convenio, por desechos de mercurio se entienden sustancias u objetos:

- a) que constan de mercurio o compuestos de mercurio;
- b) que contienen mercurio o compuestos de mercurio; o
- c) contaminados con mercurio o compuestos de mercurio,

en una cantidad que exceda los umbrales pertinentes definidos por la Conferencia de las Partes, en colaboración con los órganos pertinentes del Convenio de Basilea de manera armonizada, a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional o en el presente Convenio. Se excluyen de esta definición la roca de recubrimiento, de desecho y los desechos de la minería, salvo los derivados de la extracción primaria de mercurio, a menos que contengan cantidades de mercurio o compuestos de mercurio que excedan los umbrales definidos por la Conferencia de las Partes.

⁹ “Caducados” significa no utilizados durante el período recomendado por el fabricante.

3. Cada Parte adoptará las medidas apropiadas para que los desechos de mercurio:

a) Sean gestionados, de manera ambientalmente racional, teniendo en cuenta las directrices elaboradas en el marco del Convenio de Basilea y de conformidad con los requisitos que la Conferencia de las Partes aprobará en un anexo adicional, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 27. En la elaboración de los requisitos, la Conferencia de las Partes tendrá en cuenta los reglamentos y programas de las Partes en materia de gestión de desechos;

b) Sean recuperados, reciclados, regenerados o reutilizados directamente solo para un uso permitido a la Parte en virtud del presente Convenio o para la eliminación ambientalmente racional con arreglo al párrafo 3 a);

c) En el caso de las Partes en el convenio de Basilea, no sean transportados a través de fronteras internacionales salvo con fines de su eliminación ambientalmente racional, de conformidad con las disposiciones del presente artículo y con dicho Convenio. En circunstancias en las que las disposiciones del Convenio de Basilea no se apliquen al transporte a través de fronteras internacionales, las Partes permitirán ese transporte únicamente después de haber tomado en cuenta los reglamentos, las normas y las directrices internacionales pertinentes.

4. La Conferencia de las Partes procurará cooperar estrechamente con los órganos pertinentes del Convenio de Basilea en el examen y la actualización, según proceda, de las directrices a que se hace referencia en el párrafo 3 a).

5. Se alienta a las Partes a cooperar entre sí y con las organizaciones intergubernamentales y otras entidades pertinentes, según proceda, a fin de crear y mantener la capacidad de gestionar los desechos de mercurio de manera ambientalmente racional a nivel mundial, regional y nacional."

20. En los párrafos 21 a 27 a continuación se describen otras disposiciones del Convenio de Minamata relativas a los desechos de mercurio.

21. En el párrafo 5 b) del artículo 3 del Convenio de Minamata se establece que "cada Parte adoptará medidas para asegurar que, cuando la Parte determine la existencia de exceso de mercurio procedente del desmantelamiento de plantas de producción de cloro-álcali, ese mercurio se deseche de conformidad con las directrices para la gestión ambientalmente racional a que se hace referencia en el párrafo 3 a) del artículo 11, mediante operaciones que no conduzcan a la recuperación, el reciclado, la regeneración, la utilización directa u otros usos."

22. En el párrafo 1 del artículo 4 del Convenio se enuncia que cada Parte "prohibirá, adoptando las medidas pertinentes, la fabricación, la importación y la exportación de los productos con mercurio añadido incluidos en la parte I del anexo A después de la fecha de eliminación especificada para esos productos, salvo cuando se haya especificado una exclusión en el anexo A o cuando la Parte se haya inscrito para una exención conforme al artículo 6." En la parte I del anexo A se estipula que a partir del año 2020 (la fecha de eliminación) no estará permitida la producción, importación ni la exportación de los productos con mercurio añadido sujetos al párrafo 1 del artículo 4. Estos productos están enumerados en el cuadro 2 que aparece más adelante. Los productos siguientes están excluidos del anexo A:

- a) Productos esenciales para usos militares y protección civil;
- b) Productos para investigación, calibración de instrumentos, para su uso como patrón de referencia;
- c) Cuando no haya disponible ninguna alternativa sin mercurio viable para piezas de repuesto, interruptores y relés, lámparas fluorescentes de cátodo frío y lámparas fluorescentes de electrodo externo (CCFL y EEFL) para pantallas electrónicas, y aparatos de medición;
- d) Productos utilizados en prácticas tradicionales o religiosas; y
- e) Vacunas que contengan timerosal como conservante."

Cuadro 2: Productos con mercurio añadido incluidos en la parte I del anexo A ("Productos sujetos al artículo 4, párrafo 1") del Convenio de Minamata

Baterías, salvo pilas de botón de óxido de plata con un contenido de mercurio < 2 % y pilas de botón zinc-aire con un contenido de mercurio < 2 %.
--

Interruptores y relés, con excepción de puentes medidores de capacitancia y pérdida de alta precisión e interruptores y relés por radiofrecuencia de alta frecuencia utilizados en instrumentos de monitorización y control con un contenido máximo de mercurio de 20 mg por puente, interruptor o relé.
--

Lámparas fluorescentes compactas (CFL) para usos generales de iluminación de ≤ 30 vatios con un contenido de mercurio superior a 5 mg por quemador de lámpara.
Lámparas fluorescentes lineales (LFL) para usos generales de iluminación: a) Fósforo tribanda de < 60 vatios con un contenido de mercurio superior a 5 mg por lámpara; b) Fósforo en halofosfato de ≤ 40 vatios con un contenido de mercurio superior a 10 mg por lámpara.
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HPMV) para usos generales de iluminación.
Mercurio en lámparas fluorescentes de cátodo frío y lámparas fluorescentes de electrodo externo (CCFL y EEFL) para pantallas electrónicas: a) de longitud corta (≤ 500 mm) con un contenido de mercurio superior a 3,5 mg por lámpara; b) de longitud media (> 500 mm y ≤ 1.500 mm) con un contenido de mercurio superior a 5 mg por lámpara; c) de longitud larga (> 1.500 mm) con un contenido de mercurio superior a 13 mg por lámpara.
Cosméticos (con un contenido de mercurio superior a 1 ppm), incluidos los jabones y las cremas para aclarar la piel, pero sin incluir los cosméticos para la zona de alrededor de los ojos que utilicen mercurio como conservante y para los que no existan conservantes alternativos eficaces y seguros. ¹
Plaguicidas, biocidas y antisépticos de uso tópico.
Los siguientes aparatos de medición no electrónicos, a excepción de los aparatos de medición no electrónicos instalados en equipo de gran escala o los utilizados para mediciones de alta precisión, cuando no haya disponible ninguna alternativa adecuada sin mercurio: a) barómetros; b) higrómetros; c) manómetros; d) termómetros; e) esfígmomanómetros.

¹ La intención es no abarcar los cosméticos, los jabones o las cremas que contienen trazas contaminantes de mercurio.

23. En el párrafo 3 del artículo 4 del Convenio de Minamata se establece que “[l]as Partes adoptarán medidas en relación con los productos con mercurio añadido incluidos en la parte II del anexo A de conformidad con las disposiciones establecidas en dicho anexo”. En la parte II del anexo A se establece que las “medidas que ha de adoptar la Parte para reducir el uso de la amalgama dental tendrán en cuenta las circunstancias nacionales de la Parte y las orientaciones internacionales pertinentes e incluirán dos o más de las medidas que figuran en la lista” contenida en el anexo.

24. En el párrafo 2 del artículo 5 del Convenio de Minamata se enuncia que “[n]inguna Parte permitirá el uso de mercurio ni de compuestos de mercurio en los procesos de fabricación incluidos en la parte I del anexo B tras la fecha de eliminación especificada en dicho anexo para cada proceso, salvo cuando la Parte se haya inscrito para una exención conforme al artículo 6.” La parte I del anexo B incluye la producción de cloro-álcali y la producción de acetaldehído, en las cuales se utiliza mercurio o compuestos de mercurio como catalizador. Además, en el párrafo 3 del artículo 5 se establece que “cada Parte adoptará medidas para restringir el uso de mercurio o compuestos de mercurio en los procesos incluidos en la parte II del anexo B de conformidad con las disposiciones que allí se establecen”. La parte II del anexo B incluye la producción de monómero de cloruro de vinilo, metilato o etilato de sodio o potasio y la producción de poliuretano en la que se utilizan catalizadores que contienen mercurio. Las medidas para reducir o controlar las emisiones y liberaciones de mercurio resultantes de los procesos de fabricación o producción en que se utilice mercurio o compuestos de mercurio pueden tener como resultado que se capturen y generen sustancias y residuos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio que deban ser tratados debidamente como desechos.

25. En el párrafo 3 del artículo 8 del Convenio de Minamata se establece que “[u]na Parte en la que haya fuentes pertinentes adoptará medidas para controlar las emisiones”. Por “fuente pertinente” se entiende una fuente que entra dentro de una de las categorías enumeradas en el anexo D del Convenio. Entre las fuentes pertinentes enumeradas en el anexo D figuran las plantas de incineración de desechos, las centrales eléctricas de carbón; las calderas industriales de carbón; los procesos de fundición y calcinación utilizados en la producción de metales no ferrosos, y las fábricas de cemento clínker. En el párrafo 4 del artículo 8 se establece que “en lo relativo a las nuevas fuentes, cada Parte exigirá el uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones lo antes factible, pero en cualquier caso antes de que transcurran cinco años desde la entrada en vigor del Convenio para esa Parte.” En el párrafo 5 del artículo 8 se establece que “en lo relativo a las fuentes existentes, cada Parte incluirá una o más de las siguientes medidas en cualquier plan nacional y las aplicará lo antes factible, pero en cualquier caso antes de que transcurran diez años desde la fecha de entrada en vigor del Convenio para ella, teniendo en cuenta las circunstancias nacionales y la viabilidad económica y técnica, así como la asequibilidad, de las medidas:

- a) Un objetivo cuantificado para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes;
- b) Valores límite de emisión para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes;
- c) El uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes;
- d) Una estrategia de control de múltiples contaminantes que aporte beneficios paralelos para el control de las emisiones de mercurio;
- e) Otras medidas encaminadas a reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.”

Es posible que estas medidas y prácticas para el control de las emisiones de mercurio generen desechos sólidos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio

26. Por último, en el artículo 12 del Convenio de Minamata se establece que “[c]ada Parte procurará elaborar estrategias adecuadas para identificar y evaluar los sitios contaminados con mercurio o compuestos de mercurio” y que “La Conferencia de las Partes aprobará orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados”. Es probable que las actividades de rehabilitación de los sitios contaminados con mercurio generen desechos de mercurio.

2. Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA

27. En la parte III de la decisión 25/5, el Consejo de Administración del PNUMA pidió al Director Ejecutivo del PNUMA que, según procediese, coordinara con los gobiernos, las organizaciones intergubernamentales, los interesados directos y la Asociación Mundial sobre el Mercurio, la continuación y el fortalecimiento, como parte de las medidas internacionales sobre el mercurio, de la labor en marcha en una serie de esferas. La Asociación Mundial sobre el Mercurio ya ha seleccionado ocho prioridades de acción (o “esferas de modalidades de asociación”).¹⁰ Una de estas esferas de asociación es la relativa a la gestión de los desechos de mercurio, iniciada en 2008 con el Ministerio de Medio Ambiente del Japón como entidad encargada. Entre otras cosas, la esfera de asociación relativa a la gestión de los desechos de mercurio ha determinado y agrupado proyectos a nivel de país por corrientes de desechos, y ha creado una lista de expertos en desechos de mercurio.

3. Convenio de Rotterdam

28. En el anexo III del Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional se incluyen los “compuestos de mercurio, que incluyen compuestos de mercurio inorgánicos, compuestos de alquilmércurio y compuestos de alquiloxilalquilo y arilmércurio.” En el anexo III se enumeran los productos químicos que han sido prohibidos o rigurosamente restringidos por motivos ambientales o de salud al menos en dos regiones y que están sujetos al procedimiento de consentimiento fundamentado previo.

4. Protocolo relativo a los metales pesados

29. El objetivo del Protocolo de 1998 relativo a los metales pesados de la Convención de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia, enmendada en 2012, es controlar las emisiones antropógenas de metales pesados, incluido el mercurio, que son objeto de transporte transfronterizo a larga distancia en la atmósfera y probablemente tengan importantes efectos adversos en la salud humana o el medio ambiente. Las Partes en el Protocolo están en la obligación de reducir las emisiones de determinados metales pesados por debajo de los niveles de 1990 (o en otros años del período entre 1985 y 1995) aplicando las mejores técnicas disponibles en fuentes estacionarias, e imponiendo valores límite a las emisiones de determinadas fuentes estacionarias. Las Partes también tienen que establecer y mantener inventarios de las emisiones de los metales pesados sujetos al Protocolo. En el anexo VII del Protocolo figura una lista de los componentes eléctricos, dispositivos de medición, lámparas fluorescentes, amalgama dental, plaguicidas, pinturas y baterías que contienen mercurio para la aplicación de medidas recomendadas de manejo de los productos, incluyendo la sustitución, la reducción al mínimo, el etiquetado, incentivos económicos, acuerdos voluntarios y programas de recolección, reciclado o eliminación.

¹⁰ Para más información, consulte:

<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/tabid/1253/language/en-US/Default.aspx>.

5. SAICM

30. El Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional (SAICM) consiste en una declaración ministerial (la “Declaración de Dubai sobre la gestión de los productos químicos a nivel internacional”), una estrategia de política global y un plan de acción mundial. El mercurio se aborda específicamente en el plan de acción mundial del SAICM en la esfera de trabajo 14 de la forma siguiente: “Mercurio y otros productos químicos que suscitan preocupación a nivel mundial; productos químicos producidos o utilizados en gran volumen; productos químicos sujetos a usos muy dispersivos; y otros productos químicos que causan preocupación a nivel nacional”; las actividades específicas comprendidas dentro de la esfera de trabajo son la reducción de riesgos, la necesidad de seguir adoptando medidas y el examen de la información científica. En 2006 se creó en el marco del SAICM un programa de inicio rápido para apoyar las actividades iniciales de la creación de capacidad y de aplicación en los países en desarrollo, los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países con economías en transición (PNUMA, 2006a). Hasta febrero de 2014 se habían implementado en el marco del programa de inicio rápido siete proyectos que incluían componentes del mercurio, como la campaña sobre la minimización del uso del mercurio y la elaboración de inventarios de productos que contienen mercurio, liberaciones de mercurio y explotaciones mineras (PNUMA, 2014a).

III. Orientaciones sobre el manejo ambientalmente racional

A. Consideraciones generales

31. El manejo ambientalmente racional es un concepto normativo general que los diferentes países, organizaciones y demás interesados directos entienden e implementan de diversas maneras. El Convenio de Basilea y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) han elaborado documentos de orientación internacionales y elementos de rendimiento fundamentales relativos al manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos, los cuales deben ayudar a los interesados directos a aplicar el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos, incluidos los desechos de mercurio.

1. Convenio de Basilea

32. En el párrafo 8 del artículo 2 del Convenio de Basilea se define el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos como la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

33. En el apartado b) del párrafo 2 del artículo 4, el Convenio establece que cada Parte tomará las medidas apropiadas para “establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos, cualquiera que sea el lugar donde se efectúa su eliminación que, en la medida de lo posible, estará situado dentro de ella”, mientras que en el apartado c) del párrafo 2 se dispone que cada Parte habrá de “velar por que las personas que participen en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos dentro de ella adopten las medidas necesarias para impedir que ese manejo dé lugar a una contaminación y, en caso de que se produzca ésta, para reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente”.

34. En el párrafo 8 del artículo 4, el Convenio exige que “los desechos peligrosos y otros desechos, que se vayan a exportar, sean manejados de manera ambientalmente racional en el Estado de importación y en los demás lugares. En su primera reunión las Partes adoptarán directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos sometidos a este Convenio.” Las presentes directrices tienen como finalidad proporcionar una definición más precisa del manejo ambientalmente racional cuando se aplique a los desechos de mercurio, entre otras cosas, al definir los métodos apropiados de tratamiento y eliminación de las corrientes de desechos de mercurio, que constituyen el manejo ambientalmente racional.

35. En su 11ª reunión, celebrada en 2013, la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea aprobó el *Marco para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos*. Dicho marco establece un entendimiento común respecto al alcance del manejo ambientalmente racional de los desechos y determina herramientas y estrategias para apoyar y promover la aplicación del manejo ambientalmente racional de los desechos. Su finalidad es servir de guía práctica a los gobiernos y otros interesados directos que participan en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos y constituye la orientación más exhaustiva elaborada hasta el momento sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos, la cual complementa las diferentes directrices técnicas aprobadas en virtud del Convenio de Basilea.

36. En el contexto del Convenio de Basilea, el manejo ambientalmente racional es el objeto de varias disposiciones (véase la sección II A.1 *supra*) y las dos declaraciones siguientes:

a) La Declaración de Basilea de 1999 sobre el manejo ambientalmente racional, aprobada por la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea en su quinta reunión, insta a las Partes a que mejoren y vigoricen sus esfuerzos y cooperación para lograr el manejo ambientalmente racional, en particular, mediante la prevención, la reducción al mínimo, el reciclado y la eliminación de los desechos peligrosos y de otro tipo sujetos al Convenio de Basilea, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos, así como la disminución ulterior de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos sujetos al Convenio.

b) La Declaración de Cartagena sobre prevención, minimización y valorización de los desechos peligrosos y otros desechos, la cual fue emitida en 2011 y aprobada por la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea en su 10ª reunión, reafirma que el Convenio de Basilea es el principal instrumento jurídico mundial para orientar el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos y su eliminación.

37. Se han formulado recomendaciones basadas en los criterios de manejo ambientalmente racional para las computadoras conforme al mandato de la Asociación para la acción en materia de equipos de computadoras (PACE) del Convenio de Basilea.

2. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

38. La OCDE aprobó una recomendación sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos que abarca aspectos como los elementos básicos de funcionamiento de las directrices sobre el manejo ambientalmente racional aplicables a las instalaciones de recuperación de desechos, que incluyen: elementos de funcionamiento que preceden a la recogida, el transporte, el tratamiento y el almacenamiento; y elementos posteriores al almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación de los residuos pertinentes (OCDE, 2004).

39. El manual de orientación para la aplicación de la recomendación de la OCDE sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos (OCDE, 2007) contiene más información al respecto.

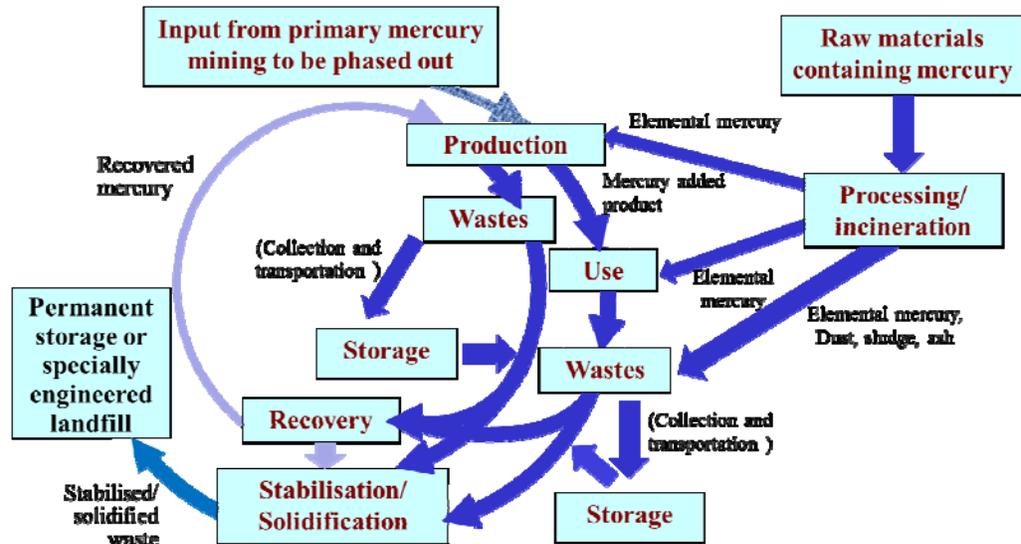
3. Manejo del mercurio basado en el ciclo de vida

40. El concepto de manejo basado en el ciclo de vida puede ser un enfoque útil para promover el manejo ambientalmente racional de desechos de mercurio. El manejo basado en el ciclo de vida constituye un marco para analizar y gestionar la calidad de la sostenibilidad de los bienes y servicios. Empresas de todo el mundo lo están utilizando, por ejemplo, para reducir las huellas de carbono, de materias primas y del agua de sus productos, mejorar sus resultados sociales y económicos y lograr cadenas de valor más sostenibles (PNUMA y SETAC, 2009). Cuando se aplica el enfoque del manejo basado en el ciclo de vida al mercurio, los resultados deben evaluarse durante las etapas siguientes: producción de productos con mercurio añadido o de otros productos con métodos que usan mercurio; uso de dichos productos; recogida y transporte de los desechos; y eliminación de los desechos.

41. En el manejo del mercurio basado en el ciclo de vida, es importante establecer como prioridad la reducción del uso del mercurio en productos y procesos para reducir de esta forma el contenido de mercurio en los desechos resultantes de tales productos y procesos. Cuando se utilicen productos con mercurio añadido, se deberá poner especial cuidado en prevenir la liberación de mercurio al medio ambiente. Los desechos que contienen mercurio deberán tratarse ya sea a fin de recuperar el mercurio que contienen o de inmovilizarlos de manera ambientalmente racional. En los casos en que el mercurio se recupera, el mercurio recuperado deberá eliminarse después de su estabilización y/o solidificación en un lugar de almacenamiento permanente o un vertedero diseñado especialmente. Otra alternativa es utilizar el mercurio recuperado como insumo de productos para los cuales no existen o no se dispone de alternativas que no utilicen mercurio o en los casos en que tenga que pasar un largo tiempo antes de que haya sustitutos para los productos con mercurio añadido; esta reutilización podría ayudar a reducir la producción de mercurio nuevo generado por la extracción minera primaria. Los desechos de mercurio se podrán almacenar, para su tratamiento o eliminación ulterior, o hasta que sea posible exportarlos a otros países para su eliminación (véase la figura 1 a continuación).

Figura 1: Concepto básico del manejo del mercurio

“Prevent and minimize mercury release to the environment at each stage”



“Prevent and minimize mercury release to the environment at each stage” = “Prevenir y minimizar la liberación de mercurio al medio ambiente en cada etapa”

Input from primary mercury mining to be phased out = Insumo generado por la extracción minera primaria que cesará

Recovered mercury = Mercurio recuperado

Permanent storage or especially engineered landfill = Almacenamiento permanente o vertedero de especialmente diseñado

Stabilised solidified waste = Desechos solidificados estabilizados

(Collection and transportation) = (Recogida y transporte)

Production = Producción

Wastes = Desechos

Use = Uso

Storage = Almacenamiento

Recovery = Recuperación

Stabilisation / Solidification = Estabilización / Solidificación

Elemental mercury = Mercurio elemental

Mercury added product = Producto con mercurio añadido

Raw materials containing mercury = Materias primas que contienen mercurio

Processing / incineration = Procesamiento / incineración

Elemental mercury, Dust, sludge, ash = Mercurio elemental, Polvo, fango, ceniza

42. El manejo de los desechos abarca la separación por fuentes, la recogida, el transporte, el almacenamiento y la eliminación (es decir, recuperación, solidificación, estabilización, almacenamiento permanente y eliminación en un vertedero diseñado especialmente). Cuando un gobierno proyecta recoger desechos de mercurio, también tiene que planificar el siguiente paso en el manejo de los desechos, a saber, el almacenamiento y la eliminación.

B. Marco legislativo y reglamentario

43. Las Partes en el Convenio de Basilea deberán examinar sus controles, normas y procedimientos nacionales para asegurarse de que cumplen todas sus obligaciones contraídas en virtud del Convenio, incluidas las relacionadas con el movimiento transfronterizo y el manejo ambientalmente racional de los desechos de mercurio. Si, además, son Partes en el Convenio de Minamata deberán examinar dichos controles, normas y procedimientos para asegurarse también de que cumplen las obligaciones que emanan de dicho convenio en relación con los desechos.

44. La aplicación de la legislación deberá investir a los gobiernos de autoridad para promulgar y hacer cumplir las normas y reglamentos específicos, realizar inspecciones y establecer sanciones por las violaciones. La legislación sobre desechos peligrosos deberá establecer una definición de desechos peligrosos de conformidad con el Convenio de Basilea e incluir los desechos de mercurio en la definición de desechos peligrosos. La legislación podría incluir una definición de manejo ambientalmente racional y exigir la adhesión a los principios de ese manejo, lo que aseguraría que los países cumplieren las disposiciones sobre manejo ambientalmente racional de los desechos de mercurio. Los componentes y las características específicos de un marco reglamentario que cumpla los requisitos del Convenio de Basilea y de los demás acuerdos internacionales se examinan a continuación.¹¹

1. Registro de los generadores de desechos

45. Uno de los métodos para facilitar el manejo ambientalmente racional de los desechos de mercurio es el establecimiento reglamentario de un registro de los generadores de este tipo de desechos. En este registro se deben incluir los generadores de desechos de mercurio a gran escala como plantas eléctricas, establecimientos industriales (por ejemplo, plantas de cloro-álcali que utilizan la tecnología de pilas de mercurio, instalaciones de producción de monómeros de cloruro de vinilo que utilizan mercurio como catalizador u operaciones de fundición), hospitales, clínicas médica y dentales, institutos de investigación, recolectores de desechos de mercurio, etc. Un tal registro de generadores de desechos de mercurio posibilitaría determinar el origen de los desechos, el tipo y volumen de los diferentes desechos de mercurio, así como las cantidades de productos con mercurio añadido utilizadas por los diferentes generadores de desechos.

46. Los reglamentos sobre los registros de los generadores de desechos de mercurio podrían exigir que los generadores de desechos declaren su nombre, dirección, el nombre del responsable, su tipo de empresa, la cantidad y el tipo de desechos de mercurio generados, así como información sobre los planes de recogida aplicables a los desechos y la manera en que estos son entregados a los recolectores y eliminados. Podría pedirse a los generadores de desechos que actualicen periódicamente y transmitan esta información a las autoridades (gobiernos centrales o locales). Sobre la base de los datos que se obtengan de los registros sobre los tipos y cantidades de desechos, las Partes podrían también crear programas de inventarios de desechos.

47. Los generadores de desechos de mercurio tendrán el deber de evitar las emisiones y las liberaciones de mercurio al medio ambiente mientras que los desechos no hayan sido entregados a los recolectores o enviados a una instalación de eliminación. Deberán cumplir estrictamente los requisitos jurídicos nacionales y locales en relación con el manejo de los desechos de mercurio y serán considerados responsables de reparar o indemnizar según lo estipule la legislación todo daño que causen a la salud o al medio ambiente durante el manejo de los desechos.

2. Reducción y eliminación del mercurio en productos y procesos industriales

48. La reducción y eliminación de la utilización del mercurio en productos y procesos industriales es una de las maneras más eficaces de reducir las emisiones y liberaciones de mercurio al medio ambiente.

49. Las Partes en el Convenio de Minamata deberán establecer y hacer cumplir un marco legislativo o reglamentario para el programa de reducción y eliminación, así como medidas con arreglo a las disposiciones del Convenio de Minamata (véanse los párrafos 22 a 24 *supra*). El enfoque para un programa de eliminación implica el establecimiento mediante leyes o reglamentos de una fecha límite tras la cual no estén permitidas la fabricación, exportación e importación de productos que contengan mercurio o compuestos de mercurio y la utilización de mercurio o compuestos de mercurio en procesos, excepto en los casos en que no existan alternativas técnica o prácticamente viables o a los que se apliquen exenciones). Este proceder requeriría que los productores, importadores y exportadores de

¹¹ Los siguientes documentos contienen orientación adicional sobre los marcos reglamentarios del Convenio de Basilea: Modelo de legislación nacional sobre el manejo de desechos peligrosos y otros desechos, así como sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos y su eliminación (PNUMA, 1995), Manual de aplicación del Convenio de Basilea (UNEP, 2015) y Convenio de Basilea: Guía para el sistema de control (PNUMA, 2015b).

mercurio y de productos con mercurio añadido cumplieren el requisito de emprender un programa de eliminación del mercurio.

50. La Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, conocida como la “Directiva RoHS”, es un ejemplo de reglamentación que tiene como propósito eliminar la utilización del mercurio en determinados productos. La Directiva RoHS restringe la utilización de mercurio y otras sustancias en equipos eléctricos y electrónicos. Si bien se pueden conceder exenciones en los casos en que no existan alternativas satisfactorias (por ejemplo, algunos tipos de lámparas con mercurio añadido), la mayoría de los equipos eléctricos y electrónicos que contienen mercurio han sido eliminados del mercado de la Unión Europea desde que la Directiva entró en vigor el 1 de julio de 2006. La versión revisada de la “Directiva RoHS”, conocida como la “Directiva RoHS 2”, fue aprobada en mayo de 2011 y entró en vigor el 21 de julio de 2011.

51. Otro ejemplo de la Unión Europea es la Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores, por la que se prohíbe poner en el mercado todas las pilas y acumuladores, estén o no incorporados en aparatos, que contengan más de 0,0005 % de mercurio en peso. Las pilas de botón con un contenido de mercurio inferior al 2 % en peso estuvieron exceptuadas de esta prohibición hasta el 1 de octubre de 2015, mientras las baterías y los acumuladores puestos en el mercado legalmente con anterioridad a la fecha de aplicación de las prohibiciones estipuladas en el artículo 4 de la Directiva pueden seguir comercializándose hasta que se agoten las existencias (UE, 2006).

52. Noruega impone una prohibición general al uso del mercurio en productos para asegurarse de que el mercurio no sea utilizado en productos para los que existen alternativas.¹² El reglamento prohíbe fabricar, importar, exportar, vender y utilizar sustancias o preparados que contengan mercurio o compuestos de mercurio, y fabricar, importar, exportar y vender productos sólidos procesados con mercurio o compuestos de mercurio añadidos. De esta manera se espera que el reglamento reduzca el número de productos que contienen mercurio en el mercado, además de las descargas de productos que no han sido eliminados como desechos peligrosos involuntariamente.

53. El Reglamento sobre los productos que contienen mercurio del Canadá (*Products Containing Mercury Regulations*) prohíbe la fabricación y la importación de productos que contienen mercurio o cualquiera de sus componentes, salvo algunas exenciones aplicables a usos esenciales para los cuales no existen alternativas técnica o económicamente viables (por ejemplo, ciertas aplicaciones médicas y de investigación y la amalgama dental).

3. Requisitos aplicables a los movimientos transfronterizos

54. Conforme al Convenio de Basilea, los desechos de mercurio están incluidos en el anexo I bajo la categoría de desechos peligrosos Y29 (desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio como constituyentes) y por consiguiente se considera que son desechos peligrosos a menos que, mediante pruebas nacionales, se pueda demostrar que no presentan ninguna de las características enumeradas en el anexo III (Lista de características peligrosas).

55. Si una Parte en el Convenio cuenta con una legislación nacional por la que se prohíba la importación de desechos de mercurio y ha comunicado la información de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del artículo 4, las demás Partes prohibirán o no permitirán la exportación de esos desechos a esa Parte. Además, en los casos en que el Estado importador no haya prohibido la importación de desechos de mercurio, las Partes en el Convenio prohibirán o no permitirán la exportación de esos desechos si el Estado importador no consiente por escrito a esa importación específica.

¹² Reglamento sobre los productos de Noruega (Sección 2.3 relativa al mercurio y compuestos de mercurio en el capítulo 2 sobre sustancias, preparados y productos regulados), traducción oficiosa al inglés disponible en: <http://www.miljodirektoratet.no/en/Legislation1/Regulations/Product-Regulations/Chapter-2/>

Sin embargo, se formulan exenciones especiales:

- Uso limitado (límites de concentración especificados) en empaques, pilas, algunos componentes en vehículos y en algún equipo eléctrico y electrónico, de conformidad con el Reglamento de la UE aplicado en Noruega.
- Las sustancias/los preparados y los productos sólidos procesados cuyo contenido de mercurio o compuestos de mercurio es menor que 0,001 % por peso.
- El timerosal es un conservante de vacunas.

El Reglamento no se aplica al uso de productos con fines analíticos y de investigación. Sin embargo, la prohibición se aplica a los termómetros de mercurio que se han de utilizar con fines analíticos y de investigación.

56. El Convenio de Minamata también incluye una disposición sobre movimientos transfronterizos de desechos de mercurio en el párrafo 3 c) del artículo 11 (véase el párrafo 19 *supra*).

57. Los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos deben mantenerse en un mínimo que esté acorde con su manejo ambientalmente racional y eficiente, y llevarse a cabo de manera que proteja la salud humana y el medio ambiente de cualquier efecto adverso que puedan causar esos movimientos. Los movimientos transfronterizos de esos desechos se permitirán solo cuando:

- a) El país de exportación no cuente con la capacidad técnica ni las instalaciones, la capacidad o los lugares de eliminación necesarios para eliminar los desechos de que se trate de manera ambientalmente racional y con eficacia;
- b) Los desechos de que se trate se necesiten como materia prima para las industrias de reciclado o recuperación en el país de importación; o
- c) Los movimientos transfronterizos en cuestión cumplan los demás criterios que hayan decidido las Partes.

58. Todo movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos deberá notificarse por escrito a las autoridades competentes de todos los países interesados en el movimiento (país de exportación, país de importación y, si procede, país de tránsito). Esta notificación incluirá las declaraciones y la información solicitada en el Convenio y se redactará en un lenguaje aceptable por el Estado de importación. Antes de que tenga lugar cualquier movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos es menester el consentimiento previo por escrito del país de importación y el de exportación y, si procede, del país de tránsito, además de la confirmación de la existencia de un contrato en el que se especifique el manejo ambientalmente racional de los desechos entre el exportador y el dueño de la instalación de eliminación. Las Partes prohibirán la exportación de desechos peligrosos y otros desechos, si el país importador prohíbe su importación. En el Convenio se estipula también que la información relativa a cualquier embarque vaya acompañada de un documento relativo a ese movimiento desde el lugar donde comience el movimiento transfronterizo hasta su destino final. Algunos países han implementado prohibiciones nacionales con arreglo a la decisión III/1 de la Conferencia de las Partes, la cual contiene una enmienda del Convenio que aún no ha entrado en vigor, en la que se prohíbe la exportación de desechos peligrosos procedentes de los países incluidos en el anexo VII (países de la OCDE, la Unión Europea y Liechtenstein) a países no incluidos en el anexo VII.

59. Los desechos peligrosos y otros desechos objeto de movimientos transfronterizos deberán ser embalados, etiquetados y transportados de conformidad con las normas y los reglamentos internacionales.¹³

60. Cuando un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos para el que los países que intervienen en él hayan dado su consentimiento no pueda llevarse a término de conformidad con las condiciones del contrato, el país de exportación velará por que los desechos en cuestión sean devueltos por el exportador al país de exportación si no se pueden lograr otros arreglos para eliminarlos de manera ambientalmente racional. Esto se hará dentro del plazo de 90 días a partir de la fecha de notificación del país de importación al país de exportación y a la Secretaría, o dentro de cualquier otro plazo que convengan los países interesados (artículo 8). En caso de tráfico ilícito (conforme al párrafo 1 del artículo 9), el país de exportación se cerciorará de que esos desechos les sean devueltos para su eliminación o de que sean eliminados de conformidad con las disposiciones del Convenio.

61. En caso de que el país de importación o cualquier país de tránsito que sea Parte en el Convenio lo solicite, los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y de otros desechos deberán estar cubiertos por un seguro, una fianza u otra garantía.

62. No se permitirán movimientos transfronterizos de desechos peligrosos u otros desechos entre una parte en el Convenio y un país que no sea Parte a menos que exista un arreglo bilateral, multilateral o regional, según se exige en el artículo 11 del Convenio. En la página web del Convenio de Basilea figuran los acuerdos bilaterales y multilaterales que han sido notificados a la Secretaría.¹⁴

¹³ Véase, por ejemplo, *Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas: Reglamentación Modelo* (decimioctava edición revisada) (Naciones Unidas, 2013).

¹⁴ Para acuerdos bilaterales véase:

<http://www.basel.int/Countries/Agreements/BilateralAgreements/tabid/1517/Default.aspx>

Para acuerdos multilaterales véase:

<http://www.basel.int/Countries/Agreements/MultilateralAgreements/tabid/1518/Default.aspx>.

63. Cabe señalar que la exportación de mercurio metálico y de ciertos compuestos y mezclas de mercurio de la Unión Europea está prohibida desde el 15 de marzo de 2011 mediante el Reglamento (CE) n° 1102/2008 (Comisión Europea, 2010b). De igual modo, en virtud de la Ley de prohibición de la exportación de mercurio de 2008, Estados Unidos tiene restringida estrictamente la exportación de mercurio desde enero de 2013.

4. Autorización e inspección de las instalaciones para la eliminación

64. Los desechos de mercurio deberán ser eliminados en instalaciones que practican el manejo ambientalmente racional.

65. La mayoría de los países cuentan con una legislación o reglamentos específicos del sector que obliga a las plantas de eliminación de desechos a obtener autorizaciones o permisos de explotación para comenzar sus operaciones. Las autorizaciones o permisos de explotación podrán incluir condiciones específicas (por ejemplo, diseño de la planta y condiciones de funcionamiento) que se deberán mantener para que la autorización o el permiso mantenga su validez. Es posible que sea necesario añadir requisitos específicos para los desechos de mercurio con vistas a cumplir los requisitos del manejo ambientalmente racional, los requisitos específicos del Convenio de Basilea y tener en cuenta las recomendaciones y directrices relativas a las mejores técnicas disponibles, tales como las Directrices sobre las mejores técnicas disponible y la orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales elaboradas por el Convenio de Estocolmo, los documentos de referencia sobre las mejores técnicas disponibles elaborados por la Unión Europea (conocidos como los documentos BREF) y las directrices relativas al sector de cloro-álcalis elaboradas por el Consejo Mundial del Cloro y Euro Chlor.¹⁵ Periódicamente se revisarán las autorizaciones o permisos de funcionamiento y, de ser necesario, se actualizarán para aumentar la protección laboral y ambiental mediante la aplicación de tecnologías nuevas o perfeccionadas.

66. Periódicamente autoridades independientes o asociaciones de control técnico deberán inspeccionar las instalaciones de eliminación a fin de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en sus permisos. La legislación deberá prever también inspecciones extraordinarias cuando haya muestras de que las instalaciones de eliminación incumplen los requisitos del permiso.

C. Identificación e inventario

67. A fin de poder adoptar medidas eficaces para prevenir, reducir al mínimo y manejar los desechos de mercurio, es importante que las Partes identifiquen las fuentes que generan los desechos de mercurio y que cuantifiquen sus magnitudes y las concentraciones de mercurio en dichos desechos.

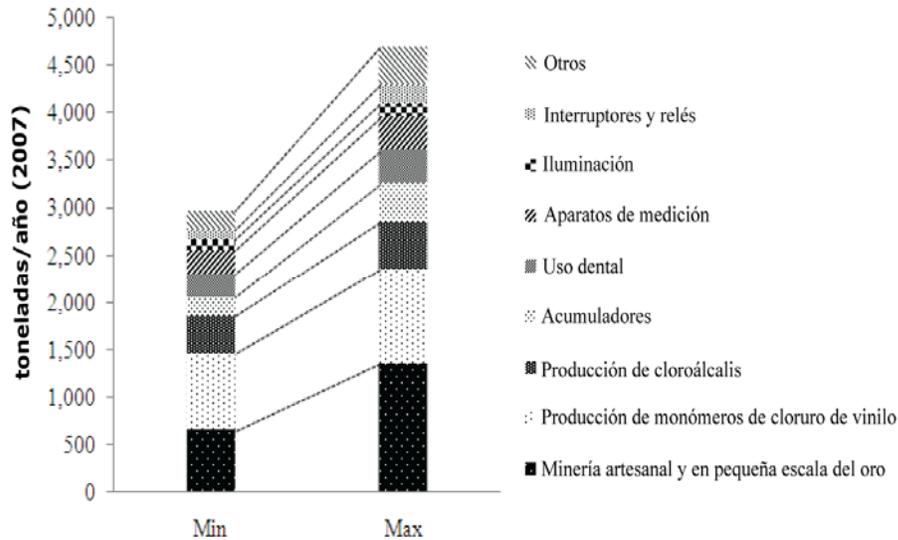
1. Identificación de las fuentes de desechos de mercurio

68. Si bien las fuentes de generación de desechos de mercurio varían de un país a otro, a nivel mundial las principales fuentes de desechos de mercurio son los procesos industriales que utilizan mercurio o compuestos de mercurio y los dispositivos que contienen mercurio que se han convertido en desechos. Otra fuente importante de liberaciones de mercurio es el procesamiento o la utilización de recursos naturales (por ejemplo, el procesamiento de minerales metalíferos no ferrosos y la combustión de carbón). En la figura 2 se muestra un estimado del uso mundial de mercurio en 2007 desglosado por aplicaciones. El sector donde más mercurio se utilizó fue la extracción de oro artesanal y en pequeña escala, seguida de la producción de monómeros de cloruro de vinilo y de cloruro de polivinilo y de la producción de cloro-álcalis. El mercurio también se utiliza en productos como pilas, amalgama dental, aparatos de medición, lámparas y dispositivos eléctricos y electrónicos, aunque la cantidad de mercurio utilizado en estas categorías varía según el país. En 2007 la cantidad total de mercurio utilizado a nivel mundial fluctuó entre 3.000 y 4.700 toneladas (Maxson, 2010).

¹⁵ Véase la recopilación en:

<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/PrioritiesforAction/ChloralkaliSector/Reports/tabid/4495/language/en-US/Default.aspx>

Figura 2: Uso mundial estimado del mercurio en 2007 (Maxson, 2010)



69. Las fuentes, las categorías y los ejemplos de desechos de mercurio se resumen en el cuadro 3 a continuación.

70. Cabe señalar que en algunos países, algunas de las fuentes industriales presentadas en el cuadro 3 (Fuentes 1, 2, 3, 4 y 7, con excepción de los procesos de producción que utilizan mercurio) no utilizan mercurio ni generan desechos de mercurio. Los procesos industriales dependen de las condiciones tecnológicas y sociales del país, y estas determinarán si se pueden emplear procesos que no utilizan mercurio.

Cuadro 3: Fuentes, categorías y ejemplos de desechos de mercurio (PNUMA, 2002; 2005; 2006b; 2006c).

Fuente	Categorías*	Ejemplos de tipos de desechos	Observaciones
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía			
1.1. Combustión de carbón en termoeléctricas	C	Residuos de la limpieza de gases de salida (cenizas volantes, partículas, agua de desechos/desechos líquidos, etc.)	• Acumulación en el fondo de cenizas de fondo y residuos de la limpieza de gases de salida.
1.2. Combustión de carbón con otros fines	C		
1.3. Extracción, refinación y uso de aceite mineral	C		
1.4. Extracción, refinación y uso de gas natural	C		
1.5. Extracción y uso de otros combustibles fósiles	C		
1.6. Generación de energía y calor a partir de la biomasa	C		
2. Producción de metal primario (virgen)			
2.1. Extracción primaria y procesamiento del mercurio	C	Residuos de la fundición	• Pirometalurgia del mineral de mercurio
2.2. Extracción y procesamiento inicial de metales (aluminio, cobre, oro, plomo, manganeso, mercurio, zinc, metal ferroso primario y otros metales no ferrosos)	C	Colas, residuos del proceso de extracción, residuos de la limpieza de gases de salida, residuos del tratamiento de las aguas residuales	• Procesamiento industrial; • Tratamiento térmico del mineral; y • Amalgamación.
3. Procesos de producción con impurezas de mercurio			
3.1. Producción de cemento	C	Residuos de procesos, residuos de la limpieza de gases de salida, desechos líquidos	• Piromprocesamiento de materias primas y combustibles con impurezas de mercurio de origen natural
3.2. Producción de pulpa y papel			• Combustión de materias primas con impurezas de mercurio

Fuente	Categorías*	Ejemplos de tipos de desechos	Observaciones
			de origen natural
3.3. Hornos de producción de cal y de agregados livianos			<ul style="list-style-type: none"> • Calcinación de materias primas y combustibles con impurezas de mercurio de origen natural
4. Uso intencional del mercurio en procesos industriales			
4.1. Producción de cloro-álcalis con tecnología basada en el mercurio	A/C	Desechos sólidos contaminados por mercurio, electrodos de desecho, residuos de procesos, suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Pila de mercurio; • Unidades de recuperación de mercurio (retorta)
4.2. Producción de alcoholados (por ejemplo, metilato o etilato de sodio o potasio), ditionita y solución de hidróxido de potasio ultrapuro	A/C	Desechos sólidos contaminados por mercurio, electrodos de desecho, residuos de procesos, suciedad	<ul style="list-style-type: none"> • Pila de mercurio; • Unidades de recuperación de mercurio (retorta)
4.3. Producción de monómeros de cloruro de vinilo con catalizador de cloruro mercúrico (HgCl ₂)	A/C	Residuos de procesos, catalizadores de desecho	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso con catalizadores de mercurio
4.4. Producción de acetaldehído con sulfato de mercurio (HgSO ₄) como catalizador	A/C	Aguas residuales, catalizadores de desecho	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso con catalizadores de mercurio
4.5. Otra producción de sustancias químicas y productos farmacéuticos o catalizadores con compuestos de mercurio	A/C	Residuos de procesos, aguas residuales, catalizadores de desecho	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso con catalizadores de mercurio
4.6. Producción de los artículos mencionados en la sección 5 <i>infra</i>	C	Residuos de procesos, aguas residuales	
5. Productos y aplicaciones con uso intencional del mercurio			
5.1. Termómetros y otros dispositivos de medición con mercurio	B1	Productos usados, obsoletos o averiados	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio
5.2. Interruptores, contactos y relés eléctricos y electrónicos con mercurio			<ul style="list-style-type: none"> • Vapores de mercurio • Mercurio divalente adsorbido en el polvo de fósforo
5.3. Fuentes de luz con mercurio	B1		<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio, óxido de mercurio
5.4. Pilas que contienen mercurio	B2		
5.5. Biocidas y plaguicidas	B1	Existencias de plaguicidas caducados, suelo y desechos sólidos contaminados por mercurio	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos de mercurio (principalmente cloruro de etilmercurio)
5.6. Pinturas	B1	Existencias de plaguicidas caducados, suelo y desechos sólidos contaminados por mercurio, residuos del tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato fenilmercúrico y compuestos de mercurio análogos
5.7. Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	B1	Existencias de medicamentos obsoletos, desechos médicos	<ul style="list-style-type: none"> • Timerosal; • Cloruro de mercurio; • Nitrato fenilmercúrico; • Mercurio cromo, etc.
5.8. Cosméticos y productos afines	B2	Existencias de cosméticos y productos afines	<ul style="list-style-type: none"> • Yoduro de mercurio; • Mercurio amoniacal, etc.
5.9. Empastes de amalgama dental	B2/C	Existencias de amalgama dental, residuos del tratamiento de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Aleaciones de mercurio, plata, cobre y estaño

Fuente		Categorías*	Ejemplos de tipos de desechos	Observaciones
5.10.	Manómetros y medidores	B1	Productos usados, obsoletos o averiados	<ul style="list-style-type: none"> Mercurio
5.11.	Productos químicos y equipo de laboratorio	A/B1/B2/C	Existencias de productos químicos y equipo de laboratorio, residuos del tratamiento de las aguas residuales, desechos de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> Mercurio; Cloruro de mercurio, etc.
5.12.	Elastómeros de poliuretano	B2/C	Desechos de productos defectuosos y excedentes, productos usados y al final de su vida útil	<ul style="list-style-type: none"> Desechos de elastómeros que contienen compuestos de mercurio
5.13.	Producción de esponja de oro o de oro a partir de fuentes de extracción de oro artesanal y en pequeña escala	C	Residuos de gases de salida, residuos del tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento térmico del oro; Procesamiento industrial
5.14.	Uso de mercurio metálico en ritos religiosos y en medicina tradicional	A/C	Desechos sólidos, residuos del tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> Mercurio
5.15.	Usos de productos varios, usos del mercurio metálico y otras fuentes	B1/B2/C	Existencias, residuos del tratamiento de las aguas residuales, desechos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Semiconductores de detección infrarroja con mercurio; Dilatadores esofágicos y sondas Cantor; Usos educativos, etc.
6. Producción de metal de segunda fusión				
6.1.	Recuperación de mercurio	A/C	Derrames durante el proceso de reciclado, residuos del proceso de extracción, residuos de la limpieza de gases de salida, residuos del tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> Desmontaje de plantas de cloro-álcali; Recuperación de medidores de mercurio usados en los conductos de gas natural; Recuperación a partir de manómetros, termómetros y otros equipos
6.2.	Recuperación de metales ferrosos	C		<ul style="list-style-type: none"> Trituración; Fundición de materiales que contienen mercurio
6.3.	Recuperación de oro a partir de desechos electrónicos (tarjeta de circuitos impresos)	A/C		<ul style="list-style-type: none"> Mercurio; Procesos térmicos
6.4.	Recuperación de otros metales, como cobre y aluminio	C		<ul style="list-style-type: none"> Otros materiales o productos / componentes con mercurio añadido
7. Incineración de desechos				
7.1.	Incineración de desechos sólidos urbanos	C	Residuos de la limpieza de los gases de salida, residuos del tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> Productos con mercurio añadido y desechos del proceso; Impurezas naturales de mercurio en materiales de gran volumen (plásticos, papel, etc.) y minerales
7.2.	Incineración de desechos peligrosos			
7.3.	Incineración de desechos médicos			
7.4.	Incineración de los fangos cloacales			
8. Depósito/vertimiento de desechos y tratamiento de las aguas residuales t				
8.1.	Vertederos/depósitos controlados	C	Aguas residuales, residuos del tratamiento de aguas residuales, desechos sólidos contaminados por mercurio	<ul style="list-style-type: none"> Productos con mercurio añadido y desechos residuales; Impurezas naturales de mercurio en materiales a granel (plásticos, latas, etc.) y minerales;
8.2.	Depósito difuso bajo determinado control			
8.3.	Eliminación local no controlada de desechos de la producción industrial			
8.4.	Vertimiento no controlado de desechos en general			
8.5.	Sistema/tratamiento de aguas		Residuos del tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> Mercurio utilizado

Fuente	Categorías*	Ejemplos de tipos de desechos	Observaciones
residuales		de aguas residuales, fangos de lavado	intencionalmente en productos agotados y desechos residuales; <ul style="list-style-type: none"> Mercurio como trazas de contaminantes antropógenos en materiales a granel.
9. Crematorios y cementerios			
9.1. Crematorios	C	Residuos de la limpieza de gases de salida, residuos del tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> Empastes de amalgama dental
9.2. Cementerios		Suelos contaminados con mercurio	

* A: Desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio; B: Desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio; C: Desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio.

71. Se puede obtener información más detallada acerca de productos con mercurio añadido (por ejemplo, nombres y fabricantes de productos específicos) de las siguientes fuentes:

- a) PNUMA, 2008. Informe sobre los principales productos y procesos que contienen mercurio, sus productos sustitutivos y las experiencias en su sustitución. Disponible en: http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g72/Spanish/OEWG_2_7_Add_1_s.pdf;
- b) Comisión Europea, 2008. Opciones para reducir el uso de mercurio en productos y aplicaciones, y el destino del mercurio que ya está circulando en la sociedad. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_report2008.pdf;
- c) Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA – Mercury-Containing Products Partnership Area. Informes y publicaciones disponibles en: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/Products/tabid/3565/language/en-US/Default.aspx>;
- d) Lowell Center for Sustainable Production, 2003. “An Investigation of Alternatives to Mercury-Containing Products”. Disponible en: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>; y
- e) The Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse (IMERC). Mercury-Added Products Database. Disponible en: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/notification>.

2. Inventarios

72. Los inventarios son un instrumento importante para identificar, cuantificar y caracterizar los desechos. Los inventarios nacionales pueden utilizarse para:

- a) Establecer parámetros de referencia de cantidades de productos con mercurio añadido producidos, distribuidos, comercializados o en uso, mercurio como mercancía, mercurio que contenga subproductos y desechos de mercurio;
- b) Establecer un registro de información que apoye las inspecciones reglamentarias y de la seguridad;
- c) Obtener información exacta necesaria para elaborar planes de gestión durante el ciclo de vida del mercurio;
- d) Apoyar la preparación de planes de respuesta en casos de emergencia;
- e) Determinar los progresos logrados en la reducción y eliminación del mercurio.

73. Tras identificar las fuentes y los tipos de desechos de mercurio, se deberán utilizar la información y las cantidades específicas de los procesos para calcular la cantidad de desechos procedentes de fuentes detectadas de diferentes tipos de desechos en un país (o zona, comunidad, etc.) en particular (PNUMA, 2005).

74. En algunos casos es muy difícil reunir los datos necesarios para calcular las cantidades de desechos de mercurio generadas, en particular en los países en desarrollo y los países con economías en transición debido a la falta de datos, en particular cuando se trata de instalaciones en pequeña escala. En

casos en que no sea viable contar con mediciones propiamente, se podrían reunir datos por medio de cuestionarios.

75. La *Guía metodológica para la realización de inventarios nacionales de desechos peligrosos en el marco del Convenio de Basilea* (UNEP, 2015d) deberá utilizarse al elaborar inventarios de desechos de mercurio. Se probó una versión previa de la guía metodológica, también conjuntamente con un proyecto piloto de inventarios nacionales de desechos peligrosos, elaborado por el centro regional del Convenio de Basilea para Asia sudoriental, cuyo informe final se puede utilizar como referencia práctica.¹⁶

76. También se puede utilizar el *Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio* (PNUMA, 2013). Existen dos versiones del instrumental que corresponden a dos niveles de elaboración de inventarios (a saber, el simplificado y el exhaustivo). El instrumental tiene como propósito ayudar a los países a elaborar los inventarios nacionales de liberaciones de mercurio y proporciona una metodología normalizada acompañada de una base de datos para elaborar inventarios de mercurio nacionales y regionales coherentes. El instrumental se ha utilizado en varios países (PNUMA, 2008c) y en algunos proyectos financiados por el FMAM.

77. En consonancia con el enfoque de gestión basado en el ciclo de vida, se deberán determinar también los canales o vías por las que los desechos de mercurio puede liberarse al medio ambiente. Habida cuenta de los posibles riesgos de las liberaciones de mercurio al medio ambiente, se deberán clasificar los tipos de desechos por orden de prioridad para la adopción de medidas. Se precisará acopiar información sobre las posibles medidas para mitigar las liberaciones, en especial respecto de las fuentes y los tipos de desechos de mercurio que contengan grandes cantidades de mercurio y entrañen mayores riesgos de liberación de mercurio al medio ambiente. Luego se evaluarán las medidas en cuanto a la magnitud de las liberaciones de mercurio al medio ambiente que puedan ayudar a prevenirlas, los gastos administrativos y sociales, la disponibilidad de técnicas e instalaciones asociadas a estas medidas y su aceptabilidad social, entre otros aspectos.

78. En algunos países cada instalación posee un registro de emisiones y transferencias contaminantes (PRTR) para recopilar datos sobre el contenido específico de mercurio en los desechos y su transferencia (Kuncova y otros, 2007). Los datos del registro también están al acceso del público.¹⁷

D. Muestreo, análisis y vigilancia

79. El muestreo, el análisis y la vigilancia son elementos fundamentales del manejo de los desechos de mercurio. La labor de muestreo, análisis y vigilancia debe estar a cargo de profesionales calificados de conformidad con programas bien concebidos y utilizando los mismos métodos durante toda la duración de los programas. También deberán aplicarse medidas rigurosas de aseguramiento de la garantía y de control de calidad. Los errores en el muestreo, análisis o vigilancia o la desviación de los procedimientos operacionales estándar puede hacer que se obtengan datos sin valor alguno o que incluso afecten el programa. Cada Parte, si procede, deberá elaborar normas para cerciorarse de que se imparta capacitación, se apliquen los protocolos y existan las capacidades de laboratorio para utilizar los métodos de muestreo, vigilancia y análisis, y se cumplan esas normas.

80. Debido a las múltiples razones que existen para el muestreo, el análisis y la vigilancia y a las muy diferentes formas físicas en que se presentan los desechos, se dispone de métodos muy diferentes de muestreo, análisis y vigilancia. Aunque analizar concretamente estos aspectos queda fuera del ámbito del presente documento, en las tres secciones siguientes se examinarán los elementos fundamentales que se deben incluir en las actividades de muestreo, análisis y vigilancia. Las prioridades de las pruebas de los desechos se deben establecer sobre la base del conocimiento existente (o de la falta de conocimiento) sobre el contenido de mercurio de los diferentes tipos de desechos (por ejemplo, es poco probable que realizar pruebas de lámparas de mercurio de desecho sea una gran prioridad, ya que se dispone fácilmente de gran cantidad de información sobre sus contenidos de mercurio).

81. En la serie de la OCDE (OCDE, varios años) se puede consultar información sobre buenas prácticas de laboratorio. En relación con los aspectos metodológicos generales, el documento de la OMS y el PNUMA *Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure* contiene información

¹⁶ Véase “National Inventories of Hazardous Waste Demonstration Project in Philippines” (Diciembre de 2006). Disponible en: <http://www.bcr-sea.org/?content=publication&cat=2>.

¹⁷ Por ejemplo, en la República Checa el PRTR (disponible solo en checo en: <http://www.irz.cz>), contiene datos específicos sobre el mercurio y los compuestos de mercurio transferidos por los desechos al medio ambiente, así como datos sobre cómo se manipulan los desechos.

útil que se debe utilizar.¹⁸ Mediante un proyecto conjunto PNUMA-FMAM se está elaborando orientación ulterior sobre la vigilancia mundial del mercurio, mediante el cual se espera crear un banco de datos en línea de los laboratorios de mercurio funcionales.¹⁹

1. Muestreo

82. El objetivo general de cualquier actividad de muestreo es obtener una muestra que se pueda usar con el fin previsto, por ejemplo, la caracterización de sitio, el cumplimiento de normas reglamentarias o la determinación de la idoneidad de los métodos de tratamiento o eliminación propuestos. Este objetivo es preciso establecerlo antes de iniciar el muestreo. Es indispensable que se cumplan los requisitos de calidad del equipo, de transporte y trazabilidad.

83. Se deberán establecer y acordar procedimientos normalizados de muestreo antes de comenzar la campaña de muestreo (tanto de la matriz de mercurio como del mercurio específico). Los elementos de esos procedimientos son los siguientes:

- a) El número de muestras que se van a tomar, la frecuencia de muestreo, la duración del proyecto de muestreo y una descripción del método de muestreo (incluidos los procedimientos de garantía de la calidad existentes, es decir, uso de los contenedores de muestreo apropiados,²⁰ espacios en blanco apropiados y de los procedimientos de cadena de custodia);
 - b) Selección de los lugares o los puntos en que se generan desechos de mercurio y el momento y la fecha de tomar la muestra (incluida la descripción y la ubicación geográfica);
 - c) Identidad de la persona que toma la muestra y condiciones durante el muestreo;
 - d) Descripción completa de las características de la muestra – etiquetado;
 - e) Preservación de la integridad de las muestras durante el transporte y almacenamiento (antes del análisis);
 - f) Cooperación estrecha entre el empleado que toma las muestras y el laboratorio analítico;
- y
- g) Personal de muestreo debidamente capacitado.

84. El muestreo deberá ajustarse a la legislación nacional específica, de existir esta, o a las reglamentaciones y normas internacionales. En los países donde no existan reglamentaciones, se deberá designar al personal calificado. Los pasos del muestreo son los siguientes:

- a) Elaborar un procedimiento operacional único para el muestreo de cada una de las matrices para el posterior análisis del mercurio;
- b) Aplicar procedimientos de muestreo reconocidos, como los elaborados por la Organización Internacional de Normalización (ISO), el Comité Europeo de Normalización (CEN), el Organismo de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA) y la American Society for Testing and Materials (ASTM); y
- c) Establecer procedimientos de garantía y control de la calidad.

85. Para que el programa se realice con éxito se deberán aplicar todas esas medidas. Asimismo, la documentación debe ser exhaustiva y rigurosa.

86. El mercurio puede estar presente en sólidos, líquidos, gases y en la biota, y de estos se podrán tomar muestras:

- a) Líquidos:
 - i) Lixiviado de vertederos y depósitos;
 - ii) Líquido recogido de derrames;
 - iii) Agua (agua superficial, agua potable y efluentes industriales);
- b) Sólidos:

¹⁸ Disponible en: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/IdentifyingPopnatRiskExposuretoMercury_2008Web.pdf.

¹⁹ Development of a Plan for Global Monitoring of Human Exposure to and Environmental Concentrations of Mercury (SIMUVIMA ID 5409).

²⁰ Las botellas de polietileno son permeables al mercurio y no se deben utilizar. Para más detalles véase Parker y otros, 2005.

- i) Existencias de productos y formulaciones consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, que los contienen o están contaminados con estos;
- ii) Sólidos de fuentes y procesos industriales de tratamiento o eliminación (cenizas volantes, cenizas depositadas, líquidos residuales, sedimentos, otros residuos, ropa, etc.);
- iii) Contenedores, equipo u otros materiales de empaque (muestras enjuagadas o secadas), incluidos los tejidos o telas usados en la recogida de muestras enjuagadas;
- iv) Suciedad, sedimentos, escombros, aguas cloacales y abono orgánico;
- c) Gases:
 - i) Aire (en interiores) de instalaciones en que se manejan desechos de mercurio;
 - ii) Mercurio liberado al aire por el tratamiento de desechos de mercurio;
 - iii) Gas de combustión de incineradores de desechos;
- d) Biota:
 - i) Materiales biológicos (sangre, orina y pelo, especialmente en el caso de vigilancia de la salud de los trabajadores);
 - ii) Plantas y animales.

87. En los programas de vigilancia del medio ambiente y la salud humana, se pueden incluir tanto matrices bióticas como abióticas:

- a) Materias vegetales y alimentos;
- b) Cabello humano, orina, uñas, leche materna o sangre;
- c) Aire (ambiente, depósitos húmedos o secos o, posiblemente, nieve).

2. Análisis

88. Se entiende por análisis la extracción, purificación, separación, determinación, cuantificación y notificación de las concentraciones de mercurio en la matriz de interés. Con miras a obtener resultados significativos y aceptables, el laboratorio analítico deberá contar con la infraestructura necesaria (locales) y la experiencia probada con la matriz y el espécimen de mercurio (por ejemplo, participación satisfactoria en estudios de comparación entre laboratorios y en planes de pruebas de competencia externa).

89. También es importante que el laboratorio haya sido homologado conforme a la norma ISO 17025 u otras normas por un organismo independiente. Los criterios esenciales para obtener resultados de alta calidad son:

- a) Especificación de la técnica analítica utilizada;
- b) Mantenimiento del equipo analítico;
- c) Validación de todos los métodos utilizados (incluidos los métodos propios);
- d) Capacitación del personal de laboratorio.

90. Por regla general, el análisis del mercurio se lleva a cabo en laboratorios especializados. Para los fines de selección se dispone de aparatos de ensayo que se pueden usar sobre el terreno.

91. Para el análisis del mercurio no se dispone de un método analítico único. Los métodos para analizar las diversas matrices del mercurio, ya sea el contenido total de mercurio o la especiación del mercurio, han sido elaborados por la Organización Internacional de Normalización (ISO), el Comité Europeo de Normalización (CEN) a nivel internacional, y por la EPA y la Asociación de Normalización del Japón, a nivel nacional. En el cuadro 4 se ofrecen algunos ejemplos de métodos de análisis del mercurio en los desechos, gases de salida y aguas residuales. La mayoría de los métodos propios son variaciones de estos. Para todos los análisis químicos, los laboratorios solo deben utilizar métodos homologados y su eficacia deberá evaluarse mediante programas de garantía y control de la calidad.

92. Además, se deberán establecer los procedimientos y criterios de aceptación para el almacenamiento, la manipulación y la preparación de la muestra en el laboratorio, por ejemplo, la homogeneización.

93. Los distintos pasos en la determinación analítica son:

- a) Extracción;
- b) Purificación;
- c) Identificación con detectores idóneos, como plasma de acoplamiento inductivo (ICP), la espectrometría de fluorescencia atómica (AFS), los analizadores de aminoácidos (AAS) e instrumentos compactos;
- d) Cuantificación y notificación de datos, según proceda; y
- e) Presentación de informes según el reglamento.

3. Vigilancia

94. En el apartado b) del párrafo 2 del artículo 10 (“Cooperación internacional”), el Convenio de Basilea exige a las Partes “cooperar en la vigilancia de los efectos del manejo de los desechos peligrosos sobre la salud humana y el medio ambiente”. Los programas de vigilancia deberán aportar indicios de si una actividad de manejo de los desechos peligrosos funciona como se ha concebido, y deberán detectar cambios en la calidad ambiental causados por esa actividad.

95. La información obtenida mediante los programas de vigilancia deberá utilizarse para cerciorarse de que los diferentes tipos de desechos peligrosos se estén manipulando correctamente, para identificar posibles cuestiones relativas a posibles liberaciones de mercurio o exposiciones a éste, y determinar si podría ser conveniente modificar el enfoque del manejo. Mediante la ejecución del programa de vigilancia, los administradores de la planta pueden detectar problemas y adoptar las medidas pertinentes para rectificarlos.

96. Cabe señalar que en la red comercial ya se pueden adquirir algunos sistemas de medición continua del mercurio para algunos tipos de controles del mercurio. En la legislación nacional o local se pueden incorporar disposiciones relativas a esa vigilancia.

Cuadro 4: Análisis químico del mercurio en desechos, los gases de salida y las aguas residuales

Objetivo		Método
Desechos	Determinar la movilidad del mercurio en los desechos	Norma europea 12457-1 a 4: Caracterización de residuos - Lixiviación - Ensayo de conformidad para la lixiviación de residuos granulares y lodos (CEN, 2002a)
		Norma europea 12920: Caracterización de residuos - Metodología para la determinación del comportamiento durante el lixiviado de residuos en condiciones específicas (CEN, 2006)
		Norma europea 13656: Caracterización de residuos - Digestión con mezcla de ácido fluorhídrico (HF), ácido nítrico (HNO ₃) y ácido clorhídrico (HCl), asistida con microondas, para la posterior determinación de elementos (CEN, 2002b)
		Norma europea 13657: Caracterización de residuos – Digestión en agua regia para la determinación posterior de la porción de elementos en el residuo soluble (CEN, 2002c)
		Especificación técnica 14405: Caracterización de residuos – Prueba de comportamiento de lixiviación - Ensayo de percolación del flujo ascendente (CEN, 2004)
		Método 1311 de EPA: Procedimiento de lixiviación para determinar la toxicidad (EPA, 1992)
Determinar las concentraciones de mercurio en los desechos		Norma europea 13370: Caracterización de residuos - Análisis de eluatos - Determinación de amoníaco, AOX, conductividad, Hg, índice de fenoles, carbono orgánico total, CN- fácilmente liberable y F- (CEN, 2003)
		Norma europea 15309: Caracterización de residuos y del suelo – Determinación de la composición elemental por fluorescencia de rayos X (CEN, 2007)
		Método 7471B del EPA: El mercurio en desechos sólidos o semisólidos (Técnica manual en frío y al vapor) (EPA, 2007d)
		Método 7473 del EPA: El mercurio en sólidos y soluciones por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica (EPA, 2007e)

Objetivo	Método
	Método 7470A del EPA: Desechos líquidos con mercurio (Técnica manual en frío y al vapor) (EPA, 1994)
Gases de salida	Norma europea 13211: Calidad del aire - Emisiones de fuentes estacionarias – Método manual de determinación de la concentración de mercurio total (CEN, 2001) * Con este método se determina el contenido de mercurio total (es decir, Hg metálico/elemental + Hg iónico).
	Norma europea 14884: Calidad del aire - Emisiones de fuentes estacionarias - Determinación de mercurio total: Sistemas automáticos de medición (CEN, 2005)
	JIS K 0222: Método analítico del mercurio en los gases de salida (JSA, 1997)
	Método 0060 del EPA: Determinación de metales en emisiones de combustión (EPA, 1996)
Para la especiación de mercurio	ASTM D6784 - 02(2008) Método de ensayo uniforme para el mercurio elemental, oxidado, combinado con partículas y total en los gases de salida generados de fuentes estacionarias alimentadas con carbón (Ontario Hydro Method) (ASTM International, 2008)
Aguas residuales	ISO 5666: 1999: Calidad del agua – Determinación del mercurio (ISO 1999)
	ISO 16590: 2000: Calidad del agua – Determinación del mercurio – Métodos que suponen el enriquecimiento mediante amalgamación (ISO, 2000)
	ISO 17852: 2006: Calidad del agua – Determinación del mercurio – Método que utiliza la espectrometría de fluorescencia atómica (ISO, 2006)

E. Prevención y reducción al mínimo de los desechos

97. La prevención y reducción al mínimo de los desechos de mercurio son los primeros pasos y los más importantes del manejo ambientalmente racional de esos desechos. En el párrafo 2 del artículo 4, el Convenio de Basilea llama a las Partes a “reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos...”. La prevención de los desechos debe constituir la opción preferida en toda política de manejo de desechos para así reducir la necesidad de gestionar desechos y permitir que los recursos del manejo ambientalmente racional sean utilizados de manera más eficaz. Los párrafos 100 a 122 a continuación proporcionan información sobre las vías de evitar y reducir al mínimo los desechos de mercurio procedentes de importantes fuentes de estos desechos.

98. En el artículo 5 del Convenio de Minamata se exige a las Partes la eliminación gradual del uso de mercurio en los procesos de producción de cloro-álcali y acetaldehído y la restricción del uso del mercurio en la producción de monómero de cloruro de vinilo, metilato o etilato de sodio o potasio, y la producción de poliuretano en que se utilizan catalizadores que contienen mercurio (para más detalles véase el párrafo 24 de las presentes directrices).

1. Prevención y reducción al mínimo de los desechos de procesos industriales

99. Son varios los procesos industriales que utilizan mercurio; ahora bien, debido a la gran cantidad de mercurio utilizado en la minería artesanal y en pequeña escala del oro, la producción de monómeros de cloruro de vinilo y la producción de cloro y sosa cáustica (cloro-álcali), en la presente subsección solamente se analizarán las medidas de prevención y reducción al mínimo de los desechos en relación con estos tres procesos.

a) Extracción de oro artesanal y en pequeña escala

100. Existen técnicas que no utilizan mercurio, como los métodos gravimétricos, y que se combinan con métodos que no utilizan mercurio. En los casos en que no se dispone de alternativas viables, se deberán utilizar soluciones provisionales que faciliten la introducción de técnicas que no utilizan mercurio, como pueden ser las tecnologías de captura y reciclado del mercurio, como retortas y campanas de ventilación, la reactivación del mercurio y la no utilización de procedimientos que requieren mucho mercurio, como la amalgamación de la mena completa. En los siguientes materiales de consulta se puede obtener información más detallada sobre estas soluciones provisionales:

a) Proyecto Mundial del Mercurio (2006): Manual for Training Artisanal and Small-Scale Gold Miners, ONUDI, Viena (Austria). Disponible en:

http://communitymining.org/attachments/221_training%20manual%20for%20miners%20GMP%20Marcelo%20Veiga.pdf?phpMyAdmin=cde87b62947d46938306c1d6ab7a0420;

b) Proyecto de minería, minerales y desarrollo sostenible (2002): Minería artesanal y en pequeña escala, Documentos sobre minería y desarrollo sostenible de las Naciones Unidas y otras organizaciones;

c) PNUMA (2010): *Informe del Foro mundial sobre extracción aurífera artesanal y en pequeña escala*. Disponible en: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/GlobalForumonASGM/tabid/6005/Default.aspx>;

d) PNUMA (diversas fechas): Informes y publicaciones de la Asociación Mundial sobre el Mercurio. Disponible en: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/PrioritiesforAction/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/Reports/tabid/4489/language/en-US/Default.aspx>;

e) EPA de los Estados Unidos (2008): Manual for the Construction of a Mercury Collection System for Use in Gold Shops. Disponible en: <http://www.epa.gov/oia//toxics/asgm.html>.

101. Los mineros artesanales, sus familias y las comunidades vecinas de los centros de operaciones de extracción minera deberán conocer los riesgos de la exposición al mercurio y los peligros implícitos para la salud y los efectos ambientales del uso del mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala.

102. Una vez que haya aumentado el conocimiento sobre los riesgos ambientales y para la salud que entraña la utilización del mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala, se deberá impartir capacitación en técnicas y sistemas para prevenir la generación de desechos.

b) Producción de monómeros de cloruro de vinilo

103. La producción de monómeros de cloruro de vinilo mediante el proceso del acetileno implica el uso de cloruro mercúrico como catalizador. Los métodos para prevenir y reducir al mínimo los desechos de mercurio en la producción de monómeros de cloruro de vinilo corresponden a dos categorías primordiales: a) métodos alternativos de fabricación que no utilizan mercurio; y b) métodos para gestionar mejor el mercurio durante el proceso de producción y capturar las liberaciones de mercurio al medio ambiente.

104. En la producción de monómeros de cloruro de vinilo sin utilizar mercurio, el monómero de cloruro de vinilo se fabrica con diversos métodos que no utilizan mercurio, que se basan de ordinario en la oxiclación del etileno (The Office of Technology Assessment, 1983). Pese a que los métodos que no utilizan mercurio son comunes en todo el mundo, en algunos países el proceso con acetileno se sigue utilizando porque es mucho menos costoso en lugares donde el carbón es más barato que el etileno (Maxson, 2011). Los esfuerzos realizados por crear un catalizador que no utilice mercurio para el proceso con acetileno dieron como resultado el desarrollo (por Johnson Matthey) de un catalizador sin mercurio para la producción de monómeros de cloruro de vinilo que incluye oro en su formulación y que está listo para su comercialización. Este es económicamente viable y puede utilizarse como sustituto directo de los catalizadores que se utilizan actualmente en los reactores de monómeros de cloruro de vinilo.²¹

105. Entre las medidas propuestas para reducir la generación de desechos contaminados con mercurio se encuentran: mejor gestión del mercurio y el uso de controles ambientales para capturar las emisiones de mercurio; desarrollo y aplicación de un catalizador con bajo contenido de mercurio; aplicación de reformas tecnológicas para prevenir la evaporación del cloruro mercúrico; prevención de venenos de los catalizadores; y aplazamiento de la deposición de carbono para reducir el uso del mercurio. Las medidas de control ambiental para capturar las emisiones de mercurio son: adsorción de mercurio mediante el uso de carbón activado en los extractores de mercurio y el uso de sistemas de desacidificación como torres de espumación y de lavado; el reciclado y reutilización de los efluentes que contienen mercurio; la recogida de fangos cloacales que contienen mercurio; y la recuperación del mercurio de sustancias evaporadas que lo contienen; perfeccionamiento de los controles de las emisiones en los recicladores y productores de catalizadores. Se deberá consultar el “Informe del proyecto sobre la reducción del uso y las emisiones de mercurio en la producción de Carbide PVC” (Ministerio de Protección Ambiental de China, 2010) para obtener más información.

²¹ Véase http://www.matthey.com/innovation/innovation_in_action/vcm-catalyst.

c) **Producción de cloro-álcali**

106. A medida que el proceso de fabricación de pilas de mercurio es reemplazado por procesos que no utilizan mercurio en las instalaciones de cloro-álcali, se van eliminando las emisiones de mercurio y la generación de desechos en estas instalaciones. La producción de cloro-álcali sin la utilización de mercurio emplea procesos ya sea de diafragma o de membrana. Los procesos de membrana son más eficaces en función de los costos que los de membrana, debido a que demandan menor consumo de electricidad (Maxson, 2011). Aunque el proceso de fabricación de pilas de mercurio está siendo eliminado, todavía en 2012 había unas 75 plantas que utilizaban este procedimiento en 40 países. En 2012 los desechos sólidos generados por esas plantas de cloro-álcali ascendieron a 163.465 toneladas (PNUMA, Asociación Mundial sobre el Mercurio, 2013). En 2010, las plantas de cloro-álcali para la fabricación de pilas de mercurio representaban cerca del 10 % de la capacidad de producción mundial de cloro-álcalis. En el Japón, las pilas de mercurio dejaron de utilizarse en 1986. A principios de 2013, el 28 % de la capacidad de producción de cloro en Europa se basaba en la tecnología de las pilas de mercurio. Los fabricantes de cloro europeos se han comprometido voluntariamente a sustituir o cerrar todas las plantas de cloro-álcali que producen pilas de mercurio para 2020 (Euro Chlor). En los Estados Unidos, el uso del proceso de pilas de mercurio disminuyó de 14 plantas en 1996 a dos en 2012 (Instituto del Cloro, 2009; PNUMA, Asociación Mundial sobre el Mercurio, 2013).

107. Los desechos contaminados con el mercurio generado por las plantas de cloro-álcali pueden ser fangos cloacales semisólidos resultantes del tratamiento con agua, salmuera y sosa cáustica, el grafito y el carbono activado del tratamiento de gases, los residuos de la destilación en retortas y el mercurio recogido en tanques/sumideros. Además de la vigilancia de posibles fugas y de una buena administración, la generación de desechos de mercurio pudiera disminuir mediante la reducción de la evaporación del mercurio y un mejor control de las emisiones de mercurio, la recuperación del mercurio de las aguas residuales y del tratamiento de los gases de combustión y de la sosa cáustica. En los siguientes documentos de consulta o sitios web se puede obtener más información:

a) Comisión Europea, 2013. *Decisión de ejecución de la Comisión de 9 de diciembre de 2013 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores tecnologías disponibles (MTD) para la producción de cloro-álcali conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las emisiones industriales (2013/732/EU)*.

b) Informes y publicaciones del Sector de cloro-álcali de la Asociación Mundial sobre el Mercurio. Disponibles en: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/ChloralkaliSector/Reports/tabid/4495/language/en-US/Default.aspx> (este sitio contiene más de 20 directrices para la industria del cloro-álcali).

2. **Prevención y reducción al mínimo de los desechos de productos con mercurio añadido**

108. La introducción de alternativas que no contienen mercurio y la prohibición de los productos con mercurio añadido son maneras importantes de prevenir la generación de desechos de mercurio. Conforme al Convenio de Minamata, la fabricación, exportación e importación de productos con mercurio añadido específicos estará prohibida a partir del año 2020 (véase el párrafo 22 *supra*).

109. Como medida de transición, el establecimiento de límites máximos al contenido de mercurio en los productos para los que en el futuro previsible no se dispone de alternativas sin mercurio ayudaría a reducir la generación de desechos de mercurio del sector de productos con mercurio añadido. La adquisición de productos no contaminantes puede facilitar la sustitución de los productos con mercurio añadido por alternativas que no contienen mercurio o contienen poco mercurio.

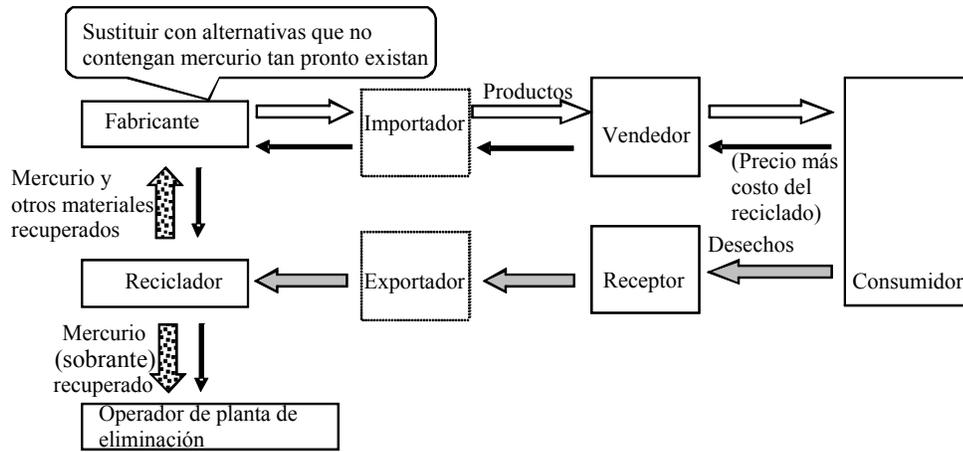
110. Cuando todavía se utilicen productos que contienen mercurio, es conveniente establecer un sistema cerrado seguro para la utilización del mercurio. Se deberá prevenir la contaminación por mercurio de las corrientes de desecho mediante:

- a) El uso de productos que no contengan mercurio;
- b) El establecimiento de límites máximos al contenido de mercurio en los productos; y
- c) La fijación de normas de adquisición para adquirir productos que no contienen mercurio y productos con bajo contenido de mercurio.

111. Los desechos que contienen mercurio deberán ser separados de otros desechos y recogidos, y, cuando sea viable, el mercurio deberá recuperarse de los desechos y reutilizarse, en lugar de utilizar mercurio primario, en los procesos de producción o eliminarse de manera ambientalmente racional (véase la figura 3). Los programas de responsabilidad ampliada de los productores pueden ser instrumentos eficaces para alentar la fabricación de productos que no contienen mercurio o con bajo

contenido de mercurio, y la recogida de productos después que se convierten en desechos. Otros procedimientos podrían incluir el pago de descuentos por la recogida de productos gastados con mercurio añadido.

Figura 3: Sistema cerrado de aprovechamiento del mercurio



a) Productos que no contienen mercurio

112. La sustitución del mercurio en los productos depende de factores como la eficacia o el desempeño de los sustitutos, el costo de los sustitutos y el costo total del producto, los efectos en el medio ambiente y la salud humana de los sustitutos, la tecnología, las políticas oficiales y las economías de escala. Ya se dispone de muchos tipos de alternativas que no contienen mercurio. En las publicaciones que se indican a continuación figura información pormenorizada acerca de las alternativas que no contienen mercurio:

- a) Lista de alternativas a los productos que contienen mercurio añadido (PNUMA, 2014b);
- b) *Guía técnica – Reemplazo de los termómetros y de los tensiómetros de mercurio en la atención a la salud* (OMS, 2010)
- c) Informe sobre los principales procesos y productos que contienen mercurio, sus productos sustitutos y las experiencias en su sustitución por procesos y productos que no utilicen mercurio (PNUMA, 2008b); y
- d) Opciones para reducir el uso de mercurio en productos y aplicaciones, y el destino del mercurio que ya está circulando en la sociedad (Comisión Europea, 2008).

b) Establecimiento de límites máximos al contenido de mercurio en los productos

113. Se deberán establecer límites al contenido de mercurio para los productos con mercurio añadido hasta que esos productos se puedan eliminar. Tales límites supondrían la utilización de menos mercurio por producto en la etapa de producción, lo que, a su vez, podría dar lugar a menores emisiones de mercurio durante todo el ciclo de vida del producto incluidas las generadas por la liberación accidental o roturas, y reduciría la cantidad total de mercurio en los desechos que requieren un manejo específico para el mercurio. El Convenio de Minamata establece los límites del contenido de mercurio en determinados productos que las Partes en el Convenio tienen que respetar (véase el párrafo 22 *supra*).

114. Los límites del contenido de mercurio en los productos se pueden establecer por legislación (véanse ejemplos en la sección III.B.2 *infra*) o mediante medidas industriales voluntarias en el marco de planes de gestión ambiental y del mercurio. Como ya se dijo, se han establecido requisitos legales en cuanto a los límites del contenido de mercurio en acumuladores y lámparas fluorescentes en la UE y en varios estados de los EE. UU. para los acumuladores. En el Japón, una asociación industrial ha establecido los límites del contenido de mercurio en las lámparas fluorescentes, y el Gobierno nacional ha aplicado esos límites como criterio de selección para la adquisición ecológica de lámparas fluorescentes. En el Canadá, los reglamentos sobre el contenido de mercurio en los productos (*Products Containing Mercury Regulations*) establecen los límites relativos a la cantidad de mercurio que pueden contener las lámparas fluorescentes y otros tipos de lámparas.

115. Con miras a reducir la cantidad de mercurio en las lámparas fluorescentes, los fabricantes han elaborado diversas tecnologías para inyectar en las lámparas las cantidades específicas de mercurio que correspondan al mínimo de mercurio requerido para garantizar el adecuado funcionamiento de las lámparas. Ejemplos de métodos para inyectar cantidades exactas de mercurio en las lámparas son el uso de la amalgama de mercurio, la pastilla de aleaciones de mercurio, el anillo de aleaciones de mercurio y la cápsula de mercurio en lugar de inyectar mercurio (Ministerio de Medio Ambiente del Japón, 2010).

116. El uso de la dosificación de la amalgama de mercurio parece presentar ventajas ambientales y de desempeño respecto del uso del mercurio durante todo el ciclo de vida de las lámparas fluorescentes compactas y de otros tipos de lámparas con mercurio añadido. La ventaja de los métodos de dosificación exacta de mercurio consiste en que se reduce al mínimo la exposición de los trabajadores y consumidores al mercurio, así como la liberación al medio ambiente de vapor de mercurio durante la fabricación, el transporte, la instalación, el almacenamiento y el reciclado y la eliminación, en particular cuando las lámparas se rompen. Además, los métodos de dosificación exacta de mercurio permiten a los fabricantes producir lámparas fluorescentes compactas que contienen muy bajo contenido de mercurio (dos miligramos o menos) sin dejar de cumplir importantes requisitos de comportamiento tales como un alto rendimiento y una larga vida útil.

c) Adquisición

117. Se deberán alentar los programas de adquisición de productos que no contienen mercurio a fin de procurar la prevención de los desechos y promover el uso de productos que no contienen o que contienen poco mercurio. El objetivo de las prácticas de adquisición deberá ser, siempre que sea posible, adquirir productos que no contienen mercurio, con excepción de los pocos casos en que no se disponga práctica o tecnológicamente de alternativas a los productos con mercurio añadido o adquirir productos con un contenido mínimo de mercurio.

118. Los grandes consumidores de productos con mercurio añadido, como las instituciones oficiales y los centros de salud, pueden desempeñar una importante función de estímulo a la demanda de productos que no contienen mercurio poniendo en práctica programas de adquisición que no perjudiquen el medio ambiente. En algunos casos, se podrían utilizar incentivos financieros para alentar esos programas de adquisición. Algunos Estados de los Estados Unidos, por ejemplo, han subsidiado la adquisición de termómetros que no utilizan mercurio.

3. Responsabilidad ampliada del productor

119. Se entiende por responsabilidad ampliada del productor “un enfoque de la política ambiental según el cual la responsabilidad del productor se amplía hasta la etapa del ciclo de vida de un producto posterior al consumo”. Se considera que el “productor”²² es el propietario de la marca de fábrica o el importador, excepto en casos como el empaque, y en situaciones en las que el propietario de la marca de fábrica no está claramente definido, como ocurre con los equipos electrónicos, en que el fabricante (y el importador) sería el productor (OCDE, 2001a). Los programas de responsabilidad ampliada del productor transfieren la responsabilidad ante la gestión de los productos hasta el final de su vida útil de las autoridades gubernamentales locales y de los contribuyentes fiscales a los productores, y pueden crear incentivos para que los productores incorporen consideraciones ambientales en el diseño de sus productos de manera que los costos del tratamiento y la eliminación ambientalmente racionales de esos productos cuando se hayan convertido en desechos estén reflejados en los precios de los productos. La responsabilidad ampliada de los productores se puede imponer mediante procedimientos obligatorios o voluntarios o bien mediante una combinación de los dos procedimientos (por ejemplo, mediante acuerdos negociados). Los programas de recogida para la recuperación pueden integrarse en los programas de responsabilidad ampliada del productor (véase el párrafo 147 *infra*).

120. Los programas de responsabilidad ampliada del productor, en dependencia de la manera en que estén diseñados, pueden lograr algunos objetivos, entre otros: 1) aliviar a los gobiernos locales de la carga financiera y, en ocasiones, operacional de eliminar los desechos/productos/materiales; 2) alentar a las empresas a diseñar productos con miras a su posible reutilización y reciclado y a reducir tanto la cantidad como la peligrosidad de los materiales utilizados; 3) incorporar los costos del manejo de los desechos en los precios de los productos; y 4) promover la innovación en la tecnología de reciclado. Por consiguiente, la responsabilidad ampliada del productor promueve un mercado en el que los precios reflejan los efectos ambientales de los productos (OCDE, 2001a). En varias publicaciones de la OCDE sobre este tema²³ se pueden consultar descripciones pormenorizadas de planes de responsabilidad ampliada del productor.

²² La Directiva 2008/98/CE de la Unión Europea dispone que toda persona natural o jurídica que profesionalmente desarrolle, fabrique, procese, trate, venda o importe productos, ve ampliada su responsabilidad de productor.

²³ Disponible en: <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/extendedproducerresponsibility.htm>.

121. En los casos en que se empleen programas de responsabilidad ampliada del productor, las autoridades ambientales deberán crear marcos reglamentarios en los que se determinen las responsabilidades de los interesados directos pertinentes, las normas sobre el manejo de los productos y los componentes que deben conformar todos los programas de responsabilidad ampliada del productor, además de alentar la participación de las partes interesadas y del público. Las autoridades ambientales también deberán vigilar los resultados prácticos de los programas de responsabilidad ampliada del productor (por ejemplo, cantidad de desechos recogidos, cantidad de mercurio recuperado y costos acumulados de la recogida, el reciclado y el almacenamiento) y de recomendar las mejoras que sean necesarias. La responsabilidad de aplicar los planes de responsabilidad ampliada del productor deberá estar compartida entre todos los productores del producto de que se trate y no deberá haber “beneficiarios parásitos” (a saber, productores que no tienen que aplicar el enfoque de la responsabilidad ampliada del productor) en tales programas, a fin de evitar la situación en que ciertos productores tengan que asumir una cuota desproporcionada de los costos de responsabilidad ampliada del productor con respecto a la cuota en el mercado de sus productos.

122. En la Unión Europea, por ejemplo, las lámparas fluorescentes, incluidas las compactas, son uno de los productos sujetos a los requisitos de la *Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*. Según esta directiva, el productor asume la responsabilidad ampliada del manejo de determinados equipos eléctricos y electrónicos que contienen, entre otras cosas, mercurio al final de su vida útil. Otros ejemplos de programas de devolución son el programa de la UE de responsabilidad ampliada de los productores por los acumuladores y un programa relativo a las lámparas fluorescentes y las baterías en la República de Corea.²⁴

F. Manipulación, separación, recogida, empaque, etiquetado, transporte y almacenamiento

123. Los procedimientos de manipulación, separación, recogida, empaque, etiquetado, transporte y almacenamiento de los desechos de mercurio pendientes de eliminación son parecidos a los establecidos para otros tipos de desechos peligrosos. Sin embargo, debido a que las propiedades físicas y químicas del mercurio le confieren gran movilidad en el medio ambiente, la responsabilidad ampliada del productor de los desechos de mercurio requiere otras precauciones y otras técnicas de manipulación.

124. En la presente sección se imparte orientación técnica concreta acerca de la manipulación más adecuada de los desechos de mercurio, pero es una necesidad imperiosa que los generadores de esos desechos también consulten los requisitos nacionales y locales aplicables y los cumplan al pie de la letra. En relación con el transporte y el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, se deberán consultar los documentos siguientes para determinar los requisitos específicos:

- a) PNUMA, 2015a. *Manual para la aplicación del Convenio de Basilea*;
- b) Organización Marítima Internacional, 2014. *Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas*;
- c) Organización de Aviación Civil Internacional. 2013. *Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea*;
- d) Asociación Internacional de Transporte Aéreo. 2014. *Reglamentación de Mercancías Peligrosas*; y
- e) Naciones Unidas, 2013. *Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas, Reglamento Modelo*.

125. En los materiales de consulta que figuran a continuación se puede obtener orientación sobre la manipulación, la separación, la recogida, el empaque, el etiquetado, el transporte y el almacenamiento de desechos de mercurio:

- a) PNUD, 2010. *Dispositivos médicos: Guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones de salud*;
- b) OMS, 2010. *Uso futuro de materiales de restauración dental (Capítulo 6. Mejores prácticas para el manejo de los desechos de amalgama)*; y
- c) *The Lamp Recycling Outreach Project*, sin fecha, *Training Module (1-hour version) for Generators and Handlers of Fluorescent and Mercury-Containing Lamps (and Ballasts)*.

²⁴ Esta información se puede consultar en:
http://eng.me.go.kr/content.do?method=moveContent&menuCode=pol_rec_pol_rec_sys_responsibility.

126. Se deberá recopilar y analizar la información pertinente en relación con los riesgos y características peligrosas de los desechos de mercurio, a fin de planificar la correcta manipulación de esos desechos, por ejemplo mediante la consulta y respeto de las instrucciones impartidas sobre los productos químicos que estos contienen y en las correspondientes hojas de datos de seguridad. En cuanto al etiquetado y embalaje, deberá tenerse en consideración, según proceda, el Sistema Globalmente Armonizado de las Naciones Unidas de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA).

1. Manipulación

127. Los encargados de manipular desechos de mercurio deberán prestar atención especial a la prevención de la evaporación y del derrame de mercurio en el medio ambiente. Los desechos de mercurio deberán colocarse en contenedores herméticos a los gases y estancos que lleven un distintivo que indique que contienen mercurio "tóxico". Los recipientes más adecuados para almacenar mercurio son los recipientes de acero diseñados especialmente para este fin, debido a que el mercurio se amalgama con muchos otros metales (incluidos el zinc, el cobre y la plata). Algunos plásticos son permeables a los vapores de mercurio y se deben evitar siempre que sea posible.

128. Los usuarios finales deberán manipular de manera segura los productos de desecho con mercurio añadido, tales como lámparas fluorescentes, termómetros y dispositivos eléctricos y electrónicos, e impedir su rotura o daño. Los productos con mercurio añadido de desecho, como pinturas y plaguicidas, se manipularán de manera segura y no se deberán descargar en fregaderos, inodoros, drenajes pluviales u otros sistemas de captación del agua de lluvia. Los productos con mercurio añadido de desecho no deberán mezclarse con otros desechos. Si estos productos se rompen o derraman accidentalmente, se deberán aplicar los procedimientos de limpieza (véase la subsección III.K.2 *infra*).

129. Los encargados de manipular desechos contaminados con mercurio no deberán mezclarlos con otros desechos. Los desechos contaminados con mercurio se colocarán en recipientes sellados para impedir que el mercurio se libere al medio ambiente.

2. Separación

130. La separación y recogida de desechos de mercurio son factores fundamentales en el manejo ambientalmente racional porque, si esos desechos son eliminados simplemente como desechos sólidos urbanos sin separarlos de ningún modo, el mercurio contenido en los desechos puede ser liberado al medio ambiente a causa del vertimiento o la incineración.

131. Los desechos de mercurio industriales se deben manejar como desechos peligrosos separadamente de otros desechos generados en las instalaciones industriales, de conformidad con la legislación nacional aplicable. El manejo por separado de estos desechos posibilita el tratamiento adecuado o bien para extraer el mercurio que contienen o para estabilizar los desechos para su debida eliminación sin diluir su contenido de mercurio. La dilución del mercurio en los desechos mezclándolo con otros desechos disminuiría la eficacia del tratamiento, o podría disminuir indebidamente la concentración del mercurio por debajo del umbral, o los umbrales, que se han de establecer con arreglo al párrafo 2 del artículo 11 del Convenio de Minamata, lo cual impediría manejar correctamente tales desechos.

132. Al establecer y ejecutar programas de recogida de desechos de mercurio, en particular de productos con mercurio añadido de desecho generados por hogares y entidades comerciales o institucionales, se deberán tomar en consideración los siguientes aspectos:

- a) Dar a conocer los programas, los lugares de depósito y el calendario de recogida a todos los posibles poseedores de desechos de mercurio;
- b) Dar tiempo suficiente para la ejecución de los programas de recogida a fin de completar la recogida de todos los desechos de mercurio incluidos en los programas;
- c) Incluir en los programas de recogida, siempre y cuando sea práctica, todos los desechos de mercurio;
- d) Poner a la disposición de los poseedores de los desechos de mercurio que requieran reempaque o aplicación de medidas de seguridad para el transporte los contenedores aprobados y materiales para el transporte seguro;
- e) Establecer mecanismos de recogida simples y de bajo costo;
- f) Velar por la seguridad tanto de los que llevan los desechos de mercurio a los depósitos como de los trabajadores de dichos depósitos;

- g) Asegurarse de que los operadores de los depósitos estén utilizando el método de eliminación aceptado;
- h) Velar por que los programas y las instalaciones cumplan todos los requisitos legislativos aplicables; e
- i) Cerciorarse de que los desechos de mercurio queden separados de las demás corrientes de desechos.

133. Con sujeción a la legislación nacional y local, el etiquetado de los productos que contienen mercurio puede contribuir a asegurar la debida separación y, en consecuencia, la eliminación ambientalmente racional de productos con mercurio añadido al final de su vida útil. Los productores deberán establecer sistemas de etiquetado para los productos con mercurio añadido durante el proceso de fabricación de dichos productos para facilitar la identificación de los productos que contienen mercurio y necesitan manipulación especial en el marco de programas de recogida y reciclado.²⁵ Las etiquetas tendrán que cumplir el reglamento nacional del derecho de información, lo cual puede incluir la notificación de la identidad y las propiedades de los ingredientes químicos tóxicos de los productos. Los sistemas de etiquetado de los productos con mercurio añadido también pueden exigir que las etiquetas incluyan instrucciones sobre el uso adecuado de dichos productos, así como instrucciones sobre la manipulación de desechos que alienten el reciclado y la eliminación adecuados.

134. Los sistemas de etiquetado de los “productos con mercurio añadido” podrían ayudar a lograr los objetivos siguientes.²⁶

- a) Informar a los consumidores en el lugar de adquisición que estos productos contienen mercurio y que posiblemente requieran una manipulación especial al final de su vida útil;
- b) Identificar los productos con mercurio añadido en el lugar de eliminación para que queden separados de las corrientes de desechos destinados a vertederos o a la incineración y así poder reciclarlos;
- c) Informar a los consumidores la presencia de mercurio en los productos, para que tengan información que les pueda ayudar a procurar alternativas menos perjudiciales; y
- d) Promover el derecho del público a conocer las sustancias tóxicas contenidas en los productos.

135. Los fabricantes pueden indicar la presencia de mercurio en los productos con mercurio añadido utilizando en las etiquetas de los productos el símbolo químico internacional del mercurio, “Hg”. Por ejemplo, en los Estados Unidos es obligatorio que los productos con mercurio añadido lleven este símbolo.²⁷ . En la Unión Europea, el símbolo químico “Hg” tiene que estar impreso en las baterías que contienen mercurio conforme a la Directiva 2006/66/CE (Unión Europea, 2006). El uso de un símbolo parecido en las etiquetas de las cajas de lámparas con mercurio añadido que son objeto de comercio internacional podría promover el reconocimiento general de que las lámparas contienen mercurio. Se podría incluir información adicional en los idiomas vernáculos correspondientes para explicar el significado del símbolo.

136. En los Estados Unidos, la Sección de Lámparas de la Asociación Nacional de Fabricantes de Artículos Eléctricos (NEMA) insiste en que un criterio nacional o internacional armonizado en relación con el etiquetado de las lámparas con mercurio añadido es un componente esencial de una distribución eficaz y económica de lámparas de alto rendimiento.²⁸ El 19 de julio de 2010, la Comisión Federal de

²⁵ A modo de ejemplo, se pueden consultar directrices en:

<http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm>

y el sistema de etiquetado puede consultarse en: <http://www.digitaleurope.org/Services/MercuryFreelogo.aspx>

²⁶ A modo de ejemplo, se pueden consultar las directrices sobre esos cuatro aspectos en: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm> (NEWMOA, 2004).

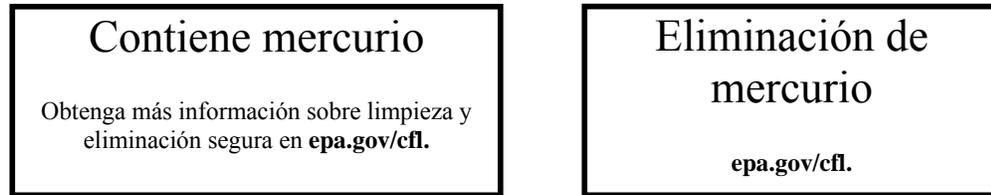
Según la Ley de promoción de la utilización efectiva de los recursos en el Japón, los fabricantes e importadores tienen que incluir una etiqueta que lleve el símbolo J-Moss (<http://home.jeita.or.jp/eps/200512jmoss/orange.jpg>), si alguno de los productos (computadoras personales, equipos de aire acondicionado, televisores, refrigeradores, lavadoras, microondas y secadoras domésticas) contiene plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, bifenilos polibromados (PBB) y éteres de difenilo polibromado (PBDE).

²⁷ Disponible en: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm>

²⁸ Disponible en: <http://www.nema.org/Policy/Environmental-Stewardship/Lamps/Documents/Labeling%20White%20Paper%20Final%2010%2004.pdf> y <http://www.nef.org.uk/energysaving/lowenergylighting.htm>.

Comercio de los Estados Unidos promulgó una norma²⁹ en la que se exige que, a partir del 19 de julio de 2011, el empaque de lámparas fluorescentes compactas, lámparas de diodos emisores de luz (LED) y lámparas incandescentes tradicionales, contengan nuevas etiquetas que ayuden a los consumidores a seleccionar las lámparas de mayor rendimiento para sus necesidades de iluminación. En el caso de lámparas con mercurio añadido, tanto el empaque como las propias lámparas tendrán que etiquetarse de la forma siguiente:³⁰

Figura 4: Ejemplo de etiquetado de un producto (lámpara fluorescente: izquierda para el empaque y derecha para el producto)



137. Cuando se exportan productos con mercurio añadido y estos se convierten en desechos en los países importadores, existe la posibilidad de que los consumidores, los usuarios y otros interesados directos en esos países no puedan leer o entender las etiquetas de los productos que estén escritas en un idioma extranjero. En estos casos, los importadores, los exportadores, los fabricantes u otros organismos nacionales encargados del etiquetado del producto deberán garantizar que las etiquetas de los productos sean apropiadas a las condiciones locales o que estén escritas en el idioma vernáculo correspondiente.

3. Recogida

a) Recogida de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio

138. Los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio tales como los que se generan durante el cierre de plantas de cloro-álcali, difieren de otros desechos de mercurio en cuanto a los riesgos que plantean si se manipulan indebidamente. Los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio pueden también generarse en mayores volúmenes que los de otros desechos de mercurio, lo cual dificulta su recogida de manera segura. El mercurio a granel debe ser cuidadosamente empacado en contenedores adecuados antes de su envío a las instalaciones de almacenamiento o evacuación designadas.³¹

b) Recogida de desechos de productos con mercurio añadido

139. Después de convertirse en desechos, los productos con mercurio añadido deberían recogerse separadamente de otros desechos y se deberá tratar de evitar la facturación o la contaminación lo más posible. Como la cantidad de desechos generados por los hogares, por un lado, y por otras entidades que generan desechos, como empresas, gobiernos, escuelas y otras organizaciones, por otro lado, son diferentes, se recomienda que los desechos generados por estos dos grupos sean recogidos por separado.

140. A continuación se analizan tres opciones para la recogida de productos de desecho con mercurio añadido procedentes de los hogares como los que se mencionan en el cuadro 2 *supra*. Las baterías de mercurio se pueden recoger junto con otros tipos de baterías.

i) Puntos de recogida o de entrega de desechos

141. Los desechos que contienen mercurio se deberán descartar en contenedores diseñados especialmente en los puntos de recogida o depósitos para esos desechos a fin de evitar que se mezclen con desechos de otro tipo. Los desechos que contienen mercurio deberán ser recogidos exclusivamente por operadores autorizados por los gobiernos u otras autoridades pertinentes del lugar.

142. Se deberá poner a disposición del público cajas o contenedores para los desechos que contienen mercurio en los puntos de recogida de desechos. Los desechos que contienen mercurio, como lámparas fluorescentes y termómetros y pilas con mercurio añadido se deberán colocar solamente en contenedores de colores que indiquen que son para desechos. Los contenedores designados deberán ser todos del

²⁹ Appliance Labeling Rule, 75 Fed. Reg. 41696 (July 19, 2010).

³⁰ Disponible en: <http://www.ftc.gov/os/2010/06/100618lightbulbs.pdf> (última consulta el 29 de mayo de 2011). La información sobre el reciclado y demás, se puede consultar en: <http://www.epa.gov/cfl/cflrecycling.html>.

³¹ El Departamento de Energía de los Estados Unidos imparte orientación pormenorizada sobre la manipulación y el almacenamiento de mercurio que puede consultarse en: <http://energy.gov/em/services/waste-management/waste-and-materials-disposition-information>.

mismo color o llevar el mismo logotipo para facilitar la concienciación del público. Se deberá evitar la rotura de lámparas fluorescentes y termómetros, entre otras cosas, mediante el diseño adecuado de las cajas y la información por escrito sobre los procedimientos de recogida. Se deberán utilizar contenedores diferentes para las bombillas y las lámparas fluorescentes compactas. En el caso de las lámparas fluorescentes compactas, es importante minimizar la “caída libre” de las lámparas instalando deflectores o rebordes blandos en cascada. Otra posibilidad es que en una pequeña caja abierta se podría pedir a los usuarios que coloquen con cuidado sus bombillas gastadas dentro de la caja sin romperlas. Otra opción para reducir al mínimo la rotura de lámparas sería pedir a los consumidores que entreguen las lámparas fluorescentes a miembros calificados del personal del punto de recogida. En caso de que alguna lámpara se rompa, se ventilará inmediatamente la zona afectada y se informará al personal para que se apliquen los procedimientos de limpieza.³² Los puntos de recogida de desechos para las lámparas pueden disponerse en exteriores a fin de reducir al mínimo el riesgo de exposición de los trabajadores en caso de que se rompa una lámpara.

ii) Recogida en lugares públicos o puestos de venta

143. Los desechos que contienen mercurio, en particular las lámparas fluorescentes usadas, los termostatos, las pilas de mercurio y los termómetros podrán ser recogidos por vehículos de recogida diseñados especialmente o depositados en lugares públicos o en puestos de venta, por ejemplo, en ayuntamientos y otros edificios públicos, tiendas de artículos electrónicos, galerías de tiendas y otros lugares de venta al detalle, siempre y cuando se utilicen contenedores apropiados para la recogida. Se deberán designar cajas o contenedores para los desechos que contienen mercurio que se ajusten a las características de dichos desechos y reduzcan al mínimo las roturas. En los lugares públicos donde se depositarán solo deberán utilizarse contenedores destinados a desechos que contienen mercurio y que hayan demostrado su capacidad para contener los vapores de mercurio de las lámparas rotas.³³ Los consumidores deberán poder llevar las lámparas fluorescentes usadas, las pilas de mercurio, los termostatos y los termómetros de mercurio a esos lugares sin costo alguno. Los operadores autorizados para la recogida, que serán empresas municipales o del sector privado (por ejemplo, centros encargados por los fabricantes), deberán depositar los desechos en las cajas o contenedores designados para la recogida de desechos.

144. Las cajas y los contenedores para los desechos que contienen mercurio se deberán inspeccionar para garantizar que no se depositen otros tipos de desechos en ellos. Las cajas y los contenedores deberán llevar una etiqueta y colocarse en zonas donde se puedan inspeccionar, ya sea en el interior de edificios, en lugares bien ventilados o en el exterior en áreas protegidas y cubiertas.

iii) Recogida en los hogares por los recolectores

145. Los operadores autorizados podrán recoger en los hogares ciertos dispositivos de desecho que contienen mercurio, como los desechos electrónicos que contienen mercurio. Para asegurar la eficacia de la recogida de estos desechos, frecuentemente hará falta establecer arreglos especiales o mecanismos legales que amparen a los operadores locales encargados de recogerlos; por ejemplo, es posible que los gobiernos u otros organismos y los fabricantes de productos con mercurio añadido tengan que establecer acuerdos para que los operadores locales recojan los desechos que contienen mercurio.

iv) Recogida coordinada por asociaciones comerciales

146. Las asociaciones empresariales o comerciales pueden realizar eficazmente la recogida de productos de desecho con mercurio añadido generados por entidades empresariales y comerciales. En el Japón, por ejemplo, la Asociación Médica de Tokio estableció un sistema de recogida especial para termómetros y esfigmomanómetros innecesarios que recogió varios miles de esos dispositivos durante el período de recogida de un mes. Durante el período de recogida, se alentó a cada institución médica miembro de la Asociación a que llevara los dispositivos a una oficina sucursal local designada para ese fin y se le pidió que pagase cargos específicos para su transportación y eliminación. La Asociación Médica de Tokio coordinó con sucursales locales de la Asociación y con entidades y responsables de transportación de desechos para garantizar la recogida y eliminación de manera eficiente de los dispositivos recogidos. Cada institución médica miembro se vio beneficiada con cargos inferiores para la transportación debido a que el sistema creó economías de escala y arreglos sobre transportación eficiente.

³² Véase EPA, “Cleaning up a broken CFL”, disponible en: <http://www.epa.gov/cfl/cflcleanup.html>; Mercury Policy Project, 2008, *Shedding Light on Mercury Risks from CFL Breakage*, disponible en: http://mpp.clearn.org/wp-content/uploads/2008/08/final_shedding_light_all.pdf, y Organismo Alemán de Protección del Medio Ambiente, disponible en: <http://umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm> (en alemán).

³³ Véase Glenz y otros, 2009.

v) **Programa de recuperación mediante entregas**

147. Los programas de recuperación mediante entregas pueden ser diversos programas establecidos para desviar los productos gastados o de desecho de la corriente de desechos con miras a reciclarlos, reutilizarlos, repararlos o, en algunos casos, recuperarlos. Los programas de recuperación mediante entregas suelen ser actividades voluntarias elaboradas por el sector privado (por ejemplo, fabricantes y comerciantes al detalle) que ofrecen la oportunidad a los consumidores de devolver los productos utilizados a los lugares donde los adquirieron o a otros lugares específicos. Algunos programas de recuperación mediante entregas ofrecen incentivos financieros a los consumidores, otros pueden ser obligatorios o estar controlados por los gobiernos (por ejemplo, programas de depósito de botellas), y otros pueden servir para financiar parcialmente las actividades de eliminación y reciclado. Por regla general, los programas de recuperación mediante entregas se centran en productos de consumo de uso más general tales como pilas, conmutadores, termostatos, lámparas fluorescentes y otros productos con mercurio añadido (Honda, 2005).

148. En el Japón, los productores recogen y reciclan lámparas fluorescentes usadas mediante sistemas de leasing para los establecimientos comerciales con arreglo al Servicio Akari Anshin (Panasonic 2009) y el paquete de servicios de Hitachi Lighting (Hitachi, 2006).

c) **Recogida de desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio**

149. Las plantas de tratamiento de las aguas cloacales y los incineradores de desechos por regla general se diseñan de manera que incluya el equipo de captación de fangos cloacales, cenizas y residuos que pudieran contener trazas de mercurio y de otros metales pesados. Los dispositivos para el control de la contaminación atmosférica por mercurio en los incineradores pueden aumentar las concentraciones de mercurio en las cenizas volátiles recogidas. Si las concentraciones de mercurio en esos desechos rebasa los criterios establecidos para los desechos peligrosos, esos desechos se recogerán por separado.

4. **Empaque y etiquetado**

150. Los desechos de mercurio que se transporten de los locales de los generadores o de los puntos de recogida pública hasta las plantas de tratamiento de desechos, habrá que empacarlos y etiquetarlos debidamente. El empaque y el etiquetado para el transporte suelen estar sujetos a controles establecidos en la legislación nacional sobre transporte de desechos peligrosos o mercancías peligrosas, que se deben consultar primero. Si esta legislación no existe o si no aporta orientación suficiente, se deberán consultar los materiales de referencia publicados por los gobiernos nacionales, la IATA, la OMI y la CEPE. Se han elaborado normas internacionales sobre cómo etiquetar e identificar debidamente los desechos, incluidos los materiales de referencia siguientes:

- a) Naciones Unidas, 2003.: *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos* (revisado y mejorado cada dos años); y
- b) OCDE, 2001: *Sistema armonizado integrado de clasificación de peligros ambientales y para la salud humana de sustancias y mezclas químicas*.

5. **Transporte**

151. Los desechos de mercurio deberán ser transportados de manera ambientalmente racional a fin de evitar derrames accidentales. También se deberá llevar el debido control durante su transporte hasta que hayan llegado a su destino final. Antes del transporte, se deberán preparar planes de emergencia para reducir al mínimo los efectos ambientales derivados de derrames, incendios y otras situaciones de emergencia potenciales. Durante el transporte, se deberán seleccionar, empacar y transportar los desechos de mercurio de conformidad con las *Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas: Reglamento Modelo (Libro Naranja)*.

152. Las empresas que transportan desechos dentro de sus propios países deberán tener certificación como transportadores de materiales y desechos peligrosos y contar con personal calificado y facultado para manipular materiales y desechos peligrosos de conformidad con la legislación nacional o local aplicable. Los transportadores deberán manipular los desechos de mercurio de manera tal que impida roturas, liberaciones al medio ambiente y exposición a la humedad.

153. Se puede solicitar orientación sobre el transporte de materiales peligrosos en condiciones seguras a la IATA, la OMI, la CEPE y la OACI (véase el párrafo 124 *supra*).

6. Almacenamiento

a) Almacenamiento de desechos que contienen mercurio por los generadores de desechos hasta su recogida

154. Los desechos que contienen mercurio deberán ser almacenados temporalmente en los locales de los generadores de desechos hasta que sean recogidos para su evacuación. Los desechos que contienen mercurio se deberán almacenar en condiciones de seguridad y se mantendrán aparte de los demás desechos hasta que sean llevados a los puntos o instalaciones de recogida o hasta que sean recogidos por los programas de devolución o los contratistas. Los desechos a granel deberían almacenarse de tal manera que se minimicen las liberaciones al medio ambiente, incluido, de ser viable, mediante el uso de contenedores cerrados, pista de carga de hormigón impermeable con controles de escurrimiento o recubrimientos de lona impermeable. Los generadores de desechos deberán almacenarlos por un tiempo limitado, como establecen las normas o reglamentaciones nacionales y, en todo caso, deberán enviarlos para su debida evacuación fuera del lugar tan pronto sea viable.

155. Los desechos domésticos que contengan mercurio, principalmente lámparas fluorescentes y otras lámparas, pilas con mercurio añadido y termómetros, deberán ser empacados debidamente (por ejemplo, utilizando productos para empacar o cajas que se ajusten a la forma de los desechos) y almacenados temporalmente. Todo mercurio derramado de dispositivos que se rompan durante la manipulación deberá limpiarse y todo material de limpieza deberá ser mantenido en exteriores hasta que sean recogidos para su tratamiento ulterior.³⁴ Los desechos líquidos que contienen mercurio, como pinturas y plaguicidas, deberán mantenerse en sus contenedores originales y las tapas deberán cerrarse herméticamente. No se deberán colocar contenedores y empaques donde se guarden desechos que contienen mercurio junto a otros desechos; los contenedores y embalajes se deberán marcar y almacenar en un lugar seco y seguro, como un almacén u otro local que no sea frecuentado por personas.

156. Además de seguir la orientación contenida en los párrafos precedentes 154 y 155, los usuarios de mercurio en gran escala, como los gobiernos, las empresas y las escuelas, tendrán también que elaborar planes para almacenar grandes cantidades de desechos que contienen mercurio. Cuando no se disponga de las cajas o envases originales, se deberán adquirir contenedores que estén diseñados especialmente para almacenar desechos que contienen mercurio (por ejemplo, contenedores para lámparas fluorescentes). Los contenedores o las cajas para almacenar desechos que contienen mercurio se marcarán y fecharán para ser almacenados en un lugar seco dentro de un edificio. Para almacenar esos desechos se recomienda utilizar un lugar o local separado de las áreas de trabajo o áreas prohibidas al acceso público. Esas áreas no deben compartir sistemas de ventilación central con áreas de trabajo o de acceso público, y deben tener sus propios sistemas de ventilación o ventilarse directamente del exterior. En la guía preparada por el PNUD en relación con los desechos de mercurio generados por las instalaciones de salud³⁵ se especifican detalles al respecto que pueden aplicarse en muchos centros comerciales que generan dispositivos desechados que contienen mercurio.

b) Almacenamiento de desechos de mercurio hasta que se realicen las operaciones de eliminación

157. El almacenamiento de los desechos de mercurio en instalaciones de eliminación también debe minimizar la posibilidad de liberaciones de mercurio al medio ambiente.

i) Consideraciones técnicas y operacionales relacionadas con las instalaciones de almacenamiento

158. En lo relativo al emplazamiento y el diseño, en principio y siempre que sea posible, las instalaciones de almacenamiento no deberán construirse en lugares precarios. Se consideran lugares precarios llanuras inundables, marismas, aguas subterráneas, zonas sísmicas, terrenos kársticos, terrenos poco firmes y lugares con condiciones climáticas desfavorables y usos incompatibles de la tierra, a fin de evitar todo riesgo de emisiones de mercurio y la posible exposición humana y ambiental al mercurio. No obstante, esas limitaciones respecto de la ubicación podrían no ajustarse a los casos en que los requerimientos jurídicos y de diseño técnico rigen la gestión ambientalmente racional de las instalaciones de almacenamiento. Los espacios de almacenamiento deberán diseñarse de manera tal que garanticen la seguridad de las instalaciones y eviten reacciones químicas y físicas innecesarias al mercurio. Los pisos de las instalaciones de almacenamiento deberán cubrirse con materiales resistentes al mercurio para evitar las infiltraciones o la penetración de mercurio debido a fugas o derrames. Los locales de almacenamiento deberán tener instalados sistemas de alarma contra incendios y de extinción de incendios, así como contar con entornos de presión negativa para evitar que las emisiones de

³⁴ Estos materiales deben almacenarse en exteriores porque muchos contenedores de uso común, como las bolsas plásticas, son permeables a los vapores de mercurio. Véase Maine Department of Environmental Protection, 2008.

³⁵ PNUD (Proyecto Mundial de Desechos de Salud del FMAM), *Guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones de salud*. Disponible en: <http://www.gefmedwaste.org/guidance-documents>.

mercurio salgan del recinto. Las áreas de almacenamiento deberán mantener la temperatura más baja que sea posible, preferiblemente a una temperatura constante de 21 grados Celsius. Las salas de almacenamiento de desechos de mercurio deberán marcarse claramente con señales de advertencia (FAO, 1985; EPA, 1997b; PNUMA, 2015c; Departamento de Energía de los Estados Unidos, 2009).

159. En lo que respecta al funcionamiento, las instalaciones de almacenamiento deberán permanecer cerradas para evitar robos o el acceso no autorizado. El acceso a los desechos de mercurio deberá quedar restringido a las personas que han recibido la debida capacitación, entre otras esferas, en la identificación de los tipos de desechos de mercurio, los peligros que entraña el mercurio y la manipulación de esos desechos. Se recomienda que los edificios donde se almacenan todos los tipos de desechos de mercurio no se utilicen para almacenar otros materiales o desechos líquidos. En el lugar donde se han almacenado los desechos se deberá crear y actualizar un inventario completo de los que se incorporen o se vayan eliminando. Se deberán inspeccionar periódicamente los lugares de almacenamiento para detectar, en particular, daños, fugas, derrames y deterioro. Se deben llevar a cabo labores de limpieza y descontaminación con toda rapidez, no sin antes alertar a las autoridades pertinentes, y en cumplimiento de las leyes y los reglamentos nacionales (FAO, 1985; EPA, 1997b).

160. En lo que respecta a la seguridad de las instalaciones, se deberán elaborar procedimientos específicos de cada lugar para aplicar los requisitos de seguridad establecidos para el almacenamiento de desechos de mercurio. Se deberá contar con un plan de emergencia viable, que tenga preferiblemente varios procedimientos y se aplique inmediatamente si ocurre un derrame accidental u otras emergencias. Tiene importancia primordial la protección de la vida humana y el medio ambiente. En caso de emergencia, debe haber una persona encargada de autorizar modificaciones a los procedimientos de seguridad, cuando sea necesario, a fin de que el personal de respuesta en casos de emergencia pueda actuar. Se deberá garantizar un lugar adecuado para emplazar la seguridad y el acceso al lugar (Oficina de Gestión del Medio Ambiente, República de Filipinas, 1997; PNUMA, 2015c; Departamento de Energía de los EE. UU., 2009).

ii) Consideraciones especiales relacionadas con el almacenamiento de los desechos de mercurio o compuestos de mercurio

161. Los contenedores de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio deberán estar estructuralmente en buen estado y ser aptos para almacenar dichos desechos de manera ambientalmente racional. Los contenedores deberán cumplir los requisitos siguientes: 1) no haber sufrido daños previos debido a otros materiales que se hayan almacenado en ellos ni haber contenido materiales que puedan causar efectos adversos al reaccionar con el mercurio; 2) su integridad estructural debe estar intacta; 3) no deben presentar corrosión excesiva; y 4) tener aplicada una capa protectora (pintura) para prevenir la corrosión. Entre los materiales apropiados para los contenedores de mercurio están el acero al carbón y el acero inoxidable, los cuales no reaccionan con el mercurio a temperatura ambiente. No habrá que aplicar ninguna capa protectora en la superficie interior siempre que el mercurio que se vaya a almacenar cumpla los requisitos de pureza y no haya agua dentro del contenedor. Las capas protectoras (por ejemplo, pintura epoxídica y galvanoplastia) deberían aplicarse a todas las superficies exteriores de acero al carbono de manera que no quede acero alguno expuesto. Las capas se aplicarán de manera de reducir al mínimo la formación de vejigas por el calor, las desconchaduras y las grietas en la pintura. En cada contenedor se pegará una etiqueta que incluirá los nombres de los proveedores de los desechos de mercurio, el origen de los desechos, el número del contenedor, el peso en bruto, la fecha en que el mercurio fue inyectado y una etiqueta de “materiales corrosivos” que indique que el recipiente contiene materiales corrosivos (Departamento de Energía de los EE. UU., 2009). Además, en la etiqueta se indicará que el contenedor cumple los requisitos técnicos específicos en cuanto a hermeticidad, estabilidad a la presión, resistencia a los choques, comportamiento al ser expuesto al calor, etc.

162. Los contenedores de desechos de mercurio o compuestos de mercurio deberán colocarse en posición vertical en plataformas separadas del suelo, cuando hay exceso de contenedores. Los pasillos de los locales de almacenamiento deben tener suficiente amplitud para que puedan pasar los equipos de inspección, la maquinaria de carga y el equipo de emergencia. Los pisos de las instalaciones de almacenamiento deberán cubrirse con una capa de material epoxídico. Las condiciones del piso y la capa de recubrimiento del piso deberán inspeccionarse con frecuencia para garantizar que el piso no tenga grietas y la capa de recubrimiento se mantenga intacta. El piso no deberá tener ningún canal de desagüe ni instalaciones de tuberías y se podrán utilizar pisos inclinados para ayudar a recoger los derrames. Al seleccionar los materiales con los que se construirán las paredes de las instalaciones de almacenamiento, se deberá optar por materiales que no absorban fácilmente los vapores de mercurio. Es importante que haya sistemas adicionales para impedir liberaciones de mercurio en caso de que ocurra algún imprevisto. (Departamento de Energía de los EE. UU., 2009; Consejo Mundial del Cloro, 2004).

163. Cuando se almacenen desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, el contenido de mercurio de dichos desechos deberá ser de la mayor pureza posible para evitar reacciones químicas y la degradación de los contenedores. Se recomienda un contenido de mercurio superior al 99,9 % del peso. Véase la información sobre las técnicas de purificación en la subsección III.G.1 b) v) *infra*.

iii) Consideraciones especiales en relación con el almacenamiento de los desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio

164. Los desechos líquidos en los contenedores deberán colocarse en bandejas de contención o en espacios curvos y estancos. El volumen de contención de líquido deberá ser al menos 125 % del volumen máximo de los desechos líquidos, teniendo en cuenta el espacio que ocupan los productos almacenados en el espacio de contención.

165. Los desechos sólidos se deberán almacenar en contenedores herméticos como barriles o baldes, contenedores de acero para desechos o en contenedores de construcción especial que no liberan vapores de mercurio.

G. Eliminación ambientalmente racional

166. Las siguientes operaciones de eliminación, previstas en las partes A y B del anexo IV del Convenio de Basilea, deberán facilitar el manejo ambientalmente racional de desechos de mercurio:³⁶

- D5 Vertederos controlados;
- D9 Tratamiento físico-químico;
- D12 Almacenamiento permanente;
- D13 Combinación o mezcla³⁷ antes de someterlos a D5, D9, D12, D14 o D15;
- D14 Reempaque antes de someterlos a D5, D9, D12, D13 o D15;
- D15 Almacenamiento hasta que se realice alguna de las operaciones previstas en D5, D9, D12, D13 o D14.
- R4 Reciclado/recuperación de metales y compuestos metálicos;
- R5 Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas;
- R8 Recuperación de componentes provenientes de los catalizadores;
- R12 Intercambio de desechos³⁸ para someterlos a las operaciones R4, R5, R8 o R13;
- R13 Acumulación de materiales destinados a las operaciones R4, R5, R8 o R12.

167. Además, se podrá permitir también una forma de relleno en instalaciones subterráneas, según la cual los desechos se utilizan con fines de seguridad en las minas aprovechando las propiedades estructurales respectivas de los desechos.³⁹ En Alemania, por ejemplo, ese procedimiento se regula en la Ordenanza sobre almacenamiento subterráneo de desechos (http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/underground_waste_storage.pdf), la cual establece requisitos equivalentes a los que se encuentran en la Directiva del Consejo de la Unión Europea 1999/31/CE, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos, y contiene procedimientos especiales de concesión de licencias y supervisión.

168. De tenerse que realizar una de las operaciones de recuperación descritas en la subsección III.G.1 *infra* y enviar el mercurio posteriormente a un vertedero controlado o a un sitio de almacenamiento permanente (por ejemplo, mediante la operación D5 o D12), la operación de recuperación entrará dentro de las categorías D13 y D9 (combinación o mezcla, o tratamiento físico-químico). Por otra parte, de tenerse que realizar una de las operaciones descritas en la subsección III.G.2 *infra* que no conduzca a la recuperación de mercurio o de compuestos de mercurio (por ejemplo, estabilización) y que enviar los desechos de mercurio posteriormente para someterlos a una de las operaciones “R” enumeradas en el

³⁶ La información sobre el almacenamiento hasta tanto se realicen las operaciones de eliminación (operaciones R13 y D15) figura en la sección III.F.6.

³⁷ Ejemplos de ello son el procesamiento previo, como clasificación, trituración, desecación, fragmentación, acondicionamiento o separación.

³⁸ Se entiende por intercambio de desechos las operaciones que incluyen el tratamiento previo, a menos que pueda aplicarse otro código R.

³⁹ Ese relleno con sulfuro mercúrico resultante de la estabilización de los desechos consistentes en mercurio solo es posible actualmente en Alemania.

párrafo 166 *supra*, dicha operación también será una operación “R”. Es posible que estas dos conclusiones no se apliquen a todos los países.

1. Operaciones de recuperación

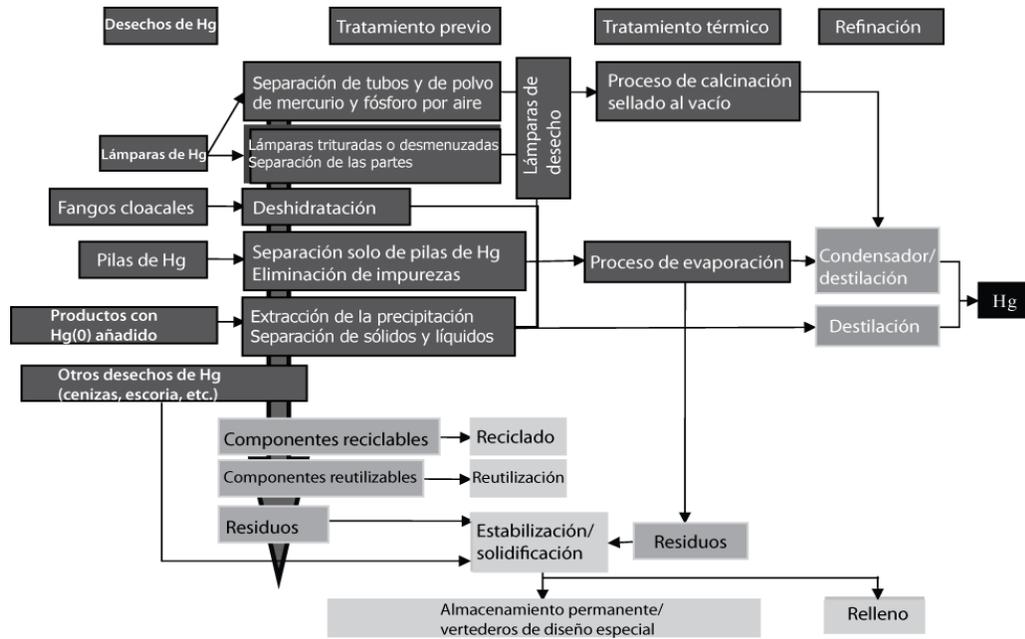
169. La recuperación del mercurio a partir de los desechos sólidos por regla general abarca: 1) tratamiento previo, 2) tratamiento térmico y 3) purificación, como se muestra en la figura 5 más adelante. A los efectos de reducir al mínimo las emisiones de mercurio durante el proceso de recuperación de mercurio, las instalaciones deben emplear sistemas cerrados. Todo el proceso debe tener lugar bajo presión reducida a fin de impedir fugas de vapores de mercurio hacia las zonas donde se realiza el proceso (Tanel, 1998). La poca cantidad de aire de escape que se emite en el proceso tiene que pasar por una serie de filtros de partículas y un lecho de carbón que absorbe el mercurio antes de que el aire se escape al medio ambiente.

170. Ejemplos de desechos de mercurio cuya recuperación puede generar emisiones de mercurio son: el equipo con mercurio añadido descartado que fácilmente libera mercurio al medio ambiente cuando se rompe y los desechos contaminados con elevadas concentraciones de mercurio. El primero incluye los dispositivos de medición que contienen mercurio (termómetros, esfigmomanómetros y manómetros) y los interruptores y relés con mercurio, y podría también incluir lámparas con mercurio añadido. Entre los últimos figuran los fangos cloacales del tratamiento de las aguas residuales extraídos de los depuradores de gases por vía húmeda en los hornos de fundición de metales no ferrosos. En los Estados Unidos se han establecido normas específicas para el tratamiento y recuperación de los desechos peligrosos que contienen mercurio, incluidos los que tienen un contenido de mercurio superior o igual a 260 mg/kg antes de la eliminación en la tierra de dichos desechos (véase Código de Reglamentos Federales de los EE.UU. (CFR), título 40 (Protección del medio ambiente), Sección 268.40: Aplicabilidad de las normas de tratamiento).

171. Las *Directrices técnicas sobre reciclado/recuperación ambientalmente racional de metales y compuestos metálicos (R4)* del Convenio de Basilea se centran fundamentalmente en el reciclado y la recuperación ambientalmente racionales de los metales y los compuestos metálicos, incluido el mercurio, enumerados en el anexo I del Convenio (“Categorías de desechos que hay que controlar”). Es posible reciclar desechos de mercurio, en particular desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, en instalaciones especiales que han hecho avanzar tecnologías de reciclado específicas para el mercurio. Cabe señalar que se deben emplear procedimientos apropiados en ese reciclado para prevenir cualquier liberación de mercurio al medio ambiente. Además, el mercurio reciclado se puede vender en el mercado internacional de productos básicos, donde se puede reutilizar. Por regla general, el grado de utilización permisible y la evaluación comercial en cuanto a su posible reutilización de manera rentable determinan si el mercurio se recicla o no.⁴⁰

⁴⁰ Véase el párrafo 3 b) del artículo 11 del Convenio de Minamata. Además, obsérvese que el párrafo 5 b) del artículo 3 de ese Convenio previene el reciclado del mercurio excedente (pero no los desechos de mercurio) generados por el desmantelamiento de las instalaciones de cloro-álcali.

Figura 5: Diagrama de la recuperación del mercurio a partir de desechos sólidos (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007)



172. Por regla general, la recuperación del mercurio de los desechos líquidos se recupera mediante procesos de oxidación química, precipitación química o sorción, seguidos de varios procesos de tratamiento. El mercurio se encuentra en las aguas residuales debido a la descarga accidental o intencional de mercurio de los termómetros, las amalgamas dentales u otros procesos industriales que utilizan mercurio o compuestos de mercurio. Es posible encontrar mercurio en las aguas residuales de los dispositivos de control de la contaminación del aire de tipo húmedo y en los lixiviados de vertederos y depósitos donde se vierten o depositan desechos que contienen mercurio, como los termómetros. El mercurio existente en las aguas residuales no se debe descargar en el medio acuático, donde ocurre la metilación y la conversión del mercurio en metilmercurio, el cual se bioacumula y biomagnifica en la cadena alimentaria.

173. El tratamiento previo al reciclado/recuperación del mercurio (operación R4) es una operación de la categoría R12 (véase el párrafo 166 *supra*), mientras que la calcinación, la purificación, la oxidación química/precipitación y la adsorción corresponden a operaciones de la categoría R4.

a) Tratamiento previo (intercambio de desechos antes de someterlos a las operaciones R4 o R13)

174. Antes de ser sometidos a tratamiento térmico, los desechos que contienen o están contaminados con mercurio reciben un tratamiento a fin de aumentar la eficacia del tratamiento térmico; entre los procesos de tratamiento previo figuran, entre otros, la extracción de materiales que no contengan mercurio mediante trituración y separación por aire, la deshidratación de los fangos cloacales y la eliminación de las impurezas. Ejemplos de operaciones de tratamiento previo específicas de los desechos de mercurio se resumen en el cuadro 5 a continuación.

Cuadro 5: Ejemplos de operaciones de tratamiento previo por tipo de desecho

Tipo de desecho	Tratamiento previo
Lámparas fluorescentes	Trituración mecánica Las lámparas con mercurio añadido se deberán procesar en una máquina que las triture y separe en tres categorías: vidrio, capacetes y mezclas de mercurio y fósforo en polvo. Esto se logra inyectando las lámparas en una cámara hermética de triturado y cribado. Terminado este proceso, la cámara extrae automáticamente los productos finales para evitar la contaminación mutua. Los capacetes y el vidrio se deben extraer y enviar para su reutilización en la manufactura. Sin embargo, los pasadores metálicos de los capacetes se deberán eliminar y tratar por separado debido a que el

Tipo de desecho	Tratamiento previo
	<p>contenido de mercurio puede ser considerable. La mezcla de mercurio y fósforo en polvo se podrá eliminar o procesar posteriormente para separar el mercurio del fósforo (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007).</p> <p>El vidrio triturado de las lámparas con mercurio añadido puede contener importantes cantidades de mercurio, y se deberá tratar térmicamente o de otra manera para eliminar el mercurio antes de enviar el vidrio para su recuperación (Jang, 2005) o eliminación. Si este vidrio se envía a una unidad de derretido para refundirlo como parte del proceso de reutilización, la unidad deberá tener controles de la contaminación del aire destinados específicamente a captar el mercurio liberado (por ejemplo, inyección de carbón activado).</p> <p>Un sistema colector de aire de escape de alta eficiencia deberá impedir la emisión de vapores de mercurio o de polvo durante todo el proceso.</p> <p>Separación por aire</p> <p>Los capacetes de aluminio de las lámparas fluorescentes (tubos rectos, circulares y compactos) se cortan con quemadores de hidrógeno. Luego se sopla aire en las lámparas fluorescentes cortadas desde el fondo de las lámparas para extraer el polvo de mercurio y fósforo adsorbido en el vidrio de la lámpara (Jang, 2005). El polvo de mercurio y fósforo va a un precipitador donde las partes de vidrio son trituradas y lavadas con ácido, gracias a lo cual el polvo de mercurio y fósforo adsorbido en el vidrio se elimina del todo. Además, los capacetes son compactados, y el aluminio, el hierro y los plásticos separados magnéticamente para ser reciclados (Kobelco Eco-Solutions Co. Ltd., 2001; Ogaki, 2004).</p>
<i>Pilas con mercurio añadido</i>	<p>Eliminación de impurezas</p> <p>Para reciclar el mercurio de las pilas con mercurio añadido, antes del tratamiento y el reciclado se deberán recoger y almacenar las pilas por separado en contenedores adecuados. Cuando las pilas con mercurio añadido se han recogido junto con los demás tipos de pilas o con residuos de equipo eléctrico y electrónico, las pilas con mercurio añadido se deberán separar de los demás tipos de pilas. Antes del tratamiento a base de calcinación, se deberán eliminar las impurezas mezcladas y adsorbidas con las pilas que contienen mercurio, preferiblemente mediante un proceso mecánico. Además, es necesario separar mecánicamente las pilas con mercurio añadido por tamaño para que el proceso de calcinación sea eficaz. (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007).</p>
<i>Fangos cloacales</i>	<p>Deshidratación</p> <p>Los fangos cloacales tienen un alto contenido de agua (de más del 95 %). Por eso, los fangos contaminados con mercurio y destinados a la destrucción tienen que ser deshidratados hasta un 20 a 35 % de sólidos antes de cualquier tratamiento térmico. Tras la deshidratación, los fangos cloacales se deberán tratar mediante un proceso de calcinación (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007; EPA, 1997a). El agua extraída probablemente necesite ser tratada como desecho de mercurio.</p>
<i>Productos de desecho con mercurio añadido</i>	<p>Extracción</p> <p>Cuando se recojan productos de desecho con mercurio añadido, como termómetros y barómetros, se deberá procurar en lo posible que no se rompa ningún producto. Tras la recogida de productos de desecho con mercurio añadido, se deberá extraer el mercurio de los productos y destilarlo para su purificación bajo presión reducida.</p>
<i>Desechos que contienen mercurio adherido a los aparatos</i>	<p>Desmontaje</p> <p>Algunos aparatos eléctricos suelen tener empotrados interruptores y relés eléctricos que son desechos de mercurio. Por eso, esos desechos se deben extraer de los aparatos sin romper el vidrio exterior.</p> <p>Los monitores de computadoras y los televisores con visualizadores de cristal líquido (LCD) de pantalla plana contienen una o más lámparas pequeñas para la iluminación que suelen colocarse junto al borde exterior de la pantalla. Pese a que las nuevas tecnologías utilizan diodos emisores de luz (LED) en estas pequeñas lámparas, la mayoría de las pantallas de LCD contienen lámparas fluorescentes de vapor de mercurio. Estas lámparas de mercurio pueden romperse durante la manipulación y el</p>

Tipo de desecho	Tratamiento previo
	procesamiento mecanizado y liberan entonces vapores de mercurio, por lo que se deberán sacar manualmente con cuidado ⁴¹ y no deberán ser objeto de procesamiento mecanizado, como la fragmentación, a menos que las fragmentadoras cuenten con el equipo de control de la contaminación necesario para realizar ese tipo de operaciones y se cuente con la licencia y los permisos para procesar lámparas de mercurio, como en las plantas de tratamiento de mercurio. Para más información, véase la sección 7.3 de la Asociación para la acción en materia de equipos de computadoras del Convenio de Basilea (PACE), <i>Directrices sobre la recuperación y el reciclado ambientalmente racional de materiales de equipos de computación al final de su vida útil</i> (documento UNEP/CHW.10/INF/23). Para obtener más información sobre la presencia de mercurio en la retroiluminación de los LCD, consulte: “Demonstration of flat panel display recycling technologies”, informe elaborado en 2010 por el Programa de Acción de Recursos de Desecho, disponible en: http://www.wrap.org.uk).

b) Reciclado/regeneración del mercurio o los compuestos de mercurio

i) Tratamiento térmico

175. Las instalaciones para el tratamiento térmico de los desechos que contienen mercurio o están contaminados con mercurio o compuestos de mercurio, como los fangos cloacales, los suelos contaminados y otros desechos de sitios contaminados deberían dotarse de equipo con tecnología de captación de vapores de mercurio para recuperar el mercurio (ITRC, 1998; Chang y Yen, 2006).

176. La desorción térmica es un proceso que utiliza intercambio de calor ya sea indirecto o directo para calentar los contaminantes principalmente orgánicos a una temperatura suficientemente alta para volatilizarlos y separarlos de una matriz sólida contaminada y posteriormente captarlos o destruirlos. La desorción térmica mediante intercambio térmico indirecto es una opción que se recomienda para el mercurio y sus compuestos. Como medio de transferencia para los componentes vaporizados se utiliza aire, gas de combustión o gas inerte. Los sistemas de desorción térmica implican procesos de separación física que transfieren los contaminantes de una fase a otra. Los sistemas tienen dos componentes principales, un desorbedor y un sistema de tratamiento de los gases de salida.⁴²

177. Existen varios procesos de evaporación para el tratamiento de desechos de mercurio, entre otros, la destilación en horno rotatorio y el procesamiento térmico al vacío.

178. La destilación en horno rotatorio sirve para extraer y recuperar el mercurio de desechos como fangos minerales industriales, fangos del movimiento natural del gas, carbones activados, catalizadores, pilas de botón y suelos contaminados por evaporación y reciclado de productos resultantes que no contienen mercurio (por ejemplo, vidrio, hierro y metales no ferrosos, zeolitas). En el proceso de tratamiento se eliminan todos los contaminantes o hidrocarburos y el azufre.

179. En el proceso de destilación en horno rotatorio los desechos son alimentados uniformemente al horno rotatorio por una tolva mediante un sistema de dosificación. Los desechos que fluyen y son transportables en el horno rotatorio son tratados a temperaturas de hasta 800 °C, con una temperatura inicial mínima de 356 °C para que se evapore el mercurio contenido en los desechos. Los desechos alimentados se mueven uniformemente por el horno rotatorio. El tiempo que los desechos tienen que permanecer en el horno rotatorio depende del material alimentado, aunque suele fluctuar entre media hora y hora y media. El tratamiento se lleva a cabo bajo presión para garantizar que el sistema funcione sin riesgos. De ser necesario, se añade nitrógeno para crear una atmósfera inerte en el horno rotatorio, lo que aumenta la seguridad. La corriente de aire de escape fluye hacia dos depuradores de gases a través de un filtro de polvo de gas caliente en el que se condensan el mercurio, el agua y los hidrocarburos. El gas de escape es alimentado entonces a un sistema de filtros de carbón activado para su limpieza final.⁴³

⁴¹ Véase la sección III.J para obtener información detallada sobre las precauciones de seguridad laboral.

⁴² La primera unidad de desorción térmica en gran escala para el tratamiento de desechos que contienen mercurio fue construida para la rehabilitación de la planta química Marktrechwitz (CFM) en Wölsau (Alemania). La planta comenzó a funcionar en octubre de 1993, incluida la primera etapa de optimización. Entre agosto de 1993 y junio de 1996 se trataron con éxito unas 50.000 toneladas de desechos sólidos contaminados con mercurio. Las unidades de desorción térmica se utilizaron también para descontaminar la vieja planta de cloro-álcali de Usti nad Labem en la República Checa y para descontaminar el suelo en Taipei (Chang y Yen, 2006).

⁴³ Véase <http://www.nqr-online.de/index.php?id=17348&L=1>.

180. Los desechos tratados previamente, como el polvo de mercurio y azufre de las lámparas fluorescentes, el vidrio de las lámparas trituradas, las pilas con mercurio añadido purificadas, los fangos cloacales deshidratados y el suelo cribado, pueden ser tratados en instalaciones de calcinación/ retorta, equipadas con una tecnología que capta los vapores de mercurio mediante la cual se puede recuperar el mercurio. Sin embargo, cabe señalar que durante la calcinación y otros tratamientos térmicos se emiten metales volátiles (incluidos contaminantes orgánicos persistentes), los cuales se trasladan desde los desechos alimentados a los gases de combustión resultantes y a las cenizas volantes. Por eso se deben emplear dispositivos para el tratamiento de los gases de combustión a fin de captar los contaminantes volatilizados y evitar que se emitan contaminantes al medio ambiente (véase la subsección III.H.I *infra*).

181. El procesamiento térmico al vacío permite el tratamiento de termómetros, pilas, especialmente las de botón, amalgama dental, conmutadores y rectificadores eléctricos, polvo fluorescente, tubos de escape, vidrio triturado, suciedad, fangos cloacales, residuos de la minería y materiales catalizadores, entre otros. El proceso térmico al vacío abarca, por regla general, las siguientes etapas:

- a) Calentamiento de los desechos alimentados en un horno especial o en una operación de carga a temperaturas de entre 340 °C y 650 °C y presiones de pocos milibares para que se evapore el mercurio contenido en los desechos;
- b) Tratamiento térmico posterior del vapor que contiene mercurio a temperaturas que fluctúan entre 800 °C y 1000 °C, donde, por ejemplo, se pueden destruir los componentes orgánicos;
- c) Captura y enfriamiento del vapor que contiene mercurio;
- d) Destilación para generar mercurio líquido puro.

182. El residuo que queda al final del procesamiento térmico al vacío, en lo esencial, no contiene mercurio y se puede reciclar o eliminar de otra manera, según su composición.⁴⁴

ii) Oxidación química

183. La oxidación química del mercurio y de los compuestos orgánicos de mercurio en los desechos tiene como finalidad convertir el mercurio en sales de mercurio y destruir los compuestos orgánicos de mercurio. La oxidación química es un método eficaz para tratar los desechos líquidos y acuosos tales como líquidos residuales y colas que contienen mercurio o están contaminados con este. Los reactivos oxidantes utilizados en el proceso de oxidación química son el hipoclorito de sodio, el ozono, el peróxido de hidrógeno y el cloro libre (gas). La oxidación química se puede llevar a cabo como proceso continuo o por tandas en tanques de mezcla o reactores de gasto tipo pistón. Los compuestos de haluro de mercurio que se forman en el proceso de oxidación son separados de la matriz de desechos, tratados y enviados para el siguiente tratamiento en la forma de lixiviación y precipitación de ácidos (EPA, 2007a).

iii) Precipitación química

184. La precipitación utiliza sustancias químicas para transformar los contaminantes disueltos en sólidos insolubles que se pueden precipitar o eliminar mediante floculación o filtración. En la coprecipitación, el contaminante que se trata de separar puede estar disuelto, en forma de coloide o en suspensión. Los contaminantes disueltos no se precipitan, sino que son adsorbidos en otros especímenes que se precipitan. Los contaminantes coloidales o suspendidos se entremezclan con otros especímenes precipitados o son extraídos mediante procedimientos como la coagulación y la floculación. Los procedimientos para extraer el mercurio de las aguas residuales pueden ser una combinación de precipitación y coprecipitación. El sólido precipitado/coprecipitado se extrae entonces de la fase líquida mediante clarificación o filtración. Para obtener información más detallada consulte el informe titulado "Treatment technologies for mercury in soil, waste, and water" (EPA, 2007b).

iv) Tratamiento por adsorción

185. Los materiales de adsorción mantienen el mercurio en sus superficie mediante distintos tipos de fuerzas químicas, como enlaces de hidrógeno, interacciones dipolo-dipolo y las interacciones de van der Waals. La capacidad de adsorción se ve afectada por la extensión de la superficie, la distribución del tamaño de los poros y la química de superficie. Los materiales de adsorción suelen estar dispuestos en una columna, mediante la cual son adsorbidos el mercurio o los compuestos de mercurio cuando los desechos líquidos pasan. La columna se debe regenerar o sustituir con nuevos medios cuando los espacios de adsorción se llenan (EPA, 2007b). El adsorbente consumido resultante es un desecho de mercurio.

⁴⁴ Véase www.gmr-leipzig.de/gbverfahren.htm

186. Ejemplos de materiales de adsorción son el carbón activado y la zeolita. El carbón activado es un material carbónico que tiene muchas aberturas finas interconectadas que, por regla general, puede tener una base de madera (cáscara de coco y serrín), aceite o carbón. Se puede clasificar, según la forma, en carbón activado pulverulento y carbón activado granular. En la red comercial se dispone de muchos productos de carbón activado que ofrecen las ventajas específicas de sus distintos materiales. El mercurio y otros metales pesados, así como las sustancias orgánicas se adsorben en el carbón activado (Bansal, 2005). Las zeolitas son silicatos de origen natural que también se pueden producir sintéticamente. Las zeolitas, en particular la clinoptilolita, tienen una gran afinidad con los iones de metales pesados, cuyo mecanismo de adsorción es un intercambio de iones (Chojnacki y otros, 2004). Las resinas que intercambian iones han demostrado su utilidad para eliminar el mercurio de las corrientes acuosas, en particular en concentraciones de mercurio del orden de 1 a 10 µg/l. Las aplicaciones que utilizan intercambio de iones suelen servir para tratar sales mercuríicas, como los cloruros de mercurio, que se encuentran en las aguas residuales. El procedimiento del intercambio de iones supone suspender un medio, que puede ser una resina sintética o mineral, en una solución en la que los iones de metal suspendidos se intercambian en el medio. La resina de intercambio de aniones se puede regenerar en soluciones de ácido muy ionizado, pero esto es difícil debido a que las sales de mercurio no están muy ionizadas y no se pueden limpiar fácilmente de la resina. Por eso habrá que desechar la resina. Además, los compuestos de mercurio orgánico no se ionizan, de manera que no se pueden extraer fácilmente utilizando el intercambio de iones convencional. Si se utiliza una resina de recolección, el proceso de adsorción suele ser irreversible y la resina deberá eliminarse como desecho peligroso en una instalación de eliminación que no conlleve la recuperación (Amuda, 2010).

187. La resina quelante es una resina de intercambio de iones que fue creada como polímero funcional que capta y elimina selectivamente iones, incluidos diversos iones metálicos, de las soluciones. Está hecha de una estructura de malla tridimensional a base de un polímero con un grupo funcional quelador que combina iones metálicos. La resina quelante que más se utiliza es el poliestireno, seguido del plástico fenólico y la resina epoxídica. Las resinas quelantes se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales de la galvanoplastia para extraer el mercurio y otros metales pesados que quedan después de la neutralización y la coagulación de los sedimentos o para captar iones metálicos mediante su adsorción de aguas residuales cuya concentración de iones metálicos es relativamente baja. El tipo de resina quelante de adsorción de mercurio puede realmente captar el mercurio de las aguas residuales (Chiarle, 2000).

v) **Destilación de mercurio – purificación**

188. Tras el tratamiento de los desechos, el mercurio recogido es purificado mediante destilación sucesiva (EPA, 2000). La destilación para producir mercurio de gran pureza consta de muchas etapas, cada una de las cuales permite ir logrando cada vez un mayor grado de pureza. El mercurio de alta pureza es necesario para muchos de sus usos o si el mercurio se ha de almacenar durante varios años, ya que ese alto grado de pureza va a contribuir a evitar reacciones químicas entre el contenedor y las impurezas.

2. **Operaciones que no conducen a la recuperación de mercurio o compuestos de mercurio**

189. Antes de someter los desechos de mercurio a la eliminación definitiva conforme a las operaciones D5 y D12, se deberán tratar para que cumplan los criterios de aceptación de las plantas de eliminación (véanse las subsecciones III.G.2 b) y III.G.2 c) *infra*). Los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio se deberán estabilizar y/o solidificar antes de su eliminación definitiva, y la eliminación definitiva se deberá llevar a cabo conforme a las leyes y reglamentos nacionales y locales. Cabe señalar que actualmente se están desarrollando una serie de métodos de eliminación definitiva, como por ejemplo los métodos mencionados en los párrafos 198 y 203. Las operaciones de tratamiento previas a las operaciones D5 y D12 se clasifican como operación D9 (véase la subsección III.G.2 a) *infra*).

a) **Tratamiento fisicoquímico**

i) **Estabilización y solidificación**

190. Los procesos de estabilización son reacciones químicas que pueden cambiar la peligrosidad del desecho reduciendo la movilidad y a veces la toxicidad de los constituyentes del desecho. Los procesos de solidificación solo cambian el estado físico de los desechos (por ejemplo, conversión de un líquido en un sólido) mediante el uso de aditivos, sin cambiar las propiedades químicas de los desechos (Comisión Europea, 2003).

191. La estabilización y solidificación se aplica, por ejemplo, a los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio y a los desechos contaminados con mercurio como suelos, fangos, cenizas y líquidos. La solidificación y estabilización reduce la movilidad de los contaminantes en el medio de

desecho al aglutinarlos físicamente en una masa estabilizada o induciendo reacciones químicas que pueden reducir su solubilidad o volatilidad, o ambas, y por ende reducen su movilidad (EPA, 2007b). En los Estados Unidos solamente se pueden estabilizar los desechos con baja concentración de mercurio (por ejemplo, los que tienen un contenido de mercurio inferior a 260 mg/kg), después de lo cual se pueden depositar en el vertedero.

192. La estabilización induce reacciones químicas entre el agente estabilizador y los contaminantes de los desechos para reducir la movilidad de los contaminantes, y la solidificación incluye la aglutinación física o encapsulamiento de los contaminantes dentro de una masa estabilizada. La solidificación se utiliza para encapsular o absorber los desechos, y forma un material sólido cuando en los desechos están presentes líquidos libres que no son mercurio. Los desechos se pueden encapsular de dos maneras: microencapsulación y macroencapsulación. La microencapsulación es el proceso de mezclar los desechos con un material encapsulante antes de que se produzca la solidificación. La macroencapsulación es el proceso de verter un material encapsulante encima y alrededor de la masa de desechos, de manera de encerrarlos en un bloque sólido (EPA, 2007b).

193. En sentido general, el proceso de solidificación supone la mezcla de suelos o desechos con aglutinantes como cemento Portland, cemento con polímeros de azufre, aglutinantes de sulfuro o fosfato, polvo de hornos de cemento, resinas de poliéster o compuestos de polisiloxano para crear un fango, una pasta u otro tipo de sustancia semilíquida, que por un tiempo se cura hasta formar un sólido (EPA, 2007b).

194. Se pueden aplicar dos procedimientos químicos fundamentales al proceso de solidificación de los desechos de mercurio (Hagemann, 2009):

- a) Conversión química del sulfuro mercúrico; y
- b) Amalgamación (formación de una aleación sólida con los metales idóneos).

195. En ambos métodos se puede reducir el riesgo de la volatilidad y de la lixiviabilidad del mercurio hasta un nivel suficiente, si el coeficiente de conversión (porcentaje del mercurio que reacciona) se aproxima o equivale al 100 %. Si no se logra un coeficiente suficientemente alto, la probabilidad de la volatilidad y la lixiviabilidad del mercurio sigue siendo elevada, como ocurre con las amalgamas (Mattus, 1999).

196. Si bien las tecnologías apropiadas para la estabilización y solidificación de desechos consistentes en mercurio pueden reducir las liberaciones de mercurio al medio ambiente, la eficacia a largo plazo de estas tecnologías no ha sido suficientemente estudiada. Por lo tanto, es necesario recopilar y analizar información y datos sobre dicha eficacia.

Estabilización como sulfuro mercúrico

197. Uno de los métodos más importantes y mejor investigados de la estabilización es la conversión del mercurio en sulfuro mercúrico (HgS), el cual es mucho menos soluble y menos volátil que la mayoría de los compuestos de mercurio, y por ello su movilidad en el medio ambiente es menor. El mercurio se mezcla con azufre elemental o con otras sustancias que contienen azufre para formar HgS. La producción de HgS puede dar lugar a dos tipos diferentes de HgS: alfa-HgS (cinabrio) y beta-HgS (meta-cinabrio). El alfa-HgS puro es de color rojo intenso y tiene una solubilidad en el agua un poco menor que el beta-HgS puro, el cual es de color negro. El HgS es un polvo con una densidad de 2,5 a 3 g/cm³.

198. En general, el HgS puede producirse mezclando mercurio y azufre a temperatura ambiente durante determinado tiempo hasta que se produce HgS. Para comenzar el proceso de reacción, hace falta determinada energía de activación que se puede obtener mezclando bien esa combinación. Entre otros factores, las elevadas tasas de desviación y las altas temperaturas durante el proceso favorecen la producción de alfa-HgS, mientras que una mayor duración del proceso favorece la creación de beta-HgS. Un tiempo de molturación excesivo en presencia de oxígeno puede terminar por producir óxido de mercurio (II) o HgO. Dado que el HgO es mucho más soluble en el agua que el HgS, hay que evitar su creación mediante la molturación en condiciones atmosféricas inertes o mediante la adición de un antioxidante (por ejemplo, sulfuro de sodio). Debido a que la reacción entre el mercurio y el sulfuro es exotérmica, una atmósfera inerte contribuye a una operación sin riesgos. Aunque el proceso de conversión es seguro y su realización es relativamente simple, son necesarios controles estrictos para evitar las pérdidas volátiles del mercurio durante la conversión. Además, deben realizarse pruebas a los residuos del tratamiento para garantizar que la conversión del sulfuro de mercurio sea completa.

199. El sulfuro de mercurio también se puede formar mediante la creación de una reacción entre el mercurio y el azufre en la fase de vapor. La reacción del mercurio con el azufre en un recipiente sellado a temperatura y presión elevadas también puede formar alfa-HgS o cinabrio (Patente de los Estados

Unidos: US 7691361 B1, 10 de abril de 2010). Este proceso se está desarrollando en los EE. UU., pero aún no está disponible comercialmente.

200. El HgS es muy insoluble en agua y su volatilidad es muy baja. A pesar de que el HgS es químicamente muy estable y no es reactivo, su exposición dilatada a condiciones ambientales dará lugar a su conversión en otros compuestos de mercurio. Por ello, el aislamiento del HgS del medio ambiente mediante encapsulación y eliminación en un vertedero diseñado especialmente o el almacenamiento subterráneo permanente, podrían ser necesarios para garantizar que el HgS no se convierta en otros compuestos de mercurio. Además, el hecho de que la materia orgánica disuelta y las concentraciones altas de cloruro en el lixiviado aumentan las liberaciones de mercurio a partir del HgS (Waples y otros, 2005; Science Applications International Corporation, 2002) sugiere que el mercurio convertido en HgS debería eliminarse de forma tal que se garantice que los desechos no entren en contacto con el agua u otros tipos de desechos, especialmente los que contienen materia orgánica y cloruro. Además, habida cuenta de que los microorganismos que habitan los sistemas de avenamiento ácido de minas, entre los que predominan las bacterias oxidantes de hierro y de azufre, en el microcosmos con beta-metacianarita (beta-HgS) aumentan las concentraciones de Hg (Jew y otros, 2014), la exclusión o, al menos, la inhibición de la influencia de esos microorganismos en vertederos diseñados especialmente y el almacenamiento subterráneo permanente podrían ser necesarios para eliminar el mercurio tratado como HgS.

201. Por ser un material pulverulento fino, la manipulación del HgS está sujeta a requisitos específicos, como la estabilización, para evitar, por ejemplo, el riesgo de desprendimiento de polvo. El proceso de estabilización provoca un aumento del volumen de aproximadamente 300 % y del peso en aproximadamente 16 %, basado en el peso molecular en comparación con el mercurio. Para la solidificación del sulfuro de mercurio, se deben utilizar materiales de bajo contenido de álcalis debido a que un estudio realizado recientemente indica que la liberación de mercurio a partir del sulfuro de mercurio aumenta cuando el valor de pH del eluato es superior a 10 (Mizutani y otros, 2010).

202. Se dispone también de un proceso de estabilización en gran escala de desechos consistentes en mercurio que utiliza azufre para formar HgS.⁴⁵ El proceso tiene lugar en una mezcladora al vacío que funciona en una atmósfera inerte al vacío que asegura un buen proceso de control y una operación sin riesgos. La mezcladora funciona por tandas. Un filtro de polvo y un filtro de carbón activado impiden que salgan emisiones de la planta. La reacción entre el mercurio y el azufre tiene lugar en proporción estequiométrica. El producto final consiste en sulfuro mercúrico rojo, que es termodinámicamente estable hasta los 350 °C.

Estabilización y solidificación del polímero de azufre^{46,47}

203. El proceso de estabilización y solidificación del polímero de azufre (SPSS)⁴⁸ consta de la estabilización del azufre seguida de la solidificación, con la ventaja de que hay menor vaporización y lixiviación del mercurio, porque el producto final es monolítico y ocupa poco espacio. El proceso consiste en dos pasos: en el primer paso el mercurio se estabiliza con el azufre para formar beta-HgS (polvo de meta-cinabarita) (López y otros, 2010; López-Delgado y otros, 2012); en el segundo paso, el beta-HgS se incorpora y microencapsula en una matriz de sulfuro polimérico a 135 °C, para obtenerse un fluido que se enfría a temperatura ambiente en moldes y forma bloques sólidos (monolitos). El segundo paso es la creación de una barrera para evitar liberaciones de mercurio al medio ambiente y con ello minimizar la posibilidad de que el HgS se convierta en otras formas de mercurio al reducirse su contacto con el medio ambiente. El proceso de SPSS tiene un bajo consumo de energía, provoca pocas emisiones de mercurio, no requiere agua, no crea efluentes y no genera otros desechos aparte del HgS. Se deberían establecer controles para evitar posibles emisiones de mercurio y garantizar condiciones seguras para los trabajadores y el medio ambiente, entre los que figuran controles especialmente diseñados para prevenir posibles incendios y explosiones.

204. Con este procedimiento se puede lograr una carga relativamente alta del monolito (alrededor de 70 %). La realización de este proceso es relativamente simple y está bien documentada, y el producto final es prácticamente insoluble en el agua, tiene una gran resistencia a la corrosión, soporta ciclos alternos de congelación y descongelación y posee una gran resistencia mecánica. La tecnología del SPSS

⁴⁵ Véase <http://www.nqr-online.de/index.php?id=17348&L=1>.

⁴⁶ Esta sección contiene información proporcionada por el Centro Tecnológico Nacional de Descontaminación del Mercurio (CTNDM) de España. Para más información, sírvase ponerse en contacto con: info@ctndm.es o visite su sitio web en: <http://www.ctndm.es>.

⁴⁷ En la especificación normalizada ASTM C1159-98 hay una definición del cemento polimérico de azufre.

⁴⁸ El proyecto de una planta industrial en España para desarrollar este proceso ya está elaborado y el presupuesto para su construcción ya está aprobado. La disponibilidad comercial de esta planta está prevista para finales de 2015.

puede aplicarse directamente a los desechos consistentes en mercurio con diferentes grados de pureza, sin necesidad de destilación previa, y a una amplia variedad de desechos que contienen mercurio sin tratamiento previo de los desechos (López y otros, 2010, López-Delgado y otros, 2012, López y otros, 2015). Todos los productos finales estabilizados y microencapsulados (a partir de mercurio metálico, desechos de cinc, desechos de aluminio y polvo de lámparas fluorescentes) son sólidos compactos que poseen estabilidad y resistencia similares a las del hormigón. Por ello, el proceso de SPSS asegura la completa inmovilización del mercurio, lo hace impermeable y con una porosidad extremadamente baja, lo cual minimiza el riesgo de liberaciones de mercurio al medio ambiente. Los productos finales son bloques monolíticos duros cuya forma puede adaptarse para facilitar el transporte.

205. Se realizaron pruebas de lixiviación con muestras monolíticas (de 40 x 40 x 160 mm) según las normas europeas TS 14405 (CEN, 2004) y EN-12457-4 (CEN, 2002a), con muestras de percolación por flujo dinámico en monolitos encapsulados y de lixiviación por agitación del material granular obtenido mediante trituración monolítica. Todas las concentraciones de mercurio halladas en los lixiviados, en una relación de líquido/sólido de 10 l/kg, fueron inferiores a 0,01 mg/kg, con lo cual todos los monolitos reunían los criterios de aceptación establecidos por la Unión Europea para los vertederos de desechos inertes (<0.01 mg/kg), conforme a la Decisión del Consejo 2003/33/CE del Consejo que establece los criterios y procedimientos para la aceptación de los desechos en los vertederos (Unión Europea, 2003).

206. Otro ejemplo de una tecnología similar es la solidificación del beta-HgS con azufre modificado. El primer paso es formar beta-HgS mezclando mercurio de 99,9 % o más de pureza con polvo de azufre, y el segundo paso es solidificar el beta-HgS con azufre modificado mezclando las dos sustancias durante una hora y calentándola la mezcla posteriormente hasta 130 °C durante una hora. Los resultados de una prueba de lixiviación japonesa (JLT-13) de sulfuro de mercurio solidificado muestran que el coeficiente de lixiviación del producto oscila entre 0,0009 y 0,0018 mg/l, lo cual es inferior a la norma de la prueba de elución (0,005mg/l) (Comité sobre la consideración de la gestión ambientalmente racional de los desechos de mercurio, 2014).

Estabilización y solidificación con microcementos de azufre⁴⁹

207. El tratamiento de los desechos de mercurio con microcementos de azufre es otra tecnología de estabilización y solidificación. La aplicación de esta tecnología da por resultado una matriz sólida que asegura el confinamiento del mercurio debido a su precipitación en forma de óxidos, hidróxidos y sulfuros muy insolubles. La tecnología está disponible comercialmente y ha sido probada en desechos con bajos niveles de contaminación de mercurio ($Hg \leq 2$ % en peso).

208. Una vez caracterizado el material contaminado que se va a tratar, se determina la cantidad y el tipo de microcemento adecuado para la aplicación. Los microcementos deben tener las características siguientes para lograr un nivel adecuado de estabilización y microencapsulación del mercurio contenido en los materiales contaminados:

- a) Tienen que ser inorgánicos y todas las partículas tienen que ser inferiores a un determinado tamaño (varios micrones);
- b) Tienen que contener componentes estabilizadores del mercurio, como sulfuros de álcalis;
- c) Tienen que tener propiedades mecánicas muy altas, para evitar la volatilización y la lixiviación del mercurio;
- d) Deben tener un porcentaje de escoria de altos hornos superior a 60 %, un contenido de componente C3A de cemento clínker Portland inferior a 3 % y un contenido de álcali inferior a 0,6 %.

209. El proceso consiste en mezclar los desechos contaminados con mercurio y el microcemento seleccionado de azufre y con agua. Entonces la mezcla se descarga en el molde que se escoja y se madura de 24 a 48 horas en locales estancos y protegidos contra fugas. El producto final puede adoptar diferentes formas; para los desechos más contaminados se recomiendan las que presenten menores superficies expuestas, tales como grandes bloques cúbicos.

210. La tecnología del tratamiento de microcemento de azufre ha sido probada, entre otros, con desechos que contienen mercurio obtenidos del dragado de fangos de la represa Flix en la provincia de Tarragona (España). Los productos finales aseguran un alto nivel de fortaleza y durabilidad, y posibilitan su manipulación y transporte seguros. Los valores de lixiviación siguiendo pruebas con arreglo a la norma EN 12457-4 (Comité Europeo de Normalización, 2002a) con una proporción

⁴⁹ Esta sección contiene información proporcionada por la entidad Cement International Technologies S.L. Para más información, sírvase ponerse en contacto con: info@cementinternationaltechnologies.com o consulte su sitio web en: <http://www.cemintech.com>.

agua/sólido de 10/1 son inferiores a 0,003 mg/kg, muy por debajo de los criterios de aceptación de la Unión Europea para vertederos de desechos sólidos inertes (<0,01 mg/kg, conforme a la Decisión 2003/33/CE). Es un producto inerte y tiene gran fortaleza y durabilidad, lo cual posibilita manipularlo mecánicamente y transportarlo con seguridad.

Amalgamación

211. Se entiende por amalgamación la disolución y solidificación del mercurio en otros metales como cobre, níquel, zinc y estaño, que da por resultado un producto sólido no volátil. Se trata de un subconjunto de tecnologías de solidificación. Se utilizan dos procesos genéricos para la amalgamación del mercurio en los desechos: sustitución acuosa y sustitución no acuosa. El proceso acuoso consiste en mezclar un metal de base finamente dividido como el zinc o el cobre con las aguas residuales que contienen sales de mercurio disueltas; el metal de base reduce las sales mercuríicas y mercuriosas a mercurio, que se disuelve en metal para formar una aleación metálica de mercurio sólida denominada amalgama. El proceso no acuoso consiste en mezclar polvos metálicos finamente divididos en el mercurio líquido de desecho para formar una amalgama solidificada. El proceso de sustitución acuosa es aplicable tanto a las sales de mercurio como al mercurio, mientras que el proceso no acuoso es aplicable solo al mercurio. Ahora bien, el mercurio de la amalgama resultante puede volatilizarse e hidrolizarse (lixiviarse). De ahí que la amalgamación se utilice casi siempre en combinación con una tecnología de encapsulación, aunque teniendo en cuenta las preocupaciones en cuanto a la posible volatilización y lixiviación, no se debería considerar como una primera opción para tratar desechos consistentes en mercurio (EPA, 2007b).

ii) Lavado de suelos y extracción de ácidos

212. El lavado de suelos es un tratamiento *ex situ* del suelo y los sedimentos contaminados con mercurio. Se trata de un proceso que utiliza agua en una combinación de separación física de partículas por tamaño y separación química acuosa para reducir las concentraciones de contaminantes en el suelo. El proceso se basa en el concepto de que la mayoría de los contaminantes tienden a aglutinarse con partículas de suelo más finas (arcilla y tarquín) y no con las partículas más grandes (arena y grava). Se pueden utilizar métodos físicos para separar las partículas más grandes relativamente limpias de las partículas más finas porque estas últimas se adhieren a las más grandes mediante procesos físicos (compactación y adhesión). Por eso, este proceso concentra la contaminación adherida a las partículas más finas para seguirla tratando. La extracción de ácidos es también una tecnología *ex situ* que utiliza una sustancia química extractora como el ácido clorhídrico o el ácido sulfúrico para extraer contaminantes de una matriz sólida disolviéndolos en el ácido. Los contaminantes metálicos se recuperan de la solución lixivante ácida mediante técnicas como la electrólisis de fase acuosa. Se puede obtener información más detallada en “Treatment technologies for mercury in soil, waste, and water” (EPA, 2007b).

b) Eliminación en vertederos diseñados especialmente

213. Los desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio que cumplan los criterios de aceptación para los vertederos controlados definidos en los reglamentos nacionales o locales, podrán ser evacuados en dichos vertederos.

214. Los desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio⁵⁰ resultantes de la estabilización y solidificación de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, que cumplan los criterios de aceptación para los vertederos controlados definidos en los reglamentos nacionales o locales, podrán ser evacuados en dichos vertederos, en los cuales se deberán tomar medidas adicionales para reducir al mínimo las liberaciones y la metilación del mercurio, por ejemplo, mediante la prevención de la entrada de aguas pluviales o subterráneas, la prohibición de mezclar diferentes tipos de desechos en el vertedero, el mantenimiento de registros de las cantidades de desechos y de las áreas de vertido, la recolección de lixiviados y la vigilancia a largo plazo de las liberaciones de mercurio y metilmercurio de los vertederos, por ejemplo, hacia el aire y las aguas subterráneas.

215. Algunas jurisdicciones han definido criterios de aceptación para los vertederos de desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio. Conforme a la legislación de la UE solo se podrán aceptar desechos que tengan un valor límite de lixiviación de 0,2 mg/kg de peso seco (L/S = 10 l/kg) y un valor límite de lixiviación de 2 mg/kg de peso seco (L/S = 10 l/kg) en los vertederos para desechos no peligrosos y en los vertederos de desechos peligrosos, respectivamente. Según el reglamento sobre el tratamiento de los desechos de mercurio de los EE. UU., solo se podrán tratar y

⁵⁰ Los productos con mercurio añadido de desecho deben ser tratados para eliminar o recuperar el mercurio que contienen. Este tratamiento va a producir desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio y desechos contaminados con mercurio o compuestos de mercurio.

depositar en vertederos los desechos que contengan una baja concentración de mercurio (los desechos con concentraciones altas se deben procesar mediante retorta para recuperar el mercurio). Para que sean aceptados en los vertederos, los desechos de mercurio tratados deberán lixiviar menos de 0,025 mg/l de mercurio (en un ensayo del procedimiento de lixiviación para determinar la toxicidad) para su eliminación en vertederos. Según la legislación japonesa, los desechos tratados que tengan una concentración de mercurio igual o menor que 0,005 mg/l (Método de ensayo de lixiviación: Ensayo normalizado de lixiviación del Japón No. 13 (JLT-13) (Notificación No. 13 del Ministerio de Medio Ambiente), podrán ser aceptados en vertederos de desechos industriales (del tipo de lixiviación controlada), y los que tengan una concentración de mercurio superior a 0,005mg/l deberán ser eliminados en vertederos de desechos industriales peligrosos (del tipo aislado) (véase la figura 6) (Ministerio de Medio Ambiente del Japón, 2007b). Por otra parte, en algunos países está prohibido eliminar en vertederos determinados desechos de mercurio.

216. Cuando los desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio resultantes de la estabilización y solidificación (E/S) de desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio son eliminados en un vertedero controlado, se deberá prestar especial atención a la combinación de E/S y a los métodos de eliminación definitiva de dichos desechos. El sulfuro de mercurio se descompone térmicamente a temperaturas de fuego y puede ser oxidado por el oxígeno atmosférico a aproximadamente 250-300 ° C para formar mercurio gaseoso y dióxido de azufre. El sellado de la superficie de un vertedero puede ser permeable al aire a largo plazo, por lo que el sulfuro de mercurio puede entrar en contacto con el oxígeno atmosférico y oxidarse para formar mercurio y sulfato. La formación de metilmercurio puede ocurrir en ciertas condiciones geoquímicas. Tanto el mercurio gaseoso como el metilmercurio pueden salir del vertedero a través del circuito de gas (gas de vertedero) (Agencia Federal de Medio Ambiente de Alemania, 2014).

217. Además de la prevención de incendios, los métodos para estabilizar y solidificar los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio, así como la estructura y el sellado del vertedero donde se vayan a depositar los desechos, deberán responder al mecanismo mencionado en el párrafo anterior a fin de garantizar la reducción al mínimo de las emisiones de mercurio resultantes de los desechos eliminados.

218. A manera de opción para la eliminación de desechos consistentes en mercurio, Japón ha determinado tratamientos y tipos específicos de vertederos que se pueden combinar para eliminar dichos desechos, a saber: 1) la estabilización de mercurio como sulfuro de mercurio (HgS), seguida de la solidificación (por ejemplo, mediante el uso de azufre modificado según se describe en el párrafo 206) y la eliminación en un vertedero de lixiviado controlado para desechos industriales, donde se hayan tomado medidas adicionales para reducir al mínimo las liberaciones y la metilación de mercurio, por ejemplo la prevención de la entrada de aguas pluviales o subterráneas, la prohibición de mezclar diferentes tipos de desechos en el vertedero y el mantenimiento de registros de las cantidades de desechos y de las áreas de vertido; y 2) la estabilización del mercurio como HgS, seguida de la solidificación y la eliminación en un vertedero de tipo aislado para desechos industriales peligrosos (véase la figura 6). Otras especificaciones sobre estas combinaciones se determinarán sobre la base de experimentos y estudios ulteriores (Ministerio de Medio Ambiente del Japón, 2015).

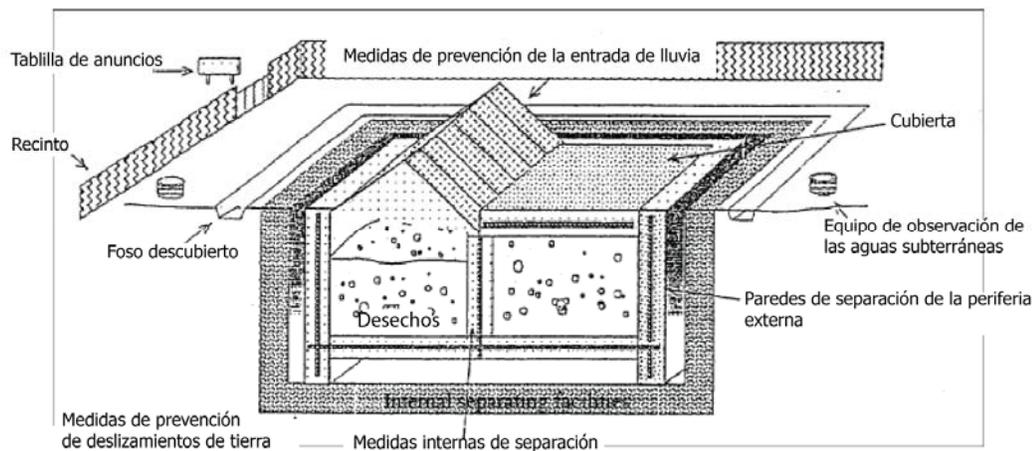
219. Un vertedero de diseño especial es un sistema de eliminación ambientalmente racional de desechos sólidos y es el lugar donde los desechos sólidos quedan cubiertos y aislados del medio ambiente y entre sí. Todos los aspectos de las operaciones en el vertedero se deberán controlar para proteger la salud y la seguridad de todo el que viva y trabaje cerca del vertedero, y velar por un medio ambiente sin riesgos (PNUMA, 1995b).

220. En principio, y por un tiempo definido, se pueden aplicar medidas técnicas en el vertedero para que no presente riesgos para el medio ambiente, siempre y cuando el lugar sea apropiado, se tomen las debidas precauciones y el manejo sea eficiente. Se deben cumplir requisitos específicos relativos a la ubicación, el diseño y la construcción del emplazamiento, las operaciones de acondicionamiento y la vigilancia de los vertederos controlados, a fin de prevenir las fugas y la contaminación del medio ambiente. Además, se deberán controlar y supervisar los procesos de selección del emplazamiento, del diseño y la construcción, el funcionamiento y la vigilancia del vertedero, así como a las medidas durante el cierre y posteriores al cierre (PNUMA, 1995b). En los permisos otorgados al vertedero se incluirán especificaciones relativas a los tipos y las concentraciones de desechos que se admitirán, los sistemas de control y recogida de los lixiviados y los gases, la vigilancia de las aguas subterráneas, la seguridad del lugar, así como los requisitos de cierre y posteriores al cierre.

221. Se debe prestar especial atención a las medidas que hay que adoptar para proteger las aguas subterráneas de la infiltración de lixiviados en el suelo. La protección del suelo, las aguas subterráneas y las aguas superficiales deberá lograrse mediante la combinación de una barrera geológica y un sistema

de revestimiento del fondo durante la etapa de funcionamiento del vertedero y la combinación de una barrera geológica y una cubierta superior durante el cierre y la etapa posterior al cierre. En el vertedero se debe instalar un sistema de drenaje y recolección del lixiviado que permita bombearlo a la superficie para su tratamiento antes de descargarlo en las aguas. Por otra parte, se deben establecer procedimientos de vigilancia durante las etapas de funcionamiento y después del cierre del vertedero a fin de poder detectar todo efecto ambiental adverso posible de este y adoptar las medidas correctivas pertinentes. La selección del método de preparación del vertedero y el revestimiento se hará teniendo en cuenta el lugar donde se encuentre, la geología y otros factores específicos del proyecto. Se deberán aplicar los principios de ingeniería geotécnica apropiados a los diferentes aspectos de los vertederos de diseño especial, como la construcción de diques, taludes de desmonte, compartimentos de vertederos, caminos de acceso y sistemas de avenamiento (Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente, 2006). Por ejemplo, el vertedero podría ser un recinto hermético de hormigón reforzado, cubierto con dispositivos que impidan la entrada del agua de lluvia, tales como un techo y un sistema de desagüe del agua de lluvia (véase figura 6) (Ministerio de Medio Ambiente del Japón, 2007a). Algunos sistemas de revestimiento y control del lixiviado han demostrado su eficacia en diversas condiciones. En las *Technical Guidelines on Specially Engineered Landfills (D5)* (Directrices técnicas relativas a los vertederos controlados) del Convenio de Basilea se explican en detalle algunos ejemplos de sistemas de contención diseñados que se pueden tomar en consideración, si las condiciones son apropiadas (PNUMA, 1995b).

Figura 6: Ejemplo de vertedero de diseño técnico especial (vertedero para desechos industriales peligrosos del tipo aislado) (Ministerio de Medio Ambiente del Japón, 2007a)



222. Para más información acerca de los vertederos de diseño especial, véase *Technical Guidelines on Specially Engineered Landfills (D5)* del Convenio de Basilea (PNUMA, 1995b).

c) Eliminación en almacenamiento permanente (instalaciones subterráneas)

223. Tras la solidificación o estabilización, en los casos que proceda, los desechos de mercurio que cumplan los criterios de aceptación para el almacenamiento permanente (operación de eliminación D12) podrán almacenarse por tiempo indefinido en contenedores especiales en las zonas designadas de las instalaciones de almacenamiento subterráneo, tales como rocas salinas.

224. La tecnología para el almacenamiento subterráneo se basa en la ingeniería de minas que emplea tecnologías y metodologías de excavación de minas y construcción de cámaras como redes teseladas de pilares.⁵¹ Las minas abandonadas se podrían utilizar para el almacenamiento permanente de residuos solidificados y estabilizados tan pronto sean evaluadas y adaptadas para ese fin específico.

225. Además, los principios y la experiencia relativos a la eliminación subterránea de desechos radiactivos se puede aplicar al almacenamiento subterráneo de desechos de mercurio. Si bien la excavación de depósitos subterráneos profundos se puede lograr utilizando tecnologías de minería convencionales o de ingeniería civil, estas operaciones solamente pueden realizarse cuando los lugares son accesibles (por ejemplo, en ubicaciones bajo la superficie o cerca de la costa), en rocas razonablemente estables y cuando no existen corrientes de aguas subterráneas importantes y la

⁵¹ Alemania, por ejemplo, cuenta con una gran experiencias en el almacenamiento subterráneo de desechos peligrosos.

profundidad de excavación oscila entre 250 m y 1000 m. A una profundidad mayor de los 1000 m, la excavación resulta técnicamente cada vez más difícil y proporcionalmente costosa (Asociación Nuclear Mundial, 2010).

226. Las siguientes publicaciones, entre otras, contienen información detallada sobre el almacenamiento subterráneo permanente de desechos de mercurio:

a) Unión Europea, 2003: “Evaluación de la seguridad para la admisión de residuos en instalaciones de almacenamiento subterráneo”, anexo A de la *Decisión 2003/33/CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE*. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:011:0027:0049:ES:PDF>;

b) BiPRO, 2010: *Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury*. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf;

c) Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2009: *Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability*. Disponible en: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378_web.pdf;

d) Asociación Nuclear Mundial, 2010: *Storage and Disposal Options*. Disponible en: <http://www.world-nuclear.org/info/inf04ap2.html>;

e) Proyecto de Almacenamiento de Mercurio en América Latina y el Caribe, 2010: *Análisis de opciones y estudio de factibilidad para el almacenamiento seguro de mercurio a largo plazo en América Latina y el Caribe*. Disponible en: <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/LACMercuryStorageProject/tabid/3554/language/en-US/Default.aspx>; y

f) Proyecto de Almacenamiento de Mercurio en Asia y el Pacífico, 2010: *Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Asia*. Disponible en: <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/AsiaPacificMercuryStorageProject/tabid/3552/language/en-US/Default.aspx>.

227. El almacenamiento permanente en instalaciones situadas bajo tierra en minas de sal y formaciones de roca dura aisladas hidrogeológicamente es una opción para separar los desechos peligrosos de la biosfera durante periodos geológicos. Para cada lugar de almacenamiento subterráneo proyectado se deberá llevar a cabo una evaluación de la seguridad concretamente para ese lugar, de conformidad con la legislación pertinente, como las disposiciones relativas a la evaluación de la seguridad para la admisión de desechos en almacenamiento subterráneo que figuran en el apéndice A del anexo de la Decisión 2003/33/CE del Consejo Europeo (Unión Europea, 2003), por la que se establecen los criterios y procedimientos para la admisión de residuos en los vertederos.

228. Los desechos se deberán eliminar de manera que: a) quede excluida toda reacción indeseable entre los diferentes tipos de desechos y entre los desechos depositados y los revestimientos del lugar de almacenamiento; y b) se evite la liberación y el transporte de sustancias peligrosas. En los permisos de funcionamiento se definirán los tipos de desechos que deberán ser excluidos en sentido general. Los desechos se deberán aislar mediante una combinación de barreras técnicas y barreras naturales (roca, sal, arcilla), también conocido como método “multicapas” de eliminación de desechos. Las instalaciones se deberán inspeccionar o vigilar periódicamente para asegurar que la contención permanezca segura y estable. Con frecuencia este concepto se denomina de barreras múltiples, ya que la manera de empaquetar los desechos, el depósito construido según especificaciones y la geología constituyen barreras que impiden que haya fugas de mercurio capaces de afectar a los seres humanos y al medio ambiente (BiPRO, 2010; Unión Europea, 2003; OIEA, 2009; Asociación Nuclear Mundial, 2010).

229. Los factores específicos que pueden afectar el comportamiento del mercurio en las rocas hospedantes y formaciones geológicas utilizadas como almacenamiento permanente, como la disposición utilizada para las instalaciones de almacenamiento, los tipos de contención utilizados, el lugar y las condiciones de almacenamiento, la vigilancia, las condiciones de acceso al sitio, la estrategia de cierre del depósito, la estanqueidad y el relleno, así como la profundidad de las instalaciones, tienen que considerarse aparte de las propiedades de los desechos que se van a depositar y del sistema de almacenamiento que se va a utilizar. Entre las rocas que pueden servir de almacenamiento permanente de desechos de mercurio se encuentran las formaciones de rocas salinas y rocas duras (rocas ígneas, como las rocas de granito, rocas metamórficas y las rocas gneis sedimentarias como la roca caliza o arenisca). (BiPRO, 2010; Unión Europea, 2003; OIEA, 2009; Asociación Nuclear Mundial, 2010).

230. Al seleccionar un lugar de almacenamiento permanente para la evacuación de desechos de mercurio se deberán tener presentes las consideraciones siguientes:

- a) Las cuevas o túneles utilizados para el almacenamiento deberán estar completamente separadas de las zonas de explotación minera activas y de las que podrían volver a explotarse con ese fin;
- b) Las cuevas o túneles deberán estar situados en formaciones geológicas que se encuentren muy por debajo de donde haya aguas subterráneas o en formaciones que estén completamente aisladas de los acuíferos por rocas impermeables o capas de arcilla; y
- c) Las cuevas o túneles deberán estar situados en formaciones geológicas sumamente estables y que no se encuentren en zonas sísmicas.

231. Con miras a garantizar la inclusión completa de los desechos en las instalaciones de almacenamiento permanente, la mina de evacuación y cualquier área circundante que pueda verse afectada desde el punto de vista geomecánico o geoquímico por las operaciones de eliminación, deberá estar circundada por una roca hospedante (denominada “zona de la roca aislante”) de espesor y homogeneidad suficientes, con las propiedades idóneas y a la profundidad adecuada (véase la figura 7). Como principio básico, una evaluación de la seguridad a largo plazo deberá permitir que las Partes demuestren que la construcción y las etapas de operación y posterior a la operación de una instalación de evacuación subterránea no causará degradación alguna al medio ambiente. En consecuencia, se deben utilizar los modelos apropiados para analizar y evaluar todas las barreras técnicas (por ejemplo, las formas de los desechos, el relleno, las medidas de estanqueidad), el comportamiento de la roca hospedante y la roca circundante, las formaciones rocosas de recubrimiento y la secuencia de posibles acontecimientos en el sistema en general.

Figura 7: Concepto de la inclusión completa (diagrama esquemático) (cortesía de: GRS)



232. Si la roca hospedante que se examina muestra alguna deficiencia (por ejemplo, homogeneidad o espesor insuficiente) un sistema de barreras múltiples podrá compensar las propiedades insuficientes o inexistentes de la roca. En general, un sistema de barreras múltiples de este tipo está integrado por uno o varios componentes adicionales de barrera (véanse el cuadro 6 y la figura 8) que pueden ayudar a lograr el objetivo final, a saber aislar de la biosfera los desechos depositados durante un tiempo prolongado.

233. Se deberá llevar a cabo una evaluación de la seguridad a largo plazo (véase *supra*) para cerciorarse de la necesidad del sistema de barreras múltiples y del modo de acción de los componentes de la barrera en el sistema de evacuación. A manera de ejemplo, las formaciones geológicas que cubren una mina de evacuación (“material de recubrimiento”) pueden ser eficaces para:

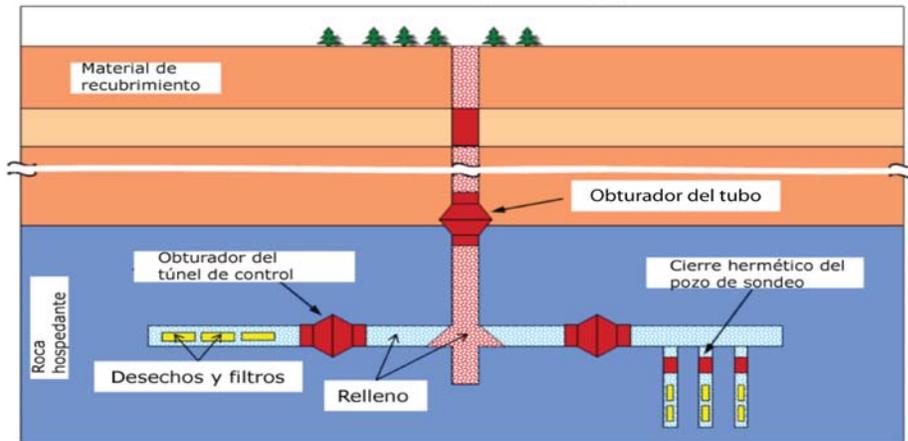
- a) proteger la roca hospedante subyacente de cualquier deterioro de sus propiedades, o
- b) proporcionar capacidades de retención adicionales de contaminantes que pudieran liberarse de la mina de evacuación en determinadas circunstancias.

Cuadro 6: Posibles componentes de un sistema de barreras múltiples y ejemplos de sus maneras de actuar

Componente de la barrera	Ejemplo de la manera de actuar
Contenido de los desechos	Reducción de la cantidad total de contaminantes a evacuar

Componente de la barrera	Ejemplo de la manera de actuar
Especificación de los desechos	Tratamiento de desechos a fin de obtener un contaminante menos soluble
Receptáculo de desechos	Medida transitoria por un período limitado hasta que las barreras naturales cumplan su función
Medidas relativas al relleno	Relleno de espacios vacíos en la mina para mejorar la estabilidad geomecánica o aportarle condiciones geoquímicas especiales
Medidas relativas a la hermetización	El sellado del pozo deberá aportar las mismas propiedades donde la(s) barrera(s) natural(es) se ve(ven) alterada(s) por el acceso a la mina
Roca hospedante	Inclusión completa de los contaminantes (en casos ideales)
Material de recubrimiento	Incorporación de una barrera natural (geológica) adicional, por ejemplo mediante el recubrimiento con una capa de arcilla de espesor suficiente y con las propiedades idóneas

Figura 8: Principales componentes de un sistema de barreras múltiples y su distribución en el sistema (diagrama esquemático) (cortesía de: GRS)



234. En general, un concepto de evacuación subterránea que incluya todos los criterios, requisitos y disposición final explicados anteriormente, deberá diseñarse conforme a criterios específicos de los desechos y el vertedero, tomando en consideración todas las normas pertinentes (por ejemplo, Unión Europea, 2003). Para dar a los lectores una idea aproximada de la profundidad y el espesor de los diferentes tipos de rocas hospedantes adecuadas para la evacuación subterránea, en el cuadro 7 se incluye una lista de las dimensiones típicamente aceptables basadas en la experiencia pasada y en los planos actuales.

Cuadro 7: Valores típicos del espesor vertical de la roca hospedante y profundidad de evacuación posible (Grundfelt y otros, 2005)

Geosistema		Espesor de la roca hospedante	Profundidad de evacuación posible
Roca hospedante	Variante		
Roca salina	Domo salífero	hasta > 1000 m	800 m
Roca salina	Estratos salinos	aprox. 100 m	650 a 1100 m
Arcilla/ piedra arcillosa		hasta 400 m	400 a 500 m
Rocas cubiertas de arcilla		aprox. 100 m	500 a 1000 m

H. Reducción de las liberaciones de mercurio mediante el tratamiento térmico y la descarga de los desechos en vertederos

1. Reducción de las liberaciones de mercurio mediante el tratamiento térmico de los desechos

235. Siempre que sea posible, los productos con mercurio añadido no se deben eliminar conjuntamente con los desechos sólidos municipales. La recogida por separado de los desechos de mercurio reduce la carga general de mercurio en los desechos sólidos urbanos mezclados, pero en la práctica no se logra una recogida por separado del 100 %. Como resultado, los desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio o que están contaminados con estos, pueden combustionar con los desechos sólidos municipales y, debido a que su punto de ebullición es bajo, casi todo el mercurio de los desechos puede transferirse al gas de combustión y en menor medida a las cenizas del fondo. Gran parte del mercurio en el gas de combustión alimentado en los incineradores de desechos es mercurio elemental y se transforma en mercurio divalente después de pasar por los incineradores, y parte del mercurio divalente pasa a las cenizas volantes. Se supone que el mercurio divalente sea cloruro mercúrico; en consecuencia, se deberán seleccionar dispositivos para el tratamiento de gases de combustión que puedan extraer con eficacia cloruro mercúrico y mercurio. Además, los desechos que pueden contener mercurio o estar contaminados con este, como son los desechos mal separados de los centros de atención de la salud, no deberán ser incinerados en incineradores que no tengan dispositivos para el tratamiento de los gases de combustión (Arai y otros, 1997). Se deberán establecer normas para las emisiones y los efluentes del mercurio y se deberán vigilar los niveles de mercurio de los gases de combustión tratados y de las aguas residuales para comprobar que las liberaciones de mercurio al medio ambiente se mantienen en el mínimo. Esas prácticas deberán aplicarse a otros procesos de tratamiento térmico de desechos, como los hornos de calcinación sellados al vacío.

236. Entre las técnicas primarias para reducir la inclusión del mercurio en la corriente de desechos figuran las siguientes (Comisión Europea, 2006):

- a) Eliminar con eficacia los productos con mercurio añadido de la corriente de desechos, por ejemplo, mediante la recogida por separado de determinados tipos de pilas, amalgama dental (usando separadores de amalgama) antes de que los desechos con mercurio añadido sean mezclados con otros desechos o con aguas residuales;
- b) Notificar a los productores de desechos la necesidad de separar el mercurio;
- c) Detectar o restringir la recogida de posibles desechos de mercurio; y
- d) Cuando se sepa que se han recibido desechos de mercurio, controlar la cantidad de esos desechos que se alimentará a los sistemas de reducción de la contaminación para evitar la sobrecarga de sus capacidades.

237. El tratamiento de los gases de combustión es una de las técnicas secundarias para la prevención de las liberaciones de mercurio a la atmósfera a partir de la corriente de desechos. La Directiva de la Unión Europea sobre emisiones industriales (Unión Europea, 2010b), que revocó y sustituyó la Directiva 2000/76/CE sobre la incineración de desechos, fija valores límite de emisión para las descargas de aguas residuales procedentes de la limpieza de los gases de combustión (de desecho) y para las emisiones al aire de las instalaciones de incineración de desechos. En cuanto a la primera directiva, las muestras sin filtrar no pueden contener más de 0,03 mg/l de mercurio y sus compuestos, expresados como mercurio (Hg); en cuanto a la segunda directiva, las emisiones a atmósfera no pueden exceder de

0,05 mg/Nm³ de mercurio y sus compuestos, expresados como mercurio (Hg), durante un período de muestreo mínimo de 30 minutos y máximo de ocho horas. En virtud del Protocolo de 1998 relativo a los metales pesados de la Convención de 1979 de la CEPE sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia, en su forma enmendada mediante la decisión 2012/5 de las Partes en el Protocolo, establece que las emisiones de mercurio resultantes de la incineración de desechos no puede ser superior a 0,05 mg/m³.

238. La selección de un proceso para el control del mercurio en las emisiones de los gases de combustión depende del contenido de cloro de los materiales que se incineran. Cuando el contenido de cloro en estos materiales es alto, el mercurio contenido en el gas de combustión crudo resultante tenderá a adoptar una forma iónica, en cuyo caso se puede depositar y capturar en depuradores por vía húmeda. En las condiciones normales de funcionamiento de las plantas de incineración de desechos municipales y desechos peligrosos, el contenido de cloro en dichos desechos suele ser suficientemente alto para asegurar la presencia de mercurio fundamentalmente en la forma oxidada. Los compuestos volátiles de mercurio, como el HgCl₂, se condensarán y disolverán en el efluente del depurador cuando se enfríe el gas de combustión. La adición de reactivos para la extracción del mercurio constituye un medio de eliminar el mercurio del proceso. Cabe señalar que en la incineración de fangos cloacales las emisiones serán fundamentalmente de mercurio elemental, debido a que el contenido de cloro en estos fangos es menor en comparación con el de los desechos municipales o los desechos peligrosos. En consecuencia, se debe prestar especial atención a la captación de esas emisiones. El mercurio elemental se puede extraer transformándolo en mercurio iónico; esto se puede lograr añadiendo oxidantes al mercurio y luego depositando la mezcla resultante en el depurador o directamente en carbono activado saturado de azufre, en el coque del horno de solera o en zeolitas. La extracción de metales pesados, incluido el mercurio, de los sistemas de depuración por vía húmeda se puede lograr mediante floculación, un proceso en el que los hidróxidos metálicos se forman bajo la influencia de agentes floculantes (polielectrolitos) y FeCl₃. Para la extracción del mercurio se añaden álcalis activantes de perfil complejo y sulfuros (por ejemplo, Na₂S y trimercaptan).

239. La extracción del mercurio de los gases de combustión se puede lograr mediante sorción con reactivos en el carbono activado en un sistema de flujo arrastrado, en el que el carbón activado es inyectado en el flujo gaseoso y filtrado del flujo gaseoso por medio de mangas para filtrar. El carbón activado ha demostrado tener una gran capacidad de absorción de mercurio, así como de dioxinas y furanos (PCDD/PCDF). Los diferentes tipos de carbón activado tienen diferentes coeficientes de adsorción, supuestamente debido a la naturaleza de diferentes partículas de carbono y a la influencia que ejercen en las partículas los procesos de fabricación (Comisión Europea, 2006). Casi todos los componentes de los gases de combustión relacionados con las emisiones, en particular, el contenido residual de ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, óxidos de azufre y metales pesados (incluido el mercurio), pueden ser depositados eficazmente en filtros estáticos de coque del horno de solera, un coque fino de 1,25 mm a 5 mm. El efecto de deposición del coque del horno de solera se basa esencialmente en mecanismos de adsorción y filtración. En general, los incineradores deberían estar dotados de dispositivos para el tratamiento de gases de combustión para capturar NO_x, partículas de SO₂, vapor de mercurio y el mercurio adherido a las partículas como beneficio paralelo. La inyección de polvo de carbón activado es una de las tecnologías avanzadas que se utilizan para extraer el mercurio en los incineradores y en las termoeléctricas alimentadas con carbón. El mercurio adsorbido en el carbón activado se puede estabilizar o solidificar para su eliminación definitiva (véase la subsección III.G.2 a) *supra*).

240. Los siguientes documentos ofrecen también información técnica adicional en relación con la reducción de las emisiones de mercurio durante la incineración de los desechos:

a) CEPE, 1998. Protocolo de 1998 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia en materia de metales pesados y Documento de orientación sobre las mejores técnicas disponibles para controlar las emisiones de metales pesados y sus compuestos a partir de las categorías de fuentes incluidas en el anexo II. Ambos documentos están disponibles en: <http://www.unece.org/env/treaties/welcome.html>;

b) PNUMA, 2010. Estudio sobre las fuentes y emisiones de mercurio y análisis del costo y la eficacia de las medidas de control: "Estudio del PNUMA pedido en el párrafo 29" (doc. UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4). Disponible en: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/Negotiations/INC2/INC2MeetingDocuments/tabid/3484/language/en-US/Default.aspx>;

c) PNUMA, 2002. Evaluación Mundial del Mercurio. Disponible en: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/LinkClick.aspx?fileticket=Kpl4mFj7AJU%3d&tabid=3593&language=en-US>;

(d) Comisión Europea, 2006. Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en el sector de incineración de residuos. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/wi.html>; y

e) Legislación nacional, por ejemplo, Directiva de la Unión Europea 2010/75/UE sobre emisiones industriales (Unión Europea, 2010a).

241. Cuando se utilice un depurador por vía húmeda como método de tratamiento de los gases de combustión, será indispensable tratar las aguas residuales que salen del depurador.

2. Reducción de las liberaciones de mercurio de los vertederos

242. Respecto a la reducción de las liberaciones de mercurio de los vertederos controlados, véase la subsección III.G.2 b) *supra*. Los párrafos a continuación proporcionarán orientaciones sobre la reducción de las liberaciones de mercurio de los vertederos de desechos sólidos urbanos.

243. Cuando es inevitable depositar en los vertederos los desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio (operación D1), hay tres tipos de vías por las que se puede liberar al medio ambiente el mercurio; el frente de trabajo de los vertederos, el lixiviado de vertedero y el gas de vertedero. Los sitios más importantes de emisión de mercurio son los frentes de trabajo y los respiraderos por donde sale el metano (Lindberg y Price, 1999).

244. Cada día se deberá aplicar una capa de tierra para reducir la liberación directa de mercurio de los desechos que se han añadido recientemente a los vertederos (Lindberg y Price, 1999). Los incendios en los vertederos también pueden aumentar las liberaciones de mercurio. Se deberá tener a disposición los materiales y las maquinarias necesarios en caso de incendios en el vertedero para poder aplicar con rapidez la capa de relleno para extinguirlos (por ejemplo, camión de volteo, explanadora de empuje).

245. Según informes, las liberaciones de mercurio por lixiviado son bastante mínimas en comparación con las que se producen mediante los gases de vertederos (Yanase y otros, 2009; Takahashi y otros, 2004; Lindberg y otros, 2001). El mercurio transferido al lixiviado puede eliminarse mediante la recogida y el tratamiento del lixiviado, como es el caso de las aguas residuales procedentes de los depuradores por vía húmeda de los incineradores de desechos.

246. Se deberá instalar in situ un sistema de captación de gases de vertedero que extraiga los vapores de mercurio y el metilmercurio para así prevenir su liberación a la atmósfera.

I. Saneamiento de lugares contaminados

247. En todo el mundo existen lugares contaminados con mercurio, que son en lo fundamental el resultado de las actividades industriales, sobre todo la minería, incluidas las explotaciones mineras y el procesamiento de yacimientos de metales no ferrosos, la producción de cloro y la fabricación o la eliminación inadecuada de productos con mercurio añadido. La mayor parte de la contaminación en esas explotaciones mineras es el resultado del uso del mercurio en la minería artesanal y en pequeña escala del oro, una actividad que ya no se realiza en lo fundamental o que está sujeta a controles técnicos y reglamentarios en los países desarrollados, pero que se mantiene en los países en desarrollo. Las actividades industriales históricas o actuales han dado lugar a la existencia de sitios con suelos contaminados con mercurio y gran cantidad de acumulaciones de colas de las minas y de sitios con zonas extensas donde la contaminación está muy dispersa debido a la migración del metal en los cursos de agua y otros elementos.

248. El Convenio de Minamata contiene disposiciones que prescriben la elaboración de orientación técnica detallada para tratar los lugares contaminados (véase el párrafo 26 *supra*).

1. Detección de lugares contaminados y respuesta en casos de emergencia

249. La detección de un lugar contaminado con mercurio que constituya una amenaza para la salud humana o el medio ambiente puede lograrse mediante:

- a) Registros en que se recogen actividades industriales o de otro tipo realizadas en el pasado en ese lugar;
- b) Observación visual de las condiciones del lugar y de las fuentes de contaminantes concomitantes;
- c) Observación visual de la fabricación y otras operaciones de las que se sabe que utilizan o emiten un contaminante especialmente peligroso;
- d) Efectos adversos observados en los seres humanos, la flora o la fauna, posiblemente causados por su proximidad al lugar;
- e) Resultados físicos o analíticos que muestren niveles de contaminación; y

- f) Informes de la comunidad a las autoridades acerca de emisiones sospechosas.

250. Los sitios contaminados con mercurio se asemejan a otros sitios contaminados en que el mercurio puede llegar a los receptores de muy diversas maneras. El mercurio es especialmente problemático debido a sus vapores peligrosos, su bajo nivel de efectos observables en los animales y los diferentes niveles de toxicidad de sus diferentes formas (es decir, mercurio frente al metilmercurio). El mercurio se puede detectar también utilizando una combinación de instrumentos de medición y análisis de laboratorio. Los sitios contaminados con mercurio también pueden contaminarse con otros contaminantes. Durante las actividades de evaluación y saneamiento de los lugares se deben tener en cuenta todos los posibles contaminantes presentes en el lugar. La consideración de todos los contaminantes posibles es probablemente el enfoque más eficaz en función de los costos para que se pueda disponer del lugar para su uso futuro.

251. La primera prioridad al tratar sitios contaminados con mercurio es aislar a los receptores de la contaminación a fin de reducir al mínimo su exposición ulterior. A este efecto, el tratamiento de los sitios contaminados con mercurio es similar al que se aplica a cualquier otro lugar contaminado con contaminantes tóxicos potencialmente móviles.

252. En el caso de que el sitio contaminado con mercurio se encuentre en un lugar residencial y relativamente pequeño, se puede consultar la amplia orientación que ofrece la EPA acerca de la respuesta en casos de emergencia en el documento *Mercury Response Guidebook*, cuya finalidad es buscar solución a los derrames de mercurio pequeños y medianos en las zonas residenciales (EPA, 2001).

253. En el caso de zonas contaminadas más extensas en países en desarrollo como resultado del uso no reglamentado del mercurio (por ejemplo, para la extracción de oro artesanal y en pequeña escala), en los protocolos relativos a la evaluación ambiental y sanitaria del mercurio liberado por los mineros de oro que aplican técnicas artesanales y en pequeña escala se formulan recomendaciones en respuesta a situaciones de emergencia (Proyecto Mundial del Mercurio, 2004).

2. Saneamiento ambientalmente racional

254. Los tipos de medidas de saneamiento (por ejemplo, actividades de limpieza) que se deben tomar en los sitios contaminados con mercurio dependen de diversos factores que definen el tipo de contaminación existente y sus posibles efectos en el medio ambiente y la salud. Al seleccionar las tecnologías de tratamiento para examinar inicialmente el sitio y las técnicas y tecnologías para sanear el sitio, se deberán tener en cuenta los factores siguientes:

- a) Factores ambientales:
- i) Las cantidades de mercurio liberadas durante las operaciones del sitio;
 - ii) El origen de la contaminación;
 - iii) El estado químico del mercurio encontrado en el lugar contaminado;
 - iv) El número, el tamaño y la ubicación de las zonas sensibles contaminadas con mercurio (que requieren saneamiento);
 - v) En el caso de operaciones mineras, las propiedades del material geológico del que se extrae el mercurio, entre ellas, las características del suelo;
 - vi) La posibilidad de metilación del mercurio encontrado en el sitio;
 - vii) La posibilidad de lixiviación del mercurio del medio contaminado (por ejemplo, suelos y sedimentos);
 - viii) La contaminación de fondo por mercurio (por ejemplo, deposición regional del mercurio en la atmósfera no relacionada con las fuentes localizadas);
 - ix) La movilidad del mercurio en sistemas hidrológicos;
 - x) La presencia y los niveles de otros contaminantes, en particular los que se puedan tratar total o parcialmente con los mismos métodos aplicados para tratar el mercurio; y
 - xi) Las normas locales/estatales/federales de saneamiento para el agua, los suelos y sedimentos y el aire.
- b) Receptores;
- i) La biodisponibilidad de biota acuática, invertebrados y plantas comestibles; y

- ii) Las concentraciones de mercurio en los receptores (personas, animales y plantas que indican exposición al mercurio).

255. Tan pronto han sido evaluados esos factores, podrá realizarse un análisis más completo de las técnicas de saneamiento apropiadas. Según la gravedad, la extensión, el grado y el tipo de contaminación por mercurio, la presencia de otros contaminantes y receptores, es posible que se necesite elaborar un plan de recuperación basado en el uso de diversas técnicas para reducir de manera eficaz y eficiente la toxicidad, la presencia y la cantidad de contaminación por mercurio en el lugar. Para obtener información sobre las técnicas de saneamiento véase *Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions* (Hinton, 2001) y *Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water* (EPA, 2007b).⁵² Hay información sobre casos de rehabilitación con respecto a la contaminación por mercurio de la bahía de Minamata, Japón (Ayuntamiento de Minamata, 2000) y cerca de Marktredwitz, Alemania (Comité de Desafíos de la Sociedad Moderna de la Organización del Tratado del Atlántico Norte, 1998).

J. Salud y seguridad

256. Los empleadores deberán velar por la protección de la salud y la seguridad de todo empleado durante su trabajo. Cada empleador deberá contratar y mantener un seguro, conforme a una póliza aprobada por un asegurador autorizado, que garantice un nivel de cobertura suficiente en caso de responsabilidad (indemnización) por enfermedad o lesiones físicas de los empleados causadas por y durante su actividad laboral, de conformidad con la legislación nacional. En todas las instalaciones donde se manipulen desechos de mercurio deberán elaborarse planes de salud y seguridad para garantizar la protección de toda persona que se encuentre en las instalaciones y sus alrededores. Dichos planes deberán ser preparados para cada instalación por profesionales de la salud y la seguridad capacitados y con experiencia en la gestión de riesgos para la salud relacionados con el mercurio.

257. La protección de los trabajadores encargados del manejo de desechos de mercurio y el público en general se puede lograr de las maneras siguientes:

- a) Permitir el acceso a las instalaciones solamente a personal autorizado;
- b) Garantizar que los límites de exposición ocupacional a las sustancias peligrosas no se sobrepasen, cerciorándose de que todo el personal use el equipo de protección apropiado;
- c) Garantizar la ventilación adecuada de las instalaciones para minimizar el riesgo de la exposición a sustancias volátiles o sustancias en suspensión en el aire; y
- d) Garantizar que las instalaciones cumplan todas las leyes nacionales y regionales relativas a la salud y la seguridad de los lugares de trabajo.

258. La OMS ha establecido los valores indicativos de las concentraciones de mercurio en el agua potable y el aire ambiente, los cuales son de 0,006 mg/l en el caso del mercurio inorgánico y de 1 µg/m³ en el caso del vapor de mercurio inorgánico (OMS, 2006; Oficina Regional de la OMS para Europa, 2000). Se exhorta a los gobiernos a vigilar el aire y el agua a fin de proteger la salud humana, sobre todo cerca de los lugares donde se llevan a cabo actividades de manejo de desechos de mercurio. Algunos países han establecido niveles permisibles de mercurio en el entorno de trabajo (por ejemplo, 0,025mg/m³ de Hg para el mercurio inorgánico, con exclusión del sulfuro mercúrico, y 0,01mg/m³ de Hg para los compuestos de alquimercurio en el Japón); las operaciones de manejo de los desechos deberán llevarse a cabo de manera que cumplan los requisitos en cuanto a los niveles permisibles de mercurio en el entorno de trabajo, y las instalaciones donde se realizan tales operaciones deben diseñarse y funcionar de manera que se reduzcan al mínimo las liberaciones de mercurio a la atmósfera en todo lo que sea técnicamente posible.

259. Se deberá prestar atención especial a los lugares en donde se manipulen productos con mercurio añadido. En la corriente de desechos, las emisiones de mercurio dimanantes de los productos con mercurio añadido pueden conducir a exposiciones que aumenten los riesgos para la salud y contribuyan a las emisiones al medio ambiente en muchos lugares. Los recolectores de desechos, los chóferes de camiones y los trabajadores de los puntos de traslado pueden verse expuestos al mercurio durante breves períodos de máxima emisión de vapores de mercurio cuando manipulan productos de desecho con mercurio añadido. Los trabajadores que se encargan del manejo de desechos en la “zona activa” del vertedero, el espacio activo donde se vierten, esparcen, compactan y entierran los desechos, pueden

⁵² En el sitio web de la EPA puede consultarse información adicional, por ejemplo, Mercury Treatment Technologies (disponible en: http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment_Technologies/) y Policies and Guidance (disponible en: <http://www.epa.gov/superfund/policy/guidance.htm>).

verse expuestos en reiteradas ocasiones a los vapores de mercurio. Las personas del sector no estructurado que se dedican a hurgar en los vertederos para recuperar artículos reutilizable corren el riesgo de exposición crónica. Los puntos de ventilación del gas metano generado por la descomposición de los residuos orgánicos son fuentes adicionales de liberación de mercurio y de exposición a este.

260. Las instalaciones de eliminación, sobre todo donde se realizan las operaciones de recuperación de mercurio, presentan también un alto riesgo de exposición al mercurio. Las principales actividades de alto riesgo de exposición son la trituración de lámparas fluorescentes, la extracción de mercurio de los productos con mercurio añadido como termómetros y barómetros, el tratamiento térmico de desechos que contienen mercurio o están contaminados con este y la estabilización y/o solidificación de los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio.

261. Se deberá impartir capacitación al personal en el manejo ambientalmente racional efectivo, entre otras cosas, para asegurar la protección de los trabajadores de la exposición al mercurio y los accidentes durante el manejo de los desechos.

262. Los trabajadores deberán tener los conocimientos básicos siguiente:

- a) La definición de desechos de mercurio y las propiedades químicas y los efectos adversos del mercurio;
- b) Cómo detectar y separar los desechos de mercurio de los demás tipos de desechos;
- c) Normas de seguridad del trabajador relativas al mercurio y a cómo proteger su salud contra la exposición al mercurio;
- d) Cómo utilizar el equipo de protección personal, a saber, protectores para el cuerpo, la cara y los ojos, guantes y protectores respiratorios;
- e) Requisitos pertinentes para el etiquetado y almacenamiento, requisitos sobre la compatibilidad de los contenedores y la indicación de las fechas y requisitos de hermeticidad de los contenedores;
- f) Cómo manipular de forma segura los desechos de mercurio, en particular los productos usados que contienen mercurio como termómetros y barómetros, usando el equipo disponible en la instalación donde trabajan;
- g) Cómo utilizar los controles técnicos para reducir al mínimo la exposición; y
- h) Cómo reaccionar en caso de emergencia si se produce un derrame accidental del mercurio en los desechos.

263. Es importante tener un seguro del trabajador y un seguro de responsabilidad del empleador a fin de estar mejor preparados para accidentes o lesiones laborales en la instalación, según proceda acorde con la legislación nacional.

264. Además, se recomienda utilizar en la capacitación del personal el material de sensibilización elaborado por el PNUMA (PNUMA, 2008d). Todos los materiales de capacitación deberán traducirse a los idiomas vernáculos y ponerse a disposición de todos los empleados.

K. Respuesta en casos de emergencia

1. Plan de respuesta en casos de emergencia

265. Se deberán elaborar planes de respuesta en casos de emergencia para cada etapa de la cadena de procesamiento de los desechos de mercurio (por ejemplo, la generación, el almacenamiento, el transporte o la recuperación, y la eliminación). Si bien los planes de respuesta en casos de emergencia pueden variar en dependencia de las actividades realizadas en cada etapa del manejo de los desechos y de las condiciones físicas y sociales de cada lugar de manejo, los principales elementos de un plan de respuesta en casos de emergencia son la determinación de los posibles riesgos, el cumplimiento de la legislación que rige los planes de respuesta en casos de emergencia, la especificación de las medidas que se habrán de adoptar en situaciones de emergencia, incluidas las de mitigación, los planes de capacitación del personal, los objetivos de la comunicación (por ejemplo, servicios de bomberos, policía, comunidades vecinas, gobiernos locales, etc.) y los métodos que se aplicarán en casos de emergencia, así como la especificación de los métodos y la frecuencia de las pruebas del equipo de respuesta en casos de emergencia.

266. Cuando se produce una emergencia, lo primero que hay que hacer es examinar el lugar. La persona encargada deberá acercarse con cautela en dirección contraria al viento, garantizar la seguridad del lugar y determinar los peligros. Los carteles, las etiquetas de los contenedores, los conocimientos de embarque, las notas descriptivas sobre seguridad de los materiales, los gráficos de identificación del

vehículo o las personas que conocen el lugar son valiosas fuentes de información. Se deberá determinar entonces si es necesario evacuar el lugar, la disponibilidad de recursos humanos y equipo y las posibles medidas inmediatas. Para velar por la seguridad pública, se deberá llamar a un organismo encargado de la respuesta en casos de emergencia y, como medida de precaución inmediata, se deberán delimitar las zonas de derrame y fuga de por lo menos 50 metros a la redonda. En caso de incendio, se deberá utilizar un agente extintor adecuado al tipo de fuego y evitar el uso de agua. Para más información puede consultar *Emergency Response Guidebook* (Departamento de Transporte de los Estados Unidos y otros, 2012).

2. Consideración especial de los derrames de mercurio o compuestos de mercurio

267. Un derrame accidental de mercurio o compuestos de mercurio se produce principalmente cuando se rompen productos de desecho con mercurio añadido. La mayoría de los casos de derrame parece ocurrir con los termómetros de vidrio con mercurio añadido, los cuales se rompen fácilmente. Aunque la cantidad de mercurio en cada termómetro es de aproximadamente 0,5 a 3 g y no entraña, por regla general, graves problemas para la salud, todos los derrames de mercurio deberán considerarse peligrosos y limpiarse con precaución. Las áreas interiores deben ventilarse adecuadamente. Si una persona experimenta malestar después de que se produce un derrame de mercurio, se deberá establecer contacto inmediato con un médico o con las autoridades de salud ambiental.

268. Si se trata de un derrame pequeño y sencillo (por ejemplo, en una superficie no porosa, como pisos de linóleo o de madera dura, o en un objeto poroso que se pueda echar a la basura como una alfombra o estera pequeña), una persona lo puede limpiar. Si se trata de un derrame mayor o complejo (por ejemplo si ocurre en una alfombra que no se puede echar a la basura o sobre un mueble tapizado, en grietas o hendiduras), tal vez sea necesario contratar a un profesional capacitado para contener o limpiar el derrame. Los derrames grandes en que la cantidad de mercurio sea mayor que el que se encuentra en un producto doméstico típico, se deberán notificar a las autoridades locales de salud ambiental. Si hay dudas en cuanto a si el derrame se debe clasificar como “grande”, se deberá establecer contacto con las autoridades locales de salud ambiental como medida de precaución. En determinadas circunstancias, tal vez sea aconsejable pedir ayuda a técnicos calificados para que se ocupen de la limpieza profesional o la vigilancia de la atmósfera, independientemente de las proporciones del derrame (Environment Canada, 2002).

269. Los derrames de mercurio durante las actividades comerciales y en los hogares pueden exponer a los trabajadores y al público en general a vapores de mercurio peligrosos. Además, limpiar los derrames resulta costoso y altera otras actividades. En el sitio web de la USEPA se pueden consultar procedimientos de limpieza de pequeños derrames de mercurio (EPA de los Estados Unidos, 2007c).

270. Decisivo para determinar el tipo de respuesta apropiada en caso de derrame de mercurio es evaluar las proporciones del derrame y la extensión de la dispersión del mercurio y si se dispone de los recursos y los conocimientos especializados necesarios para la limpieza. Se deberá acudir a un profesional en los siguientes casos:

- a) La cantidad de mercurio podría ser mayor de 2 cucharadas (30 mililitros). Los derrames más grandes deberán notificarse a las autoridades para que se ocupen de la vigilancia y el seguimiento;
- b) No se puede determinar la superficie donde ocurrió el derrame: Si no hubo testigos del derrame o si es difícil determinar hasta dónde llegó, podría haber pequeñas cantidades de mercurio que no se hayan detectado y que haya que limpiar;
- c) El área donde se produjo el derrame tiene superficies porosas o semiporosas: Superficies como moquetas y losetas acústicas pueden absorber el mercurio derramado e imposibilitar prácticamente la limpieza; y
- d) El derrame tiene lugar cerca de un desagüe, un ventilador, un sistema de ventilación u otro conducto: el mercurio y los vapores de mercurio pueden alejarse con rapidez del lugar donde se produjo el derrame y contaminar otras superficies, lo que posiblemente no sea fácil de detectar.

271. La dispersión del mercurio derramado (por ejemplo, debido al uso de chorros de agua) se deberá evitar en todo lo posible, porque aumenta significativamente la tasa de evaporación del mercurio (Consejo Mundial del Cloro, 2004).

L. Concienciación y participación

272. La concienciación y participación del público desempeñan una función fundamental en el manejo ambientalmente racional de desechos de mercurio. La participación del público es un principio básico de la Declaración de Basilea de 1999 sobre el manejo ambientalmente racional y de muchos otros acuerdos internacionales. Es esencial que el público y todos los interesados directos tengan la

posibilidad de participar en la formulación de leyes y programas y en otros procesos de adopción de decisiones relacionadas con el mercurio.

273. En los artículos 6, 7, 8 y 9 del Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en asuntos ambientales de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), de 1998 (Convenio de Aarhus), se exige la adopción de medidas específicas relativas a las participación del público en actividades públicas específicas, la formulación de planes, políticas y programas y la elaboración de la legislación, y además se pide el acceso del público a la justicia en lo relativo al medio ambiente.

274. Al emprender actividades como la recogida y el reciclado de los desechos de mercurio, es recomendable obtener la participación y la cooperación de los consumidores que generan desechos que contienen mercurio. La sensibilización permanente es fundamental para la recogida y el reciclado con éxito de los desechos de mercurio. Alentar la participación del público en el diseño de un sistema de recogida y reciclado de los desechos de mercurio, proporcionando a los participantes la información que necesitan acerca de los posibles problemas causados por el manejo de esos desechos sin tomar en consideración el medio ambiente, ayudaría a aumentar el conocimiento de los consumidores sobre los riesgos del mercurio y de los desechos de mercurio.

275. Las campañas de concienciación y sensibilización del público, dirigidas a las comunidades locales y a los ciudadanos, son elementos importantes en la promoción de la participación del público en el manejo ambientalmente racional de los desechos de mercurio. Para aumentar el conocimiento de los ciudadanos, las autoridades pertinentes, es decir los gobiernos locales, tienen que emprender campañas de concienciación y sensibilización para motivar a los ciudadanos a interesarse por su propia protección y la de los demás contra los efectos adversos del mercurio para la salud humana y el medio ambiente. Es importante integrar a las organizaciones de la comunidad en esas campañas debido a su relación estrecha con los residentes y otros interesados directos en sus comunidades (Honda, 2005).

276. Los programas de sensibilización y participación del público deberán centrarse, por regla general, en alguna situación de manejo de desechos conocida a nivel nacional, local o comunitario. En el cuadro 8 figuran ejemplos de programas de concienciación y participación del público. Tales programas constan de cuatro elementos: publicaciones, programas de educación sobre el medio ambiente, actividades de relaciones públicas y comunicación sobre los riesgos, a las cuales los ciudadanos deben tener fácil acceso en lugares públicos (Honda, 2005).

Cuadro 8: Programas de concienciación y participación del público

	Contenido	Resultados previstos
Publicaciones	<ul style="list-style-type: none"> Folletos, panfletos, volantes, revistas, carteles, páginas web, etc., en varios idiomas y dialectos para explicar con términos sencillos las cuestiones relacionadas con el mercurio Guías sobre cómo eliminar los desechos de mercurio 	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes de conocimiento Explicación de cómo la población puede manipular productos con mercurio añadido y eliminar los desechos de mercurio
Programas de educación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Seminarios voluntarios Reuniones de la comunidad Vínculos con otros talleres de salud Demostraciones de programas de devolución Estudios científicos Viajes a las instalaciones, etc. Aprendizaje electrónico 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar los conocimientos Compartir problemas comunes Oportunidades de análisis directo de cuestiones ambientales
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> Programas de devolución Campañas sobre productos sin mercurio Campañas de reducción al mínimo de desechos Reuniones de la comunidad Visitas casa por casa 	<ul style="list-style-type: none"> Realización de actividades ambientales entre todos los asociados Llamamiento a los ciudadanos en favor del medio ambiente Comunicaciones individuales directas
Comunicación del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> La exposición al mercurio en entornos de vida generales Nivel de seguridad de la exposición al mercurio Niveles de contaminación por mercurio Registro sobre emisiones y transferencia de contaminantes Alertas sobre el consumo de pescado Alertas sobre el consumo de arroz Respuesta a los derrames de mercurio dimanante de productos con mercurio añadido 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento adecuado de los niveles de seguridad y riesgo que entraña la exposición al mercurio, en las circunstancias del caso Evitar que cunda el pánico

277. Como parte de los programas de educación ambiental, las publicaciones deberán proporcionar conocimientos básicos acerca de las propiedades del mercurio, su toxicología, sus efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente y las cuestiones relacionadas con los desechos de mercurio, incluyendo cómo tratar y evitar la posible exposición al mercurio dimanante de tales desechos. Las publicaciones deberán traducirse a los idiomas y dialectos locales para garantizar que la información se comunique con eficacia al público al que va destinada.

278. Un programa de educación ambiental sobre desechos de mercurio deberá constar de los elementos siguientes (Honda, 2005):

- a) Concienciación y sensibilización acerca del medio ambiente y los problemas ambientales;
- b) Creación del conocimiento y comprensión sobre el medio ambiente y los problemas ambientales;
- c) Desarrollo de actitudes de interés por el medio ambiente y de la motivación para mejorar o mantener la calidad del medio ambiente;
- d) Desarrollo de conocimientos suficientes para detectar problemas ambientales y ayudar a resolverlos; y
- e) Participación en actividades que propicien la solución de problemas ambientales.

279. Los asociados en los programas de participación del público pueden resumirse de la manera siguiente (Honda, 2005):

- a) Funcionarios gubernamentales y empleados públicos que trabajan en cuestiones ambientales;
- b) Personas interesadas en problemas del medio ambiente y que tienen la capacidad de comprender rápidamente y difundir la información a los demás:
 - i) Escolares y alumnos;
 - ii) Maestros y profesores;
- c) Líderes y representantes de las comunidades y grupos locales y otras personas que trabajan en la esfera del medio ambiente a nivel local o comunitario:
 - i) Trabajadores de organizaciones no gubernamentales;
 - ii) Trabajadores de pequeñas y medianas empresas;
 - iii) Productores, acopiadores y recicladores locales, dueños de instalaciones de eliminación y trabajadores que manipulan los desechos de mercurio;
- d) Personas que están o residen en la proximidad de lugares para el manejo de desechos o contaminados con mercurio:
- e) Organizaciones locales;
- f) Residentes urbanos; y
- g) Empresas.

280. Para velar por que las liberaciones de mercurio durante la recogida, el transporte y la eliminación de desechos se mantengan al mínimo, es importante sensibilizar a las partes interesadas (es decir, transportadores, operadores de plantas de reciclado y tratamiento) en relación con los riesgos del mercurio. Esto se puede lograr mediante actividades de sensibilización, tales como seminarios, que pueden aportar información acerca de los nuevos sistemas y reglamentos y de las oportunidades de intercambio de información, preparación y distribución de volantes y difusión de información por Internet.

Annex to the technical guidelines*

Bibliography

- Amin-Zaki, L. et al, 1978. "Methylmercury Poisoning in Iraqi Children: Clinical Observations over Two Years", *British Medical Journal*, vol. 11, pp. 613-616. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1603391&blobtype=pdf>.
- Amuda, O.S. et al, 2010. "Wastewater Treatment Process", in Wang, L.K., Hung, Y.T. and Shamma, N.K., eds., *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment, Volume 2*. CRC Press, New York, USA, p. 926.
- Arai, Norio et al., (ed.) 1997. *Products of Incineration and Their Control Technology* [in Japanese].
- Asano, S. et al, 2000. "Acute Inorganic Mercury Vapour Inhalation Poisoning", *Pathology International*, vol. 50, pp. 169-174.
- Asia-Pacific Mercury Storage Project, 2010. *Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Asia*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/AsiaPacificMercuryStorageProject/tabid/3552/language/en-US/Default.aspx>.
- ASTM International, 2008. *ASTM D6784 - 02(2008) Standard Test Method for Elemental, Oxidized, Particle-Bound and Total Mercury in Flue Gas Generated from Coal-Fired Stationary Sources* (Ontario Hydro Method).
- Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*, 1992. Available at: <http://www.basel.int/text/17Jun2010-conv-e.doc>.
- Bakir, F. et al, 1973. "Methylmercury Poisoning in Iraq", *Science*, vol. 181, pp. 230-241.
- Bansal, R.C. and Goyal, M., 2005. *Activated Carbon Adsorption of Mercury*. In: *Activated Carbon Adsorption*, CRC Press, New York, pp. 326-334.
- BiPRO, 2010. "Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury." Available at: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf.
- Boom, G. V., Richardson, M. K. and Trip, L. J., 2003. "Waste Mercury in Dentistry: The Need for Management". Available at: http://www.ifeh.org/magazine/ifeh-magazine-2003_v5_n2.pdf.
- Bull, S., 2006. Inorganic Mercury/Elemental Mercury. Available at: http://www.hpa.org.uk/chemicals/compendium/Mercury/PDF/mercury_general_information.pdf.
- Butler, M. 1997. "Lessons from Thor Chemicals: the Links between Health, Safety and Environmental Protection", in *The Bottom Line: Industry and the Environment in South Africa*, L. Bethlehem, Goldblatt, M. Cape Town, South Africa, University of Cape Town Press, pp. 194-213.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety, undated. *OHS Fact Sheets: Mercury*. Available from: http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/mercury.html.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2006. *National Guidelines for Hazardous Waste Landfills*. Available at: http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1365_e.pdf.
- Chang, T. C. and J. H., Yen, 2006. "On-site mercury-contaminated soils remediation by using thermal desorption technology", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 128(2-3), 208-217.
- Chiarle, S. and Ratto, M., 2000. "Mercury Removal from Water by Ion Exchange Resins Adsorption", *Water Research*, vol. 34, pp. 2971-2978.

* Para reducir costes, no se ha traducido el anexo de este documento.

Chlorine Institute, 2009. "Chlor-Alkali Industry 2008 Mercury Use and Emissions in the United States (Twelfth Annual Report)". Available at: <http://www.epa.gov/region05/mercury/pdfs/12thcl2report.pdf>.

Chojnacki, A. et al, 2004. "The application of natural zeolites for mercury removal: from laboratory tests to industrial scale", *Minerals Engineering*, vol. 17, pp. 933-937.

Committee on consideration of environmentally sound management of mercury waste, working group on mercury recovery and disposal, 2014. "Report on consideration of environmentally sound management of mercury wastes" (in Japanese), p. 67, Reference document No. 3-1.

Committee on consideration of sound management of mercury waste and Working group on recovery and disposal of mercury], 2014. "Report on consideration of environmentally sound management of mercury wastes"[in Japanese]. Available at: <http://www.env.go.jp/council/03recycle/y039-01b/ref3.pdf>.

Damluji, S. F. and Tikriti, S., 1972. "Mercury Poisoning from Wheat", *British Medical Journal*, vol. 25, p. 804.

Environment Canada website, undated. *Spills, Disposal and Cleanup: Cleaning Up Small Mercury Spills*. Available from: <http://www.ec.gc.ca/MERCURY/EN/cu.cfm>. [last updated 2013]

Environmental Management Bureau, Republic of the Philippines, 1997. *DENR Administrative Order No. 38, Chemical Control Order for Mercury and Mercury Compounds*. Available at: http://pcij.org/extra/mercury_resources/pdf/cco_hg_DAO%2097-38.pdf.

EPA, 1992. *US EPA Method 1311: TCLP, Toxicity Characteristic Leaching Procedure*.

EPA, 1994. *US EPA Method 7470 A: Mercury in Liquid Waste Manual Cold-Vapor Technique*.

EPA, 1996. *US EPA Method 0060: Determination of Metals in Stack Emissions*.

EPA, 1997a. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds*. Available at: <http://www.epa.gov/ttn/chief/le/mercury.pdf>.

EPA, 1997b. *Sensitive Environments and the Siting of Hazardous Waste Management Facilities*. Available at: <http://www.epa.gov/osw/hazard/tsd/permit/site/sites.pdf>.

EPA, 2000. *Section 2 - Treatment and Disposal Options, Proceedings and Summary Report - Workshop on Mercury in Products, Processes, Waste and the Environment: Eliminating, Reducing and Managing Risks from Non-Combustion Sources*. Available at: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/30004HCY.pdf#page=13>.

EPA, 2001. *Mercury Response Guidebook (for Emergency Responders)*. Available from: <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm>.

EPA, 2007a. *Mercury Treatment Technologies*. Available from: http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment_Technologies.

EPA, 2007b. *Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste and Water*. Available from: <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

EPA, 2007c. *Spills, disposal and site clean-up*. Available from: <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm>.

EPA, 2007d. *US EPA Method 7471B: Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)*.

EPA, 2007e. *US EPA Method 7473: Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*.

EPA, 2013. *Manual for the Construction of a Mercury Capture System for Use in Gold Processing Shops*. Available at: <http://www2.epa.gov/international-cooperation/manual-construction-mercury-capture-system-use-gold-shops>.

Euro Chlor, 2004. *Code of Practice, Mercury Housekeeping, Environmental Protection 11, 5th edition*. Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/ENV%20Prot%2011%20Edition%205.pdf>.

Euro Chlor, 2013. "Chlorine Industry Review". Available at: <http://www.eurochlor.org/media/70861/2013-annualreview-final.pdf>.

European Commission, 2001. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry*. Available at: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cak_bref_1201.pdf.

European Commission, 2003. *Commission Decision of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/>.

European Commission, 2006. *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. Available from: <http://eippcb.jrc.es/reference/wi.html>.

European Commission, 2008. *Options for reducing mercury use in products and applications and the fate of mercury already circulating in society*. Available at: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf.

European Commission, 2013. *Commission implementing decision of 9 December 2013 establishing the best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions, for the production of chlor-alkali (2013/732/EU)*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.

European Committee for Standardization, 2001. *EN 13211: Air quality - Stationary source emissions - Manual method of determination of the concentration of total mercury*.

European Committee for Standardization, 2002a. *EN 12457-1 to 4: Characterization of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges*.

European Committee for Standardization, 2002b. *EN 13656: Characterization of waste - Microwave assisted digestion with hydrofluoric (HF), nitric (HNO₃) and hydrochloric (HCl) acid mixture for subsequent determination of elements in waste*.

European Committee for Standardization, 2002c. *EN 13657: Characterization of waste - Digestion for subsequent determination of aqua regia soluble portion of elements in waste*.

European Committee for Standardization, 2003. *EN 13370: Characterization of waste - Analysis of eluates - Determination of Ammonium, AOX, conductivity, Hg, phenol index, TOC, easily liberatable CN-, F-*.

European Committee for Standardization, 2004. *TS 14405: Characterization of waste - Leaching behaviour test - Up-flow percolation test*.

European Committee for Standardization, 2005. *EN 14884: Air quality - Stationary source emissions - Determination of total mercury: Automated measuring systems*.

European Committee for Standardization, 2006. *EN 12920: Characterization of waste - Methodology for the determination of the leaching behaviour of waste under specified conditions*.

European Committee for Standardization, 2007. *EN 15309: Characterization of waste and soil - Determination of elemental composition by X-ray fluorescence*.

European Union, 2003. *Council Decision 2003/33/EC of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/>

European Union, 2006. *Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.

European Union, 2010a. *Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.

European Union, 2010b. *Regulation (EC) No. 1102/2008 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2008 on the banning of exports of metallic mercury and certain mercury compounds and mixtures and the safe storage of metallic mercury*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/>.

European Union, 2013. *Directive 2013/56/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 amending Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators as regards the placing on the market of portable batteries and accumulators containing cadmium intended for use in cordless power tools, and of button cells with low mercury content, and repealing Commission Decision 2009/603/EC*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.

FAO, 1985. *Guidelines for the Packaging and Storage of Pesticides*. Available at: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/i/fulltext/fao12/fao12.pdf>.

Gay, D.D., Cox, R.D. and Reinhardt, J.W., 1979. "Chewing Releases Mercury from Fillings", *Lancet*, vol. 1, pp. 985-986.

Galligan, G, Morose, G. and Giordani, J., 2003. "An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products", prepared for the Maine Department of Environmental Protection, Lowell Center for Sustainable Production, University of Lowell, MA. Available at: <http://www.chem.unep.ch/Mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>.

German Federal Environment Agency, 2014. *Behaviour of mercury and mercury compounds at the underground disposal in salt formations and their potential mobilisation by saline solutions*. Available from: <http://www.umweltbundesamt.de>.

Glenz, T. G., Brosseau, L.M. and Hoffbeck, R.W., 2009. "Preventing Mercury Vapor Release from Broken Fluorescent Lamps during Shipping", *Journal of the Air and Waste Management Association*, vol. 59, pp. 266-272.

Global Mercury Project, 2004. *Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small -Scale Gold Miners*, GEF/UNDP/UNIDO, Vienna. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/PROTOCOLS%20FOR%20ENVIRONMENTAL%20ASSESSMENT%20REVISION%2018-FINAL%20BOOK%20sb.pdf>.

Global Mercury Project, 2006. *Manual for Training Artisanal and Small-Scale Gold Miners*, UNIDO, Vienna. Available from: http://communitymining.org/attachments/221_training%20manual%20for%20miners%20GMP%20Marcelo%20Veiga.pdf?phpMyAdmin=cde87b62947d46938306c1d6ab7a0420.

GroundWork, 2005. "Advising and Monitoring the Clean-up and Disposal of Mercury Waste in Kwazulu-Natal, South Africa". Available at: http://www.zeromercury.org/phocadownload/Whats_on_in_the_regions/groundWork_Phase_one_Final_Report_1006_WebVs.pdf.

Grundfelt, B. et al, 2005. "Importance of the multi-barrier concept for the final disposal of radioactive waste" [in German], Kemakta Konsult AB, Bericht, Stockholm. Available at: http://www.bfs.de/de/endlager/publika/AG_3_Konzeptgrund_Mehrbarrierenkonzept1.pdf.

Hagemann, S., 2009. "Technologies for the stabilization of elemental mercury and mercury-containing wastes", Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit (GRS). GRS Report 252.

Hinton, J. and Veiga, M., 2001. "Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions", NIMD Forum 2001 - Mercury Research: Today and Tomorrow, Minamata City, Japan, National

- Institute for Minamata Disease, Ministry of the Environment, Japan, pp. 73-84. Available at: http://www.facome.uqam.ca/pdf/Minamata_Forum_2001.PDF.
- Hitachi, 2006. "Corporate Social Responsibility Report". available at: http://www.hitachi.com/csr/csr_images/csr2006.pdf.
- Honda S., 2005. "Study on the Environmentally Sound Management of Hazardous Wastes and Other Wastes in the Asia", postdoctoral dissertation, Tsinghua University, Beijing, China.
- Honda, S. et al, 2006. "Current Mercury Level in Cambodia - with Issue on Waste Management", NIMD Forum 2006 II: Current Issues on Mercury Pollution in the Asia-Pacific Region, Minamata City, Japan, pp. 91-102. Available at: http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_2006_II.pdf#page=98.
- Hylander, L.D. and Meili, M., 2005. "The Rise and Fall of Mercury: Converting a Resource to Refuse after 500 Years of Mining and Pollution", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 35, pp. 1-36.
- IAEA, 2009. *Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability*. Available at: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378_web.pdf.
- IATA, 2014. *Dangerous Goods Regulations Manual* (55th edition).
- ICAO, 2013. *Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air* (2013-2014 edition).
- ILO, 2000. *Mercurous Chloride*. Available from: http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=en&p_card_id=0984.
- ILO, 2001. *Mercuric Oxide*, International Occupational Safety and Health Information Centre.
- IMO, 2014. *International Maritime Dangerous Goods Code* (2014 edition). Available from: <http://www.imo.org/Publications/IMDGCode/Pages/Default.aspx>.
- Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group (ITRC), 1998. *Technical Guidelines for On-site Thermal Desorption of Solid Media and Low Level Mixed Waste Contaminated with Mercury and/or Hazardous Chlorinated Organics*. Available at: <http://www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/td-3.pdf>.
- Jacobs and Johnson Matthey, 2011. "Mercury Free VCM Catalyst", presented at VCM Catalyst Workshop, Beijing, 19 September 2011.
- Jang, M., Hong, S. M. and Park, J. K., 2005. "Characterization and Recovery of Mercury from Spent Fluorescent Lamps", *Waste Management*, vol. 25, pp. 5-14.
- Japan Standards Association, 1997. *JIS K 0222: Analysis Method for Mercury in Flue Gas*.
- Japan Public Health Association, 2001. *Preventive Measures against Environmental Mercury Pollution and Its Health Effects*, Japan Public Health Association, Tokyo, Japan. Available at <http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/docs/manual.pdf>.
- Jew, AD et al, 2014. "Microbially enhanced dissolution of HgS in an acid mine drainage system in the California Coast Range", *Geobiology*, vol. 12 No. 1, pp. 20-33.
- Kanai, Y. and Endou, H. 2003. "Functional Properties of Multispecific Amino Acid Transporters and Their Implications to Transporter-Mediated Toxicity", *Journal of Toxicological Sciences*, vol. 28, pp. 1-17. Available at: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jts/28/1/28_1_1/_pdf.
- Kerper, L.E., Ballatori, N. and Clarkson, T.W., 1992. "Methylmercury Transport Across the Blood-Brain Barrier by an Amino Acid Carrier", *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, vol. 262, pp. 761-765.
- Kobelco Eco-Solutions Co. Ltd., 2001. "Recycling System for Fluorescent Lamps" [in Japanese], p.45.

Kuncova, H., Petrlik, J. and Stavkova, M., 2007. "Chlorine Production – a Large Source of Mercury Releases (The Czech Republic Case Study)", prepared by Arnika Association, Prague. Available at: http://english.arnika.org/files/documents/Mercury_CZ.pdf.

Lambrecht, B., 1989. "Zulus Get Exported Poison - US Mercury Waste Pollutes Drinking Water in S. Africa", *St Louis Post-Dispatch*, p.26.

Latin America and the Caribbean Mercury Storage Project, 2010. "Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Latin America and the Caribbean". Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/LACMercuryStorageProject/tabid/3554/language/en-US/Default.aspx>.

López, F.A. et al, 2010. "Formation of metacinnabar by milling of liquid mercury and elemental sulfur for long term mercury storage", *Science of the Total Environment*, vol. 408 No. 20, pp. 4341-4345.

López, F.A. et al, 2015. "Mercury leaching from hazardous industrial wastes stabilized by sulfur polymer encapsulation", *Waste Management*, vol. 35, pp. 301-306.

López-Delgado, A. et al, 2012. "A microencapsulation process of liquid mercury by sulfur polymer stabilization/solidification technology. Part I: Characterization of materials", *Revista de Metalurgia*, vol. 48 No. 1, pp. 45-57.

Lowell Center for Sustainable Production, 2003. "An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products". Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>.

Lindberg, S.E. and Price, J. L., 1999. "Airborne Emissions of Mercury from Municipal Landfill Operations: A Short-Term Measurement Study in Florida", *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol., 49, pp. 520-532.

Lindberg, S. E. et al, 2001. "Methylated mercury species in municipal waste landfill gas sampled in Florida, USA", *Atmospheric Environment*, vol. 35 No. 23, pp. 4011-4015.

Maine Department of Environmental Protection, 2008. *Maine Compact Fluorescent Lamp Study*. Available from: <http://www.maine.gov/dep/rwm/homeowner/cflreport.htm>.

Maxson, P., 2010. Personal communication regarding update of a UNEP 2005 mercury trade report.

Maxson, P., 2011. Personal communication.

Mattus, C. H., 1999. "Measurements of mercury released from amalgams and sulfide compounds. Oak Ridge National Laboratory", ORNL/TM 13728. Available at: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/5899-ysqvR6/webviewable/5899.pdf>.

Minamata City Hall, 2000. "Minamata Disease - History and Message", Minamata Disease Museum, Minamata City, Japan.

Ministry of Environmental Protection of China, 2010. *Project Report on the Reduction of Mercury Use and Emission in Carbide PVC Production*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/VCM%20Production/Phase%20I%20Final%20Report%20-%20PVC%20Project%20Report%20for%20China.pdf>.

Ministry of the Environment of Japan, 1997. *Our Intensive Efforts to Overcome the Tragic History of Minamata Disease*.

Ministry of the Environment of Japan, 2002. *Minamata Disease - The History and Measures*. Available from: <http://www.env.go.jp/en/chemi/hs/minamata2002/index.html>.

Ministry of the Environment, Japan, 2007a. *Guidebook for Waste Management - Case Study of Promoting 3Rs in Japan*, JICA Seminar on Waste Management in Japan, Yokohama International Center.

Ministry of the Environment of Japan, 2007b. *Waste Disposal and Recycling Measures*. Available from: <http://www.env.go.jp/en/recycle/manage/waste.html>.

Ministry of the Environment of Japan, 2010. *Lessons from Minamata Disease and Mercury Management in Japan*. Available at: http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/en_full.pdf

Ministry of the Environment of Japan, 2015. *Japan's policy on the environmentally sound management of mercury wastes (summary) (recommended by the Central Environment Council in February 2015)*. Available at: <http://www.env.go.jp/en/recycle/wm/150413jpmw.pdf>.

Mizutani, S., Kadotani, K. and Kanjo, Y., 2010. "Adsorption behavior of mercuric compounds on soils under different pH condition" [in Japanese], *Environmental Engineering Research*, Vol. 47, pp. 267-272.

Mining, Minerals and Sustainable Development project (MMSD Project), 2002. *Artisanal and Small-Scale Mining*, documents on mining and sustainable development from United Nations and other organisations.

Mottet, N.K., Shaw, C.M. and Burbacher, T.M., 1985. "Health Risks from Increases in Methylmercury Exposure", *Environmental Health Perspectives*, vol. 63, pp. 133-140. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1568483>.

National Institute for Minamata Disease (NIMD), 1999. "Mission Report – Investigation into Suspected Mercury Contamination at Sihanoukville, Cambodia", Minamata City, Japan. Available from: http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_1999.pdf#page=134.

Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007. *Treatment of Mercury-containing Wastes at Itomuka Plant of Nomurakohsan Co., Ltd. Tokyo, Japan*.

The Northeast Waste Management Officials' Association (NEWMOA), 2004. "Mercury-Added Product Fact Sheet". Available from: http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/FactSheets/factsheet_ranges.cfm.

North Atlantic Treaty Organization, Committee on the Challenges of Modern Society (NATO/CCMS), 1998. *Evaluation of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment and Clean Up of Contaminated Land and Groundwater, NATO/CCMS Pilot Study, Phase II, Overview Report*. Available from: www.epa.gov.

OECD, 2001a. *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*.

OECD, 2001b. *Harmonised Integrated Classification System for Human Health and Environmental Hazards of Chemical Substances and Mixtures*.

OECD, 2004. *Recommendation of the Council on the Environmentally Sound Management of Waste*. Available from: <http://acts.oecd.org/Instruments/ShowInstrumentView.aspx?InstrumentID=51>.

OECD, 2007. *Guidance Manual on Environmentally Sound Management of Waste*. Available at: <http://www.oecd.org/dataoecd/23/31/39559085.pdf>.

Ogaki, Y., Yamada, Y. and Nomura, M., 2004. "Recycling Technology of JFE Group for Recycle Oriented Society" [in Japanese], *JFE GIHO*, vol. 6, pp. 37-43. Available at: <http://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/006/pdf/006-07.pdf>.

Oikawa, K. et al, 1983. "Respiratory Tract Retention of Inhaled Air Pollutants, Report 1: Mercury Absorption by Inhaling Through the Nose and Expiring Through the Mouth at Various Concentrations", *Chemosphere*, vol. 11, 943-951.

Oliveira, R.B. et al, 1998. "Methylmercury Intoxication and Histochemical Demonstration of NADPH-Diaphorase Activity in the Striate Cortex of Adult Cats", *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, vol. 31, pp. 1157-1161.

Ozonoff, D.M., 2006. "Methylmercury". Available at: http://www.ijc.org/rel/pdf/health_effects_spring2006.pdf.

Partnership for Action on Computing Equipment (PACE) Working Group, 2011. *Environmentally Sound Management (ESM) Criteria Recommendations*.

Panasonic, "Akari Ansin Service" [in Japanese]. Available from: <http://www2.panasonic.biz/es/lighting/akarianshin/index.html>.

Parker, J. L. and Bloom, N.S., 2005. "Preservation and storage techniques for low-level mercury speciation", *Science of the Total Environment*, vol. 337, pp. 253-263.

Richardson, G.M. and Allan, M., 1996. "A Monte Carlo Assessment of Mercury Exposure and Risks from Dental Amalgam", *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 2, pp. 709-761.

Richardson, G.M., 2003. "Inhalation of Mercury-Contaminated Particulate Matter by Dentists: An Overlooked Occupational Risk", *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 9, pp. 1519-1531.

Sakamoto, M. et al, 2004. "Maternal and Fetal Mercury and n-3 Polyunsaturated Fatty Acid as a Risk and Benefit of Fish Consumption to Fetus", *Environmental Science and Technology*, vol. 38, pp. 3860-3863.

Sakamoto, M. et al, 2005. "Difference in Methylmercury Exposure to Fetus and Breast-Feeding Offspring", *Korean Journal of Environmental Health*, vol. 31, pp. 179-186.

Sanborn, J.R. and Brodberg, R.K., 2006. "Evaluation of Bioaccumulation Factors and Translators for Methylmercury". Available at: http://www.oehha.ca.gov/fish/special_reports/pdf/BAF020907.pdf.

Science Applications International Corporation, 2002. "Technical Background Document: Mercury Wastes Evaluation of Treatment of Bulk Elemental Mercury Final Report". Available from: <http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=EPA-HQ-RCRA-2002-0029-0005>.

Spiegel, S. and Veiga, M., 2006. "Interventions to Reduce Mercury Pollution in Artisanal Gold Mining Sites - lessons from the UNDP/GEF/UNIDO Global Mercury Project", NIMD Forum 2006 II, Minamata City, Ministry of the Environment, Japan, pp. 1-18. Available at: http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_2006_II.pdf#page=8.

Steffen, A. et al, C. 2007. "A Synthesis of Atmospheric Mercury Depletion Event Chemistry Linking Atmosphere, Snow and Water", *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, vol. 7, pp. 10837-10931.

Tajima, S., 1970. "Studies on the Formation of Methylmercury Compounds. 1. Preparation of Monomercurated Acetaldehyde $X\text{HgCH}_2\text{CHO}$ and Formation of Methylmercury Compounds from Monomercurated Acetaldehyde" [in Japanese], *Kumamoto Igakkai Zasshi*, vol. 44, pp. 873-886.

Takahashi, Nakamura and Mizoiri, Shoji, 2004. "Mercury Behaviour in Chuo Bohatei Sotogawa Landfill" [in Japanese], Annual Report of the Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection 2004, pp. 165-171.

Tanel, B., Reyes-Osorno, B. and Tansel, I.N., 1998. "Comparative Analysis of Fluorescent Lamp Recycling and Disposal Options", *Journal of Solid Waste Technology and Management*, vol. 25, pp. 82-88.

The Lamp Recycling Outreach Project, undated. "Training Module (1-hour version) for Generators and Handlers Of Fluorescent and Mercury-Containing Lamps (and Ballasts)". Available at: <http://www.almr.org/1hourtrainingmodule.pdf>.

The Office of Technology Assessment, 1983. "Case Examples of Process Modification - Appendix 5A", in *Technologies and Management Strategies for Hazardous Waste Control*, The Office of Technology Assessment, Darby, USA, Diane Publishing, pp. 213-217.

The School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, 2000. "Environmental Justice Case Study - Thor Chemicals and Mercury Exposure in Cato-Ridge, Kwazulu-Natal, South Africa". Available from: <http://www.umich.edu/~snre492/Jones/thorchem.htm>.

The Zero Mercury Working Group et al, 2009. "Mercury Rising: Reducing Global Emissions from Burning Mercury-Added Products". Available at:
http://www.zeromercury.org/phocadownload/Mercury_in_processes/FINAL_MercuryRising_Feb2009.pdf.

United Nations, 2013. *United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations* (18th revised edition). Available from:
http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev18/18files_e.html.

UNDP, 2010. *Guidance on the Cleanup, Temporary or Intermediate Storage, and Transport of Mercury Waste from Health Care Facilities*. Available at:
<http://www.gefmedwaste.org/downloads/Guidance%20on%20Cleanup%20Storage%20and%20Transport%20of%20Mercury%20from%20Health%20Care%20July%202010.pdf>.

UNECE, 2003. *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)*. Available from: http://live.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev00/00files_e.html.

UNEP, 1994. *Guidance Document on the Preparation of Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Subject to the Basel Convention*. Available from:
<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/framework.doc>.

UNEP, 1995a. *Model National Legislation on the Management of Hazardous Wastes and Other Wastes as well as on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Other Wastes and their Disposal*. Available at: <http://www.basel.int/pub/modlegis.pdf>.

UNEP, 1995b. *Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5)*. Available at: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d5.pdf>.

UNEP, 1999. *Report of the Fifth Meeting of the Conference of the Parties to the Basel Convention*. Available from: <http://www.basel.int/meetings/cop/cop5/cop5reportfinal.pdf>.

UNEP, 2002. *Global Mercury Assessment*, Geneva, Switzerland. Available at:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/LinkClick.aspx?fileticket=Kpl4mFj7AJU%3d&tabid=3593&language=en-US>.

UNEP, 2005. *Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases*. Available at:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP, 2006a. *Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)*. Available at:
http://www.saicm.org/images/saicm_documents/saicm%20texts/SAICM_publication_ENG.pdf.

UNEP, 2006b. *Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury*. Available at:
<http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector%20Guide%202006.pdf>.

UNEP, 2006c. *Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury* Geneva, Switzerland. Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.

UNEP, 2008a. *Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport*. Available at:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/LinkClick.aspx?fileticket=Y0PHPmrXSuc%3d&tabid=3593&language=en-US>.

UNEP, 2008b. *Report on the Major Mercury Containing Products and Processes, Their Substitutes and Experience in Switching to Mercury Free Products and Processes*. Available at:
http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7/English/OEWG_2_7.doc.

UNEP, 2008c. *Summary Report on UNEP Mercury Inventory Activities*. Available at:
http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/y25_14/English/OEWG_2_INF14.doc.

UNEP, 2008d. *[Mercury] awareness raising package*. Available from:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/ReportsPublications/AwarenessRaisingPackage/tabid/4022/language/en-US/Default.aspx>.

2010a. *Global ASGM Forum Report*. Available at:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/GlobalForumonASGM/tabid/6005/Default.aspx>.

UNEP, 2010b. *Study on mercury sources and emissions and analysis of cost and effectiveness of control measures “UNEP Paragraph 29 study”*, document UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4. Available at:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/Negotiations/INC2/INC2MeetingDocuments/tabid/3484/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP, various dates. *Global Mercury Partnership reports and publications*. Available from:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/PrioritiesforAction/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/Reports/tabid/4489/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP, 2013. *Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases*. Available from:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>. (Revised in 2015)

UNEP, 2014a. *Report on the status of projects funded under the Quick Start Programme as of February 2014*. Available at:
<http://www.saicm.org/images/SAICM.EB.9.4.rev1%20Report%20on%20projects%20funded%20under%20the%20QSP.pdf>.

UNEP, 2014b. *List of alternatives to mercury-added products*. Available at:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Products/flyer%20final1%20%20mercury-free%20alternatives.pdf>.

UNEP, 2015a. *Manual for the Implementation of the Basel Convention*. Available from: www.basel.int.

UNEP, 2015b. *Guide to the Control System*. Available from: <http://www.basel.int>.

UNEP, 2015c. *General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants*. Available from:
<http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.doc>.

UNEP, 2015d. *Methodological guide for the development of inventories of hazardous wastes and other wastes under the Basel Convention*. Available from: <http://www.basel.int>.

UNEP and WHO, 2008. *Identifying Populations at Risk*. Available from:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingmaterialToolkits/GuidanceforIdentifyingPopulationsatRisk/tabid/3616/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP and SETAC, 2009. *Life Cycle Management*. Available at:
<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf>.

UNEP Global Mercury Partnership, 2013. *Global Inventory of Mercury-Cell Chlor-Alkali Facilities* [last updated in 2013]. Available from:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/ChloralkaliSector/Reports/tabid/4495/language/en-US/Default.aspx>.

US Department of Energy, 2009. *US Department of Energy Interim Guidance on Packaging, Transportation, Receipt, Management, and Long-Term Storage of Elemental Mercury*. Available at:
[http://www.mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20\(dated%202009-11-13\).pdf](http://www.mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20(dated%202009-11-13).pdf).

U.S. Department of Transportation, Transport Canada, Secretariat of Communications and Transportation of Mexico (SCT), 2012. *Emergency Response Guidebook*. Available from:
<https://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-menu-227.htm>.

Waples, Jacob S. et al, 2005. “Dissolution of cinnabar (HgS) in the presence of natural organic matter”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 69 No. 6, pp. 1575-1588.

- WHO, 1972. *WHO Food Additives Series, No.4: Evaluation of Mercury, Lead, Cadmium and the Food Additives Amaranth, Diethylpyrocarbonate, and Octyl Gallate*. Available from: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v004je07.htm>.
- WHO, 1990. *Environmental Health Criteria 101: Methylmercury*. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>.
- WHO, 1991. *Environmental Health Criteria 118: Inorganic Mercury*. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm>.
- WHO, 2003. *Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects*. Available at: <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>.
- WHO, 2006. *Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda*. Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/.
- WHO, 2010. *Future Use of Materials for Dental Restoration*. Available at: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/2011Dental%20material%20web_final%20report%20of%202009%20mtg.pdf.
- WHO, 2011. *Replacement of mercury thermometers and sphygmomanometers in health care Technical guidance*. Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/mercury_thermometers/en/.
- WHO Regional Office for Europe, 2000. *Air Quality Guidelines - Second Edition*. Available at: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/123079/AQG2ndEd_6_9Mercury.PDF.
- Wood, J.M., 1974. "Biological Cycles for Toxic Elements in the Environment", *Science*, vol. 15, pp. 1043-1048.
- World Nuclear Association, 2010. "Storage and Disposal Options". Available from: <http://www.world-nuclear.org/info/inf04ap2.html>.
- Yanase R., Hirato, O. and Matsufuji, Y., 2009. "Behaviour of Mercury from Used Batteries in Landfills over 20 Years", *Journal of the Japan Society of Material Cycles and Waste Management*, vol. 20 No. 1, pp. 12-23.
-