



**Programa de las  
Naciones Unidas  
para el Medio Ambiente**

Distr.: General  
14 de julio de 2008

Español  
Original: Inglés

---

**Grupo de Trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio**

Segunda reunión

Nairobi (Kenya)

6 a 10 de octubre de 2008

Tema 3 del programa provisional\*

**Examen y evaluación de las opciones para la adopción de  
medidas adicionales de carácter voluntario e instrumentos  
jurídicos internacionales nuevos o en vigor**

**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**

**Nota de la secretaría**

**Adición**

En el anexo de la presente adición figura el texto íntegro del informe a que se hace referencia en el documento UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/7.

---

\* UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/1.

## **Anexo**

**Informe general sobre el uso del mercurio en productos y procesos, su nivel de sustitución, la adopción de tecnologías alternativas y los productos alternativos de que se dispone**

**Preparado para:**

**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**

# Índice

<b>SINOPSIS .....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
Antecedentes .....	9
Objetivo.....	9
Metodología .....	9
Formato del informe .....	11
<b>A. CONCLUSIONES: PRODUCTOS QUE CONTIENEN MERCURIO.....</b>	<b>13</b>
A.1 Aparatos de medición y control .....	13
A.1.a Termómetros .....	13
A.1.b Esfigmomanómetros .....	16
A.1.c Termostatos .....	19
A.1.d Otros aparatos de medición y control .....	22
A.2 Pilas.....	33
A.3 Uso dental .....	47
A.4. Dispositivos eléctricos y electrónicos .....	57
A.4.a Interruptores eléctricos.....	57
Interruptores basculantes .....	57
Interruptores de flotador .....	62
Interruptores de temperatura.....	67
Interruptores de presión .....	69
A.4.b Relés.....	72
A.5 Lámparas/Iluminación .....	81
A.6 Otros productos.....	102
<b>B. CONCLUSIONES: PROCESOS QUE UTILIZAN MERCURIO.....</b>	<b>104</b>
B.1 Producción de cloro álcalis .....	104
B.2 Extracción de oro en forma artesanal y en pequeña escala .....	111
B.3 Producción de monoclóruo de vinilo .....	120
<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>125</b>
<b>FUENTES .....</b>	<b>129</b>

## Sinopsis

En su 24º período de sesiones, celebrado en febrero de 2007, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) adoptó la decisión 24/3 IV, en la que reconoció la necesidad de que se adoptaran nuevas medidas internacionales a largo plazo para reducir los riesgos que planteaba el mercurio para la salud humana y el medio ambiente. El Consejo estableció un grupo de trabajo especial de composición abierta (OEWG), integrado por gobiernos, organizaciones de integración económica regional y representantes de los interesados directos, encargado de examinar y evaluar medidas para abordar los problemas mundiales que planteaba el mercurio. En la primera reunión, celebrada en Bangkok (Tailandia) del 12 al 16 de noviembre de 2007, se acordó un programa de trabajo entre reuniones que la secretaría llevaría a cabo a fin de proseguir los debates en la segunda reunión del Grupo de Trabajo, que se celebraría del 6 al 10 de octubre de 2008.

En el presente informe se ofrece información sobre el uso y la cantidades relativas de mercurio en los principales productos y procesos que lo utilizan, el nivel de sustitución de esos productos y procesos y las experiencias ganadas en la adopción de tecnología y productos alternativos diferentes, con inclusión del uso y la sustitución del mercurio a nivel nacional en regiones geográficas de todo el mundo.

En sus gestiones para reunir datos sobre el mercurio de manera efectiva, el PNUMA envió a los países una solicitud de información (SI). Esta solicitud incluía un demanda estimada de mercurio, el nivel de sustitución y la experiencia ganada con productos alternativos que no utilizaran mercurio en relación con seis categorías de productos (aparatos de medición y control, pilas, uso dental, dispositivos eléctricos y electrónicos, lámparas/iluminación y otros usos) y tres categorías de procesos (producción de monoclóruo de vinilo, producción de cloro álcalis y extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala). El nivel de sustitución de productos y procesos se agrupó en las tres categorías que se indican a continuación.

Cuadro ES1: Categorías del nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Descripción
2	Se dispone de productos alternativos en el mercado que se utilizan de ordinario
1	Se dispone de productos alternativos en el mercado que se utilizan muy poco
0	No existen productos alternativos en el mercado

Se recibieron respuestas de 33 países. La información presentada en relación con cada uno de los productos y procesos es la siguiente:

- En el caso de procesos y productos a base de mercurio: Descripción de los productos y procesos, finalidad del uso del mercurio en el producto/proceso, cantidad de mercurio utilizado por unidad de producto/proceso, fabricantes y procesadores representativos, determinación de los precios de venta al detalle y cálculo de la demanda anual de mercurio a nivel nacional.

- En el caso de productos alternativos que no utilizan mercurio: Descripción de los productos y procesos, fabricantes/procesadores representativos, determinación de los precios de venta al detalle, ventajas y desventajas de esos productos alternativos frente a los procesos/productos que utilizan mercurio, nivel de sustitución del mercurio y experiencia ganada con los productos alternativos.

Además, se incluye un resumen que contiene las principales conclusiones relativas a cada producto y proceso y las principales conclusiones relativas a la demanda y la sustitución. En esa sección se explica también si se logró la transición a un producto/proceso diferente que no utilice mercurio. La transición exitosa se considera demostrada, si se dan las dos condiciones siguientes:

- 1) Más del 50% de los que respondieron señalaron la existencia de productos alternativos que se utilizaban de ordinario, y no se informó de experiencias negativas con esos productos diferentes.
- 2) Dos o más de los encuestados informó de una demanda anual de cero toneladas de mercurio o de haber impuesto una prohibición a algún producto/proceso que daría por resultado cero toneladas de mercurio en 2009.

Se clasificó entonces por categorías el uso del mercurio en productos/procesos y su sustitución sobre la base de los resultados de la transición desde una perspectiva mundial. En esta clasificación por categorías se establecieron las tres agrupaciones siguientes:

- Transición exitosa demostrada: En esta agrupación figuran productos y procesos para los que se dispone de tecnologías alternativas y cuyo éxito de la transición ha quedado demostrado en algunos países que enviaron sus respuestas. Los productos y procesos de esta agrupación se considerarían muy fácilmente sustituibles a nivel mundial.
- Disponibilidad de productos/procesos diferentes – Problemas señalados: En esta agrupación figuran productos y procesos para los que se dispone de tecnologías alternativas, aunque habrá que abordar determinados problemas económicos, técnicos, sociales o institucionales pendientes antes de que se puedan aplicar esas tecnologías alternativas a nivel mundial. Los productos y procesos de esta agrupación requerirán un período de transición intermedio o más prolongado, que dependerá de la magnitud de los problemas detectados.
- Viabilidad en un lugar específico: En esta agrupación figuran productos y procesos, respecto de los cuales los factores económicos, técnicos, sociales o institucionales, que influyen en la viabilidad de la aplicación de productos/procesos diferentes que no utilicen mercurio, varían muchísimo de un lugar a otro.

### ***Transición exitosa demostrada***

A juzgar por las respuestas proporcionadas, para algunos productos y procesos existen tecnologías alternativas disponibles y ha quedado demostrada la transición exitosa a esas tecnologías alternativas que no utilizan mercurio. A continuación se señalan esos productos y procesos:

- *Termómetros*: Se señalaron varias tecnologías alternativas, como la de líquidos, la de dial y la digital. El 53% de los que respondieron señalaron que estas tecnologías existían en el mercado y se utilizaban de ordinario, y no se conocía de experiencia negativa alguna con ellas. Además, cinco países informaron de una demanda cero de termómetros de mercurio.

No obstante, cuatro países que comunicaron un nivel de sustitución de “1” señalaron que las alternativas que no utilizaban mercurio eran más costosas.

- *Esfigmomanómetros*: Se mencionaron dos tecnologías alternativas principales: la aneroide y la electrónica. El 69% de los que respondieron señalaron que estas tecnologías existían en el mercado y se utilizaban de ordinario, y no se conocía de experiencia negativa alguna con ellas. Tres países comunicaron una demanda cero de esfigmomanómetros de mercurio.
- *Termostatos*: Se señalaron dos tecnologías alternativas principales: mecánica y electrónica. El 82% de los que respondieron señalaron que estas tecnologías existían en el mercado y se utilizaban de ordinario, y no se conocía de experiencia negativa alguna con ellas. Cinco países comunicaron una demanda cero de termostatos de mercurio.
- *Pilas (que no son las miniatura)*: En el caso de las pilas cilíndricas de pasta de zinc y manganeso, las pilas cilíndricas de zinc y manganeso con cartón, las pilas cilíndricas alcalinas de zinc y manganeso y las pilas de óxido de mercurio existen productos diferentes en el mercado, como el manganeso alcalino. El 76% de los que respondieron señalaron que estas tecnologías existían en el mercado y se utilizaban de ordinario, y no se conocía de experiencia negativa alguna con ellas. Seis países comunicaron una demanda cero de pilas de mercurio que no son las miniatura.
- *Interruptores y relés*: Se señalaron numerosas tecnologías alternativas para los distintos tipos de interruptores y relés de mercurio. El 70% de los que respondieron señalaron que estas tecnologías existían en el mercado y se utilizaban de ordinario, y no se conocía de experiencia negativa alguna con ellas. Además, cuatro países comunicaron una demanda cero de interruptores y relés de mercurio.
- *Faros delanteros de descarga de alta intensidad (HID) para automóviles*: Los fabricantes de automóviles hacen instalar faros de mercurio con descarga de alta intensidad en algunos vehículos de lujo y alta gama o de aceleración rápida, aunque actualmente en la mayoría de los automóviles se utilizan faros halógenos que no contienen mercurio. El fabricante del automóvil determina el diseño y el tipo de los faros que, por regla general, el consumidor no puede cambiar. Los faros delanteros de descarga de alta intensidad cuestan más que los halógenos, aunque entre sus beneficios figuran una mayor visibilidad nocturna, un tamaño más pequeño, larga duración y mayor rendimiento. Los fabricantes de automóviles que desean resultados parecidos a los de los faros delanteros de descarga de alta intensidad tienen ahora la opción de elegir entre dos tecnologías recientes que no utilizan mercurio: los faros delanteros de descarga de alta intensidad que utilizan yoduro de zinc en lugar de mercurio y los de diodos emisores de luz (LED).
- *Producción de cloro álcalis*: Muchos países del mundo que tienen plantas de producción de cloro álcalis para pilas de mercurio han reducido muchísimo su consumo de mercurio con el cierre de sus instalaciones destinadas a esa producción, la reducción de sus emisiones de mercurio mediante el perfeccionamiento de su funcionamiento o la conversión exitosa del proceso con pilas de mercurio al de pilas de membrana. Además, la industria se ha comprometido a cerrar o a convertir sus instalaciones de producción de cloro álcalis a base de mercurio en Europa y la India. Aunque la conversión de un proceso de pila de mercurio a pila de membrana es técnicamente factible, los costos de conversión varían de un lugar a otro. Importantes factores que afectan a los costos de conversión son la necesidad de aumentar la capacidad, los costos de la energía y los costos de mantenimiento relacionados

con la edad de la instalación de pilas de mercurio. Entre los beneficios que produce completar la conversión de las pilas de mercurio a las de membrana figuran la reducción del consumo de energía, la reducción de la necesidad de mantenimiento y la eliminación de problemas de gestión del mercurio. Aproximadamente 89% de las respuestas a la solicitud de información relativas a la producción de cloro álcalis quedaron clasificadas en el nivel de sustitución “2”, y no se proporcionaron respuestas negativas en cuanto a la transición a otros procesos que no utilizan mercurio. Asimismo, diez países calcularon en cero la demanda de mercurio.

### ***Disponibilidad de productos/procesos diferentes – Problemas señalados***

Para los siguientes productos y procesos se dispone de tecnologías alternativas, aunque quedan pendientes algunos problemas económicos, técnicos, sociales o institucionales. Estos problemas se deben abordar antes de que se puedan aplicar plenamente esas alternativas a nivel mundial.

- *Pilas miniatura de óxido de plata, aire y zinc, alcalinas y de óxido de mercurio:* Para todos estos productos que contienen mercurio existen pilas miniatura diferentes que no lo contienen. Sin embargo, la disponibilidad de estos productos diferentes es limitada, ya que no hay suficientes para cubrir la demanda de muchas aplicaciones de las pilas miniatura. A pesar de ello, la prohibición de todos los usos de esos productos en los Estados Unidos entrará en vigor en 2011, lo que dará tiempo suficiente a los fabricantes para crear pilas miniatura que no utilicen mercurio para la mayoría de las aplicaciones.
- *Amalgama dental:* Entre los productos alternativos de la amalgama dental que no utilizan mercurio están los materiales compuestos y los de ionómeros de vidrio. Estos materiales permiten lograr que la dentadura tenga el mismo color, y se utilizan mucho en casos en que la estética es importante. También tienen la ventaja de que los desechos generados cuando se empasta una caries no requieren un manejo especial. Estos materiales diferentes son más costosos, hay que emplear más tiempo para colocarlos y con frecuencia son menos resistentes a la fractura y al uso. Tres países (Dinamarca, Noruega y Suecia) determinaron que estos materiales eran sustitutos suficientes de la amalgama y, en 2008, impusieron prohibiciones relativas a la amalgama dental. Ocho países, que representan el 50% de las respuestas recibidas en relación con el uso del mercurio, indicaron que se disponía de productos alternativos que se utilizaban de ordinario a nivel nacional. Pese a que el proceso de transición ha quedado demostrado en algunos países, el costo más elevado de esos materiales diferentes es un problema que impide que prosiga el tránsito en el caso de la amalgama dental. Cuatro países formularon observaciones sobre el alto costo de esos materiales.
- *Unidades de retroiluminación para pantallas de cristal líquido (LCD):* Actualmente se utilizan tanto en los ordenadores portátiles como en los aparatos de televisión pantallas de cristal líquido con unidades de retroiluminación de diodos emisores de luz que no contienen mercurio. La tecnología de retroiluminación con diodos emisores de luz presenta determinadas ventajas frente a los sistemas de retroiluminación fluorescente de cátodo frío que tanto se utilizan, ya que es más duradera, tiene un coeficiente de contraste más elevado y tiene posibilidades de reducir el consumo de energía. La tecnología de retroiluminación con LED todavía está en desarrollo, cuesta más y para su transición exitosa tal vez haya que rediseñar los productos que utilizan pantallas de cristal líquido.
- *Lámparas lineales y lámparas fluorescentes compactas:* Actualmente se dispone de lámparas de LED para sustituir tanto a las lámparas lineales como a las compactas

fluorescentes, pero las de LED sirven solo para tipos limitados de aplicaciones debido a su luminosidad más baja y a su elevado costo. Las lámparas de LED tienen posibilidades de convertirse en un producto sustitutivo viable para las lámparas fluorescentes debido a su rendimiento energético y a su larga duración, aunque habrá que seguir logrando adelantos tecnológicos para que se materialicen todas sus posibilidades.

- *Lámparas de HID (excepto para automóviles):* Actualmente no se dispone de alternativas para las lámparas de HID que no utilicen mercurio, salvo algunas excepciones. No obstante, se han señalado varias tecnologías para lámparas que no utilizan mercurio como posibles alternativas a las lámparas de mercurio de HID, entre ellas: lámparas de LED, lámparas de haluro metálico que utilizan yoduro de zinc en sustitución del mercurio y lámparas de sodio de alta presión.
- *Extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala:* Para el proceso de extracción de oro existen tecnologías alternativas que no utilizan mercurio ya se están aplicando. Sin embargo, es probable que una transición exitosa hacia tecnologías que no utilicen mercurio requiera: esfuerzos de gran envergadura en materia de capacitación y educación, iniciativas para superar barreras culturales, logísticas y económicas; y una reducción del suministro de mercurio de bajo costo.

#### ***Viabilidad en un lugar específico***

Se determinó que, antes de que se pueda establecer la viabilidad económica de implantar un proceso que no utilice mercurio, habría que hacer un análisis del lugar específico en relación con el proceso siguiente:

- *Producción de monocloruro de vinilo (MCV):* Los fabricantes de MCV de casi todos los países, con la excepción de China y Rusia, han pasado al proceso basado en el etileno que no utiliza mercurio debido a que consume menos energía y al costo más bajo de la materia prima. En China, la producción de MCV con mercurio, que utiliza un proceso basado en el acetileno, sigue siendo económicamente favorable debido a factores como carbón barato y disponibilidad limitada de etileno para el proceso basado en este gas. Previsiblemente el uso del mercurio para la producción de MCV aumentará a medida que China amplíe su producción de MCV con otras instalaciones que utilizan el proceso basado en el acetileno.

En el presente análisis se tomaron en consideración las limitaciones de la información proporcionada. Muchas respuestas carecían de datos suficientes en relación con determinadas categorías de productos y procesos. Además, las respuestas recibidas en relación con el demanda estimada de mercurio a menudo contenían datos correspondientes a distintos años, algunas de las cuales se remontaban a 2001. Por tanto, esas respuestas no se pudieron utilizar para extrapolar los cálculos agregados de la demanda de mercurio sobre una base regional o mundial.



# Introducción

## Antecedentes

En su 24° período de sesiones, celebrado en febrero de 2007, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) adoptó la decisión 24/3 IV, en la que el Consejo de Administración llegó a la conclusión de que era menester adoptar más medidas internacionales a largo plazo para reducir los riesgos que plantea el mercurio para la salud humana y el medio ambiente. En esa misma decisión, el Consejo estableció un grupo de trabajo especial de composición abierta (OEWG), integrado por gobiernos, organizaciones de integración económica regional y representantes de los interesados directos.

La primera reunión del OEWG para examinar y establecer medidas encaminadas a abordar el problema mundial del mercurio se celebró en Bangkok (Tailandia) del 12 al 16 de noviembre de 2007. Participaron en esa reunión representantes de 91 gobiernos, una organización de integración económica regional, siete organizaciones intergubernamentales y 29 organizaciones de la sociedad civil. Para continuar sus deliberaciones en su segunda reunión, el OEWG aprobó un programa de trabajo entre reuniones, del cual se encargaría la secretaría. La segunda reunión del OEWG se celebrará del 6 al 10 de octubre de 2008.

## Objetivo

El objetivo del presente estudio es lograr lo siguiente:

- Designar tecnologías alternativas existentes aplicables a productos y procesos que contengan mercurio
- Informar del uso y las cantidades relativas de mercurio en esos productos y procesos, el nivel de sustitución de esos productos y proceso y las experiencias con la adopción de tecnologías alternativas y productos alternativos.
- Aportar conocimientos amplios sobre el uso del mercurio, su sustitución y las experiencias con la sustitución a nivel de países en todas las regiones geográficas del mundo.
- Suministrar la información que necesita la segunda reunión del OEWG para deliberar sobre el aumento de los esfuerzos o sobre medidas adicionales para reducir los riesgos que plantea el mercurio en los productos y el que se utiliza en los procesos.

## Metodología

Las fuentes de información primordiales para el presente informe son:

- Respuestas a la solicitud de información del PNUMA (SI)
- Respuestas al proyecto de Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA
- Fabricantes de productos que contienen mercurio
- Fabricantes de productos alternativos
- Asociaciones comerciales
- Gobierno y organizaciones no gubernamentales
- Detallistas de productos que contienen mercurio
- Detallistas de productos alternativos
- Otros materiales publicados son: el informe del PNUMA sobre la evaluación del mercurio a nivel mundial (2002), el documento de orientación del PNUMA sobre utilización y

liberación del mercurio (2006), el Instrumental para el inventario de mercurio del PNUMA (2006), informe del PNUMA sobre suministro, comercio e información sobre la demanda (2006), el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos sobre la *Mercury Substitution Priority Working List* (Lista activa de prioridades para la sustitución del mercurio).

Además, en el presente informe se hace referencia a los datos recibidos de la base de datos sobre el mercurio en productos del Centro de información interestatal sobre educación sobre el mercurio y su reducción (IMERC) de la Northeast Waste Management Officials Association (NEWMOA). La base de datos del IMERC ofrece la información presentada a sus Estados miembros sobre la cantidad y finalidad del uso del mercurio en productos de consumo. La información que figura en esta base de datos fue presentada por medio del IMERC por los fabricantes de productos o en su nombre, en cumplimiento de las leyes de los Estados de Connecticut, Maine, Massachusetts, Nueva Hampshire, Nueva York, Rhode Island y Vermont.

El PNUMA recibió en total respuestas de 33 países, entre ellas de países de América del Norte, América del Sur, Europa, Asia y África. En el cuadro siguiente se recoge la información recibida de cada uno de los 33 países que enviaron sus respuestas.

Cuadro II: Información enviada sobre el uso del mercurio, por país

País	Región	Respuesta a la SI	Respuesta al MIT	Otra documentación presentada
Argentina	América del Sur	✓		
Bangladesh	Asia			Respuesta de una página
Belarús	Europa	✓		
Brasil	América del Sur	✓		
Camboya	Asia	✓	✓	
Canadá	América del Norte			Carta de envío, una respuesta de tres páginas, y una respuesta de cinco páginas
Chile	América del Sur	✓	✓	
China	Asia			Respuesta de ocho páginas
Dinamarca	Europa	✓		
Ecuador	América del Sur	✓		
Francia	Europa	✓		
Alemania	Europa	✓		Informes sobre el mercurio y las pilas
Irán	Oriente Medio	✓		
Japón	Asia	✓		
Mauricio	África	✓		Informe sobre el mercurio
México	América del Norte			Respuesta de dos páginas
Países Bajos	Europa	✓		
Noruega	Europa	✓		
Pakistán	Oriente Medio			Inventario de doce páginas sobre el mercurio y presentación en PowerPoint
Panamá	Centroamérica	✓		
Filipinas	Asia		✓	Presentación en PowerPoint
Polonia	Europa			Respuesta de tres páginas
Qatar	Oriente Medio			Respuesta de dos páginas
Rumania	Europa	✓		
Eslovenia	Europa	✓		
Suecia	Europa	✓		Referencias a otros informes
Suiza	Europa	✓		
Siria	Oriente Medio	✓		
Trinidad y Tabago	Caribe			Respuesta de tres páginas
Reino Unido	Europa	✓		Informe de seis páginas sobre el mercurio
Estados Unidos	América del Norte	✓		Respuesta de 21 páginas
Uruguay	América del Sur			Respuesta de cuatro páginas
Yemen	Oriente Medio			Presentación en PowerPoint

## Formato del informe

La sección de conclusiones del presente informe se organizó con un formato compatible con la estructura de la solicitud de información con un capítulo para productos y otro para procesos, como se indica a continuación.

### Capítulo A: Conclusiones – Productos que contienen mercurio

1. Aparatos de medición y control
2. Pilas
3. Uso dental
4. Dispositivos eléctricos y electrónicos
5. Lámparas/iluminación
6. Otros productos

### Capítulo B: Conclusiones – Procesos que utilizan mercurio

1. Producción de cloro alcalis
2. Extracción de oro en pequeña escala y de forma artesanal
3. Producción de monocloruro de vinilo

El formato para cada uno de los productos y procesos en la sección sobre conclusiones del presente informe es el siguiente:

- ***Información general sobre el producto/proceso:*** La presente sección proporciona información general sobre cada categoría de producto/proceso basado en el mercurio, estudiada para el proyecto, e incluye lo siguiente.
  - Finalidad del uso del mercurio en el producto/proceso.
  - Cantidad de mercurio utilizada por unidad del producto/proceso.
  - Requisitos relativos al contenido de mercurio establecidos para los resultados de los productos/procesos.
  - Precios al detalle o escala de precios para los productos que contienen mercurio: La información sobre los precios depende de que se disponga de datos de conocimiento público. Las fuentes de información sobre los precios son Internet, folletos de los productos y otra información de conocimiento público.
  - Fabricantes y procesadores: En relación con los productos, esta sección se señalan los fabricantes representativos de cada categoría de productos y el lugar donde se encuentran sus instalaciones. En relación con los procesos, en esta sección se incluyen los procesadores representativos y el lugar donde se encuentran las instalaciones de procesamiento.
  - Productos/procesos alternativos que no utilizan mercurio, con su descripción, precios de venta al detalle o escala de precios, fabricantes y procesadores, así como las ventajas y desventajas de esos sustitutos respecto de los productos/procesos a base de mercurio.
- ***Demanda y utilización de mercurio:*** En esta sección se cuantifica y presenta en forma de cuadro la demanda estimada de mercurio para cada categoría de producto/proceso. La fuente de los datos primarios para esta sección son las respuestas a la solicitud de información del PNUMA y los resultados del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT). Los datos sobre el uso del mercurio proporcionados por los países se redondearon al kilogramo de mercurio más próximo. Algunos países dieron en sus respuestas un rango de su demanda estimada. En estos casos, en los cuadros se proporcionan los valores de la escala y los valores medios. Se presentan datos comparados extraídos de otras publicaciones, según proceda.

- **Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos:** En esta sección se indica en qué medida otros productos han sustituido o pueden sustituir a los productos que contienen mercurio. También se resume la información principal recibida con la solicitud de información respecto de las experiencias positivas y negativas tras el cambio a productos que no contienen mercurio. La principal fuente de datos para esta sección son las respuestas a la solicitud de información.
- **Resumen:** En esta sección figuran las principales conclusiones en relación con la demanda y la sustitución de productos/procesos, así como un cuadro sinóptico con las siguientes columnas:

*Tecnologías alternativas conocidas:* Se ofrece una respuesta positiva, si al menos se conoce un producto diferente en el mercado y el fabricante de esa categoría de producto específica o al menos se conoce un proceso diferente para una categoría de proceso específica.

*Viabilidad de la transición:* El uso del mercurio en productos y procesos y su sustitución se agrupó entonces en categorías basadas en los resultados de la transición desde una perspectiva mundial. En esta clasificación por categorías figuran los tres grupos siguientes:

- **Transición exitosa demostrada:** En este grupo están los productos y procesos para los que existen tecnologías alternativas y cuya transición exitosa ha quedado demostrada en algunos países que enviaron sus respuestas. Los productos y procesos de este grupo se considerarían los más fácilmente sustituibles a nivel mundial. Se considera que la transición exitosa ha quedado demostrada si se cumplen las dos condiciones siguientes:
  - 1) Más del 50% de los que respondieron a la solicitud de información informaron de un nivel de sustitución “2”, y no ofrecieron respuesta negativa alguna en relación con la transición al otro producto, lo que indica que se dispone de productos alternativos, que se utilizan de ordinario en la mayoría de los países que informaron sobre la demanda de mercurio.
  - 2) Dos o más de los que respondieron a la solicitud de información que indicaron una demanda anual de cero toneladas de mercurio o que han impuesto una prohibición a un producto/proceso que culminará en una demanda de mercurio de cero toneladas en 2009.
- **Existen productos alternativos – Se conocen las dificultades:** En este grupo figuran productos y procesos para los que existen tecnologías alternativas, pero hay que resolver problemas económicos, técnicos, sociales o institucionales pendientes antes de que se puedan aplicar esas tecnologías alternativas a nivel mundial. Para los productos y procesos de este grupo habría que establecer un período de transición intermedio o más prolongado según la magnitud de los problemas señalados.
- **Viabilidad de un lugar específico:** En este grupo figuran productos y procesos cuyos factores económicos, técnicos, sociales o institucionales que influyen en la viabilidad de la aplicación de productos alternativos que no utilizan mercurio varían mucho de un lugar a otro.

## A. Conclusiones: Productos que contienen mercurio

### A.1 Aparatos de medición y control

#### A.1.a Termómetros

Los termómetros son dispositivos utilizados para medir la temperatura. Existen muchos tipos de termómetros que pueden contener mercurio, entre ellos:

- Termómetros para refrigeradores, lavadoras, hornos, golosinas y carne
- Termómetros utilizados para medir la temperatura ambiente y en el exterior
- Termómetros de laboratorio
- Termómetros para medir la fiebre
- Termómetros basales utilizador para medir la temperatura metabólica basal
- Termómetros utilizados en aplicaciones industriales

La presente sección abarca los termómetros de mercurio y tres productos alternativos que no utilizan mercurio: termómetro de líquido, termómetro de dial y termómetro digital.

#### Termómetro de mercurio

##### Información general sobre el producto

Los termómetros de mercurio consisten de ordinario en un tubo de vidrio que contiene una columna de mercurio que sube y baja con los correspondientes cambios de temperatura. En el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se plantea que el precio de productos alternativos que no utilizan mercurio es más alto que el de los termómetros médicos y aproximadamente el mismo de otros termómetros de vidrio utilizados en laboratorios o con fines docentes o de otro tipo. (Maag, 2007)

El contenido de mercurio de los termómetros, comunicado como rango al IMERC por los fabricantes de estos productos, correspondía a uno de los dos rangos siguientes: 100 a 1.000 miligramos por dispositivo o más de 1.000 miligramos por dispositivo. Algunos fabricantes notificaron cantidades exactas al IMERC, cantidades que variaban de 0,5 a 54 gramos por termómetro. (NEWMOA, 2008) En el Instrumental del PNUMA figuraban ejemplos del contenido de mercurio en termómetros médicos (0,5 a 1,5 gramos en la Unión Europea), termómetros domésticos (0,5 a 2,25 gramos en la Unión Europea) y termómetros de laboratorio (1,4 a 48 gramos en Rusia). (PNUMA, 2005)

El contenido de mercurio notificado por los fabricantes de termómetros digitales al IMERC era 0 a 5 miligramos por dispositivo ó 5 a 10 miligramos por dispositivo. Sin embargo, el contenido de mercurio notificado era el del mercurio que utiliza la pila miniatura de botón situada dentro del termómetro digital.

#### Fabricantes y productos representativos

A continuación se indican los fabricantes representativos de termómetros de mercurio:

Cuadro Al.1: Fabricantes representativos de termómetros de mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Caretek Medical	Wenzhou (China)	<a href="http://www.cnmeditek.com">www.cnmeditek.com</a>	Serie CRW	Difícil de obtener.
Fábrica de termómetros Changzhou Ruiming de China	Changzhou (China)	<a href="http://www.china-lanxi.com">www.china-lanxi.com</a>	Serie LX	Difícil de obtener.
Medline Industries, Inc.	Mundelein, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.medline.com">www.medline.com</a>	Oral Glass	4,90, (Nextag y Vitality)
SoFine Group Co. Ltd.	Ningbo (China)	<a href="http://www.sofine-medical.com">www.sofine-medical.com</a>	DT-TO1-02	2,00, (Lista del proveedor)
Sper Scientific Ltd.	Scottsdale, Arizona (EE.UU.)	<a href="http://www.sperscientific.com">www.sperscientific.com</a>	736060	1,50, (Technika)
Taylor Precision Products	Oak Brook, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.taylorusa.com">www.taylorusa.com</a>	Termómetro de lavadora	17,03, (Nextag)
Vee Gee Scientific	Kirkland, Washington (EE.UU.)	<a href="http://www.veege.com">www.veege.com</a>	80102	2,70, (Novatech)

### Alternativa 1: Termómetro de líquido

#### Información general sobre el producto

Los termómetros de líquido consisten en un tubo cilíndrico que contiene un líquido que se dilata y se contrae con el aumento o la disminución de la temperatura. Los termómetros de líquido utilizan líquidos orgánicos comunes como alcohol, keroseno y solventes a base de extracto de cítricos que se tiñen de azul, rojo o verde. Además, los termómetros de galinstano contienen un líquido plateado en un tubo de vidrio. El líquido es una mezcla de galio, indio y estaño que se dilata con la temperatura para proporcionar una lectura.

Los termómetros de galinstano son comparables en su función al mercurio, porque consisten en un tubo de vidrio que contiene un líquido plateado que sube en una columna cuando aumenta la temperatura. Sin embargo, la toxicidad de la mezcla de galio, indio y estaño no se conoce bien aún. El termómetro de líquido es el sustituto más común del termómetro de mercurio.

#### Fabricantes y productos representativos

A continuación se mencionan los fabricantes representativos de termómetros de líquido:

Cuadro Al.2: Fabricantes representativos de termómetros de líquido

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Fábrica de Termómetros Changzou Ruiming de China	Changzhou (China)	<a href="http://www.china-lanxi.com">www.china-lanxi.com</a>	Serie LX	Difícil de obtener.
RG Medical Diagnostics	Southfield, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.rgmd.com">www.rgmd.com</a>	Serie Geratherm, Rectal sin mercurio	5,38, (Amazon)
Sper Scientific Ltd.	Scottsdale, Arizona (EE.UU.)	<a href="http://www.sperscientific.com">www.sperscientific.com</a>	735384,	1.50, (Technika)
Vee Gee Scientific	Kirkland, Washington (EE.UU.)	<a href="http://www.veegee.com">www.veegee.com</a>	80501, Relleno de alcohol,	2,30, (Novatech)

### Alternativa 2: Termómetro de dial

#### Información general sobre el producto

Los termómetros de dial suelen utilizar una espiral bimetálica formada por dos metales distintos aglomerados. Esos metales tienen coeficientes de expansión diferentes, y hacen girar la espiral cuando se les somete a un cambio de temperatura. Los termómetros de dial se pueden utilizar para aplicaciones en montajes industriales y funcionan en gamas de temperatura amplias. Por ejemplo, el modelo Ashcroft CI se puede utilizar en temperaturas que fluctúan entre -50 °C y 500 °C.

#### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de termómetros de dial:

Cuadro Al.3: Fabricantes representativos de termómetros de dial

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Ashcroft Inc.	Stratford, Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.ashcroft.com">www.ashcroft.com</a>	Series CI, EI, EL, y FT	Difícil de obtener
Comark Ltd.	Hertfordshire, Reino Unido	<a href="http://www.comarkltd.com">www.comarkltd.com</a>	Serie CD400 y MT200, de bolsillo de 1 pulgada	5,00, (QAsupplies)
Taylor Precision Products	Oak Brook, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.taylorusa.com">www.taylorusa.com</a>	8212	19,00, (Miller)
Vee Gee Scientific	Kirkland, Washington (EE.UU.)	<a href="http://www.veegee.com">www.veegee.com</a>	81070	4,90, (Novatech)

### Alternativa 3: Termómetro digital

#### Información general sobre el producto

Los termómetros digitales utilizan sensores de temperatura como son los termistores o los termopares. El funcionamiento del termistor se basa en el principio de que la resistencia eléctrica

del material del termistor cambia a medida que cambia la temperatura. Los termopares están formados por dos láminas de metales distintos. Las láminas de metal se unen en uno de los extremos y el voltaje se mide en el otro extremo. Un circuito mide estos cambios en la resistencia o cambios de voltaje y los convierte en una lectura de la temperatura. El termómetro digital presenta varias ventajas como menos tiempo para obtener la lectura de la temperatura, además el termómetro digital puede emitir una señal cuando se alcanza la temperatura máxima. Su desventaja radica en que el termómetro digital suele utilizar una pila de botón miniatura que puede contener mercurio.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de termómetros digitales.

Cuadro Al.4: Fabricantes representativos de termómetros digitales

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
American Diagnostic Corp.	Hauppauge, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.adctoday.com">www.adctoday.com</a>	ADTEMP IV	5,62, (Nextag)
Becton Dickinson and Company	Franklin Lakes, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.bd.com">www.bd.com</a>	Serie 52, Rápido	8,59, (Nextag)
Omron Healthcare Inc.	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omronhealthcare.com">www.omronhealthcare.com</a>	Serie MC, 20 segundos flexible,	10,43, (Vitality)
Taylor Precision Products	Oak Brook, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.taylorusa.com">www.taylorusa.com</a>	Serie 1400, lectura instantánea	11,99, (Nextag)

### A.1.b Esfigmomanómetros

Los esfigmomanómetros miden la tensión sanguínea sistólica y diastólica. Los aparatos para medir la tensión sanguínea suelen utilizar un brazalete que se rellena de aire para bloquear temporalmente el flujo sanguíneo arterial y entonces aplicar una técnica particular para obtener datos sobre la tensión sanguínea mientras el brazalete se desinfla. Las dos técnicas más comunes para medir la tensión son la de auscultación y la oscilométrica. El método de auscultación supone escuchar sonidos característicos del flujo sanguíneo y la técnica oscilométrica utiliza un transductor de presión. Hay estilos diferentes de esfigmomanómetros, como los de pared, los móviles, los de bolsillo y el modelo de mesa.

La presente sección trata del esfigmomanómetro de mercurio y dos productos diferentes que no utilizan mercurio: el esfigmomanómetro aneroide y el electrónico.

#### Esfigmomanómetros de mercurio

##### Información general sobre el producto

El esfigmomanómetro de mercurio utiliza el método de auscultación para medir el flujo sanguíneo. El clínico determina la tensión sistólica y la diastólica buscando los sonidos Korotkoff o sonidos que caracterizan diferentes etapas del flujo sanguíneo mientras se desinfla el brazalete. En determinado momento de la escucha de sonido, el clínico lee el nivel de tensión. El esfigmomanómetro de mercurio utiliza una columna de mercurio (manómetro) para proporcionar la



lectura de la tensión. La expansión y contracción precisas del mercurio según la tensión se prestan para indicar la tensión. El manómetro suele arrojar una lectura de 0 a 300 milímetros de mercurio.

Cuando los fabricantes notificaron el contenido de mercurio de los esfigmomanómetros a IMERC como rango, la cantidad superaba los 1.000 miligramos por dispositivo. Algunos fabricantes notificaron cantidades exactas a IMERC, y esas cantidades variaban de 50 a 140 gramos por esfigmomanómetro. (NEWMOA, 2008) El Instrumental del PNUMA señalaba ejemplos de Dinamarca y la Unión Europea, donde los esfigmomanómetros contenían 70 y 85 gramos de mercurio respectivamente. (PNUMA, 2005)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de esfigmomanómetros de mercurio:

Cuadro Al.5: Fabricantes representativos de Esfigmomanómetros de mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
American Diagnostic Corp.	Hauppauge, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.adctoday.com">www.adctoday.com</a>	972	281, (Nextag)
Caretek Medical	Wenzhou (China)	<a href="http://www.cnmeditek.com">www.cnmeditek.com</a>	Serie MT-3	Difícil de obtener.
GF Health Products Inc.	Atlanta, Georgia (EE.UU.)	<a href="http://www.grahamfield.com">www.grahamfield.com</a>	Serie Labtron, 03-225	59,95, (Promed)
MDF Instruments	Agoura Hills, California (EE.UU.)	<a href="http://www.mdfEuropa.com">www.mdfEuropa.com</a>	MDF 800	67,07, (Healthy)
Rudolf Riester GmbH	Jungingen (Alemania)	<a href="http://www.riester.de">www.riester.de</a>	R-12-605	113,84, (Healthy)
W. A. Baum	Copiague, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.wabaum.com">www.wabaum.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Wenzhou Wuzhou Group Co. Ltd.	Zhejiang (China)	<a href="http://wuzhou.en.alibaba.com">wuzhou.en.alibaba.com</a>	Tipo normal de mesa	Difícil de obtener.

## Alternativa 1: Esfigmomanómetros aneroides

### Información general sobre el producto

Los esfigmomanómetros aneroides utilizan también el método de auscultación para medir la tensión sanguínea. El medidor aneroides tiene un dial que lee en unidades de 0 a 300 mm de mercurio y un fuelle corrugado de bronce delgado que responde a los cambios de temperatura. Para determinar el grado de precisión de los esfigmomanómetros aneroides, la Clínica Mayo de los Estados Unidos evaluó 283 de estos aparatos. En el estudio se determinó que prácticamente el 100% de los valores obtenidos se encontraban en un margen de 4 mm de la columna de mercurio, como recomendaba la Association for the Advancement of Medical Instrumentation; también que los esfigmomanómetros aneroides proporcionaban mediciones exactas de la tensión cuando se seguía el protocolo de mantenimiento apropiado. (Canzanella, 2001) Ejemplo de protocolo de mantenimiento del manual de servicio de los esfigmomanómetros aneroides de Welch Allyn: durante su funcionamiento normal, si la aguja está dentro del óvalo/cuadrado, el instrumento está calibrado, pero si la aguja está fuera, no se está midiendo la tensión y hay que volver a calibrar el aparato. Además, todos los años hay que calibrarlo aunque la aguja se encuentre dentro del óvalo/cuadrado. (Welch Allyn)

## Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de esfigmomanómetros aneroides:

Cuadro Al.6: Fabricantes representativos de esfigmomanómetros aneroides

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
A&D Medical	San José, California (EE.UU.)	<a href="http://www.andmedical.com">www.andmedical.com</a>	UA-200	39,95, (Promed)
American Diagnostic Corp.	Hauppauge, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.adctoday.com">www.adctoday.com</a>	Diagnostix 703	66, (Nextag)
BV Medical Standard	Barrington, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.bvmedical.com">www.bvmedical.com</a>	BV-115M	20,93, (Healthy)
GF Health Products Inc.	Atlanta, Georgia (EE.UU.)	<a href="http://www.grahamfield.com">www.grahamfield.com</a>	Serie Labtron, 03-202S	39,95, (Promed)
MDF Instruments	Agoura Hills, California (EE.UU.)	<a href="http://www.mdfEuropa.com">www.mdfEuropa.com</a>	MDF808B,	41,08, (Healthy)
Omron Healthcare Inc.	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omronhealthcare.com">www.omronhealthcare.com</a>	115M,	22,04, (Healthy)
Trimline Medical Products Corp.	Raritan, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.trimlinemed.com">www.trimlinemed.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
W. A. Baum	Copiague, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.wabaum.com">www.wabaum.com</a>	Serie de bolsillo	49,98, (AllHeart)
Welch Allyn Tycos	Skaneateles, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.welchallyn.com">www.welchallyn.com</a>	Aneroide de bolsillo	117,98, (AllHeart)

## Alternativa 2: Esfigmomanómetros electrónicos

### Información general sobre el producto

El esfigmomanómetro electrónico utiliza la técnica oscilométrica. El esfigmomanómetro electrónico utiliza un sensor de presión y un microprocesador en lugar del oído humano y un medidor simple. Mientras se desinfla el brazalete, un sensor de presión transmite una señal eléctrica a un microprocesador que traduce la señal en tensión sistólica y diastólica.

Además de la tensión sistólica y diastólica, este tipo de aparato puede visualizar información más amplia acerca del comportamiento de la tensión sanguínea, que puede resultar útil para el diagnóstico.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de esfigmomanómetros electrónicos:

Cuadro A1.7: Fabricantes representativos de esfigmomanómetros electrónicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
A&D Medical	San José, California (EE.UU.)	<a href="http://www.andmedical.com">www.andmedical.com</a>	UA-766-PV	89,95, (Promed)
Homedics	Commerce Township, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.homedics.com">www.homedics.com</a>	BPA-300	99,95, (Promed)
Omron Healthcare Inc.	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omronhealthcare.com">www.omronhealthcare.com</a>	HEM-711DLX	99,95, (Promed)

### A.1.c Termostatos

Los termostatos son dispositivos que con suma frecuencia se utilizan para medir automáticamente la temperatura ambiente y controlar el equipo para que se mantenga la temperatura deseada en el lugar. Los termostatos controlan la temperatura ambiente encendiendo y apagando el equipo de calefacción y aire acondicionado cuando la temperatura deja de ajustarse al rango especificado o cuando detecta diferencia de temperatura. Por ejemplo, si el termostato enciende el equipo de calefacción a 70 °F y lo apaga a 74 °F, la diferencia es de 4 °F. El control anticipador es una función avanzada que utilizan los termostatos para apagar el equipo de calefacción antes de que la temperatura de la habitación llegue al punto máximo de desconexión.

Los dos componentes principales de un termostato son el sensor de temperatura y el interruptor de temperatura. Por ejemplo, cuando la temperatura de la habitación está por debajo de determinada temperatura, el termostato envía una señal eléctrica y enciende el aparato de calefacción. Esta sección incluye termostatos con un interruptor de mercurio y otros dos productos que no lo contienen: termostatos con interruptor mecánico y termostatos electrónicos. Son muchas las causas que influyen en la selección final de un termostato, como el costo, la calidad y fiabilidad del producto, la precisión del producto, el envío a tiempo, el servicio al cliente, el apoyo técnico, la facilidad de uso, el valor eléctrico nominal, el número de fases de calentamiento/ enfriamiento, los intereses ecológicos y el rendimiento energético.

El rendimiento energético suele ser un atributo muy importante de los termostatos a la hora de seleccionar uno. Debido a que el termostato enciende y apaga un equipo de calefacción/aire acondicionado, la temperatura ambiente variará por encima y por debajo de la deseada. La fluctuación de la temperatura en un local se denomina “variación de la temperatura”. El EPA de los EE.UU. exige una “variación de la temperatura” de 4 °F o menos para lograr un valor nominal de Energy Star en los termostatos electrónicos programables. Sin embargo, los distintos fabricantes de termostatos no disponen de ordinario de datos sobre las variaciones de la temperatura. Por consiguiente, a los efectos del presente informe un termostato se considera de buen rendimiento energético si, además de la diferencia de 4 ° F o menos, tiene otras funciones de control del termostato como el anticipador. Hay bastantes probabilidades de que un termostato con estas características mantenga una variación de temperatura de menos de 4 °F, si está debidamente instalado y calibrado. Hay modelos de termostato con una diferencia de 4 °F o menos y un anticipador para los termostatos de mercurio, los de interruptor mecánico y los electrónicos.

## Termostatos de mercurio

### Información general sobre el producto

Los termostatos con interruptores de mercurio suelen utilizar un material bimetálico, como bronce y acero, para detectar los cambios de temperatura. Los sensores bimetálicos cambian de forma según la temperatura. El sensor bimetálico suele ser una espiral que activa el interruptor de mercurio mediante rotación angular. Los interruptores de mercurio consisten en una ampolla de vidrio rellena de un gas inerte y una cubeta de mercurio. La ampolla de vidrio se fija al extremo móvil del material bimetálico, para que pueda girar con el movimiento del material bimetálico. Cuando este material coloca la ampolla de vidrio en una nueva posición, la cubeta de mercurio conecta o desconecta la corriente eléctrica para controlar el equipo de calefacción y aire acondicionado. En el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se señala que el precio de los productos que no contienen mercurio es más o menos el mismo de los termostatos que contienen mercurio. (Maag, 2007)

El contenido de mercurio notificado a IMERC como rango por los fabricantes de termostatos de mercurio fluctuaba entre los dos siguientes: 100 a 1.000 miligramos por dispositivo o más de 1.000 miligramos por dispositivo. Algunos fabricantes comunicaron cantidades exactas a IMERC, que fluctuaban entre 1 y 3 gramos por termostato. (NEWMOA, 2008)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de termostatos de mercurio:

Cuadro Al.8: Fabricantes representativos de termostatos de mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	Muchos modelos.	Difícil de obtener.
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	988-1	20,50, (Electric)
Lux	Mt. Laurel, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	Muchos modelos.	Difícil de obtener.
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.white-rodgers.com">www.white-rodgers.com</a>	1F56-301	24.99, (AZ)

## Alternativa 1: Termostatos con interruptores mecánicos

### Información general sobre el producto

Los termostatos con interruptores mecánicos con frecuencia utilizan material bimetálico para detectar cambios de temperatura. El sensor bimetálico activa un interruptor mecánico de acción rápida que conecta o desconecta la corriente eléctrica para controlar el equipo de calefacción o aire acondicionado. Los termostatos con interruptores mecánicos o de mercurio tienen características técnicas parecidas que no son solo las de un mecanismo de conmutación.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de termostatos con interruptores mecánicos:

Cuadro Al.9: Fabricantes representativos de termostatos con interruptores mecánicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	200-401	23,00, (Electric)
Lux	Mt. Laurel, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.white-rodgers.com">www.white-rodgers.com</a>	1E50N-301	32,75, (Protherm)
			1C20-102	11,79, (AZ)

## Alternativa 2: Termostatos electrónicos

### Información general sobre el producto

Los termostatos electrónicos a menudo utilizan termistores u otros sensores con circuitos integrados para detectar cambios de temperatura. Los termistores proporcionan una solución de bajo costo para medir la temperatura, así como señales de gran potencia y respuesta rápida a los cambios de temperatura.

Los termostatos electrónicos pueden ser programables o no. Ambos tipos suelen tener una pantalla de diodos emisores de luz (LED) que permite una mejor lectura y se pueden programar para mantener una posición de ajuste única de la temperatura. Sin embargo, el termostato programable permite modificar el programa de calentamiento/enfriamiento si el usuario así lo desea. Por ejemplo, el usuario puede programar el termostato para lograr determinada temperatura en determinadas horas y días a fin de reducir el consumo de energía.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de termostatos electrónicos programables:

Cuadro Al.10: Fabricantes representativos de termostatos electrónicos programables

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	LineWattsPRO 8000	49.00, (Nextag)
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	Modelo 9701	139.95 (Aire)
Lux	Mt. Laurel, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	PSP 511	33.00, (Termostato)
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.white-rodgers.com">www.white-rodgers.com</a>	1F78H-151,	33.95, (Protherm)

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de termostatos electrónicos no programables:

Cuadro Al.11: Fabricantes representativos de termostatos electrónicos no programables

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	TH5220D	49.95, (Nextag)
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	9400 Modelo	44.95 (Aire)
Lux	Mt. Laurel, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	PSD100,	38.50, (Termostato)
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.white-rodgers.com">www.white-rodgers.com</a>	1F86-241,	38.95, (Protherm)

#### A.1.d Otros aparatos de medición y control

Existen muchos otros tipos de aparatos de medición y control que contienen mercurio, entre ellos barómetros, manómetros, psicrómetros, higrómetros, hidrómetros, medidores de caudal, detectores de llama y pirómetros. Se recibieron respuestas de cuatro países con la estimación de mercurio para esos aparatos de medición y control. Las respuestas se describen a continuación en la sección sobre Demanda y utilización de mercurio.

#### Demanda y utilización de mercurio

Trece países comunicaron su demanda estimada de mercurio para aparatos de medición y control en las subcategorías siguientes: termómetros, esfigmomanómetros, termostatos y otros dispositivos. Por esa razón, los datos sobre la demanda de mercurio se presentan en cuatro cuadros distintos, uno por cada subcategoría.

Sin embargo, dos países comunicaron su demanda estimada de mercurio para aparatos de medición y control como un solo valor sin desglose por tipo de producto. El Canadá informó de una demanda estimada en 0,35 toneladas métricas de mercurio en 2003, y el Reino Unido informó de una demanda estimada en 2,37 toneladas métricas de mercurio en 2005.

#### Termómetros

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen los datos sobre la demanda de mercurio para termómetros proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA o de otros documentos, incluidos los informes generados a partir del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA. Trece países enviaron información sobre la demanda estimada de cloro para termómetros. La cifra indicada en las respuestas variaba entre 0 y 179,3 toneladas métricas de mercurio al año, tres países no enviaron información sobre la demanda de mercurio para termómetros. Las respuestas en relación con la demanda estimada de mercurio arrojaron datos para varios años, incluso información que databa de 2004.

Cuadro A1.12: Demanda de mercurio para termómetros (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio /Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
China	Otras	200,9 (2005)* 179,3 (2004)
Rusia	Otras	25.579 (2002)**
Chile	SI, MIT	1.433 (0,743 a 2.123)
Rumania	SI	1.588 (2006, 2007)
Belarús	SI	0,73
Japón	SI	0,59 (2005)
Estados Unidos	SI	0,5 (2004)***
Filipinas	MIT	0,132 (0,066 a 0,198)
Argentina	SI	0,05
Camboya	MIT	0,006 (0,003 a 0,009)
Suecia	SI	0,001
Francia	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0

\* Información obtenida del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales, Informe de un análisis de investigación sobre el uso del mercurio en China 2003 – 2005 – Industria de aparatos de medición de China, mayo de 2007.

\*\* Información obtenida de un informe del ACAP titulado: “Evaluación de las emisiones de mercurio de la Federación de Rusia”. (ACAP, 2004)

\*\*\* Termómetros de laboratorio y para medir la fiebre solamente

Los niveles de demanda de mercurio per cápita comunicados corresponden a los tres grupos distintos que se indican a continuación:

1. Rusia (0,180) y China (0,152) informaron los niveles más altos de demanda de mercurio per cápita en gramos de mercurio por persona al año, circunstancia que cabe atribuir a que ambos países fabrican termómetros de mercurio. En 2005, los fabricantes de termómetros de China consumieron 200,9 toneladas de mercurio. De esta cifra, se exportó el 40,3%. OJSC Termopribor es el único fabricante de termómetros de mercurio en Rusia y su producción de termómetros en 2002 consumió 25.579 toneladas métricas de mercurio.
2. Tres países (Chile, Rumania, y Belarús) notificaron niveles de demanda de mercurio anual per cápita entre 0,074 y 0,086 gramos.
3. Los otros nueve países informaron una demanda de mercurio per cápita anual equivalente o inferior a 0,005 gramos.

En el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) se recomienda recopilar datos reales sobre los niveles de mercurio en cada tipo de termómetro. Sin embargo, si no se dispone de esta información, entonces se recomienda utilizar los siguientes coeficientes por omisión del contenido de mercurio para los distintos tipos de termómetros:

Cuadro A1.13: Coeficientes por omisión del contenido en los termómetros

<b>Tipo de termómetro</b>	<b>Contenido de mercurio (gramos de mercurio/artículo)</b>
Médico	0,5 a 1.5
Temperatura del aire ambiente	2 a 5
Aplicaciones industriales y especiales	5 a 200
Termómetros de vidrio diversos	1 a 40

Estos coeficientes por omisión se multiplican entonces por la cantidad total de mercurio que contienen los termómetros de cada tipo. Los tres países utilizaron el procedimiento recomendado en el Instrumental para el inventario de mercurio de la siguiente manera:

Cuadro A1.14: Parámetros del Instrumental para el inventario de mercurio utilizados para la demanda de mercurio para termómetros

<b>País</b>	<b>Termómetros médicos</b>		<b>Termómetros ambientales</b>	
	<b>Cantidad</b>	<b>Coefficiente utilizado (gramos de mercurio por artículo)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coefficiente utilizado (gramos de mercurio por artículo)</b>
Camboya	6.141	0,5 a 1,5	No se indica	No se indica
Chile	1.058.013	0,5 a 1,5	107.138	2 a 5
Filipinas	131.765	0,5 a 1,5	No se indica	No se indica

### **Esfigmomanómetros**

En el cuadro que figura a continuación se incluyen los datos sobre la demanda de mercurio para esfigmomanómetros proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA (SI) o en otros documentos, incluidos los informes relacionados con el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA. Ocho países informaron sobre la demanda estimada de mercurio para los esfigmomanómetros. Las respuestas variaron entre 0 y 94,9 toneladas métricas de mercurio por año, aunque tres países informaron una demanda cero de mercurio para esfigmomanómetros. Las respuestas sobre la demanda estimada de mercurio proporcionaron datos para varios años, incluso información que databa de 2004.



Cuadro A1.15: Demanda de mercurio para esfigmomanómetros (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/ Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
China	Otras	94,9 (2004)
Japón	SI	1,89 (2005)
Estados Unidos	SI	1 (2004)
Argentina	SI	0,006
Suecia	SI	< 0,001
Belarús	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0

Las cantidades notificadas en relación con la demanda per cápita de mercurio para esfigmomanómetros corresponden a los dos grupos específicos siguientes:

1. China comunicó el nivel más alto de demanda anual de mercurio per cápita de 0,72 gramos. Ello obedece probablemente a que el país fabrica esfigmomanómetros de mercurio.
2. Los otros siete países comunicaron una demanda anual de mercurio per cápita equivalente o inferior a 0,015 gramos.

En el Instrumental para el inventario de mercurio no se indican factores de insumo por omisión para los esfigmomanómetros. Sin embargo, sí ofrece dos ejemplos de esfigmomanómetros, uno con 70 gramos de mercurio por artículo y otro con 85 gramos de mercurio por artículo. No se informó sobre la demanda estimada de mercurio en los casos que utilizaron el Instrumental para el inventario de mercurio como fuente de datos.

### **Termostatos**

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen los datos sobre la demanda de mercurio para termostatos proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA u otros documentos, incluidos los informes generados a partir del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA. Ocho países enviaron información sobre la demanda estimada de cloro para termostatos. La cifra indicada en las respuestas variaba entre 0 y 65,5 toneladas de mercurio al año, aunque cinco países no enviaron esta información.

Cuadro A1.16: Demanda de mercurio para termostatos (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
Filipinas	MIT	65,5
Estados Unidos	SI	12,8
Canadá	Otras	0,88
Dinamarca	SI	0
Japón	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0
Suecia	SI	0

Los niveles de la demanda de mercurio per cápita notificados correspondieron a los tres grupos distintos siguientes:

1. Filipinas notificó una demanda muy elevada de mercurio anual per cápita de 0,738 gramos, que cabría atribuir al gran número de termostatos de mercurio declarado en el proceso de inventario. El inventario tal vez refleje el total de termostatos instalados y no la demanda anual.
2. Los Estados Unidos informaron el siguiente nivel de demanda anual de mercurio per cápita más alto con 0,042 gramos de mercurio por persona al año, que cabría atribuir a la fabricación de termostatos de mercurio en el país, donde se notificaron al menos cuatro fabricantes.
3. Los otros seis países informaron una demanda anual de mercurio per cápita equivalente o inferior a 0,027 gramos.

En el Instrumental para el inventario de mercurio se incluye a los termostatos en la misma sección de los interruptores eléctricos y relés. En el Instrumental para el inventario de mercurio se recomienda la recopilación de datos reales sobre los niveles de mercurio en cada tipo de termostato. Sin embargo, si no se dispone de esta información, se podrán utilizar los siguientes rangos del coeficiente de insumo de mercurio por omisión para calcular el uso en todos los interruptores eléctricos y relés:

Coeficiente de insumo: 0,02 a 0,25 gramos de mercurio por habitante al año

Dado que los termostatos son solo uno de los tipos de productos en este margen del coeficiente de insumo, tal vez no sea el más conveniente para calcular el uso de mercurio en los termostatos. En el Instrumental para el inventario de mercurio figura un ejemplo de un interruptor basculante utilizado en un termostato que contiene 3 gramos de mercurio por interruptor. En el Instrumental se plantea además que los termostatos suelen tener entre 2 y 6 interruptores basculantes.

Filipinas utilizó el MIT para calcular su demanda de mercurio para termostatos. Filipinas declaró unos 10.920.000 termostatos. A partir de las hipótesis señaladas en el MIT, esta cantidad se multiplicó por 6 gramos de mercurio por unidad, lo que indicó una demanda total de 65,5 toneladas de mercurio.

## **Otros**

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un resumen de los datos sobre la demanda proporcionados en las respuestas a la solicitud de información y al MIT en relación con otros tipos de aparatos de medición y control.

Cuadro Al.17: Otros tipos de aparatos de medición y control

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Descripción del producto</b>	<b>Demanda estimada de mercurio/ cantidad utilizada (toneladas métricas/año)</b>
Dinamarca	SI	Otros aparatos de medición y control	0
Noruega	SI	Otros aparatos de medición y control	0
Filipinas	MIT	Barómetros	0,052 a 0,104
Estados Unidos	SI	Barómetros y manómetros	1,3

En el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) no se indican factores de insumo por omisión para los barómetros. No obstante, sí se ofrecen dos ejemplos de barómetros, uno con 40 a 1.000 gramos de mercurio por artículo y otro con 590 a 2.200 gramos de mercurio por artículo.

Filipinas informó de 173 barómetros, y utilizó un coeficiente de 300 a 600 gramos de mercurio por unidad. Por consiguiente, la demanda estimada de mercurio fluctuaba entre 0,052 y 0,104 toneladas métricas de mercurio.

## Todos los aparatos de medición y control

En un informe preparado por la Northeast Waste Management Officials' Association (NEWMOA) figura un desglose de los distintos aparatos de medición y control vendidos en los Estados Unidos en 2004. Esta información permite conocer las cantidades relativas de mercurio utilizadas para los distintos productos en los Estados Unidos solamente. Los resultados se muestran en el cuadro que figura a continuación. (NEWMOA, 2008)

Cuadro A1.18: Contenido de mercurio de productos vendidos en los Estados Unidos (2004)

Categoría del producto	Mercurio vendido en los EE.UU. (toneladas métricas)	Porcentaje del total de aparatos de medición y control
Termómetros	2,06	11,5%
Esfigmomanómetros	1,01	5,6%
Termostatos	13,61	75,9%
Manómetros	1,16	6,5%
Barómetros	0,11	0,6%
Psicrómetros y otros equipos de medición	0,001	< 0,1%
Total	17,94	100,0%

## Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece la información proporcionada por los países sobre sus experiencias con la adopción de tecnologías alternativas o productos alternativos asociados con la sustitución de aparatos de medición y control a base de mercurio por otros productos disponibles. La información que figura en los cuadros se extrajo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA, el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) u otras fuentes de información. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o revisada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro A1.19: Países que respondieron con un nivel de sustitución “2”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos de nivel “2” disponibles y de uso ordinario
Belarús	SI	<i>Esfigmomanómetros:</i> No hay esfigmomanómetros con contenido de mercurio en el mercado nacional.
Brasil	SI	<i>Termómetros y esfigmomanómetros:</i> Existen productos alternativos. Desde 2006 se promueve la sustitución voluntaria de termómetros y esfigmomanómetros en el estado de São Paulo. Actualmente, 94 clínicas y hospitales los han sustituido ya.
Dinamarca	SI	<i>Todos los dispositivos:</i> Dinamarca no ha experimentado problema alguno con la introducción de la prohibición a los productos que contienen mercurio. La primera versión de la Orden se introdujo en 1998.
Francia	SI	<i>Termómetros:</i> Desde 1998 se prohíbe el uso de termómetros.
Alemania	SI	<i>Todos los dispositivos:</i> Se informó de un nivel de 1 a 2. Experiencia positiva con los termómetros, esfigmomanómetros, y termostatos.
Irán	SI	<i>Todos los dispositivos:</i> Se informó de un nivel de 1 a 2. El Ministerio de Salud está considerando la posibilidad de minimizar o eliminar material de productos que contengan mercurio o compuestos de mercurio.
Japón	SI	<i>Termómetros y esfigmomanómetros:</i> Todavía se fabrican termómetros y esfigmomanómetros con mercurio, pero los principales productos ahora son los electrónicos. <i>Termostatos:</i> No hay datos sobre experiencias en esta categoría.
Países Bajos	SI	<i>Todos los dispositivos:</i> Experiencia positiva y desde 1998 se prohíbe situar en el mercado productos que contienen mercurio.
Noruega	SI	<i>Termómetros y esfigmomanómetros:</i> Noruega impuso una prohibición general al uso del mercurio en productos desde enero de 2008. No hay experiencias negativas con productos alternativos de termómetros y esfigmomanómetros. <i>Termostatos:</i> No se envió información sobre esta categoría.
Eslovenia	SI	<i>Esfigmomanómetros y termostatos:</i> En Eslovenia no se producen esfigmomanómetros ni termostatos que contengan mercurio.
Suecia	SI	<i>Termómetros:</i> Experiencia positiva con la adopción de tecnologías alternativas como la digital y con otros productos. Desde 1992 (termómetros médicos) y 1993 (otros termómetros) se impuso una prohibición nacional. Algunos instrumentos especiales están exentos de ella con arreglo a métodos normalizados, sobre todo en la industria del petróleo. Los costos no han sido un gran obstáculo para la sustitución. Los termómetros de mercurio para medir la fiebre no pueden venderse en el mercado de la UE, según una decisión de 2007 (Dir. 76/769/EC). <i>Esfigmomanómetros:</i> Experiencia positiva con la adopción de tecnologías alternativas. Objeto de una prohibición nacional desde 1993. En el caso de los esfigmomanómetros, la sustitución es completa. En el caso de los pletismógrafos medidores de tensión, el uso principal se eliminará en dos años, a raíz de una decisión de 2007 (exención rechazada para estas aplicaciones). Algunas aplicaciones de menor importancia en la investigación y para mediciones especiales de la circulación sanguínea gozan de exención para dar tiempo a que se evalúen los productos alternativos existentes. <i>Termostatos:</i> Experiencia positiva con la adopción de tecnologías alternativas. Objeto de prohibición nacional desde 1993. No hay aplicaciones exentas de la prohibición y no hay indicios de que surgieran problemas económicos al aplicarla.

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos de nivel “2” disponibles y de uso ordinario
Suiza	SI	<i>Termómetros (nivel 2) y esfigmomanómetros (nivel 1 y 2):</i> Se prohíben los productos que contengan mercurio y sólo se permiten en instrumentos de monitoreo y control y en dispositivos médicos utilizados en laboratorios.
Estados Unidos	SI	<p><i>Termómetros:</i> Experiencia positiva. Los termómetros con otra tecnología son fiables y tienen un costo razonable. Algunos Estados han prohibido las ventas de termómetros de mercurio. Muchos mercados minoristas venden ahora productos alternativos que no contienen mercurio, incluso en Estados que no han prohibido los termómetros de mercurio. Muchos hospitales están utilizando termómetros de otro tipo, alentado por el Programa Hospitals for a Healthy Environment (H2E), una iniciativa de asociación voluntaria entre el EPA de los EE.UU. y organizaciones de atención de la salud sin fines de lucro.</p> <p><i>Esfigmomanómetros:</i> Experiencia positiva. Los de brazalete que no utilizan mercurio son fiables y tienen un costo razonable. La mayoría de los hospitales están utilizando los de brazalete que no utilizan mercurio, alentados por el Programa Hospitals for a Healthy Environment (H2E).</p> <p><i>Termostatos:</i> Experiencia positiva. Todavía se siguen vendiendo termostatos de mercurio, pero los electrónicos programables o no son sustitutos rentables y de mayor rendimiento. El mercado interno de termostatos de mercurio se mantiene a la baja. En un estudio reciente se informa de que, en 2002 los productos alternativos que no contienen mercurio representaban 84% del mercado de termostatos en América del Norte (Abt Associates: Market Study: Mercury-Containing Thermostats, noviembre de 2007). La venta de termostatos de mercurio ya se ha prohibido en algunos Estados y en otros se ha propuesto una legislación para eliminar las ventas de esos termostatos. Los Estados, el EPA de los EE.UU. y las organizaciones no gubernamentales están alentando activamente el uso de dispositivos digitales para nuevos termostatos o para sustituir a los existentes.</p> <p><i>Otros - barómetros:</i> Los barómetros de mercurio suelen costar hasta 500 dólares. Actualmente existen barómetros que no utilizan mercurio como los aneroides, los digitales y los de líquido que no contienen mercurio. Estos productos son tan exactos como el de mercurio y suelen ser más baratos.</p>

Cuadro A1.20: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “1”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos Nivel “1” se dispone de productos alternativos que se utilizan muy poco
Argentina	SI	<i>Termómetros y Esfigmomanómetros:</i> Asociación entre la EPA de los EE.UU. y la organización no gubernamental Healthcare without Harm en hospitales de Buenos Aires, La Rioja, Córdoba, Río Negro y Tierra del Fuego.
Belarús	SI	<i>Termómetros:</i> Alto precio de los termómetros electrónicos.
Chile	SI	<i>Todos los dispositivos:</i> Experiencia negativa. No existen demasiados productos alternativos y los que no contienen mercurio cuestan más.

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos Nivel “1” se dispone de productos alternativos que se utilizan muy poco
Ecuador	SI	<u>Termómetros:</u> Es muy común hallar cintas digitales que se utilizan sobre todo para los niños. El costo es más elevado (7 dólares EE.UU.) que los convencionales (un dólar). Se informó de un nivel 1 en el caso de los termómetros clínicos y nivel 0 para los industriales.
Mauricio	SI	<u>Termómetros:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos exposición a riesgos para la salud (tanto los de alcohol como los digitales)</li> <li>• Costo más elevado de los termómetros digitales (1500 MRU frente a 175 MRU para los termómetros de alcohol y mercurio)</li> <li>• Los termómetros de alcohol son menos exactos</li> <li>• Los termómetros digitales tienen un mayor rango de temperaturas</li> <li>• Los termómetros digitales son más frágiles</li> </ul> <u>Esfigmomanómetros:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los esfigmomanómetros digitales son más costosos (el triple)</li> <li>• Los esfigmomanómetros digitales son más frágiles</li> </ul>
Panamá	SI	<u>Termómetros:</u> No se comunicaron datos sobre experiencias en esta categoría.
Eslovenia	SI	<u>Termómetros:</u> En Eslovenia no se producen termómetros que contengan mercurio.

Cuadro A1.21: Países que respondieron con un nivel de sustitución “0”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos Nivel “0” No existen productos alternativos
Panamá	SI	<u>Esfigmomanómetros:</u> No se comunicaron datos sobre experiencias en esta categoría. <u>Termostatos:</u> No se comunicaron datos sobre experiencias en esta categoría.

Cuadro A1.22: Países que no enviaron respuesta sobre el nivel de sustitución

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos No se recibieron respuestas en relación con el nivel de sustitución
Camboya	MIT	<i>Termómetros:</i> La mayoría de los 6.141 termómetros distribuidos a los centros de salud de Camboya en 2007 eran de mercurio, el resto de alcohol y digitales.
Canadá	Otras	<i>Esfigmomanómetros, termómetros, otros dispositivos:</i> Para los dispositivos de medición, esfigmomanómetros, manómetros, barómetros, psicrómetros, higrómetros, hidrómetros, detectores de llama, medidores de caudal, pirómetros y termómetros existen productos alternativos viables que, en muchos casos, permiten ahorrar en los costos o lograr resultados más fiables. <i>Termostatos:</i> Los termostatos que contienen mercurio pueden sustituirse por los digitales. En muchos casos, el termostato digital programable puede ser un estímulo al ahorro de energía. Actualmente, algunos fabricantes tienen programas de devolución de los viejos termostatos de mercurio y reutilizan sus componentes en productos nuevos.
México	Otras	<i>Todos los dispositivos:</i> Existe una carta de acuerdo con dos institutos nacionales de salud para la eliminación del mercurio y se ha programado la sustitución al 100%.
Siria	SI	<i>Termómetros:</i> Termómetros electrónicos digitales y de alcohol.
Reino Unido	SI	<i>Todos los dispositivos:</i> Dispositivos electrónicos en uso, pero todavía los instrumentos con mercurio requieren un 'patrón oro', para la homologación de instrumentos que no contengan mercurio y en determinados casos médicos.
Uruguay	Otras	<i>Termómetros y esfigmomanómetros:</i> El costo de entrega de termómetros digitales es de 56 pesos uruguayos más impuestos. Existe un plan para sustituir 9.600 termómetros y 120 brazaletes para medir la tensión arterial con tecnología digital en el Hospital Universitario.

Once países informaron de un nivel de sustitución de “2” en relación con una o más categorías de aparatos de medición y control, y dos países, Alemania y el Irán, de un nivel de sustitución de “1 a 2”. Varios de estos países (entre ellos Suecia) han impuesto una prohibición sobre una o más categorías de aparatos de medición y control. No se informó de experiencias negativas en ninguno de los 13 países respecto de la transición a productos alternativos que no contienen mercurio.

Siete países informaron de un nivel de sustitución de “1” en relación con una o más categorías de aparatos de medición y control. Cuatro de estos países (Belarús, Chile, Ecuador y Mauricio) informaron de que los productos alternativos que no contienen mercurio son más costosos que los que no lo contienen.

## Resumen – Aparatos de medición y control

En el cuadro que figura a continuación se indica el desglose cuantitativo de las respuestas a la solicitud de información en relación con el nivel de sustitución de termómetros y esfigmomanómetros.

Cuadro A1.23: Respuestas de los países en relación con el nivel de sustitución de los termómetros

Nivel	Número de respuestas (Termómetros)	Porcentaje de respuestas (Termómetros)	Número de respuestas (Esfigmomanómetro)	Porcentaje de respuestas (Esfigmomanómetro)
2	9	52,9%	11	68,8%
1 a 2	2	11,8%	1	6,2%
1	6	35,3%	3	18,8%
0	0	0%	1	6,2%

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un desglose cuantitativo de las respuestas a la solicitud de información recibidas de 11 países en relación con el nivel de sustitución de los termostatos.

Cuadro A1.24: Respuestas de los países sobre el nivel de sustitución de los termostatos

Nivel de sustitución	Número de respuestas de países	Porcentaje de respuestas
2	9	81,8%
1 a 2	0	0%
1	1	9,1%
0	1	9,1%

Más del 50% de las respuestas a la solicitud de información sobre termómetros, esfigmomanómetros y termostatos indicaron un nivel de sustitución de “2”, y ninguno de esos países informó de experiencias negativas en la transición a productos que no utilizan mercurio.

Esto indica que se dispone de productos alternativos que se utilizan de ordinario en la mayoría de los países que enviaron información sobre la demanda de mercurio. Por otra parte, más de dos países comunicaron una demanda estimada de mercurio de cero para cada una de las tres categorías de productos. Por tanto, se señalaron tecnologías alternativas y quedó demostrada la transición exitosa a productos que no contienen mercurio en relación con cada una de las tres categorías de productos.

Cuadro A1.25: Resumen de la sustitución de aparatos de medición y control

Aparato de medición y control	Tecnologías alternativas conocidas	Viabilidad de la transición
Termómetros	Sí	Transición exitosa demostrada
Esfigmomanómetros	Sí	Transición exitosa demostrada
Termostatos	Sí	Transición exitosa demostrada



## A.2 Pilas

La sección de pilas se divide en dos grandes clasificaciones de pilas que contienen mercurio: 1) pilas miniatura y 2) pilas que no son miniatura. En general, las pilas miniatura contienen una pequeña cantidad de mercurio (salvo en el caso de las pilas miniatura de óxido mercúrico) y han limitado los productos alternativos que no contienen mercurio a la sustitución. Las pilas no miniatura que contienen mercurio contienen importantes cantidades de mercurio, pero ya existen productos alternativos para ellas.

### Pilas miniatura

Las pilas miniatura se utilizan en diversos productos que requieren fuentes compactas de energía eléctrica. Las pilas miniatura se suelen utilizar para proporcionar energía a juguetes, prótesis auditivas, relojes, calculadoras y otros dispositivos portátiles. Las pilas miniaturas suelen tener forma de moneda o botón. Las cuatro tecnologías comunes utilizadas para las pilas miniaturas son: óxido de plata, zinc aire, alcalinas y litio. Las pilas miniatura de litio no contienen mercurio alguno. Sin embargo, en la mayoría de las pilas miniatura de óxido de plata, zinc aire y alcalinas suele haber un contenido de 0,1% a 2,0% de mercurio. El Instrumental del PNUMA informa de un contenido de mercurio en las pilas miniaturas en la Unión Europea, que se indica en el cuadro que figura a continuación. (PNUMA, 2005)

Cuadro A2.1: Contenido de mercurio en las pilas miniatura

Tipo de pila	Kilogramos de mercurio por tonelada métrica de pilas
Óxido de mercurio	320
Zinc aire	12,4
Alcalina	4,5 a 10
Óxido de plata	3,4 a 10

La función del mercurio es inhibir la corrosión dentro de la pila de la pila miniatura. La corrosión puede causar electrolisis en el electrolito e iniciar la producción de gas de hidrógeno. La acumulación de gas dentro de la pila puede provocar una combadura y la posible fuga de material de la pila, así como impedir que la pila siga funcionando.

Se señalaron varios productos alternativos para las pilas miniatura que contienen mercurio. Se trata de modelos que existen en el mercado, como las pilas miniatura de óxido de plata, zinc aire y alcalinas. Además, a veces se considera a las pilas miniatura de litio, que no contienen mercurio, como posibles sustitutas de las que contienen mercurio.

Los fabricantes de productos originales tienen que considerar numerosos aspectos del diseño antes de seleccionar la mejor pila miniatura para su producto final. Por lo visto, las consideraciones más importantes para los fabricantes de productos originales son costo, voltaje nominal, capacidad, tamaño físico/forma y características de la descarga. Otras consideraciones que interesan a los fabricantes de equipos son: tipo de descarga, período de conservación, densidad de la energía, temperatura de funcionamiento, disponibilidad de productos alternativos y resistencia a las fugas. La importancia de cada una de estas consideraciones puede variar muchísimo según los requisitos de cada producto final específico. Por eso, los fabricantes de productos originales determinan en cada caso la conveniencia de sustituir una pila miniatura por otra de tecnología diferente sobre la base de los requisitos específicos de sus productos.

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) publicó normas para las pilas. El nomenclátor de pilas de la CEI se basa en el sistema electroquímico, así como en el tamaño y la forma de la pila. En el cuadro que figura a continuación se indica la nomenclatura de pilas de la CEI que interesan al presente estudio.

Cuadro A2.2: Nomenclatura uniforme de las pilas

Código de letras de la CEI	Tipo de pila	Voltaje nominal
B	Litio (con monofluoruro de carbono)	3
C	Litio (con dióxido de manganeso)	3
L	Alcalinas de dióxido de manganeso	1,5
P	Zinc aire	1,4
S	Óxido de plata	1,55

La CEI utiliza la letra “R” para referirse a pilas redondas. La CEI utiliza muchas designaciones numéricas para indicar las dimensiones mínimas y máximas admisibles para el diámetro y la altura de la pila. En el cuadro que figura a continuación figuran algunos ejemplos:

Cuadro A2.3: Dimensiones de las pilas

Designación de la CEI	Diámetro mínimo (mm)	Tamaño mínimo (mm)
R44	11,25 a 11,6	5,0 a 5,4
R64	5,55 a 5,8	2,4 a 2,7
R1620	15,7 a 16	1,8 a 2,0
R2032	19,7 a 20	2,9 a 3,2

Los fabricantes de pila a menudo se basan en la nomenclatura de la CEI para asignar números de modelo a sus pilas miniatura. A continuación se ofrece un ejemplo de la nomenclatura de la CEI para las pilas miniatura:

- La nomenclatura de la CEI para una pila miniatura de litio con dióxido de manganeso con un diámetro de 20 milímetros y una altura de 3,2 milímetros sería: CR2032.

Existen dos mercados básicos para las pilas:

1) *Mercado del producto original*: Se trata de productos que se venden con pilas miniatura incluidas como juguetes, relojes, calculadoras y prótesis auditivas. A los fabricantes de estos productos se les denomina comúnmente fabricantes de productos originales.

2) *Mercado secundario/mercado minorista*: Esto incluye la adquisición de pilas miniatura por los usuarios finales para sustituir a las que ya caducadas que se encuentran en productos del mercado de equipos originales. Estas pilas de repuesto se pueden comprar a distintos minoristas locales, vendedores por correo y proveedores con direcciones en Internet.

La información sobre precios que figura en el presente informe corresponde al mercado secundario o mercado minorista. Se indica el precio minorista de fabricantes representativos de determinadas tecnologías de baterías miniatura, como alcalina, dióxido de plata, litio y zinc aire. Sin embargo, hay muchos factores que deberían tomarse en consideración que afectan al precio minorista de las pilas miniatura, entre otros:

- *Tecnología de las pilas* – Los materiales son diferentes para las distintas tecnologías de baterías miniatura y algunas materias primas son más costosas que otras.
- *Potencia de la pila* – La potencia de una pila varía muchísimo y puede influir en el precio.

- *Fabricantes de pilas* – El precio de las pilas producidas por diferentes fabricantes puede variar debido al reconocimiento de la marca, el volumen de producción y otros factores del mercado.
- *Precio minorista frente a precio del fabricante* – Los compradores de pilas miniatura de repuesto suelen pagar precios más altos que los fabricantes de productos originales que incorporan pilas a sus productos finales.
- *Cantidad de pilas adquiridas* – El precio minorista por batería suele disminuir cuando se compra una mayor cantidad de pilas.

## Pilas miniatura de óxido de plata

### Información general sobre el producto

Las pilas miniatura de óxido de plata se utilizan para muchos productos, como relojes de pulsera, relojes de mesa miniatura, calculadoras, juegos electrónicos y cámaras. La pila miniatura de óxido de plata tienen un voltaje de 1,55. El cátodo de una pila de óxido de plata contiene óxido de plata ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) monovalente y el ánodo, zinc en polvo.

El período de conservación y funcionamiento de las pilas miniatura de óxido de plata es más prolongado. La mayoría de las pilas de óxido de plata están destinadas a funcionar en relojes durante cinco años sin que haya fugas. Los datos de los ensayos de estas pilas indican que se pueden almacenar durante un máximo de diez años a 21 °C. Las pilas de óxido de plata tienen distintas formas y tamaños. Por ejemplo, la SR41 tiene forma de botón, un diámetro de 7,8 mm y una altura de 3,6 mm. La SR1116 tiene forma de moneda, un diámetro de 11,6 mm y una altura de 1,65 mm. El contenido de mercurio de la pila miniatura de óxido de plata suele ser 0,2% a 1,0% del peso total de la pila.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de pilas miniatura de óxido de plata que contienen mercurio:

Cuadro A2.4: Fabricantes representativos de pilas miniatura de óxido de plata que contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Energizer	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	387S,	3,06, (Nextag)
Maxell	Tokio (Japón)	<a href="http://www.maxell.com.jp">www.maxell.com.jp</a>	SR616SW	0,60, (Nextag)
Renata	Itingen (Suiza)	<a href="http://www.renata.com">www.renata.com</a>	399R,	2,29, (Pilas)

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de pilas miniatura de óxido de plata que no contienen mercurio:

Cuadro A2.5: Fabricantes representativos de de pilas miniatura de óxido de plata que no contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Seiko Instruments Inc.	Chiba (Japón)	<a href="http://www.sii.co.jp">www.sii.co.jp</a>	Seizaiken SR621SW, SR626SW	2,95, (MicroBatt)
Sony	Tokio (Japón)	<a href="http://www.sony.net">www.sony.net</a>	Serie SR	Difícil de obtener.

## Pilas miniatura de zinc aire

### Información general sobre el producto

Las pilas miniatura de zinc aire se utilizan mayormente para prótesis auditivas, pero también se pueden usar para otras aplicaciones, como paginadores, procesadores de voz que se colocan detrás de la oreja e implantes cocleares (del oído interno). Las pilas miniatura de zinc aire utilizan oxígeno del aire ambiente como material catódico y polvo de zinc granulado como material anódico. El aire ambiente entra en la pila mediante un orificio en el terminal positivo.

La pila miniatura de zinc aire tiene un voltaje de 1,4. Las pilas miniatura de zinc aire suelen tener forma de botón, aunque existen en el mercado en forma de moneda. Las pilas miniatura de zinc aire son magníficos candidatos para aplicaciones continuas de baja descarga y proporcionan también una gran resistencia a las fugas. El contenido de mercurio de la pila miniatura de zinc aire suele ser entre 0,3% y 2,0% del peso total de la pila.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de pilas miniatura de zinc aire que contienen mercurio:

Cuadro A2.6: Fabricantes representativos de pilas miniatura de zinc aire que contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Energizer	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	AC10EZ,	1,38, (pilas)
Rayovac	Atlanta, Georgia (EE.UU.)	<a href="http://www.rayovac.com">www.rayovac.com</a>	Serie de prótesis auditivas, tamaño 10	1,00, (Walgreens)
Renata	Itingen (Suiza)	<a href="http://www.renata.com">www.renata.com</a>	Maratone 312	0,92, (pilas)

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de pilas miniatura de zinc aire que no contienen mercurio:

Cuadro A2.5: Fabricantes representativos de pilas miniatura de zinc aire que no contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Energizer	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	AC series	Difícil de obtener.
Rayovac	Atlanta, Georgia (EE.UU.)	<a href="http://www.rayovac.com">www.rayovac.com</a>	Proline sin mercurio	Hasta fines de 2008 no se conocerá

## Pilas alcalinas miniatura

### Información general sobre el producto

Las pilas alcalinas miniatura con dióxido de manganeso se utilizan en un gran número de productos, entre ellos: calculadoras, juguetes, llaveros, medidores de presión de los neumáticos, dispositivos de control remoto y productos fotográficos. El cátodo consiste en dióxido de manganeso electrolítico y el ánodo es zinc en polvo.

La pila miniatura alcalina con dióxido de manganeso tiene un voltaje de 1,5. Las pilas alcalinas miniatura con dióxido de manganeso se fabrican de ordinario con forma de botón. El contenido de mercurio de la pila miniatura alcalina con dióxido de manganeso suele ser 0,1% a 0,9% del peso total de la pila.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de las pilas alcalinas miniatura que contienen mercurio:

Cuadro A2.6: Fabricantes representativos de pilas alcalinas miniatura que contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Duracell	Bethel, Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.duracell.com">www.duracell.com</a>	LR44	1,08, (Nextag)
Maxell	Tokio (Japón)	<a href="http://www.maxell.com.jp">www.maxell.com.jp</a>	LR44	1,46, (Nextag)
Toshiba	Tokio (Japón)	<a href="http://www.toshiba.com.jp">www.toshiba.com.jp</a>	LR43	3,59, (baratas)

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de pilas alcalinas miniatura que no contienen mercurio:

Cuadro A2.7: Fabricantes representativos de pilas alcalinas miniatura que no contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Chung Pak	Hong Kong (China)	<a href="http://www.chungpak.com">www.chungpak.com</a>	Vinergy, L1154F, L1142F, L626	Difícil de obtener.
Leopro Battery	Hong Kong (China)	<a href="http://www.leopro-battery.com">www.leopro-battery.com</a>	L736H	Difícil de obtener.
New Leader Battery Industry Ltd	Hong Kong (China)	<a href="http://newleader.smei-trade.com">http://newleader.smei-trade.com</a>	Serie LR	Difícil de obtener.
Super Energy (Taishan) Battery Industries Co. Ltd	Hong Kong (China)	<a href="http://www.superenergy.com.hk">www.superenergy.com.hk</a>	Megaton LR44XS	Difícil de obtener.

### Óxido mercúrico

Las pilas miniatura de óxido mercúrico se pueden utilizar para distintas aplicaciones, como prótesis auditivas, relojes, calculadoras y cámaras. Las pilas miniatura de óxido mercúrico se fabrican con un material catódico que puede ser óxido mercúrico o una combinación de óxido mercúrico y dióxido de manganeso. Esto produce una alta concentración de mercurio en la pila. Las pilas de óxido mercúrico se pueden producir con un electrolito de hidróxido de potasio o de hidróxido de sodio. No es fácil determinar quiénes son en estos momentos los fabricantes de pilas miniatura de óxido mercúrico.

El contenido de mercurio de estas pilas es aproximadamente 32% del peso total de la pila. Estas pilas se suelen sustituir con pilas alcalinas miniatura, de óxido de plata o de zinc aire. Estas últimas también contienen mercurio pero en mucha menor concentración. Por ejemplo, se puede sustituir la pila miniatura PX13 de óxido mercúrico con una pila miniatura S625X de óxido de plata, la LR9 alcalina o la MRB 625 de zinc aire. (Small Battery, 2008, MD Battery, 2008)

### Tecnologías alternativas de pilas miniatura que no utilizan mercurio

Las pilas miniatura de litio no contienen mercurio y pueden considerarse entre los productos alternativos de las que lo contienen. Las pilas miniatura de litio tienen un mayor voltaje nominal y una forma física diferente (por regla general, son más planas y anchas, en forma de moneda) que los otros tres tipos de pilas miniatura y, por tanto, no es fácil sustituirlas en los productos que ya existen.

Las pilas miniatura de litio se utilizan de ordinario en productos como juegos electrónicos, relojes, calculadoras, cierres de seguridad de los vehículos, organizadores electrónicos y sistemas de apertura a distancia de las puertas de garajes. Los dos procesos químicos primarios de las pilas miniatura de litio utilizan litio como material anódico, pero los materiales catódicos son diferentes: 1) litio/dióxido de manganeso y 2) litio/monofluoruro de carbono. El metal de litio puede reaccionar violentamente con el agua y por tanto se debe usar con electrolitos no acuosos. Otra consideración es la posibilidad de que se produzca un incendio cuando se reciclan las pilas de litio.

Las pilas miniatura de litio tienen un voltaje de 3,0. Las pilas miniatura de litio se venden en el mercado en una amplia gama de potencias, de 25 a 1.000 mAh, y casi siempre tienen forma de moneda. Sin embargo, hay modelos de baterías de litio en forma de botón. Las pilas miniatura de litio poseen magníficas características de almacenamiento y también presentan una gran resistencia a las fugas. Las pilas miniatura de litio se pueden utilizar en un rango de temperaturas de funcionamiento muy amplio, de unos  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de pilas miniatura de litio:

Cuadro A2.8: Fabricantes representativos de pilas miniatura de litio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Duracell	Bethel, Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.duracell.com">www.duracell.com</a>	DL2032B	2,99, (AtBatt)
Energizer	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	ECR-1220BP	2,99, (AtBatt)
North American Battery Company	San Diego, California (EE.UU.)	<a href="http://www.nabcorp.com">www.nabcorp.com</a>	UL2325	2,95, (Nextag)
Renata	Itingen, Suiza	<a href="http://www.renata.com">www.renata.com</a>	CR2430	2,25, (AtBatt)

### Pilas de mercurio que no son miniatura

Hay cuatro métodos para producir pilas de mercurio que no son miniatura (NRDC, 2006):

- *Pilas cilíndricas de pasta de zinc-manganeso*: El cloruro mercúrico se utiliza como inhibidor de la corrosión y se mezcla con otros materiales para crear una pasta que se deposita entre la capa exterior de la pila y el ánodo interior. La mayoría de las pilas de este tipo son las cilíndricas de tamaño “D”.
- *Pilas cilíndricas de cartón de zinc-manganeso*: El mercurio que contiene la pasta se aplica a papel laminado para el control de la corrosión en estos tipos de pilas. Las pilas que usan estas tecnologías son las cilíndricas de tamaños D, C, AA y AAA. (Xiaodong, 2008)
- *Pilas cilíndricas alcalinas de zinc-manganeso*: El polvo de zinc se utiliza como material anódico en este tipo de pila. El mercurio se utiliza como retardante de la corrosión en el material de polvo de zinc.
- *Pilas de óxido mercúrico*: Este tipo de pila contiene óxido mercúrico como material catódico y polvo de zinc con contenido de mercurio como material anódico.

Ya se dispone de pilas cilíndricas alcalinas con manganeso, a las que no se añade mercurio, que cumplen los requisitos de tamaño y potencia para distintas aplicaciones de las pilas cilíndricas. Por ejemplo, existen pilas cilíndricas sin mercurio en los tamaños AA, AAA, C, y D. En el informe de Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se señala que el precio de las pilas sin mercurio es aproximadamente el mismo que el de los tipos de pilas antes mencionados que lo contienen. (Maag, 2007)

## Demanda y utilización de mercurio

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen datos sobre el uso del mercurio para pilas proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA o en otros documentos, entre ellos informes generados a partir del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA. Dieciocho países proporcionaron información sobre la demanda estimada de cloro para las pilas. Las respuestas fluctuaron entre 0 y 154 toneladas métricas de mercurio anuales, aunque dos países no informaron sobre la demanda de mercurio para pilas. Las respuestas sobre la demanda estimada de mercurio proporcionaron datos para varios años, incluso información que databa de 2004.

Cuadro A2.9: Demanda de mercurio parpa pilas (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
China	Otras	154
Camboya	MIT	4,34 (0,203 a 8,476)
Chile	MIT	2,838
Estados Unidos	SI	2,3
Japón	SI	1,83
Alemania	SI	1,4
Francia	SI	1
Reino Unido	SI	1
Canadá	SI	0,5 (2004)
Belarús	SI	0,136
Suecia	SI	0,126
Suiza	SI	0,02 (2004 a 2006)
Argentina	SI	0,01
Brasil	SI	0,008
Noruega	SI	0,002
Eslovenia	SI	< 0,001
Mauricio	SI	0
Países Bajos	SI	0

Los niveles de demanda de mercurio per cápita notificados en el caso de las pilas corresponden a los dos grupos distintos siguientes:

1. China, Camboya y Chile comunicaron altos niveles de demanda per cápita de mercurio de entre 0,117 a 0,303 gramos de mercurio por persona al año. En el caso de China, la razón es la enorme producción interna de pilas que contienen mercurio. A continuación figura un desglose pormenorizado de la industria de fabricación de pilas. En los casos de Camboya y Chile, cabe atribuir esos altos niveles a las hipótesis utilizadas al aplicar el Instrumental para el inventario de mercurio. Más adelante figura una descripción pormenorizada de los cálculos de Camboya y Chile.
2. Los otros quince países comunicaron una demanda per cápita de mercurio equivalente o inferior a 0,017.

China tiene una importante industria de fabricación de pilas que anualmente produce miles de millones de unidades. En el cuadro que figura a continuación se ofrece un desglose pormenorizado de las 154 toneladas métricas de mercurio notificadas por China en 2004, que fueron utilizadas para la producción de diversos tipos de pilas.



Cuadro A2.10: Uso del mercurio para la fabricación de pilas en China, 2004 (Fuente: NRDC, 2006)

<b>Tipo de pila</b>	<b>Producción de 2004 (millones de unidades que contienen mercurio)</b>	<b>Consumo estimado de mercurio (toneladas métricas)</b>
Pilas cilíndricas de pasta de zinc manganeso	9,349	34,65
Pilas cilíndricas de cartón de zinc manganeso	3,580	10,35
Pilas cilíndricas alcalinas con manganeso	0,134	5,358
Pilas alcalinas de pila de manganeso en forma de botón	8.000 a 10.000	98,65
Pilas de pila de óxido de plata en forma de botón	81	0,02778
Pilas de pila de zinc aire en forma de botón	Se desconoce	4,32
Pilas de óxido mercúrico (miniatura y no miniatura)	0,245	0,147

Según informes, la industria de pilas de China utilizó más de 800 toneladas métricas de mercurio en 1999 (Feng, 1999). Por tanto, las 154 toneladas métricas comunicadas en 2004 representan una reducción de aproximadamente 80% respecto de los cinco años transcurridos entre 1999 y 2004. El uso de mercurio en la industria de pilas de China deberá disminuir considerablemente a medida que China y otros países del mundo adopten reglamentos para prohibir el uso de pilas de óxido mercúrico y de pilas cilíndricas con mercurio añadido. Por ejemplo (China) ha aplicado una política relativa a las pilas alcalinas que no contienen mercurio. Con arreglo a esta política, a partir del 1º de enero de 2005 quedó prohibida la producción de pilas que contienen más de 0,0001% de mercurio por peso y a partir del 1º de enero de 2006 quedó prohibida la venta de pilas que contengan más de 0,0001% de mercurio por peso. (CCRC, 2005)

El Instrumental para el inventario de mercurio proporciona los siguientes factores de insumo por omisión para que se utilicen en casos en que no se disponga de datos de fuentes concretas sobre el contenido de mercurio en las pilas.

Cuadro A2.11: Factores de insumo por omisión del Instrumental para el inventario de mercurio para las pilas

<b>Tipo de pila</b>	<b>Contenido de mercurio (kilogramos de mercurio por tonelada métrica de pilas)</b>
Óxido de mercurio (todos los tamaños)	320
Miniatura de zinc aire	12
Miniatura alcalinas	5
Miniatura de óxido de plata	4
Alcalinas, no en miniatura	0,25

En el cuadro que figura a continuación se describe el tipo de pila, las cantidades, y factores de insumo utilizados por Camboya para calcular su demanda anual de mercurio de 0,203 a 8,476 toneladas métricas.

Cuadro A2.12: Tipo de pila, cantidad y factores de insumo utilizados por Camboya

<b>Tipo de pila</b>	<b>Cantidad (toneladas métricas de pilas)</b>	<b>Coefficiente de insumo utilizado (kg de mercurio por tonelada de pilas)</b>
Pilas cilíndricas	635.599	0,25 a 10
Otras pilas (incluidas las de forma de botón)	13.251	3,4 a 160

En el cuadro que figura a continuación se indican el tipo de pila, las cantidades y los factores de insumo utilizados por Chile para calcular su demanda anual de mercurio de 2.838 toneladas.

Cuadro A2.13: Tipo de pilas, cantidad y factores de insumo utilizados por Chile

<b>Tipo de pila</b>	<b>Cantidad (toneladas métricas de pilas)</b>	<b>Coefficiente de insumo utilizado (kg de mercurio por tonelada de pilas)</b>
Óxido de mercurio	1,71	No se indica
Zinc-aire	2,13	No se indica
Célula de óxido de plata en forma de botón	13,24	No se indica
Células alcalinas que no tienen forma de botón	2.212	No se indica

Si Chile hubiese utilizado los factores por omisión recomendados en el Instrumental para el inventario de mercurio, entonces la demanda total anual de mercurio para pilas en ese país se habría calculado en 1.179 toneladas y no en 2.838 como se informó.

### **Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos**

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece información enviada por los países sobre sus experiencias con la adopción de tecnologías alternativas o productos alternativos asociados con la sustitución de las pilas que contienen mercurio. La información que figura en los cuadros se obtuvo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA, al Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) o de otras fuentes. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o revisada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro A2.14: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “2”

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “2” - Existen productos alternativos que se utilizan de ordinario</b>
Alemania	SI	Experiencia positiva.
Argentina	SI	Prohibida la importación, fabricación y montaje de pilas con un contenido de mercurio de más de 0,005% de mercurio. Es obligatoria la certificación de las importaciones de pilas.
Brasil	SI	Regulada desde 1999. El límite máximo de contenido de mercurio para las pilas de zinc-manganeso y las alcalinas a base de manganeso es de 0,010%, y para las pilas de botón, la concentración máxima de mercurio permitida es de 25 mg.
Dinamarca	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Eslovenia	SI	Nueva tecnología.
Francia	SI	Desde 2000 se aplica la prohibición de la UE (con algunas excepciones).
Irán	SI	En algunas grandes ciudades ha comenzado la recogida y el reciclaje de pilas.
Japón	SI	El mercurio en pilas primarias, sobre todo en pilas secas de manganeso y álcalis se ha utilizado para prevenir la oxidación y como inhibidor de la corrosión. Gracias al perfeccionamiento de la estructura de la célula de la pila para evitar la oxidación ambiental, la adopción del método de eliminación de las impurezas y la introducción de otras sustancias para prevenir la oxidación, los fabricantes decidieron dejar de utilizar el mercurio voluntariamente a principios del decenio de 1990. Aunque en las prótesis auditivas se utilizan mucho las pilas de botón con contenido de mercurio, los fabricantes japoneses alentaron la sustitución del uso de pilas de botón con contenido de mercurio por pilas de zinc aire, por lo que se dejó de producir pilas de botón con contenido de mercurio desde 1996. Hay tres tipos de pilas que todavía utilizan mercurio: las alcalinas de botón, las células de óxido de plata y las pilas de zinc aires. La sustitución de estas pilas ha ido en aumento ya que se producen células de óxido de plata sin mercurio que utilizan inhibidores de corrosión y adsorbentes de hidrógeno. Se indicó un nivel de sustitución de “0” para las pilas de prótesis auditivas.
Mauricio	SI	Los productos alternativos son más baratos y hay menos exposición a los riesgos ambientales y para la salud.
Noruega	SI	Se aplica la directiva de la UE sobre las pilas.
Países Bajos	SI	En los Países Bajos no se producen pilas que contengan mercurio. Se indicó un nivel de sustitución de “1 a 2”.
Panamá	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Suecia	SI	Desde 2000, la UE prohibió la comercialización de pilas que contengan >0,0005 % Hg por peso, incluso en casos en que estén incorporadas en los aparatos. Las pilas de célula en forma de botón que contengan < 2 % de mercurio por peso están exentas de la prohibición. Experiencia positiva con la adopción de tecnologías alternativas. No se informó de ningún problema económico al aplicar la restricción. Según la Asociación Sueca de Pilas, la cantidad estimada de mercurio en las pilas de botón es de 1% de mercurio por peso aproximadamente.
Suiza	SI	Se informó de un nivel de sustitución de “2” para las pilas de óxido de mercurio, las alcalinas cilíndricas y las de zinc manganeso (pasta y cartón). En el caso de las pilas alcalinas miniatura, de zinc aire y de óxido de plata el nivel de sustitución es de “0”.

Cuadro A2.15: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “1”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “1” – Existen productos alternativos que se utilizan muy poco
Belarús	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Chile	SI	Experiencia negativa. No se ha generalizado el uso de productos alternativos. Los costos son parecidos para ambos productos.
Ecuador	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.

Cuadro 2.16: Países que no enviaron respuesta sobre el nivel de sustitución

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos No hubo respuesta sobre el nivel de sustitución
Canadá	Otras	Existen productos alternativos comercialmente viables para las pilas alcalinas a base de manganeso y las de zinc carbono que contienen mercurio. Sin embargo, se suele considerar que los pocos sustitutos para las pilas de célula en forma de botón y las de óxido de zinc que no contienen mercurio tienen un rendimiento reducido y un costo muy elevado. Se espera que disminuya rápidamente el uso de pilas grandes de óxido mercúrico a medida que caiga en desuso el equipo militar y de hospitales más viejo, mientras que las pilas más pequeñas de óxido mercúrico se irán sustituyendo por otros tipos de pilas.
Estados Unidos	SI	Experiencia positiva. En 1996 el Congreso aprobó la Ley de gestión de las pilas que contienen mercurio y las recargables, por la que se prohíbe o limita la venta de determinados tipos de pilas que contengan mercurio en los Estados Unidos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se prohíbe la venta de pilas alcalinas a base de manganeso que contengan mercurio, salvo las células en forma de botón que contengan hasta 25 mg de mercurio.</li> <li>• Se prohíbe la venta de pilas de zinc-carbono que contengan mercurio añadido intencionalmente.</li> <li>• Se prohíbe la venta de pilas de óxido mercúrico con forma de botón.</li> <li>• Se prohíbe la venta de otras pilas de óxido mercúrico, a menos que el fabricante cumpla rigurosamente el requisito de informar a los compradores sobre el reciclado o la debida eliminación.</li> </ul> Los grandes fabricantes producen productos alternativos que no contienen mercurio para las pilas de botón de óxido de plata y alcalinas a base de manganeso. Aunque en estos momentos en el país no se dispone de grandes cantidades de células de zinc aire. El Congreso prohíbe la venta de pilas de óxido mercúrico (que no sean de botón) a menos que el fabricante cumpla rigurosamente el requisito de informar a los compradores sobre el reciclado o la debida eliminación. Estas pilas, que antes se usaban en las prótesis auditivas solo se utilizan ahora en equipo militar y médico, para los que son esenciales una corriente eléctrica estable y una larga duración.
Polonia	Otras	Las pilas de botón no pueden tener un contenido de mercurio mayor de 2% por peso.
Reino Unido	SI	Existen diversos productos alternativos en uso.

Se dispone de información adicional de los Estados Unidos sobre la eliminación del mercurio en las pilas miniatura. En marzo de 2006, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) formuló la siguiente declaración: “La industria de pilas de los Estados Unidos anuncia su compromiso de eliminar el mercurio añadido a las pilas de célula con forma de botón para el 30 de junio de 2011”. (NEMA, 2006) En esos momentos eran miembros de la NEMA los fabricantes de pilas secas de célula Duracell Inc., Eastman Kodak Company, Energizer Holdings, Inc., Panasonic Battery Corporation of America, Rayovac Corporation, Renata SA, Saft America, Inc., y Wilson Greatbatch, Ltd. También en los Estados Unidos, los estados de Maine y Connecticut aprobaron recientemente leyes por las que se prohíbe la venta de pilas miniatura que contengan mercurio a partir de junio de 2011. La aplicación de la prohibición a este producto se aplazó hasta 2011 para que los fabricantes tengan tiempo suficiente para desarrollar pilas en forma de botón sin mercurio para muchas aplicaciones.

## Resumen – Pilas

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un desglose cuantitativo de las respuestas a la solicitud de información recibidas de 17 países en relación con el nivel de sustitución notificado.

Cuadro A2.17: Respuestas de los países en relación con el nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de países	Porcentaje de respuestas
2	13	76,5%
1 a 2	1	5,9%
1	3	17,6%
0	0	0%

En general, los resultados de la solicitud de información cumplen los criterios de transición exitosa porque en más del 50% de las respuestas se mencionaba un nivel de sustitución de “2” y más de dos países comunicaron una demanda estimada de mercurio de cero toneladas en el caso de las pilas. La solicitud de información proporcionó mucho material para incorporar diferentes datos sobre productos, como aparatos de medición y control y dispositivos eléctricos y electrónicos. Sin embargo, en la solicitud de información solo se asignó un renglón para los datos correspondientes a todos los tipos de pilas. Esto limitó a los que respondieron pues solo pudieron indicar un solo nivel de sustitución para todo tipo de pilas. Desde el punto de vista de la sustitución del mercurio, existen dos grandes categorías de pilas:

Categoría 1: Las pilas que no son miniatura, para las que existen productos alternativos que no utilizan mercurio: pilas cilíndricas de óxido mercúrico y varias de zinc manganeso.

Categoría 2: Las distintas pilas miniatura para las que no existen todavía productos alternativos que no utilicen mercurio.

Para la mayoría de las respuestas a la solicitud de información, se informó de un nivel de sustitución de “2”. En las respuestas a veces no se indicaba el tipo de pila en particular a la que se refería esa respuesta, pero todo parece indicar que se trataba de las pilas de la categoría 1, cuando

no había texto explicativo. En algunas respuestas recibidas se señalaba que, en general, el nivel de sustitución de pilas de la categoría 1 era de “2” y para la categoría 2 de “0”. Por ejemplo, Suiza informó de un nivel de sustitución de “2” para las pilas de óxido de mercurio, las alcalinas cilíndricas y las de zinc manganeso (pasta y cartón), y un nivel de sustitución de “0” en el caso de las pilas alcalinas miniatura, de zinc aire y de óxido de plata.

Oro ejemplo es el Japón que informó de que, en general, el nivel de sustitución de las pilas era de “2”, salvo en el caso de las pilas miniatura de zinc aire para el que informó de un nivel “0”. Este concepto se corrobora con los esfuerzos que se llevan a cabo en los Estados Unidos en relación con las pilas de la categoría 1, a las que se han impuesto prohibiciones para las de óxido mercúrico y las alcalinas a base de manganeso desde 1996. Para las pilas de categoría 2, los Estados de Maine y Connecticut en los EE.UU. aprobaron recientemente leyes por las que se prohíbe la venta de pilas miniatura que contengan mercurio; no obstante, la aplicación de la prohibición a este producto se aplazó hasta 2011 para que los fabricantes tengan tiempo suficiente para desarrollar pilas en forma de botón que no contengan mercurio para la mayoría de las aplicaciones.

Sobre la base de esta evaluación, cabe afirmar que la logró la transición exitosa en el caso de las pilas de la categoría 1, pero no en la categoría 2.

Cuadro A2.18: Resumen de la sustitución de pilas

<b>Tipo de pila</b>	<b>Tecnologías alternativas conocidas</b>	<b>Viabilidad de la transición</b>
Cilíndricas de pasta de zinc y manganeso	Sí	Transición exitosa demostrada
Cilíndricas de cartón de zinc y manganeso	Sí	Transición exitosa demostrada
Cilíndricas alcalinas a base de zinc y manganeso	Sí	Transición exitosa demostrada
No miniaturas de óxido mercúrico	Sí	Transición exitosa demostrada
Miniaturas de óxido mercúrico*	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades
Miniaturas de óxido de plata	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades
Miniaturas de zinc aire	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades
Alcalinas miniatura	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades

\*La transición exitosa quedó demostrada en el caso de las pilas miniatura de óxido mercúrico que redujeron el contenido de mercurio en pilas miniatura como las de óxido de plata, zinc aire y las alcalinas. Sin embargo, todavía quedan problemas por resolver para pasar a tecnologías que no utilicen mercurio en el caso de las pilas miniatura.

### **A.3 Uso dental**

El mercurio se utiliza para producir amalgama dental, que es un material que los dentistas utilizan para restauraciones dentarias. Hay dos tipos de restauraciones dentarias: las directas y las indirectas. La reconstrucción directa es un empaste que el dentista coloca directamente en una cavidad preparada del diente. Para colocar un empaste directo solo hace falta una cita con el dentista. Los materiales que se utilizan en las restauraciones directas son: amalgama, ionómeros de vidrios, ionómeros de resina y materiales compuestos.

Las restauraciones indirectas son empastes (incrustaciones, obturaciones, fundas, coronas y puentes) que se fabrican en un laboratorio dental y, por tanto, requieren dos o más visitas al dentista. Los materiales que se utilizan para las restauraciones indirectas son: oro, cerámica y resinas compuestas. En esta sección se tratará sobre la amalgama dental y otros materiales de empaste que se utilizan en restauraciones directas.

#### **Amalgama dental con contenido de mercurio**

##### **Información general sobre el producto**

La amalgama es un material que se utiliza para empastes dentarios y está compuesta de una mezcla de mercurio líquido elemental y una aleación en polvo de plata, estaño y cobre. En la aleación en polvo pueden hallarse también pequeñas cantidades de zinc, paladio o iridio.

Históricamente, los dentistas preparaban su propia amalgama mezclando el mercurio líquido y la aleación. Aunque esta práctica de mezclar la amalgama in situ todavía existe en algunos países, casi toda la amalgama se vende en cápsulas que contienen cantidades ya medidas del mercurio y la aleación. Las cápsulas de amalgama vienen en distintos tamaños y los tres más comunes son 400, 600 y 800 miligramos. El mercurio se encuentra en una fina lámina plástica (almohadilla) dentro de la cápsula. Antes de utilizar la cápsula, hay que colocarla en un amalgamador que rompe la almohadilla y mezcla el mercurio con la aleación en polvo.

La amalgama tiene varias características que hacen de ella la opción popular para restauraciones directas de los molares. Es duradera y soporta la fuerza de la mordida de los molares. Es relativamente fácil manejarla y cuesta poco. Los empastes de amalgama suelen durar unos 12 años. (Johnstone, 2008)

La amalgama tiene también sus limitaciones. Su color plateado se va oscureciendo con el tiempo y, por eso se utiliza fundamentalmente para empastes de los molares por razones estéticas. La amalgama no se adhiere al diente sino que se mantiene en su lugar acomodada entre asideros dentro de la cavidad. Los dentistas tienen que eliminar parte de la dentina para crear esos asideros. La amalgama también requiere un manejo especial, por lo que se debe utilizar un separador de amalgama para separar los residuos del agua de desecho.

El contenido de mercurio de la amalgama varía entre 43 y 54% por peso. La cantidad de mercurio que utiliza el dentista para empastar una caries con amalgama varía según el tamaño de la caries y el tamaño de la cápsula de amalgama (es decir, 400, 600 o 800 miligramos) utilizada. El contenido de mercurio notificado por los fabricantes de los EE.UU. al Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) en relación con las cápsulas de amalgama de mercurio era de menos de 100 miligramos hasta 1.000 miligramos.

## Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de amalgama dental que contiene mercurio.

Cuadro A3.1: Fabricantes representativos de amalgama dental que contiene mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dentsply International	York, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.dentsply.com">www.dentsply.com</a>	Dispersalloy, endurecimiento regular, una sola aplicación, 50% Hg	59,00 400mg, por 50 (Net32)
Ivoclar Vivadent Group	Liechtenstein	<a href="http://www.ivoclarvivadent.com">www.ivoclarvivadent.com</a>	Valiant PhD Sure-Caps, una sola aplicación	54,81 400mg, por 50 (Net32)
Kerr Corporation	Orange, California (EE.UU.)	<a href="http://www.kerrdental.com">www.kerrdental.com</a>	Casquillos Tytin FC, endurecimiento regular, una sola aplicación	99,00 400mg, por 50 (Net32)
SDI Limited	Australia	<a href="http://www.sdi.com.au">www.sdi.com.au</a>	Casquillos Permite, endurecimiento rápido, una sola aplicación	57,50 400mg, por 50 (Net32)

## Alternativa 1: Resinas compuestas

### Información general sobre el producto

Las resinas compuestas son empastes del color de los dientes compuestas por una mezcla de resina acrílica y relleno de vidrio o sílice en polvo. Estos materiales se venden en jeringuillas con cantidades a granel o en cápsulas de una sola dosis y su endurecimiento puede ser autoinducido o liviano. Las resinas compuestas se aplican en capas en la cavidad dentaria (aproximadamente 2 mm de espesor) y hay que dejar que la capa se endurezca antes de aplicar la siguiente.

La técnica de empaste por etapas utilizada con las resinas compuestas por regla general demora más que cuando se utiliza amalgama. Este aumento del tiempo de restauración, sumado al mayor costo del material, hace que el costo de los empastes con resinas compuestas sea mayor que el de los empastes de amalgama. Hay otros factores que influyen en el costo de un empaste, entre ellos, la cobertura del seguro, el lugar donde se realiza el procedimiento, el tamaño del empaste y el tipo de material empleado. En vista de estos diversos factores, es difícil cuantificar la diferencia de precio que debe pagar un paciente por un empaste de resinas compuestas frente a uno de amalgama. Un examen de varios sitios web sobre odontología en los EE.UU. permitió observar que los empastes con resinas compuestas suelen costar 1,2 a 2 veces más que los de amalgama. (About Cosmetic Dentistry, 2008; Cost Helper, 2008)

Una ventaja de las resinas compuestas frente a la amalgama es que el color de la dentadura que se logra es mucho más parecido y, por esta razón, es preferible utilizarlos para los dientes delanteros donde la estética es importante. Otra de las ventajas es que los empastes de resinas compuestas se pueden adherir químicamente a la cavidad dentaria, lo que fortalece la estructura del diente porque los empastes adheridos no requieren tanta extracción de dentina cuando se prepara la cavidad.



La American Dental Association afirma que la resina compuesta “es un material relativamente fuerte y proporciona buena durabilidad en restauraciones pequeñas o medianas”, aunque probablemente haya que sustituir esos empastes con más frecuencia que los de amalgama, en particular cuando la mordida es fuerte o el empaste es grande. Se prevé una duración de cinco a siete años para los empastes con este material. (Johnstone, 2008)

El uso de micro y nanotecnologías ha abierto la puerta a nuevas oportunidades de mejorar los resultados de los materiales compuestos, entre ellos la solidez, la resistencia a la fractura y al desgaste, la estética y las características de manipulación. Muchos fabricantes de resinas compuestas, entre ellos los mencionados en el cuadro que figura a continuación, ofrecen actualmente productos que incorporan micro y nanomateriales en los materiales de relleno de algunas resinas compuestas. El uso de micro y nanomateriales es un adelanto relativamente reciente y probablemente esos adelantos continúen.

Un tipo de resina compuesta, el compómero, es un híbrido entre una resina compuesta y un ionómero de vidrio. Una de las ventajas de los compómeros es que se triplica la resistencia al desgaste frente a la de las resinas. Los compómeros pueden contener también fluoruro que se va liberando con el tiempo para ayudar a prevenir una nueva caries en el diente.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de empastes compuestos.

Cuadro A3.2: Fabricantes representativos de empastes compuestos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
3M	St. Paul, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/">http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/</a>	Cápsulas de recambio para restauraciones Filtek Z250	51,01 Cantidad 20 (Net32)
Dentsply International	York, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.dentsply.com">www.dentsply.com</a>	Cápsulas de compómeros de recambio Herculite XRV	32,60 Cantidad 20, cómpulas de 0,25g (Net32)
Ivoclar Vivadent Group	Liechtenstein	<a href="http://www.ivoclarvivadent.com">www.ivoclarvivadent.com</a>	Recambio de empastes Tetric EvoCeram	67,00 Cantidad 20, empastes de 0.2g (Net32)
Kerr Corporation	Orange, California (EE.UU.)	<a href="http://www.kerrdental.com">www.kerrdental.com</a>	Recambios de una dosis Prodigy	49,99 20 casquillos de 0.2g (Net32)
SDI Limited	Australia	<a href="http://www.sdi.com.au">www.sdi.com.au</a>	Recambios de endurecimiento al vacío Ice Complet	68,75 Cantidad 20, 0.25g (Net32)

## Alternativa 2: Ionómeros de vidrio

### Información general sobre el producto

Los ionómeros de vidrio son materiales del color de los dientes con apariencia natural hechos de una mezcla de ácidos acrílicos con finos polvos de vidrio que se utilizan para empastar caries. Los

ionómeros de vidrio tienen relativamente poca resistencia a la fractura y, por tanto, se utilizan fundamentalmente para empastes pequeños donde no se soportan cargas, como en la superficie de la raíz de los dientes. Los ionómeros de vidrio se distribuyen en diferentes formas, entre ellas: dosificadores, cápsulas y polvo/líquido.

Una ventaja específica que distingue a los empastes de ionómeros de vidrio de los de amalgama es que su color se aproxima mucho al de la dentadura y, por esta razón, se les suele utilizar en los dientes delanteros o donde la estética es importante. Otra ventaja es que los ionómeros de vidrios se adhieren químicamente a la cavidad del diente, lo que puede reforzar la estructura del diente porque los empastes que se adhieren al diente requieren la extracción de menos cantidad de dentina al preparar la cavidad. Los empastes de ionómeros de vidrio pueden contener también fluoruro que se libera lentamente con el tiempo y ayuda a prevenir nuevas caries dentales.

Las desventajas de los empastes de ionómeros de vidrio son su costo más elevado y el mayor tiempo que hace falta para colocarlos. Desde el punto de vista de la durabilidad, tienen menos resistencia a la fractura y probablemente sufran más desgaste que los de amalgama o resinas compuestas. (Colgate, 2008) El costo de los empastes dentales depende de muy diversos factores y, por tanto, es difícil cuantificar la diferencia de precio que el paciente debe pagar por un empaste de este tipo. La American Dental Association declaró que los costos de los empastes de ionómeros de vidrio son comparables a los de resinas compuestas, pero siempre más que los de amalgama.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de de materiales para restauraciones dentarias a base de ionómeros de vidrio.

Cuadro A3.3: Fabricantes representativos de materiales a base de ionómeros de vidrio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
3M ESPE	St. Paul, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://solutions.3m.com/wps/port al/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/">http://solutions.3m.com/wps/port al/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/</a>	Ketac Molar Aplicap cápsulas de recambio, autoendurecimiento	189,00 Cantidad 50 (Net32)
3M ESPE	St. Paul, Minnesota (EE.UU.)	<a href="http://solutions.3m.com/wps/port al/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/">http://solutions.3m.com/wps/port al/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/</a>	Cápsulas de recambio Photac-Fil Quick Aplicap, doble endurecimiento	209,00 Cantidad 50 (Net32)
GC America, Inc.	Alsip, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.gcamerica.com/">http://www.gcamerica.com/</a>	Cápsulas de recambio Fuji II LC, endurecimiento suave	108, 95 Cantidad 50 (Net32)
SDI Limited	Australia	<a href="http://www.sdi.com.au">www.sdi.com.au</a>	Cápsulas de recambio Riva de endurecimiento suave	136,55 Cantidad 50 (Net32)

### Otros materiales

#### Ionómeros de resina

Los ionómeros de resina o los ionómeros de vidrio modificados con resina son una mezcla de ácidos acrílicos y resina acrílica con un relleno de vidrio. Tienen el color de los dientes y pueden liberar fluoruro para ayudar a prevenir la formación de una nueva caries. Al igual que los ionómeros de vidrio, los de resina se adhieren a la cavidad dentaria y requieren la extracción de una pequeña cantidad de dentina al preparar la cavidad. Los ionómeros de resina son mejores que los

vidrio en determinadas propiedades mecánicas, entre ellas solidez y coeficiente de expansión térmica.

Los ionómeros de resina tienen una resistencia baja a moderada a la fractura y experimentan mucho desgaste cuando se utilizan para la masticación. Por estas razones, el uso de los ionómeros de resina se limita habitualmente a empastes pequeños donde no se soportan cargas o empastes de corta duración en dientes primarios (de leche). El costo de un empaste de ionómeros de resina es parecido al de un empaste de material compuesto, y es más caro que el de amalgama.

### **Oro, cerámica y porcelana**

La aleación de oro, la cerámica y la porcelana se suelen usar para restauraciones indirectas y, por consiguiente, no son productos alternativos de la amalgama, que se utiliza fundamentalmente para restauraciones directas. Estos materiales requieren dos o más visitas al dentista y, en preparación, casi siempre se coloca un empaste temporal.

### **Cemento de policarboxilato**

El cemento de policarboxilato se utiliza para empastar temporalmente una pieza y como medio de cementación para restauraciones con molduras de porcelana aleada. No se considera un producto sustitutivo de la amalgama porque se utiliza para empastes temporales. ([www.free-ed.net](http://www.free-ed.net), 2008)

### **Óxido de zinc**

El óxido de zinc se utiliza para distintos trabajos dentales, incluidos los empastes temporales. Se le suele utilizar en combinación con eugenol, líquido derivado del aceite de clavo, alivia el dolor y es ligeramente antiséptico. No se le considera un producto sustitutivo de la amalgama porque se utiliza para empastes temporales. ([www.free-ed.net](http://www.free-ed.net), 2008)

### **Demanda y utilización de mercurio**

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen los datos sobre la demanda de mercurio para amalgama dental proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA u otros documentos, entre ellos informes generados utilizando el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA.

Cuadro A3.4: Uso de mercurio para amalgama dental, por países (ordenado de mayor a menor)

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)</b>
Estados Unidos	SI	27,6 (2004)
Alemania	SI	20
Filipinas	MIT	17.741 (2006)
Reino Unido	SI	6,6 (2006)
China	Otras <sup>1</sup>	6
Canadá	Otras <sup>2</sup>	4.665 (2007)
Siria	SI	4.125
Países Bajos	SI	1,6 (2007)
Dinamarca	SI	1,2 (1,1 a 1,3) (2001)
Rusia	Otras <sup>3</sup>	0,8 (2001)

<sup>1</sup> SEPA, 2005.

<sup>2</sup> Información del Canadá en apoyo de la labor entre reuniones del Grupo de trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio, 31 de enero de 2008.

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
Argentina	SI	0,614
Japón	SI	0,15 (2005)
Suecia	SI	0,103
Camboya	MIT	0,086 0,008 a 0,163 (2007)
Noruega	SI	0

En el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) se recomienda un margen por omisión de 0,05 a 0,20 gramos de mercurio anuales por habitante para calcular la demanda total de amalgama. (PNUMA 2005) Tres países (Alemania, Dinamarca y Siria) informaron de cantidades de uso por encima del margen establecido en el Instrumental. Filipinas calculó el uso de mercurio a partir de la cifra máxima recomendada en el Instrumental para el inventario de mercurio (0,20 gramos de mercurio anuales por habitante). Otros cuatro países informaron cifras que corresponden al margen recomendado en el Instrumental (Canadá, Reino Unido, Países Bajos, y Estados Unidos). Los siete países restantes informaron cifras por debajo del margen recomendado en el Instrumental.

El uso de la amalgama dental probablemente se vea afectado por algunos factores, entre ellos: políticas oficiales, grado de disponibilidad de servicios odontológicos, nivel de higiene personal y disponibilidad y costo de productos alternativos. Por ejemplo, probablemente el poco uso en Suecia obedezca, en parte, a la política que se implantó en 1999 de excluir del seguro médico a las restauraciones dentarias con amalgama. En el informe de Camboya en respuesta al Instrumental para el inventario de mercurio se atribuye el poco uso a la escasa frecuencia de las restauraciones dentales y al uso generalizado de otros materiales para empastes.

### Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece información proporcionada por los países sobre sus experiencias con la adopción de tecnologías alternativas o productos alternativos asociados con la sustitución de amalgama dental a base de mercurio por otros materiales de empaste. La información que figura en los cuadros se obtuvo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o parafraseada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro A3.5: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “2”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos Nivel “2” – Existen productos alternativos que se utilizan de ordinario
Brasil	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Dinamarca	SI Otras <sup>4</sup>	El uso de amalgama disminuyó de 37% en el total de empastes en 2000 a 28% en 2005. Diferentes tipos de material plástico han estado dominando el mercado en los últimos años, además de los ionómeros de vidrios. A partir del 1º de abril de 2008, los dentistas ya no podrán utilizar amalgama dental.

<sup>3</sup> ACAP, 2004

<sup>4</sup> PR Newswire, 2008.

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>Nivel “2” – Existen productos alternativos que se utilizan de ordinario</b>
Alemania	SI	Alemania informó de un nivel de sustitución de 1- 2. Experiencia positiva.
Japón	SI	El uso de la amalgama dental disminuyó de 5 toneladas métricas en 1970 a 0,15 toneladas métricas en 2005 debido a las preocupaciones expresadas acerca de la ingestión de mercurio debido al deterioro, la descomposición y la inhalación de vapores generados por el calor de la masticación. Los productos alternativos son aleación de oro-plata-paladio, la cerámica y la resina compuesta.
Países Bajos	SI	Se calcula una disminución del uso de mercurio de aproximadamente 15% anual, debido a la disminución del deterioro de la dentadura y al aumento del uso de otros empastes dentales. Desde mediados de los años ochenta, el uso de la amalgama dental disminuyó de 3.500 gramos por dentista anuales a 260 gramos por dentista anuales.
Noruega	SI	No se han registrado experiencias negativas con los productos alternativos. La prohibición en Noruega del uso de mercurio en productos, incluida la amalgama dental, entró en vigor en enero de 2008.
Eslovenia	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Suecia	SI Otras <sup>5</sup>	Experiencia positiva. Se redujo en 90% el uso de amalgama dental entre 1997 y 2003. Cerca del 98% del total de empastes en adultos se hace con otros materiales, mayormente resinas compuestas. En los niños la reducción correspondiente es de 99,95%. El seguro de salud dejó de pagar restauraciones con amalgama en 1999. El 1º de enero de 2008 entró en vigor la prohibición de utilizar mercurio en la amalgama dental.
Suiza	SI	Desde el punto de vista técnico, no hay problemas, pero podría haberlo debido al más alto costo de los productos alternativos.

Cuadro A3.6: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “1”

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “1” – Se dispone de productos alternativos que se utilizan muy poco</b>
Argentina	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Chile	SI	Negativa. La disponibilidad de productos alternativos es limitada y su costo es mucho mayor que el de la amalgama.
Francia	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Irán	SI	La amalgama dental se sigue utilizando, aunque muchos dentistas están utilizando resinas compuestas en su lugar. El consumo de mercurio en odontología ha disminuido extraordinariamente desde 1998.
Panamá	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.

<sup>5</sup> PR Newswire, 2008.

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “1” – Se dispone de productos alternativos que se utilizan muy poco
Reino Unido	SI	Se están utilizando los materiales compuestos y los ionómeros de vidrio. El menor consumo de amalgama de mercurio de 9 toneladas métricas (2004) denota las mejoras en la salud dental de la población. Se espera que el uso de la amalgama siga disminuyendo a unas 2 toneladas métricas de mercurio anuales para 2011.
Estados Unidos	SI Otras <sup>6</sup>	Negativa. Los productos alternativos que no utilizan mercurio son costosos y los seguros médicos privados o estatales no cubren ese costo. Los productos para el tratamiento dental están regulado por el gobierno federal y los Estados no pueden prohibir por su cuenta el uso de la amalgama dental.  Los planes de seguro por regla general cubren la mayor parte o la totalidad del costo de los empastes de amalgama, pero sólo del 50% al 80% de los empastes de materiales compuestos.

Cuadro A3.7: Países que no enviaron respuesta sobre el nivel de sustitución

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos  No hubo respuesta sobre el nivel de sustitución
Camboya	MIT	Los empastes utilizados son los de amalgama, resinas compuestas, materiales compuestos, cemento de ionómeros de vidrio y de policarboxilato, óxido de zinc y cerámica. Los pacientes de clínicas odontológicas prefieren los materiales compuestos a la amalgama, mientras que las personas con más recursos económicos prefieren el óxido de zinc y la cerámica.
Canadá	Otras <sup>7</sup>	Los productos alternativos son casquillos de oro, amalgama adhesiva, cerámica y resinas compuestas. Hay preocupación por los productos alternativos en cuanto a su elevado costo y la falta de idoneidad de determinados procedimientos. Las amalgamas son también muy duraderas, se colocan con relativa rapidez y facilidad y en la mayoría de los casos se pueden reparar.

Ocho países informaron de un nivel de sustitución de “2” para la amalgama dental y un país, Alemania, informó un nivel de sustitución de “1 a 2”. Una respuesta de nivel “2” indica que existen productos alternativos que se utilizan de ordinario en esos países. De estos nueve países, siete eran europeos. Tres de los países europeos (Dinamarca, Noruega, y Suecia) han impuesto prohibiciones al uso de la amalgama dental. El Brasil y el Japón también informaron un nivel de sustitución de “2”.

Siete países informaron un nivel de sustitución de “1” para la amalgama dental, lo que indica que existen productos alternativos que se utilizan muy poco en esos países. Dos de estos países son de América del Sur, dos de Europa, uno de Asia occidental, uno de Centroamérica y uno de América del Norte.

<sup>6</sup> [www.aboutcosmeticdentistry.com](http://www.aboutcosmeticdentistry.com)

<sup>7</sup> Información del Canadá en apoyo de la labor entre reuniones del grupo de trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio, 31 de enero de 2008.

En general, trece países enviaron observaciones por escrito sobre los productos alternativos de la amalgama dental. En cuatro de esas observaciones figuraban declaraciones sobre el costo de los productos alternativos que es más alto que el de la amalgama dental, mientras que solo un país expresó preocupación por las características de comportamiento de los productos alternativos.

### Resumen – Uso dental

Los dentistas tienen en cuenta diversos factores a la hora de decidir qué tipo de material utilizan para los empastes en casos de restauración directa, a saber: salud del paciente, estética, lugar donde se colocará el empaste, fuerza de la mordida, duración y número de las visitas, durabilidad y costo del material. (ADA, 2008) En determinados casos, los materiales que podrían sustituir a la amalgama son obviamente la mejor opción. Por ejemplo, las resinas compuestas que adquieren el color de la dentadura son utilizadas con frecuencia para caries de los dientes delanteros por razones cosméticas. Los ionómeros de vidrio o los ionómeros reforzados con resina se suelen preferir para pequeñas caries en el cuello o la raíz del diente y las pequeñas caries en los dientes de leche.

La aplicación de micro y nanotecnologías está ayudando a mejorar los resultados físicos y las cualidades estéticas de los materiales sustitutivos. Las respuestas a la solicitud de información de varios países dan a entender que los productos alternativos serían idóneos en el caso de la amalgama en cuanto a resultados. El precio más alto de esos productos fue señalado por algunos países como un obstáculo a la transición y el abandono de la amalgama.

Tres países, Noruega, Suecia y Dinamarca, han impuesto prohibiciones al uso del mercurio en amalgama dental que entraron en vigor en 2008. Estos países consideraron que las resinas compuestas eran productos alternativos adecuados de la amalgama. (PR Newswire, 2008)

En el cuadro que figura a continuación se presenta un desglose cuantitativo del nivel de sustitución del mercurio en usos dentales, basado en las respuestas a la solicitud de información enviadas por 16 países.

Cuadro A3.8: Respuestas de países por nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de países	Porcentaje de respuestas
2	8	50%
1 a 2	1	6%
1	7	44%

La información proporcionada en esta sección indica que hay tecnologías alternativas disponibles para sustituir a la amalgama dental y que en algunos países se ha logrado la transición exitosa. El 50% de las respuestas a la solicitud de información indica que existen productos alternativos en el mercado que se utilizan de ordinario. Un país (Noruega) estimó en cero su uso dental de mercurio y la prohibición de la amalgama dental a partir de 2008 en Suecia y Dinamarca probablemente lleve la cifra a cero en 2009.

Pese a la transición exitosa en estos países, se señalaron dificultades que impiden la transición exitosa a nivel mundial. El obstáculo más importante a la transición exitosa, según las respuestas a la solicitud de información, es el alto costo de los productos alternativos. Otros factores que pueden afectar la transición hacia empastes que no utilicen mercurio son: cobertura de los productos

alternativos en los seguros médicos, formación de los dentistas, reglamentos oficiales y preocupación por el posible obstáculo al cuidado dental en los países en desarrollo. (Maag, 2007)

Cuadro A3.9: Resumen de la sustitución de la amalgama de uso dental

<b>Uso dental</b>	<b>Tecnologías alternativas conocidas</b>	<b>Viabilidad de la transición</b>
Amalgama dental	Sí	Existen productos alternativos – Se conocen las dificultades



## A.4. Dispositivos eléctricos y electrónicos

La sección “Dispositivos eléctricos y electrónicos” abarca dos grandes subgrupos de productos: interruptores eléctricos y relés. En la primera subsección “A.4.a Interruptores eléctricos”, se proporciona información sobre los cuatro principales tipos de interruptores: de flotador, basculante, de presión y de temperatura. En esta sección se incluye información sobre los interruptores que contienen mercurio y los productos alternativos que no lo contienen para los cuatro tipos de interruptores. En la segunda subsección “A.4.b Relés”, se proporciona información para los dos tipos de relés que contienen mercurio (desplazamiento de mercurio y lámina húmeda de mercurio) y los seis productos alternativos que no lo contienen (secos de láminas magnéticas flexibles, otros relés electromecánicos, de estado sólido, rectificadores controlados por silicio e híbridos).

Los interruptores y los relés se utilizan en miles de diferentes productos y aplicaciones en muchas esferas, como residencial industrial, médica, agrícola, municipal y comercial. Hay muchos parámetros del diseño que afecta a las características técnicas y a la selección de un interruptor o relé para un producto o aplicación específicos. El diseño del interruptor o el relé y las opciones de productos pueden variar mucho según el fabricante.

Los parámetros del diseño influyen significativamente en la selección del modelo de producto y en el costo final del producto. A continuación se indican algunos de los parámetros del diseño de mayor importancia: número de puntos de aguja, tipo de detección del nivel, precisión del interruptor/ relé, fiabilidad, tipo de medio líquido (para los interruptores de flotador), estilo del montaje, tipo de caja, clase de contacto de salida, duración del interruptor//relé, aprobación reglamentaria requerida, tipo de carga eléctrica, parámetros de funcionamiento, condiciones ambientales, requisitos de la potencia de entrada y tipo de interruptor/relé.

### A.4.a Interruptores eléctricos

#### Interruptores basculantes

Los interruptores basculantes son capaces de detectar los cambios en la posición o la rotación y, entonces pueden accionar un interruptor basándose en esos cambios. El interruptor basculante se puede utilizar para activar alarmas, controles, luces u otro equipo.

Los interruptores basculantes son componentes útiles que sirven para cubrir las necesidades de centenares de productos y aplicaciones diferentes. En el cuadro que figura a continuación se ofrecen algunos ejemplos de productos y aplicaciones que utilizan interruptores basculantes.

Cuadro A4.1: Aplicaciones de los interruptores basculantes

Tipo de aplicación	Ejemplos
Industrial	Procesadoras, controles del transportador, extrusionadoras, controles de la velocidad, pedales, comprobadores de la cantidad de carbón, vehículos para la construcción, grúas, montacargas, canales de descarga, transportadores verticales, plataformas estáticas, etc.
Agricultura	Tractores, controles del transportador, procesamiento de alimentos, tolvas, silos, detectores de la altura del grano, etc.
Marina	Controles del timón de dirección, manipuladores en alta mar, plataformas en agua salada, niveladores de buques y barcasas, etc.
Equipo médico	Equipos de rayos X, analizadores de imágenes de resonancia magnética, controles de posición, sillas de ruedas, etc.

## Interruptores basculantes que utilizan mercurio

### Información general sobre el producto

Los interruptores basculantes que utilizan suelen estar formados por pequeños tubos con contactos eléctricos en uno de los extremos del tubo. A medida que el tubo se eleva, el mercurio se va depositando en el extremo inferior y creando una trayectoria conductora que completa el circuito del interruptor. Cuando el interruptor regresa a la posición inicial, el circuito se desconecta.

El interruptor basculante de mercurio es sumamente fiable y funciona durante mucho tiempo porque tiene pocos componentes que no están sujetos a la formación de arco eléctrico. Los resultados del ensayo del ciclo de duración arrojan una actividad de más de un millón de ciclos. Los interruptores basculantes que utilizan mercurio pueden manipular una carga inductiva alta y tienen un funcionamiento silencioso. Sin embargo, el mercurio que contienen es menos conveniente para muchas aplicaciones, entre ellas la industria de la alimentación y bebidas. Además, la eliminación del mercurio de los interruptores al final de su vida útil puede entrañar un costo, por ejemplo en el caso de los interruptores del portaequipajes de los automóviles.

El contenido de mercurio notificado al IMERC por los fabricantes como rango para los interruptores basculantes de mercurio correspondía a los tres rangos siguientes: 50 a 100 miligramos, 100 a 1.000 miligramos y más de 1.000 miligramos. Algunos fabricantes informaron cifras exactas al IMERC, y esas cantidades variaban de 0,05 a 5 gramos por interruptor basculante. (NEWMOA, 2008)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores basculantes de mercurio.

Cuadro A4.2: Fabricantes representativos de interruptores basculantes que contienen mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
American Terminal Supply Company Inc.	Wixom, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.american-terminal.com">www.american-terminal.com</a>	AT-MS-4	4 a 12 (SJ, Amazon)
Celduc Relais	Sorbiers (Francia)	<a href="http://www.celducrelais.com">www.celducrelais.com</a>	Serie IB600099	Difícil de obtener.
Comus International	Tongeren (Bélgica)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Well Buying Industrial Company	Taipei (Taiwán)	<a href="http://www.wellbuying.com.tw">www.wellbuying.com.tw</a>	M5 Series	Difícil de obtener.

## Alternativa 1: Potenciómetros de interruptor basculante

### Información general sobre el producto

Los potenciómetros consisten en un carril conductor curvado con una conexión terminal en cada extremo del carril. En un tercer terminal se conecta un contacto deslizante. A medida que rota el eje del potenciómetro, cambia proporcionalmente la longitud del carril y la resistencia eléctrica. Los potenciómetros se pueden utilizar para detectar movimiento lineal, rotación de un solo giro o rotación de giros múltiples.

Los potenciómetros son baratos y fiables. Los potenciómetros tienen una larga duración, a veces mayor de 20 millones de ciclos. Los potenciómetros también se fabrican en tamaño miniatura para los diseños que requieren ahorro de espacio.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de potenciómetros.

Cuadro A4.3: Fabricantes representativos de potenciómetros

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
ETI Systems	Carlsbad, California (EE.UU.)	<a href="http://www.etisystems.com">www.etisystems.com</a>	Serie EUP y SP	Difícil de obtener.
Precision Electronic Components Ltd.	Weston, Ontario (Canadá)	<a href="http://www.precisionelectronics.com">www.precisionelectronics.com</a>	Serie R	Difícil de obtener.
Taiwan Alpha Electronic Co, Ltd	Taoyuan (Taiwán)	<a href="http://www.taiwanalpha.com">www.taiwanalpha.com</a>	9 MM	1 a 35, (Mouser)
Tokio Cosmos Electric Co. Ltd.	Kanagawa (Japón)	<a href="http://www.tocos.com">www.tocos.com</a>	Series GF y RJC	Difícil de obtener.
Vishay Intertechnology Inc.	Malvern, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.vishay.com">www.vishay.com</a>	Serie P9	3 a-6, (Mouser)

## Alternativa 2: Interruptores basculantes de bola metálica

### Información general sobre el producto

Se utiliza una bola metálica que se balancea, por regla general de acero, para establecer la conexión eléctrica propiamente dicha. La bola metálica se mueve a partir del movimiento de la caja del interruptor basculante o puede moverse mediante imanes accionadores.

Los interruptores basculantes de bola metálica son idóneos para aplicaciones sujetas a altos niveles de interferencia electromagnética o a aplicaciones de alta tensión que requieren un interruptor fuerte. El interruptor basculante de bola metálica puede tener una larga duración si solo se le utiliza para cargas máximas admisibles pequeñas. Los interruptores basculantes de bola metálica no sirven para aplicaciones en las que puedan experimentar choques o vibraciones fuertes porque puede causar falsos contactos debido al rebote. Además, la bola metálica puede quedar soldada a los contactos eléctricos en caso de recalentamiento o formación de arco eléctrico. Otra desventaja de los interruptores basculantes de bola metálica es que no pueden soportar cargas mayores de dos amperes sin experimentar problemas de formación de arco eléctrico.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores basculantes de bola metálica.

Cuadro A4.4: Fabricantes representativos de interruptores basculantes de bola metálica

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Assemtch Inc.	Reino Unido	<a href="http://www.assemtch-inc.com">www.assemtch-inc.com</a>	Series THS-SP y DHS- SP	Difícil de obtener.
Comus International	Tongeren (Bélgica)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Magnasphere Corporation	Waukesha, Wisconsin (EE.UU.)	<a href="http://www.magnaspherecorp.com">www.magnaspherecorp.com</a>	Serie NM	Difícil de obtener.

### Alternativa 3: Interruptores basculantes electrolíticos

#### Información general sobre el producto

Los interruptores basculantes electrolíticos contienen electrodos y se llenan con un líquido capaz de conducir la electricidad. Cuando el interruptor se inclina, la superficie del líquido permanece a nivel debido a la gravedad. La conductividad entre los electrodos es proporcional a la longitud del electrodo que está inmerso en el líquido. Se pueden utilizar materiales electrolíticos diferentes para variar la conductividad y la viscosidad a fin de cumplir los diferentes parámetros del diseño.

Los interruptores basculantes electrolíticos proporcionan una magnífica repetibilidad, estabilidad y precisión. Este interruptor suele diseñarse para mediciones de ángulo de gran precisión en magnitudes angulares cortas. Los interruptores basculantes electrolíticos son resistentes y pueden utilizarse en lugares expuestos a temperaturas extremas, humedad y choques.

#### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores basculantes electrolíticos.

Cuadro A4.5: Fabricantes representativos de interruptores basculantes electrolíticos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio
Fredericks Company	Huntingdon Valley, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.frederickson.com">www.frederickson.com</a>	Series 07X	Difícil de obtener.
Spectron Glass and Electronics Inc.	Hauppauge, Nueva York (EE.UU.)	<a href="http://www.spectronsensors.com">www.spectronsensors.com</a>	SP, AU, RG, CG, y SH series	Difícil de obtener.

### Alternativa 4: Interruptores basculantes mecánicos

#### Información general sobre el producto

Los interruptores basculantes mecánicos son interruptores de acción rápida o microrruptores que se accionan mediante diversos métodos. Un método común de accionarlos es balancear una bola metálica que acciona un brazo de palanca. La bola cambia de posición según la gravedad y el cambio de posición de la caja del interruptor.

Los interruptores basculantes mecánicos son muy fiables, funcionan durante mucho tiempo y pueden soportar cargas inductivas altas. Con frecuencia se clasifica a los interruptores basculantes mecánicos entre los de larga duración de más de un millón de ciclos. Los interruptores basculantes mecánicos requieren muy poca presión para accionar el interruptor.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores basculantes mecánicos.

Cuadro A4.6: Fabricantes representativos de interruptores basculantes mecánicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Binmaster	Lincoln, Nebraska (EE.UU.)	<a href="http://www.binmaster.com">www.binmaster.com</a>	BM-T Series	Difícil de obtener.
Monitor Technologies LLC	Elburn, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.monitortech.com">www.monitortech.com</a>	TC Series	Difícil de obtener.
Omron Corporation	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	D7E-3	5 a 11, (Digikey)

## Alternativa 5: Interruptores basculantes de estado sólido

### Información general sobre el producto

Se suele denominar a los interruptores basculantes de estado sólido como inclinómetros o acelerómetros según el tipo de aplicación. Los interruptores basculantes de estado sólido pueden utilizar un sensor de efecto Hall con circuitos integrados, un elemento sensor de silicio micromaquinado de inclinación con tecnología capacitiva sumamente estable, la tecnología del servoacelerómetro o torsionadores para instrumentos de medición de la inercia.

Los interruptores basculantes de estado sólido proporcionan alta resolución, precisión, respuesta rápida y mantienen su precisión en una amplia gama de temperaturas. Los interruptores basculantes de estado sólido duran mucho tiempo, a veces más de diez millones de ciclos. Se pueden utilizar en entornos expuestos a fuertes vibraciones y choques.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores basculantes de estado sólido.

Cuadro A4.7: Fabricantes representativos de interruptores basculantes de estado sólido

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Jewell Instruments, LLC	LC Series	<a href="http://www.jewellinstruments.com">www.jewellinstruments.com</a>	Serie LC	Difícil de obtener.
Omron Corporation	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	Serie D6BN	2 a 4, (Digikey)

## Alternativa 6: Interruptores basculantes capacitivos

### Información general sobre el producto

Los interruptores basculantes capacitivos utilizan un sensor capacitivo que produce una salida directamente proporcional a la inclinación relativa. El sensor capacitivo del interruptor basculante suele estar formado por dos cúpulas capacitivas herméticamente selladas que contienen una constante dieléctrica alta y el fluido que llena el espacio entre las cúpulas.

Los interruptores basculantes capacitivos tienen una alta precisión, gran estabilidad a largo plazo y requieren poca potencia. Los interruptores basculantes capacitivos son idóneos para aplicaciones que requieren una gran precisión de la medición y para medir ángulos de inclinación grandes.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores basculantes capacitivos.

Cuadro A4.8: Fabricantes representativos de interruptores basculantes capacitivos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Measurement Specialties Inc.	Hampton, Virginia (EE.UU.)	<a href="http://www.schaevitz.com">www.schaevitz.com</a>	Serie Accustar II DAS	Difícil de obtener.
Seika Kempton	Alemania	<a href="http://www.seika.de">www.seika.de</a>	Series NG2, NG3, y NG4	Difícil de obtener.

### Interruptores de flotador

Los interruptores de flotador se utilizan para vigilar el nivel de diversos líquidos. Esos tipos de líquidos son: agua, aguas cloacales, cieno cloacal, aceites, productos químicos, grasas y nitrógeno líquido. Los interruptores de flotador se pueden utilizar para vigilar los niveles de líquido en tanques, pozos, cámaras, perforaciones y otros contenedores. Los interruptores de flotador se utilizan para accionar alarmas y circuitos de control que dan respuestas controladas a distintos niveles de los líquidos. Existen dos tipos básicos de funcionamiento de los interruptores de flotador. El primer método es que se puede situar un interruptor de flotador en la cuba de un flotador que puede activarse cuando aumenta o disminuye el nivel del líquido. El segundo método es que el interruptor de flotador puede estar estacionario y activarse en presencia o ausencia de líquido.

Un interruptor de flotador es un componente versátil utilizado para atender las necesidades de centenares de productos y aplicaciones diferentes. Un interruptor de flotador puede incorporarse a un producto como una bomba de sentina o se puede adquirir como componente para utilizarlo en una aplicación específica de un usuario. En el cuadro que figura a continuación se ofrecen algunos ejemplos de productos y aplicaciones que utilizan interruptores de flotador.

Cuadro A4.9: Aplicaciones de los interruptores de flotador

Tipo de aplicación	Ejemplos
Industrial/fabricación	Procesamiento de líquidos, tratamiento de desechos, equipos de aire acondicionado, fabricación de semiconductores, máquinas automáticas de fabricación de chapas, etc.
Residencial	Bombas de sentina, tanques sépticos, calentadores de agua, instalaciones automáticas de plomería, etc.
Marina	Bombas de sentina, rociadores, evacuación de residuos de los trasatlánticos, recipientes de equilibrio de los buques, etc.
Municipal	Instalaciones de bombeo, tratamiento de aguas residuales, plantas de tratamiento de residuos, etc.

## Interruptores de flotador de mercurio

### Información general sobre el producto

Los interruptores de flotador de mercurio suelen colocarse en una cuba de flotador y se accionan cuando aumenta y disminuye el nivel de líquido. Los interruptores de flotador de mercurio suelen contener un pequeño tubo con contactos eléctricos a un extremo del tubo. A medida que el tubo sube, el mercurio se va depositando en el extremo inferior, creando una vía conductora que completa el circuito. Cuando el interruptor vuelve a bajar, se rompe el circuito.

La ventaja de los interruptores de flotador de mercurio radica en que son sumamente fiables y funcionan durante mucho tiempo, porque tienen pocos componentes y no están sujetos a la formación de arco eléctrico. La prueba de la durabilidad indica más de un millón de ciclos. Los interruptores de flotador de mercurio pueden soportar una carga inductiva alta y funcionan silenciosamente.

Los interruptores de flotador de mercurio requieren un espacio donde bascular para funcionar debidamente. Para aplicaciones en un lugar estrecho con espacio limitado para bascular, tal vez la selección más apropiada sea un interruptor de flotador de lámina magnética. Como este tipo de interruptor contiene mercurio, que es un producto químico tóxico, cada vez se utiliza menos en muchas aplicaciones, como la industria de la alimentación y bebidas. En el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se plantea que el precio de los productos alternativos que no contienen mercurio es aproximadamente el mismo de los interruptores de flotador que contienen mercurio. (Maag, 2007)

El contenido de mercurio notificado por los fabricantes al IMERC como rango para los interruptores de flotador era de 100 a 1.000 miligramos por interruptor o mayor de 1.000 miligramos por interruptor. Algunos fabricantes comunicaron cantidades exactas al IMERC, cantidades que variaban de 0,1 a 70 gramos por interruptor de flotador. El Instrumental del PNUMA ofrece un ejemplo de Dinamarca en el que los interruptores de flotador pueden llegar a contener entre 6,8 y 13,6 gramos de mercurio. (PNUMA, 2005)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de flotador de mercurio.

Cuadro A4.10: Fabricantes representativos de Interruptores de flotador de mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Comus International	Tongeren (Bélgica)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Conery Manufacturing Inc.	Ashland, OH (EE.UU.)	<a href="http://www.conerymfg.com">www.conerymfg.com</a>	Serie 2900	Difícil de obtener.
Mercury Displacement Industries	Edwardsburg, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	Series A, B, C, D y E	Difícil de obtener.
Zoeller Pump Co.	Louisville, Kentucky (EE.UU.)	<a href="http://www.zoeller.com">www.zoeller.com</a>	Serie 10	90 a 95, (Dean)

## Alternativa 1: Interruptores de flotador mecánicos

### Información general sobre el producto

Los interruptores de flotador mecánicos suelen situarse en la cuba de un flotador y se accionan cuando aumenta o disminuye el nivel del líquido. Los interruptores mecánicos pueden ser un interruptor de acción rápida o un microrruptor que se pone en funcionamiento mediante métodos muy diversos. Un método común de accionarlos es mediante una bola metálica que se balancea y acciona el brazo de una palanca; la bola cambia de posición con la gravedad y la posición resultante de la cuba del flotador.

Los interruptores de flotador mecánicos son sumamente fiables, funcionan durante mucho tiempo y pueden soportar cargas inductivas altas. Los interruptores mecánicos suelen clasificarse entre los que duran más de un millón de ciclos. El interruptor de flotador mecánico puede utilizar un flotador tanto para encender como para apagar. Los interruptores de flotador mecánicos requieren de ordinario un espacio para bascular a fin de funcionar debidamente. Sin embargo, esto no es así en el caso de los interruptores de flotador mecánicos que utilizan imanes en un vástago vertical para activar el microrruptor.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de flotador mecánicos.

Cuadro A4.11: Fabricantes representativos de interruptores de flotador mecánicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Automation Products Group Inc.	Logan, Utah (EE.UU.)	<a href="http://www.apgsensors.com">www.apgsensors.com</a>	Serie Ft-100	Difícil de obtener.
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	Serie L8	66, (Dwyer)
Kari-Finn Oy	Lahti (Finlandia)	<a href="http://www.kari-finn.fi">www.kari-finn.fi</a>	Serie Kari de interruptores de flotador	Difícil de obtener.
Kobold Messring GmbH	Taunus (Alemania)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Serie NGS	Difícil de obtener.



Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Mercury Displacement Industries	Edwardsburg, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	Series G, H, K, N y P	Difícil de obtener.
MJK Automation	Naerum (Dinamarca)	<a href="http://www.mjk.com">www.mjk.com</a>	7030 series	Difícil de obtener.
Nivelco Process Control Co.	Budapest (Hungría)	<a href="http://www.nivelco.com">www.nivelco.com</a>	Series Nivofloat y NivoMag	Difícil de obtener.
SOR	Lenex, Kansas (EE.UU.)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	Series 100, 1710, 200 y 300	Difícil de obtener.

## Alternativa 2: Interruptores magnéticos de láminas

### Información general sobre el producto

Los interruptores magnéticos de láminas están empotrados en un vástago vertical del dispositivo del interruptor de flotador. Los imanes permanentes se montan en la cuba del flotador que se mueve verticalmente a lo largo del tubo o vástago. Los imanes activan los interruptores de lámina en el vástago a niveles predeterminados para facilitar la funcionalidad del control o la alarma.

El uso del interruptor magnético de láminas es conveniente para espacios pequeños o estrechos. Estos interruptores tienen larga duración. Una desventaja es que no puede soportar una carga inductiva alta, por eso tienen una clase de contacto baja. Además, el interruptor de lámina seca magnética se debe usar en un ambiente limpio, porque el detritus que se adhiere al vástago altera su funcionamiento.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores magnéticos de lámina seca.

Cuadro A4.12: Fabricantes representativos de interruptores magnéticos de láminas

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Comus International	Tongeren (Bélgica)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	L10 series	66, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus, Alemania	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	NC series	18, 39 (Lesman)

## Alternativa 3: Interruptores ópticos de flotador

### Información general sobre el producto

Los interruptores ópticos con flotador utilizan los principios de la óptica para detectar la presencia o ausencia de un líquido frente a la de un gas como el aire. El sensor óptico del interruptor con flotador contiene un pequeño diodo emisor de luz infrarroja (LED) y un receptor de luz de fototransistores para detectar la presencia de líquido.

Los interruptores ópticos con flotador no se ven afectados por el color del líquido o por su densidad. Además los interruptores ópticos con flotador tienen muy poca histéresis, gran repetibilidad y son muy resistentes a los productos químicos.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores ópticos con flotador.

Cuadro A4.13: Fabricantes representativos de interruptores ópticos con flotador

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	OLS series	70, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus, Alemania	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	OPT series	Difícil de obtener.

## Alternativa 4: Interruptores de flotador por conductividad

### Información general sobre el producto

Los interruptores de conductividad con flotador utilizan electrodos para medir la conductividad en un líquido y, por consiguiente, pueden detectar la presencia o ausencia de líquido. Los interruptores de flotador por conductividad se basan en las propiedades conductivas de los líquidos para completar un circuito eléctrico entre electrodos o entre un electrodo y la cuba de metal.

Estos interruptores no tienen partes que se muevan y por tanto son sumamente fiables y se pueden utilizar en recipientes donde se halla un equipo móvil que pueda dañar a otros tipos de interruptores de flotador. Los interruptores de nivel por conductividad también pueden detectar la presencia de diferentes tipos de líquidos, por ejemplo, gasolina, petróleo y combustible diesel en aguas de sentina que pueden hacer que la bomba se desconecte automáticamente. Una desventaja de este interruptor es que se debe usar en un líquido conductivo para que funcione como es debido.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de flotador por conductividad.

Cuadro A4.14: Fabricantes representativos de interruptores de flotador por conductividad

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DPL110	345, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus, Alemania	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Series NES, NEK	Difícil de obtener.
Nivelco Process Control Co.	Budapest (Hungria)	<a href="http://www.nivelco.com">www.nivelco.com</a>	Serie NivoCont	Difícil de obtener.

## Alternativa 5: Interruptores de flotador sónicos y ultrasónicos

### Información general sobre el producto

Los interruptores de flotador sónicos y ultrasónicos utilizan un sensor que contiene un cristal piezoeléctrico. El cristal genera oscilaciones, lo que permite la medición del nivel de líquido mediante la frecuencia de la oscilación. Los interruptores de flotador sónicos y ultrasónicos tienen una gran precisión y se pueden utilizar en líquidos no conductivos y muy viscosos. Además, este tipo de interruptor se puede sacar fácilmente para limpiarlo como se exigen en las industrias de la alimentación, la de bebidas y la farmacéutica. Una desventaja es que hay que montarlo en posición muy rígida para que funcione como es debido.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de flotador sónicos y ultrasónicos.

Cuadro A4.15: Fabricantes representativos de interruptores de flotador sónicos y ultrasónicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	Serie MULS	180 (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Alemania)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
MJK Automation	Naerum (Dinamarca)	<a href="http://www.mjk.com">www.mjk.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Siemens	Munich (Alemania)	<a href="http://w1.siemens.com">w1.siemens.com</a>	Serie ULS	700 (L172)
SOR Inc.	Lenex, Kansas (EE.UU.)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	Serie 701	Difícil de obtener.

### Interruptores de temperatura

Los interruptores de temperatura convierten un cambio de temperatura en una función de conmutación eléctrica. Los interruptores de temperatura utilizan un sensor que reacciona ante la temperatura para accionar un interruptor de mercurio, de estado sólido, un microrruptor o uno de acción rápida. Termopares, termistores, circuitos integrados y detectores de temperatura de la resistencia son ejemplos de sensores de temperaturas que se utilizan de ordinario en los interruptores de temperatura.

El interruptor de temperatura es un componente versátil utilizado para atender las necesidades de centenares de productos y aplicaciones de vigilancia y control de la temperatura. El interruptor de temperatura se puede incorporar a un producto (por ejemplo bandejas para calentar alimentos, calentadores de agua, etc.), o se puede adquirir como componente que se va a utilizar en una aplicación específica del usuario (por ejemplo, proceso de moldeo de plásticos por inyección). Otros ejemplos de productos y aplicaciones que utilizan interruptores de temperatura son: equipo de refrigeración y de ventilación, sistemas de alarma, generadores, máquinas transportadoras, motores, prensas, mezcladoras, instrumentos y máquinas expendedoras.

## Interruptores de temperatura con mercurio

### Información general sobre el producto

Estos interruptores de temperatura utilizan un sensor que reacciona a la temperatura para accionar un interruptor de mercurio. El sensor utilizado suele ser un termopar, un detector de temperatura de la resistencia (RTD), o un tubo Bourdon accionado por gas.

Los interruptores de temperatura que utilizan mercurio son sumamente fiables y duran mucho tiempo porque tienen pocos componentes y no están sujetos a formación de arco eléctrico. El ensayo de la durabilidad arroja más de un millón de ciclos. El interruptor de temperatura de mercurio puede soportar una carga inductiva alta y tiene un funcionamiento silencioso. Sin embargo, contiene mercurio que es menos conveniente para muchas aplicaciones, entre ellas en la industria de la alimentación y bebidas. El contenido de mercurio notificado por los fabricantes al IMERC para los interruptores de temperatura superaba los 1.000 miligramos.

### Fabricantes y productos representativos

En el cuadro que figura a continuación se menciona al fabricante representativo de interruptores de temperatura que utilizan mercurio.

Cuadro A4.16: Fabricantes representativos de interruptores de temperatura que utilizan mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	M51 Series	258, (Dwyer)

## Alternativa 1: Interruptores de temperatura mecánicos

### Información general sobre el producto

Los interruptores de temperatura mecánicos utilizan un sensor que reacciona ante la temperatura para accionar un interruptor mecánico. Los interruptores de temperatura mecánicos utilizan sensores como termopares, bombilla y capilares, detectores de temperatura de la resistencia, aleaciones soldadas o tubos Bourdon accionados por gas.

Los interruptores de temperatura mecánicos son sumamente fiables y tienen larga duración, además pueden soportar cargas inductivas altas. La fiabilidad y precisión de un interruptor de temperatura mecánico depende mucho del tipo de sensor utilizado. El interruptor de temperatura mecánico tiene una funcionalidad parecida a la del interruptor de temperatura que utiliza mercurio.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de temperatura mecánicos.

Cuadro A4.17: Fabricantes representativos de interruptores de temperatura mecánicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DA7035	345, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Alemania)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Serie TBS	Difícil de obtener.
SOR Inc.	Lenex, Kansas (EE.UU.)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	Series NN y RN	Difícil de obtener.
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (EE.UU.)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	Serie 100	Difícil de obtener.

## Alternativa 2: Interruptores de temperatura de estado sólido

### Información general sobre el producto

Los interruptores de temperatura de estado sólido utilizan termistores de coeficiente de temperatura, detectores de temperatura de la resistencia o circuitos integrados para detectar la temperatura. Se utiliza un semiconductor para la salida de conmutación. Los interruptores de temperatura de estado sólido tienen una mayor precisión, repetibilidad y fiabilidad que los mecánicos o los de mercurio. Los interruptores de temperatura de estado sólido funcionan con un bajo consumo de energía. Su costo inicial suele ser mayor que el de los mecánicos y los de mercurio.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de temperatura de estado sólido.

Cuadro A4.18: Fabricantes representativos de interruptores de temperatura de estado sólido

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Kobold Messring GmbH	Taunus, Alemania	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Serie TDD	Difícil de obtener.
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (EE.UU.)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	Serie One	Difícil de obtener.

## Interruptores de presión

Los interruptores de presión convierten un cambio de presión en una función de conmutación eléctrica. El cambio de presión se puede medir como presión, vacío o diferencia entre dos entradas de presión. Los interruptores de presión utilizan un sensor que reacciona ante la presión para accionar un interruptor mecánico, de mercurio o un transistor. En los interruptores de presión se utilizan diafragmas, pistones, fuelles y circuitos flexibles como sensores que reaccionan a la presión.

Un interruptor de presión es un componente versátil utilizado para cubrir las necesidades de centenares de productos y aplicaciones de vigilancia y control de la presión. Por ejemplo, los interruptores de presión se pueden utilizar en diversas aplicaciones de calefacción, ventilación, aire acondicionado, industriales, médicas, automotrices, en instrumentos y para la seguridad.

## Interrupidores de presión con mercurio

### Información general sobre el producto

Los interruptores de presión con mercurio suelen utilizar un sensor que reacciona a la presión como un pistón, un diafragma o fuelles que accionan el interruptor de mercurio. Los interruptores de presión con mercurio ofrecen una alta fiabilidad y larga duración porque tienen pocos componentes y no están sujetos a la formación de arco eléctrico. El ensayo de la durabilidad arrojó más de un millón de ciclos. Los interruptores de presión con mercurio pueden soportar cargas inductivas altas y funcionan silenciosamente. Este interruptor contiene mercurio, material tóxico que es menos conveniente para muchas aplicaciones, entre ellas en la industria de la alimentación y bebidas. En el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se señala que el precio de los productos alternativos que no contienen mercurio es aproximadamente el mismo que el de los interruptores de presión que contienen mercurio. (Maag, 2007) El contenido de mercurio notificado por los fabricantes al IMERC para los interruptores de presión era de más de 1,000 miligramos. (NEWMOA, 2008)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se indica el fabricante representativo de interruptores de presión con mercurio.

Cuadro A4.19: Fabricante representativo de interruptores de presión con mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DA31	212, (Dwyer)

## Alternativa 1: Interruptores de presión mecánicos

### Información general sobre el producto

Los interruptores de presión mecánicos utilizan un pistón, un diafragma o un fuelle como detector de presión. El interruptor de presión mecánico es accionado directamente o se puede utilizar una varilla impulsora, una palanca o un resorte de compresión para accionar un microrruptor de acción rápida.

Los interruptores de presión mecánicos tienen alta fiabilidad y una larga duración. Los interruptores de presión mecánicos pueden proporcionar una alta precisión cuando se utilizan con un sensor de diafragma. Estos interruptores pueden tener también una gran resistencia a los choques y vibraciones cuando se utiliza un diafragma y un resorte Belleville negativo.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de los interruptores de presión mecánicos.

Cuadro A4.20: Fabricantes representativos de interruptores de presión mecánicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, IL (EE.UU.)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DA7031	199, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus, Alemania	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Serie KPH	Difícil de obtener.
Schneider Electric (Square D)	Cedex, Francia	<a href="http://www.schneider-electric.com">www.schneider-electric.com</a>	Serie 9013	57 a 315 (Schneider)
Tecmor Corporation	Mentor, Ohio (EE.UU.)	<a href="http://www.tecmarkcorp.com">www.tecmarkcorp.com</a>	Serie 3000P	Difícil de obtener.
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (EE.UU.)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	Serie 100	Difícil de obtener.

## Alternativa 2: Interruptores de presión de estado sólido

### Información general sobre el producto

Los interruptores de presión de estado sólido contienen uno o más sensores de presión para medir la tensión, un transmisor y uno o más interruptores. Además de accionar el circuito del interruptor, pueden proporcionar una potencia de salida análoga o digital proporcional. Los sensores de presión utilizados suelen ser sensores de silicio piezorresistivos por difusión o medidores de tensión de capa delgada. Se utiliza un microprocesador para procesar la información del medidor de tensión y accionar el elemento conmutador que suele ser un transistor. Los sensores de presión de estado sólido pueden tener un teclado empotrado y una pantalla para simplificar la instalación y los ajustes continuos sobre la marcha.

Los interruptores de presión de estado sólido proporcionan un grado más alto de precisión que los mecánicos. Pueden funcionar durante mucho tiempo con cargas máximas admisibles hasta diez millones de ciclos o más. Los interruptores de presión de estado sólido pueden proporcionar también una amplia gama de puntos de referencia y ajustes de banda inactiva. Sin embargo, su uso se suele restringir a aplicaciones de voltaje de corriente directa de bajo nivel. Las altas temperaturas o los impulsos de presión transitorios pueden dañar al sensor de presión de estado sólido.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de interruptores de presión de estado sólido.

Cuadro A4.21: Fabricantes representativos de interruptores de presión de estado sólido

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio
Kobold Messring GmbH	Taunus (Alemania)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Serie PDD	Difícil de obtener.
Schneider Electric (Square D)	Cedex (Francia)	<a href="http://www.schneider-electric.com">www.schneider-electric.com</a>	Serie XMLE	362 a 460 (Schneider)
SOR Inc.	Lenex, Kansas (EE.UU.)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	Serie SGT	Difícil de obtener.
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (EE.UU.)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	One Series	Difícil de obtener.

### A.4.b Relés

Los relés son dispositivos controlados por circuitos eléctricos que abren y cierran contactos eléctricos para poner en funcionamiento a otros dispositivos del mismo o de otro circuito eléctrico. Los relés se utilizan con frecuencia para conmutar cargas grandes de corriente suministrando cargas pequeñas a un circuito de control. Se trata de dispositivos versátiles que se utilizan para cubrir las necesidades de diversos productos y aplicaciones. Los relés se pueden estar ya instalados en un producto o se pueden adquirir como componente que se utilizará en una aplicación para un uso específico. En el cuadro que figura a continuación se ofrecen algunos ejemplos de productos y aplicaciones que utilizan relés.

Cuadro A4.22: Aplicaciones de los relés

Tipo de aplicación	Ejemplos
Industrial	Comprobadores de cables, prueba de circuitos, moldeadoras por inyección, hornos de secado, calentamiento de tinta, formación de vacío, sistemas de soldadura, procesamiento de semiconductores, controladores lógicos programables, etc.
Espacio aéreo	Interruptor principal de alimentación, conmutador de control de motores, conmutador de carga de gran potencia, tablero de instrumentos, conmutador de generadores, conmutador de potencia del alternador, inversor de antena, selección de canales, etc.
Alimentación y bebidas	Procesamiento de alimentos, freidoras, hornos para pizzas, hornos de cocina, parrillas eléctricas, lavavajillas, etc.
Atención de la salud	Instrumental quirúrgico, control de equipos de rayos X, sistemas de gestión de la energía, iluminación de quirófano, etc.
Telecomunicaciones	Conexiones telefónicas, paneles de prueba, placas del circuito de telecomunicaciones, interruptores de carga, estaciones base de radio, arranque de puesta a tierra, tarjetas de entrada/salida, centralitas con tableros de control, interruptores de antena, pruebas de intensidad de circuitos cerrados, etc.

### Relés de desplazamiento de mercurio

#### Información general sobre el producto

Los relés de desplazamiento de mercurio utilizan un núcleo móvil metálico que desplaza el mercurio. Este dispositivo es más liviano y flota sobre el mercurio. El núcleo móvil contiene también una capa magnética que se puede atraer hacia el mercurio con un campo magnético. Los relés de desplazamiento de mercurio se utilizan con frecuencia en aplicaciones de alto voltaje y corriente elevada, como reguladores de procesos industriales y sistemas de conmutación de la fuente de energía.

Los relés de desplazamiento de mercurio pueden cerrar un ciclo con más rapidez que uno mecánico y tienen una resistencia de contacto baja. Funcionan silenciosamente y tienen una larga duración porque sólo una de sus partes es móvil. Duran en promedio entre uno y diez millones de ciclos. Los relés de desplazamiento de mercurio hay que montarlos con una orientación específica para que funcionen como es debido. Los relés de desplazamiento de mercurio pueden explotar, lo que causaría un problema de desechos peligrosos, si el relé se recalienta debido a un ciclado rápido o si se produce un corto circuito. En el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se



plantea que el precio de los productos alternativos que no contienen mercurio es aproximadamente el mismo de los relés de desplazamiento de mercurio. (Maag, 2007)

La cantidad de mercurio en los relés de desplazamiento de mercurio puede variar mucho según el número de polos, la clase de corriente, los requisitos de terminación y otros factores. El contenido de mercurio notificado por los fabricantes al IMERC para los relés de desplazamiento de mercurio era de más de 1.000 miligramos. (NEWMOA, 2008) En el Instrumental del PNUMA se ofrece un ejemplo del Canadá, en el que los relés de desplazamiento de mercurio pueden llegar a contener hasta 400 gramos de mercurio. (PNUMA, 2005)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de relés de desplazamiento de mercurio.

Cuadro A4.23: Fabricantes representativos de relés de desplazamiento de mercurio

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
American Electronic Components, Inc.	Elkhart, Indiana (EE.UU.)	<a href="http://www.aecensors.com">www.aecensors.com</a>	Serie DURA	44 a 82, (MOR)
Chromalox	Pittsburgh, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.chromalox.com">www.chromalox.com</a>	Serie HGR	Difícil de obtener.
Mercury Displacement Industries Inc.	Edwardsburg, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Tempco Electric Heater Corporation	Wood Dale, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.tempco.com">www.tempco.com</a>	Serie RLY	34 a 362, (Tempco)

## Relé de mercurio de lámina húmeda

### Información general sobre el producto

Los relés de mercurio de lámina húmeda son un tipo de relé electromecánico que emplea un interruptor de lengüeta (o láminas) sellado herméticamente. Constan de una lámina de vidrio encapsulada cuya base está inmersa en una cuba de mercurio y el otro extremo es capaz de moverse entre dos juegos de contactos. El mercurio se desplaza hacia arriba por la lámina por acción capilar y humedece la superficie de contacto de la lámina y los contactos estacionarios. Los relés de mercurio de lámina húmeda suelen ser controles de circuito pequeños utilizados en dispositivos electrónicos para conectar/desconectar o servir como indicadores de encaminamiento. Los relés de lámina se suelen utilizar en aplicaciones como equipos de prueba, calibración y medición.

Los relés de lámina magnética tienen una duración que excede los mil millones de operaciones. Funcionan en milisegundos, un poco más lentos que los de estado sólido, pero mucho más rápido que los relés electromecánicos y por eso se pueden utilizar en aplicaciones que requieren gran capacidad de conmutación. Los relés de mercurio de lámina húmeda de mercurio tienen las siguientes ventajas respecto de los de lámina seca: no rebotan al contacto, duran más y tienen una resistencia de contacto más baja. En el informe del Consejo de Ministros de los Países Nórdicos se plantea que el precio de los productos alternativos que no utilizan mercurio es aproximadamente el mismo que el de los relés de mercurio de lámina húmeda. (Maag, 2007)

El contenido de mercurio notificado por los fabricantes al IMERC para los relés de mercurio de lámina húmeda fluctuaba entre los cuatro márgenes siguientes: 10 a 50 miligramos, 50 a 100 miligramos, 100 a 1,000 miligramos y más de 1.000 miligramos. En el Instrumental del PNUMA se ofrece un ejemplo de Dinamarca en el que los relés utilizados en electrónica pueden contener entre 0,001 y 0,01 gramos de mercurio por relé. (PNUMA, 2005)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de los relés de mercurio de lámina húmeda.

Cuadro A4.24: Fabricantes representativos de Los relés de mercurio de lámina húmeda

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
American Relés, Inc.	S.F. Springs, California (EE.UU.)	<a href="http://www.americanrelés.com">www.americanrelés.com</a>	Varios modelos axiales de armazón abierta	Difícil de obtener.
Computer Components, Inc.	East Granby, Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.relés-unlimited.com">www.relés-unlimited.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.

## Alternativa 1: Relés de lámina magnética seca

### Información general sobre el producto

Los relés de lámina magnética seca consisten en un par de láminas achatadas que se sellan herméticamente en un tubo de vidrio a una temperatura controlada. Suelen ser controles de circuito pequeños que se utilizan sobre placas de circuito impreso. Los relés de lámina magnética seca se utilizan fundamentalmente en aplicaciones como equipos de prueba, calibración y medición.

Los relés de lámina magnética seca funcionan durante mucho tiempo, su tiempo de ciclación es rápido y pueden montarse en cualquier posición sin que ello afecte su funcionamiento normal. Experimentan efectos parecidos a los de los relés de mercurio de lámina húmeda ante las interferencias electromagnéticas y la exposición a un alto voltaje puede hacer que los contactos se suelden. Dicho esto, hay que añadir que los relés de lámina magnética seca duran un poco menos que los relés de mercurio de lámina húmeda.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de relés de lámina magnética seca.

Cuadro A4.25: Fabricantes representativos de relés de lámina magnética seca

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
American Relés, Inc.	S.F. Springs, California (EE.UU.)	<a href="http://www.americanrelés.com">www.americanrelés.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
Celduc Relais	Sorbiers (Francia)	<a href="http://www.celducrelais.com">www.celducrelais.com</a>	Series D31, D32, y D71	Difícil de obtener.
Computer Components, Inc.	East Granby, Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.relés-unlimited.com">www.relés-unlimited.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Magnecraft	Northfield, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.magnecraft.com">www.magnecraft.com</a>	Serie 528	2 a 35, (Mouser)
Meder Electronic, Inc.	Wareham, Massachusetts (EE.UU.)	<a href="http://www.meder.com">www.meder.com</a>	Muchos modelos	Difícil de obtener.
NTE Electronics, Inc.	Bloomfield, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.nteinc.com">www.nteinc.com</a>	Serie R42, R44, R56, y R57	Difícil de obtener.

## Alternativa 2: Otros relés electromecánicos

### Información general sobre el producto

Existen varias clasificaciones de relés electromecánicos, que incluyen los de desplazamiento de mercurio, los de mercurio de lámina húmeda y los de lámina seca. En esta sección se trata de los demás relés electromecánicos que son de uso general, de uso específico, de gran capacidad y relés montados en placas de circuito impreso. Estos relés electromecánicos están accionados por electromagnetismo, al pasar una corriente a través de una bobina que genera un flujo magnético. Ese flujo magnético hace que el inducido se mueva para abrir y cerrar los contactos eléctricos.

A veces se seleccionan otros tipos de relés electromecánicos por su bajo costo inicial, cuando es probable que haya interferencia eléctrica o cuando se requiere una disipación de calor baja. Otros relés electromecánicos ya se habrán gastado tras varios centenares de miles de ciclos. Esta es una duración más breve que la de los relés de mercurio o de estado sólido. La duración del ciclo de los demás relés electromecánicos es también más lenta y su control del equipo es limitado.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de otros relés electromecánicos.

Cuadro A4.26: Fabricantes representativos de relés electromecánicos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Carlo Gavazzi	Steinhausen (Suiza)	<a href="http://www.carlogavazzi.com">www.carlogavazzi.com</a>	Serie RCP	Difícil de obtener.
Chromalox	Pittsburgh, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.chromalox.com">www.chromalox.com</a>	Serie CONT	Difícil de obtener.
Hongfa	Jimei (China)	<a href="http://www.hongfa.com">www.hongfa.com</a>	Serie HF	Difícil de obtener.
IDEC	Osaka, Japón	<a href="http://www.idec.com">www.idec.com</a>	RY2S	9, (Newark)
Omron Electronics	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	MY2IN	7 (Drillspot)
Tyco Electronics (Potter & Brumfield)	Berwyn, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.tycoelectronics.com">www.tycoelectronics.com</a>	KRP	46, (Newark)

### Alternativa 3: Relés de estado sólido

#### Información general sobre el producto

Los relés de estado sólido son dispositivos semiconductores de conmutación electrónica que ponen en marcha un circuito de carga sin tener que utilizar contactos físicos de tipo mecánico. Los relés de estado sólido contienen un circuito de entrada, un acoplador optoelectrónico y un circuito de salida. Tienen muy larga duración, no se alteran con la interferencia electromagnética, consumen poca energía, funcionan a alta velocidad, emite señales de control de nivel bajas, viene en tamaños pequeños y se puede utilizar para múltiples funciones. El relé de estado sólido también soporta mejor los choques físicos, las vibraciones y los daños.

Algunos relés de estado sólido utilizan un rectificador controlado de silicio como interruptor que puede rápidamente encender o apagar en muy diversas aplicaciones. Los rectificadores controlados de silicio consisten en cuatro capas de material semiconductor. Los rectificadores controlados de silicio son sumamente rápidos y pueden realizar un ciclo en milisegundos. Los rectificadores controlados de silicio proporcionan un mejor tiempo de respuesta, un control del proceso más inmediato y prolongan la vida del equipo controlado.

#### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de relés de estado sólido.

Cuadro A4.27: Fabricantes representativos de relés de estado sólido

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Carlo Gavazzi	Steinhausen (Suiza)	<a href="http://www.carlogavazzi.com">www.carlogavazzi.com</a>	Serie RHS, RP, RX, RS, y RD	Difícil de obtener.
Celduc Relais	Sorbiers (Francia)	<a href="http://www.celducrelais.com">www.celducrelais.com</a>	Serie SC, SLA, SPA, XK, y SK	Difícil de obtener.
Chromalox	Pittsburgh, Pennsylvania (EE.UU.)	<a href="http://www.chromalox.com">www.chromalox.com</a>	Serie SSR	Difícil de obtener.
Comus	Tongeren (Bélgica)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Serie WG	Difícil de obtener.
Crouzet Automatismes	Valence (Francia)	<a href="http://www.crouzet.com">www.crouzet.com</a>	Serie GNR	40 a 155, (Mouser)
Crydom SSR Ltd.	Dorset (Reino Unido)	<a href="http://www.crydom.com">www.crydom.com</a>	Serie CMX	20 a 27, (Mouser)
Hongfa	Jimei (China)	<a href="http://www.hongfa.com">www.hongfa.com</a>	Serie HFS	
Magnecraft	Northfield, Illinois (EE.UU.)	<a href="http://www.magnecraft.com">www.magnecraft.com</a>	Serie W	17 a 61, (Mouser)
Mercury Displacement Industries	Edwardsburg, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	SS20AE	30, (MDI)
NTE Electronics, Inc.	Bloomfield, Nueva Jersey (EE.UU.)	<a href="http://www.nteinc.com">www.nteinc.com</a>	Serie RS	Difícil de obtener.
Omron	Kyoto (Japón)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	Serie G3M	3 a 9, (Mouser)
Temp Inc.	Fairmont, West Virginia (EE.UU.)	<a href="http://www.temp-inc.com">www.temp-inc.com</a>	Serie SE	21 a 96, (Temp)

## Alternativa 4: Relés híbridos (electromecánicos y de estado sólido)

### Información general sobre el producto

Los relés híbridos combinan las tecnologías electromecánica y de estado sólido. La conmutación de los relés híbridos se controla con un microprocesador, y utiliza elementos tanto de estado sólido como contactos electromecánicos. Los relés de energía híbrida están diseñados para conectar y desconectar la corriente para muy diversas aplicaciones, entre ellas, calefacción, ventilación, aire acondicionado e iluminación.

Los relés híbridos eliminan el calentamiento interno causado por la corriente al circular por los componentes de energía electrónica. Esta característica elimina la necesidad de disipadores térmicos integrados y también reduce el tamaño físico del relé. Los relés híbridos funcionan durante mucho tiempo, a veces más de cinco millones de ciclos. También funcionan prácticamente en silencio lo que permite que se le utilice en lugares donde se deben evitar los ruidos.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de relés híbridos.

Cuadro A4.28: Fabricantes representativos de relés híbridos

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Crouzet Automatismes	Valence (Francia)	<a href="http://www.crouzet.com">www.crouzet.com</a>	RHP	47, (Newark)
Watlow Electronic Manufacturing	St. Louis, Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.watlow.com">www.watlow.com</a>	Relé E-Safe	Difícil de obtener.

### Demanda y utilización de mercurio

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen los datos sobre el uso del mercurio en dispositivos eléctricos y electrónicos proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA o en otros documentos, incluidos los informes generados utilizando el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA. Diez países suministraron información sobre la demanda estimada de cloro para dispositivos eléctricos y electrónicos. Las cantidades notificadas en las respuestas fluctuaron entre 0 y 46,9 toneladas métricas de mercurio anuales, y cuatro países informaron una demanda cero de mercurio para dispositivos eléctricos y electrónicos.

Cuadro A4.29: Demanda de mercurio para dispositivos eléctricos y electrónicos (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
Estados Unidos	SI	46,9 (2004)
Filipinas	MIT	11,97 (1,77 a 22,17)
Chile	MIT	2,196 (0,325 a 4,067)
Reino Unido	SI	1 (2005)
Canadá	Otras	0,772

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
Eslovenia	SI	0,0022 (< 0,001 a 0,004)
Japón	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0
Suecia	SI	0

Los niveles de demanda de mercurio per cápita notificados corresponden a los tres grupos distintos siguientes:

1. Los Estados Unidos comunicaron el más alto nivel de demanda de mercurio per cápita de 0,155 gramos de mercurio por persona anuales, que cabría atribuir a la fabricación de interruptores y relés de mercurio en ese país. Se mencionaron los fabricantes representativos de interruptores basculantes, interruptores de flotador, interruptores de temperatura, interruptores de presión, relés de desplazamientos y relés de lámina húmeda todos los cuales contienen mercurio.
2. Filipinas y Chile ocuparon el segundo y tercer lugares entre los países con más alta demanda de mercurio per cápita de 0,135 y 0,132 gramos de mercurio por persona anuales, respectivamente. Cabría atribuir estas cifras a las hipótesis utilizadas al aplicar el Instrumental para el inventario de mercurio. Los cálculos utilizados para obtener esas cifras se indican más adelante.
3. Los ocho países restantes informaron una demanda de mercurio per cápita equivalente o inferior a 0,023.

En el Instrumental para el inventario de mercurio se recomienda la recopilación de datos reales sobre los niveles de mercurio en los interruptores y relés específicos que se utilicen. Ahora bien, si no se dispone de esta información, entonces se podrá utilizar el coeficiente de insumo de mercurio siguiente para calcular el uso en todos los interruptores eléctricos y relés:

Coeficiente de insumo: 0,02 a 0,25 gramos de mercurio por habitante anuales.

Chile utilizó este factor y lo multiplicó por 16.267.278 habitantes. Filipinas también lo utilizó y lo multiplicó por 88.700.000 habitantes.

En un informe preparado por la Northeast Waste Management Officials' Association (NEWMOA) se publica un desglose de diversos dispositivos eléctricos y electrónicos vendidos en los Estados Unidos en 2004. Esta información da una idea de las cantidades relativas de mercurio utilizado para productos de la categoría de dispositivos eléctricos y electrónicos en los Estados Unidos solamente. Los resultados se muestran en el cuadro que figura a continuación. (NEWMOA, 2008)

Cuadro A4.30: Mercurio vendido en dispositivos eléctricos y electrónicos en los EE.UU. (2004)

Categoría del producto	Mercurio vendido en los EE.UU. (toneladas métricas)	Porcentaje del total de aparatos de medición y control
Relés	16,91	36,4%
Interruptores basculantes	3,25	7,0%
Interruptores de flotador	6,31	13,6%

<b>Categoría del producto</b>	<b>Mercurio vendido en los EE.UU. (toneladas métricas)</b>	<b>Porcentaje del total de aparatos de medición y control</b>
Otros interruptores (es decir, interruptores de láminas,, interruptores por vibración, detectores de llamas)	19,97	43,0%
Total	46,44	100,0%

### **Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos**

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece información proporcionada por los países acerca de sus experiencias con la adopción de tecnologías alternativas o productos alternativos asociados con la sustitución del mercurio en dispositivos eléctricos y electrónicos con productos que ya existen. La información que figura en los cuadros se extrajo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA, al Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) o de otras fuentes de información. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o revisada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro A4.31: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “2”

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos - Nivel “2” – Existen productos alternativos que se utilizan de ordinario</b>
Dinamarca	SI	Dinamarca no ha experimentado problema alguno con la introducción de la prohibición. La primera versión de la Orden se introdujo en 1998.
Eslovenia	SI	Eslovenia no produce interruptores ni relés que contengan mercurio.
Irán	SI	Se notificó un nivel de 1 a 2 en el caso de interruptores y relés. Los interruptores y las piezas electrónicas de automóviles dados de baja se reciclan.
Japón	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Noruega	SI	Noruega impuso una prohibición general del uso de mercurio en productos con efecto a partir de enero de 2008.
Países Bajos	SI	Experiencia positiva, desde 1998 se prohíbe colocar en el mercado productos que contengan mercurio. Actualmente se prohíbe en virtud de la directiva ROHS de la UE.
Suecia	SI	Según la directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en los equipos eléctricos y electrónicos, ningún equipo eléctrico o electrónico que se venda en la UE puede contener mercurio. Experiencia positiva con la adopción de tecnologías alternativas. Estos productos fueron objeto de una prohibición nacional que data de 1993. No hay indicios de problema económico alguno con su aplicación.
Suiza	SI	El mercurio está prohibido; solo se permite en instrumentos de vigilancia y control y en aparatos médicos utilizados en laboratorios.

Cuadro A4.32: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “1”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “1” Existen productos alternativos que se utilizan muy poco
Chile	SI	Experiencia negativa. No se han difundido los productos alternativos, que suelen tener un costo más elevado al no contener mercurio.

Cuadro A4.33: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “0”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “0” No existen productos alternativos
Panamá	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.

Cuadro A4.34: Países que no enviaron respuesta sobre el nivel de sustitución

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – No se recibieron respuestas sobre el nivel de sustitución
Canadá	Otras	Los productos alternativos de interruptores y relés que contienen mercurio varían en cuanto a costo relativo y resultados, sin embargo para la mayoría de las aplicaciones existen productos alternativos viables.
Estados Unidos	SI	Experiencia positiva. Los productos alternativos de interruptores y relés son fiables y tienen un costo razonable. Algunos Estados han prohibido la venta de interruptores y relés de mercurio.

Siete países informaron de un nivel de sustitución de “2” y un país, Irán, comunicó un nivel de sustitución de “1 a 2” en relación con los dispositivos eléctricos y electrónicos. Seis de los siete países que informaron de un nivel de sustitución de “2” son de Europa. Tres de ellos (Dinamarca, Países Bajos, y Suecia) habían impuesto prohibiciones a los dispositivos eléctricos y electrónicos en los años noventa. Además, en febrero de 2003 se promulgó en Europa la Directiva sobre restricción del uso de determinadas sustancias peligrosas (Directiva 2002/95/EC) por la que se restringió el uso de mercurio y de otros cinco materiales peligrosos en equipos eléctricos y electrónicos. Esta Directiva abarca los equipos eléctricos y electrónicos colocados en el mercado a partir del 1º de julio de 2006. La directiva también sirvió para impulsar la reducción del mercurio en los dispositivos eléctricos y electrónicos vendidos en Europa.

Chile fue el único país que comunicó un nivel de sustitución de “1” para los dispositivos eléctricos y electrónicos. Chile señaló que los productos alternativos que no contienen mercurio tienen un costo más elevado.



## Resumen – Dispositivos eléctricos y electrónicos

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un desglose cuantitativo de las respuestas a la solicitud de información recibidas de diez países en relación con el nivel de sustitución de dispositivos eléctricos y electrónicos.

Cuadro A4.35: Respuestas de países en relación con el nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de países	Porcentaje de respuestas
2	7	70%
1 a 2	1	10%
1	1	10%
0	1	10%

Más del 50% de las respuestas a la solicitud de información en el caso de los dispositivos eléctricos y electrónicos indicaron un nivel de sustitución de “2” y no información de experiencia negativa alguna con la transición a productos alternativos que no contienen mercurio. Esto es un indicio de que existen productos alternativos que se utilizan de ordinario en la mayoría de los países que proporcionaron información sobre la demanda de mercurio. Además, más de dos países comunicaron una demanda estimada cero de mercurio. Cabe inferir pues que existen tecnologías alternativas y que se logró la transición exitosa hacia productos alternativos que no contienen mercurio en el caso de los dispositivos eléctricos y electrónicos en esos países.

Cuadro A4.36: Resumen de la sustitución de dispositivos eléctricos y electrónicos

Dispositivo eléctrico y electrónico	Tecnologías alternativas conocidas	Viabilidad de la transición
Interruptor basculante	Sí	Transición exitosa demostrada
Interruptor de flotador	Sí	Transición exitosa demostrada
Interruptor de temperatura	Sí	Transición exitosa demostrada
Interruptor de presión	Sí	Transición exitosa demostrada
Relé de desplazamiento	Sí	Transición exitosa demostrada
Relé de lámina húmeda	Sí	Transición exitosa demostrada

## A.5 Lámparas/Iluminación

Una de las propiedades singulares del mercurio es que se puede producir luz haciendo pasar una corriente eléctrica a través del vapor de mercurio. Este método eficaz de producir luz se utiliza en diversas lámparas, por ejemplo lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad (HID) y algunas lámparas de neón. Estas lámparas con contenido de mercurio se utilizan en muy diversas aplicaciones, entre otras: iluminación residencial, comercial e industrial; iluminación de exteriores y lámparas de alumbrado público; faros delanteros de los automóviles y retroiluminación para pantallas de cristal líquido (LCD).

## Lámparas fluorescentes lineales

### Información general sobre el producto

Las lámparas fluorescentes lineales utilizan tubos de vidrio recubiertos de fósforo que contienen vapor de mercurio con electrodos en cada extremo. A través del vapor de mercurio pasa una corriente eléctrica que excita los átomos de mercurio, lo que causa que se desprenda una luz ultravioleta visible. Esa luz ultravioleta causa la fluorescencia del fósforo y se produce una luz visible.

Las lámparas fluorescentes lineales se producen en varios tamaños, diámetros y niveles de potencia luminosa. Las lámparas pueden ser rectas, circulares o en forma de U. Se utilizan para la iluminación en general y para aplicaciones especiales como lámparas de bronceado, luces negras y lámparas germicidas. Los colores de temperatura son blanco cálido, blanco frío y luz del día. En la presente sección analizamos las lámparas fluorescentes lineales rectas y los productos alternativos que no contienen mercurio y se utilizan para la iluminación en general.

Las ventajas primordiales de las lámparas fluorescentes lineales son su mayor eficacia en comparación con tecnologías alternativas de lámparas, lo que significa que con una determinada cantidad de insumo de energía, producen más luz aprovechable y menos calor. Las lámparas fluorescentes duran mucho más que las incandescentes. Las lámparas fluorescentes típicas suelen durar entre 10.000 y 20.000 horas, mientras que una incandescente típica dura solo de 750 a 1.500 horas.

Las lámparas fluorescentes lineales presentan varias desventajas. Contienen mercurio y, por tanto, hay que reciclarlas y prestar atención especial cuando se recogen lámparas rotas. Las lámparas fluorescentes a veces producen una luz que parpadea y la calidad de la luz no se presta para todas las aplicaciones. Las lámparas fluorescentes tienen una potencia luminosa reducida a bajas temperaturas. La luz de las lámparas fluorescentes lineales no se puede amortiguar y si se encienden y apagan con mucha frecuencia su duración se acorta.

El contenido de mercurio comunicado por los fabricantes al Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) en relación con las lámparas fluorescentes figuraba en uno de los siguientes cinco rangos: más de 0 a 5 miligramos, más de 5 a 10 miligramos, de 10 a 50 miligramos, de 50 a 100 miligramos y de 50 a 100 miligramos por lámpara. En un informe de 2008 de la Northeast Waste Management Officials Association (NEWMOA) se señala que el contenido medio de mercurio de una lámpara de 4 pies era de 8 miligramos en 2001. El contenido de mercurio de las lámparas para fines especiales es al menos un 50% más que su equivalente de igual tamaño en lámparas de iluminación general.

En un informe de 2007 del Consejo Nacional de Defensa de los Recursos se informaba sobre el uso de mercurio en la industria de la iluminación de China y se calculaba que la producción tubos fluorescentes rectos consumía un promedio de 40 miligramos de mercurio por lámpara en 2005. (NRDC, 2007)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de lámparas fluorescentes lineales.

Cuadro A5.1: Fabricantes representativos de lámparas fluorescentes lineales

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
General Electric Company	Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.ge.com">www.ge.com</a>	14811 F40SPX41/RS/WM 34 vatios, 48 pulgadas, T12 blanco frío, base media de dos clavijas, duración: 20.000 horas.	5,69 ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
Osram GmbH	Munich (Alemania)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	24588 F40CW/SS 34 vatios, 48 pulgadas, T12 blanco frío, base media de dos clavijas, duración: 20.000 horas.	5,69 ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
Royal Philips Electronics	Países Bajos	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	F34T12/841/EW/ALTO 34 vatios, 48 pulgadas, T12 blanco frío, base media de dos clavijas.	3,49 ( <a href="http://bulbs.com">bulbs.com</a> )

## Alternativa 1: Lámparas lineales de LED

### Información general sobre el producto

Las lámparas lineales de diodos emisores de luz (LED) son una opción relativamente nueva de iluminación que utiliza la tecnología de LED como sustituto de uso inmediato de las lámparas fluorescentes lineales. Los LED son dispositivos semiconductores de estado sólido que emiten luz cuando pasa la electricidad a través de ellos. Las lámparas lineales de LED utilizan una serie de LED colocados en un tubo del mismo tamaño que el de una lámpara fluorescente lineal.

Las lámparas lineales de LED aventajan a las fluorescentes lineales en que no contienen mercurio y, por consiguiente, no requieren un tratamiento especial al final de su vida útil. Su construcción es duradera y no contienen vidrio frágil como las lámparas fluorescentes ni filamentos como las incandescentes. Se pueden utilizar en temperaturas frías sin que disminuya la potencia luminosa. La luz de los LED no parpadea como la de algunas lámparas fluorescentes. Las lámparas lineales de LED tienen temperaturas de color que van del blanco cálido al de luz del día.

Los fabricantes de las lámparas lineales de LED afirman que el aprovechamiento energético de sus productos es entre 10 y 20% mayor que el de las lámparas fluorescentes equivalentes y esperan que ese porcentaje aumente muchísimo en los próximos cinco años. Existen LED con economías adicionales de energía o características muy positivas como son detección de movimiento incorporada, control remoto, temperatura de color ajustable y una tecnología que reduce la potencia luminosa cuando aumenta la intensidad de la luz natural. La larga duración de los LED incrementa la duración de la lámpara a 50.000 horas o más. Esta duración no se acorta por el hecho de que se encienda o apague la luz con frecuencia.

Las principales desventajas de las lámparas lineales de LED consisten en que son una tecnología nueva no comprobada, hay muy pocas en el mercado y su costo es elevado. También se fabrican en un número limitado de tamaños con longitudes de 2, 3 y 4 pies. El precio de las lámparas de 2 pies que se venden por Internet es de 47,60 dólares (LED Liquidators, 2008) y el de las de 4 pies, 92,00 (EdisonLED, 2008). Estos vendedores por Internet no indican el nombre del fabricante de esas

lámparas por lo que esa información no se incluye en el cuadro que figura a continuación donde se ofrece una lista de los fabricantes y productos representativos.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de lámparas lineales de LED.

Cuadro A5.2: Fabricantes representativos de lámparas lineales de LED

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
AlbEO Technologies, Inc.	Boulder, Colorado (EE.UU.)	<a href="http://www.albeotech.com">www.albeotech.com</a>	Retroinstalación empotrada T8LED	Difícil de obtener.
Ilumisys, Inc.	Troy, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.ilumisys.com">www.ilumisys.com</a>	Tubo de recambio MK1	Difícil de obtener.
LEDdynamics, Inc.	Randolph, Vermont (EE.UU.)	<a href="http://www.EverLED.com">www.EverLED.com</a>	Ever-LED TR, E25T8-48-S2, 48 plg, blanco cálido	149,00 (dinámica de los LED)
Shenzhen Dicolor Optoelectronics Co. Ltd.	Shenzhen (China)	<a href="http://www.dicolor.cn">www.dicolor.cn</a>	Tubo de LED de recambio (enchufe T8, 2400LM)	Difícil de obtener.

## Lámparas fluorescentes compactas

### Información general sobre el producto

Las lámparas fluorescentes compactas (CFL) producen luz a partir de la misma tecnología que las lineales antes descritas. La diferencia está en que las CFL se diseñan como producto sustitutivo de uso inmediato de las lámparas incandescentes y, por consiguiente, su tamaño y forma son parecidos a los de esas bombillas. Esto se logra configurando los tubos de vidrio en espiral o doblándolos. Muchas CFL pueden enroscarse por la base (por ejemplo, la base Edison) e integran la reactancia en la base de la bombilla.

Las lámparas fluorescentes compactas tienen las mismas configuraciones que las incandescentes, a saber: en espiral para sustituir a las bombillas incandescentes comunes; formas de bulbo decorativo y candelabros; y configuraciones de reflector para proyectores de luz y luces de resalte. Algunos modelos se diseñan para uso en exteriores o con amortiguadores de luz. Las CFL poseen muchas de las ventajas de las lineales. Utilizan aproximadamente 75% menos energía que las incandescentes y generan mucho menos calor que las halógenas y las incandescentes. Las CFL duran hasta trece veces más que las incandescentes. (General Electric, 2008)

Las desventajas de las CFL son: contienen mercurio y, por tanto, hay que reciclarlas y prestar atención especial al limpiar las que se han roto. La duración de la CFL disminuye cuando se encienden y apagan con frecuencia. GE Lighting recomienda que las CFL estén funcionando un mínimo de quince minutos antes de apagarlas. Las lámparas fluorescentes a veces producen una luz que parpadea y la calidad de la luz no es la idónea para todas las aplicaciones. Las lámparas fluorescentes tienen una potencia luminosa reducida a bajas temperaturas. Muchas CFL no son compatibles con interruptores de amortiguación de luz, temporizadores electrónicos, células fotoeléctricas o detectores de movimiento. Las CFL no se deben utilizar en lugares sujetos a vibración, alta humedad o temperaturas extremas.

El contenido de mercurio comunicado por los fabricantes al IMERC en las lámparas fluorescentes compactas variaba entre más de 0 hasta 50 miligramos por lámpara. En un informe de 2006 de la NEWMOA se señala que 66% de las CFL vendidas por las empresas que integran la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) en 2004 contenían entre 0 y 5 miligramos de mercurio por lámpara. El 96% de las CFL contenía diez miligramos o menos. (NEWMOA, 2006) En un informe de 2007 de la NRDC sobre el uso del mercurio en la industria de iluminación de China se estimaba que la producción de lámparas fluorescentes compactas consumía una media de 8 miligramos de mercurio por lámpara en 2005. (NRDC, 2007)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de lámparas fluorescentes compactas.

Cuadro A5.3: Fabricantes representativos de lámparas fluorescentes compactas

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
General Electric Company	Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.ge.com">www.ge.com</a>	Tubo T3 en espiral blanco suave de energía de 13 vatios	12,88 Paquete de 3 (Amazon.com)
			Lámpara de resalte R-30, 15 vatios, 120 voltios, luz reducible, duración: 6.000 horas, equivalente a las incandescentes de 60W	13,50 (Energy Federation, Inc.)
Osram GmbH	Munich (Alemania)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	CF13ELMTWSTCVP 13 vatios, 120 voltios, blanco cálido, base media CFL	21,22 Paquete de 12 (Amazon.com)
			Reflector de resalte BR30, 15 vatios, 120 voltios, luz amortiguable, duración: 6.000 horas, equivalente de la bombilla incandescente de 65vatios	19,75 (Energy Federation, Inc.)
Royal Philips Electronics	Países Bajos	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	EI/MDT 18W Bulbo compacto fluorescente de luz blanca tibia, 18 vatios, 120 voltios, equivalente a la incandescente de 75vatios, aprobado por Energy Star	5,49 (bulbs.com)
			Lámpara de resalte continuo amortiguable R40, 20 vatios, 120 voltios, duración: 8.000 horas	17,75 (Energy Federation, Inc.)

## Alternativa 1: Bombillas incandescentes

### Información general sobre el producto

La luz se produce con un bulbo incandescente cuando la corriente eléctrica pasa a través de un delgado filamento de tungsteno, calentándolo hasta que se vuelve incandescente. Las lámparas incandescentes se consideran una tecnología vieja y son mucho menos eficientes que las fluorescentes y las de LED. Aproximadamente el 90% de la energía utilizada se emite en la forma de calor.

Pese a que las lámparas incandescentes no contienen mercurio, sus emisiones de mercurio mientras duran a veces exceden las de las CFL equivalentes. (Ramroth, 2008) Esto es así, porque las termoeléctricas activadas con carbón o petróleo emiten mercurio al generar esa electricidad y porque las lámparas incandescentes consumen más energía que las CFL.

General Electric anunció en febrero de 2007 que estaba desarrollando lámparas incandescentes de gran rendimiento que duplicarían o cuadruplicarían el de las actuales bombillas incandescentes. General Electric espera que la nueva tecnología aproveche tanto la energía como las CFL, a un precio más bajo. La calidad de la luz y la conveniencia instantánea sería la misma de las actuales lámparas incandescentes. Estas lámparas de alto rendimiento sustituirían a las actuales bombillas incandescentes domésticas de 40 a 100 vatios. Se espera que estén en el mercado en 2010.

## **Alternativa 2: Lámparas de LED**

### **Información general sobre el producto**

Los diodos emisores de luz (LED) son dispositivos semiconductores de estado sólido que emiten luz cuando la electricidad pasa a través de ellos. Esta tecnología se está utilizando ahora en la producción de lámparas de iluminación general, entre otras las que sustituyen a determinadas lámparas fluorescentes compactas. Las lámparas de LED de que trata esta sección son productos alternativos de las CFL con base Edison del tipo de rosca, ya sea en su forma en espiral como en la configuración de tipo reflector.

Un solo LED no produce luz suficiente para aplicaciones comunes por eso en cada lámpara de LED hay varios LED. Estos LED producen una luz direccional, a diferencia de la lámpara fluorescente compacta que emite luz en todas direcciones. Para lograr la dispersión de luz deseada, los LED se colocan en posiciones prefijadas específicas en las lámparas. Algunas lámparas de LED incorporan también difusores y lentes para dispersar la luz.

Las ventajas de las lámparas de LED son: larga duración (50.000 horas), luz cálida de un color parecido al de las lámparas incandescentes, poca generación de calor y posibilidad de trabajar con interruptores de amortiguación en determinados modelos. Las lámparas de LED tienen alto rendimiento y posiblemente lo sean más que las CFL para algunas aplicaciones. No emiten luces ultravioleta ni infrarrojas.

Las lámparas de LED tienen la desventaja de ser actualmente costosas y sirven solo para aplicaciones limitadas. La potencia luminosa de las que existen suele ser baja, lo que limita el uso a aplicaciones como iluminación localizada, iluminación para destacar o iluminación ambiental de baja intensidad.

### **Fabricantes y productos representativos**

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de lámparas de LED.

Cuadro A5.4: Fabricantes representativos de lámparas de LED

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Altech LED	Japón	<a href="http://www.altechled.com">www.altechled.com</a>	Bombilla de alta potencia LED PAR 38, 12 vatios, 120 voltios, duración: 15,000 horas, 20° de haz luminoso estrecho	74,99 ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
C. Crane Company, Inc.	California (EE.UU.)	<a href="http://www.ccrane.com">www.ccrane.com</a>	GeoBulb bombilla de luz de LED, 8 vatios, 120 voltios, lanco cálido, 800 lúmenes, duración: 30.000 horas, equivalente de la bombilla incandescente de 60 vatios	119,95 (C. Crane)
			CC Vivid PAR 38 LED bombilla de reflector, 3,75 vatios, 120 voltios, 200 lúmenes	44,95 (C. Crane)
Super Bright LEDs, Inc.	Missouri (EE.UU.)	<a href="http://www.superbrightleds.com">www.superbrightleds.com</a>	E27-G50-W6 Bombilla de base Edison con 3 LED SSC P4 blancos de 2 vatios cada uno, 120 voltios, 250 lúmenes	36,95 (Super Bright LEDs)
			PAR 20 x36 LED ; bombilla de base media con 36 LED superluminosos de 5mm, 120 voltios, envoltura de vidrio, haz luminoso de 25 grados	11,95 (Super Bright LEDs)

### Alternativa 3: Lámparas empotradas de LED

#### Información general sobre el producto

Las lámparas empotradas de diodos emisores de luz (LED) sustituyen a los reflectores CFL utilizados en sistemas de luces empotrados. Las lámparas empotradas de LED descritas en esta sección no son sólo las lámparas sino el capacitador del sistema de iluminación empotrado. Estos productos se fabrican para nuevas construcciones o remodelación cuando se van a instalar nuevos sistemas de iluminación empotrados. Son compatibles con los sistemas de iluminación empotrados ordinarios de uso doméstico.

Las ventajas de las lámparas empotradas de LED son: larga duración (50,000 horas), luz cálida de un color parecido al de las lámparas incandescentes, poca generación de calor y la luz se puede amortiguar. Las lámparas empotradas de LED aprovechan mucho la energía y, en algunos casos, consumen menos energía que las CFL equivalentes. Las lámparas de LED no emiten luz ultravioleta ni infrarroja.

Las lámparas de LED emiten luz en una dirección específica y esta luz direccional es idónea para luces empotradas. Las lámparas fluorescentes e incandescentes tienen forma de bombilla y emiten luz en todas direcciones y, en el caso de aplicaciones de luces empotradas, hasta un 50% de la luz se emite hacia la instalación y se pierde.

Las lámparas empotradas de LED son una tecnología relativamente nueva, por lo que sus precios son altos y su disponibilidad, limitada. Otra posible desventaja es que cuando la luz falla hay que sustituir toda la unidad, lo que es mucho más costoso que cambiar una CFL.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de lámparas empotradas de LED.

Cuadro A5.5: Fabricantes representativos de lámparas empotradas de LED

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Cree LED Lighting Solutions, Inc.	Morrisville, NC (EE.UU.)	<a href="http://www.creels.com">www.creels.com</a>	Luz empotrada LED 6": LR6 – 120 voltios, color incandescente (2700K), base Edison, 650 lúmenes	92,99 ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
Gallium LED Lighting Systems	Fayetteville, Georgia (EE.UU.)	<a href="http://www.galliumiluminación.com">www.galliumiluminación.com</a>	GS6-CXRE Luces empotradas de LED de 6" cuadradas	Difícil de obtener.
Permlight	Tustin, California (EE.UU.)	<a href="http://www.permlight.com">www.permlight.com</a>	ENBC6F asiento fijo para luces empotradas de 6"	Difícil de obtener.

## Lámparas de descarga de alta intensidad

### Información general sobre el producto

Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) representan una categoría de lámparas que incluye las de haluro metálico, las de sodio de alta presión y las de vapor de mercurio. Estas lámparas se utilizan para muy diversas aplicaciones, en que hace falta gran una potencia luminosa, larga duración y gran aprovechamiento de la energía. Ejemplos de aplicaciones de luces de HID son los almacenes, los estadios, el alumbrado público y los edificios comerciales e industriales.

Las lámparas de HID producen luz cuando una corriente eléctrica pasa entre dos electrodos en un tubo relleno de gas, que activa un vapor metálico que hace que este produzca una energía radiante visible. Las lámparas de HID funcionan con altas presiones de gas dentro del tubo y generan altas temperaturas. El tubo relleno de gas de la mayoría de las lámparas de HID contiene mercurio, gas xenón o argón y otro elemento como el sodio o un haluro metálico.

El contenido de mercurio notificado por los fabricantes al IMERC en relación con las lámparas de HID variaba muchísimo según el tipo de lámpara. El contenido de mercurio de la lámpara de HID varía según se indica en el cuadro resumido que figura a continuación.



Cuadro A5.6: Variación del contenido de mercurio en las lámparas de HID

Tipo de lámpara	Cantidad de mercurio en la lámpara (mg)	Porcentaje de lámparas con el contenido de mercurio especificado
Haluro metálico	>10 a 50	24%
	>50 a 100	40%
	>100 a 1.000	35%
Haluro metálico de cerámica	0 a 5	17,6%
	>5 a 10	46,8%
	>10 a 50	35,6%
Sodio de alta presión	>10 a 50	97%
Vapor de mercurio	>10 a 50	58%
	>50 a 100	29%
	>100 a 1.000	12%
Mercurio de arco corto	>100 a 1.000	65%
	>1.000	23%
Capilar de mercurio	>100 a 1.000	100%

Fuente: NEWMOA 2006.

En un informe de 2007 del NRDC sobre el uso de mercurio en la industria de iluminación de China se calcula que, en 2005, la producción de lámparas de haluro metálico consumió una media de 20 miligramos de mercurio por lámpara y la producción de lámparas de sodio de alta presión consumió 60 miligramos por lámpara. (NRDC, 2007)

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de lámparas de descarga de alta intensidad.

Cuadro A5.7: Fabricantes representativos de lámparas de descarga de alta intensidad

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
General Electric Company	Connecticut (EE.UU.)	<a href="http://www.ge.com">www.ge.com</a>	MVR100/U/MED Lámpara M90 de haluro metálico de 100 vatios, clara, base media.	28,62 (Dyna-Brite Lighting)
Osram GmbH	Munich (Alemania)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	M1000/PS/U/BT37 Lámpara M141/E de haluro metálico de 1000 vatios, cambio de color reducido, encendido por pulsación, clara	44,62 (Dyna-Brite Lighting)
Royal Philips Electronics	Países Bajos	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	MH400/U/ALTO Lámpara de haluro metálico para iluminación general de 400 vatios, clara, base Mogul	15,35 (Dyna-Brite Lighting)

## Productos alternativos

### Información general sobre el producto

Los productos alternativos de las lámparas de HID son muy limitados. Las aplicaciones de las lámparas de HID requieren una larga duración, gran potencia luminosa y alto rendimiento. Las tecnologías que no utilizan mercurio todavía no han logrado esas características. Las tecnologías con posibilidades que no utilizan mercurio son las lámparas de haluro metálico que utilizan yoduro de zinc como sustituto del mercurio, las de LED y las de sodio de alta presión que no utilizan mercurio.

Existen lámparas de haluro metálico a base de zinc para sustituir a los faros delanteros de HID para automóviles (véase más adelante), pero no se encontró información sobre su uso en aplicaciones generales. Las lámparas de LED, por su larga duración y alto rendimiento, podrían con el tiempo ser un producto sustitutivo, pero no se halló información sobre las que pudieran sustituir a las lámparas de HID. En un estudio monográfico realizado por Philips Lumileds se destacaba el uso de lámparas de LED para el alumbrado público en Lansing, Michigan, donde sustituyeron a las de vapor de mercurio. En la monografía se trataba el uso de lámparas hechas con fines específicos que no existen en el mercado, pero que eran un ejemplo de las posibilidades de que los LED sustituyan a las lámparas de HID.

### Fabricantes y productos representativos

Las únicas lámparas de HID que no utilizan mercurio mencionadas fueron las de sodio de alta presión producidas por Osram Sylvania. Sylvania ofrece tres lámparas de sodio de alta presión LUMALUX de 70 a 150 vatios, con una potencia luminosa de hasta 13.200 lúmenes.

## Faros delanteros de descarga de alta intensidad para automóviles

### Información general sobre el producto

Los faros delanteros de descarga de alta intensidad (HID) para automóviles son lámparas de haluro metálico que producen luz cuando se inicia un arco eléctrico entre dos electrodos, que vaporizan las sales metálicas, el mercurio y el xenón. La rápida vaporización del gas xenón permite a las lámparas proporcionar luz suficiente tan pronto se encienden y reducir el tiempo de calentamiento. La luz se emite por la descarga de plasma formada entre los dos electrodos.

Los faros delanteros de HID producen una luz blancoazulosa característica. La temperatura del color de luz producida por estos faros se aproxima a la de la luz solar a mediodía. Los faros delanteros de HID tienen más visibilidad nocturna que los halógenos ya que la luz se proyecta en una zona más amplia delante del vehículo y su brillantez estimula las pinturas lumínicas que se usan para letreros en autopistas y señalizadores de carretera. Actualmente existe un número limitado de modelos de automóviles que las utilizan, fundamentalmente modelos de lujo o de aceleración rápida.

Los faros delanteros de HID aprovechan mejor la energía que las halógenas porque producen el triple de lúmenes por vatio. Además de usar menos energía, producen menos calor y por eso se pueden fabricar diseños más pequeños. Los faros delanteros más pequeños son preferidos por los diseñadores de autos que tratan de mejorar la aerodinámica.

Los faros delanteros de HID son mucho más costosos que los halógenos. No son sustitutos de uso inmediato de los halógenos, ya que requieren diferentes componentes eléctricos, entre ellos el lastre

y el encendedor. Un reclamo que se le hace a este producto es que tienen un resplandor visible para el tráfico que viene en dirección contraria. Los que contienen mercurio deben extraerse del vehículo cuando dejen de funcionar.

El contenido de mercurio comunicado por los fabricantes al IMERC en relación con los faros delanteros de HID para automóviles correspondía a uno de los dos rangos siguientes: más de 0 a 5 miligramos por faro y más de 5 a 10 miligramos por faro. Osram, fabricante de faros delanteros de HID, dijo que el contenido de mercurio era de 0,55 miligramos.

### **Fabricantes y productos representativos**

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de faros delanteros de HID para automóviles.

Cuadro A5.8: Fabricantes representativos de faros delanteros de HID para automóviles

<b>Fabricante</b>	<b>Lugar</b>	<b>Sitio web</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio (dólar EE.UU.)</b>
Royal Philips Electronics	Países Bajos	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	D2R	Difícil de obtener.
Osram GmbH	Munich (Alemania)	<a href="http://www.sylvania.com">www.sylvania.com</a>	Bombilla de HID D2R	129,99 (AutoZone) <a href="http://www.autozone.com">http://www.autozone.com</a>
PIAA Corporation	Oregon (EE.UU.)	<a href="http://www.piaa.com">www.piaa.com</a>	Bombilla de HID D2R	359,95 Paquete de 2 eAutoWorks.com

## **Alternativa 1: Faros delanteros de HID que no utilizan mercurio**

### **Información general sobre el producto**

Las lámparas de HID que no utilizan mercurio son muy parecidas a las descritas en la sección anterior salvo que utilizan yoduro de zinc como sustituto del mercurio y se aumenta la cantidad de xenón. Una ventaja adicional de estas lámparas es que mejora la estabilidad del color. (Osram, 2008)

La química y la geometría de los faros delanteros de HID cambió a fin de eliminar el mercurio, pero la potencia luminosa y la temperatura de color siguen siendo las mismas. Los requisitos eléctricos de los faros delanteros de HID sin mercurio son diferentes y por eso no se pueden intercambiar con los que contienen mercurio.

### **Fabricantes y productos representativos**

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de faros delanteros de HID sin mercurio para automóviles.

Cuadro A5.9: Fabricantes representativos de faros delanteros de HID sin mercurio para automóviles

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Osram GmbH	Munich (Alemania)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	D3	Difícil de obtener.

## Alternativa 2: Faros delanteros halógenos

### Información general sobre el producto

Los faros halógenos utilizan un filamento de tungsteno en una bombilla de cuarzo o silicio de gran densidad que contiene un gas inerte y una pequeña concentración de vapor halógeno. El uso del halógeno en las lámparas de filamento de tungsteno aumenta los lúmenes por vatio, de ahí que se haya generalizado el uso de lámparas halógenas para faros delanteros para automóviles. La temperatura del color suele estar en el blanco cálido.

Pese a que los faros halógenos son mucho menos costosos que los faros de HID, su rendimiento energético es menor y duran menos que los faros de HID. Los faros halógenos no producen el resplandor común a los faros de HID, pero se considera que estos últimos proporcionan una mayor visibilidad nocturna.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se señalan los fabricantes representativos de faros halógenos para automóviles.

Cuadro A5.10: Fabricantes representativos de faros halógenos para automóviles

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Osram GmbH	Munich (Alemania)	<a href="http://www.sylvania.com">www.sylvania.com</a>	H11	14.99 (AutoZone)
Royal Philips Electronics	Países Bajos	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	LMP 9003NGS2	41.99 Paquete de 2 (NAPA)

## Alternativa 3: Faros delanteros de LED

### Información general sobre el producto

En 2008, los fabricantes de automóviles Audi, Lexus y Cadillac introdujeron, cada uno por su parte, un modelo de automóvil que utilizaba faros delanteros de diodos emisores de luz (LED). Los LED son dispositivos semiconductores en estado sólido que emiten luz cuando la electricidad pasa a través de ellos.

Los faros delanteros de LED son hasta unos 55% más delgados que los halógenos o los de HID y se pueden instalar como pequeños segmentos múltiples, lo que da a los diseñadores de auto una mayor flexibilidad en el diseño. Los faros delanteros de LED producen una intensa luz blanca que proporciona buena iluminación. Son una fuente de luz de alto rendimiento con menos consumo de energía que los de HID. Se trata de una nueva tecnología que, se espera, ofrezca otras ventajas ya que reducen el consumo de energía.

Los fabricantes de faros delanteros de LED afirman que duran entre 10.000 y 50.000 horas, mucho más que uno de HID o uno de halógeno. Con esta larga duración, posiblemente sean utilizables por mucho más tiempo que el vehículo en el que se instalen originalmente.

No se obtuvo información sobre modelos ni precios de los faros delanteros de LED porque este artículo está destinado a los fabricantes de automóviles que son sus únicos compradores. En una estimación de precios publicada se señalaba que cuestan ocho veces lo que un faro delantero de HID. (Woodyard, 2006) Se espera que los precios bajen a medida que aumente la demanda.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se relacionan los fabricantes representativos de faros de LED.

Cuadro A5.11: Fabricantes representativos de faros de LED

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Koito Manufacturing Company, Ltd.	Tokio (Japón)	<a href="http://www.koito.co.jp/english/">www.koito.co.jp/english/</a>	No se dispone de datos.	No se dispone de datos.
Hella KGaA Hueck & Company	Lippstadt (Alemania)	<a href="http://www.hella.com">www.hella.com</a>	No se dispone de datos.	No se dispone de datos.
Visteon Corporation	Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.visteon.com">www.visteon.com</a>	No se dispone de datos.	No se dispone de datos.

## Unidades de retroiluminación para pantallas de cristal líquido

### Información general sobre el producto

Las lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) se están utilizando ya para iluminar la mayoría de las pantallas de cristal líquido (LCD) utilizadas en televisores, monitores de ordenadores de mesa y computadoras portátiles. Las CCFL producen la luz haciendo pasar una corriente eléctrica a través de vapor de mercurio, en forma parecida a otras lámparas fluorescentes. Las ventajas de las CCFL son un bajo consumo de energía y una brillante luz blanca.

Las desventajas de las CCFL son: variedad limitada de temperatura de color, hace falta un período de calentamiento y duran entre 10.000 y 50.000 horas. Las frías temperaturas reducen la potencia lumínica, mientras que la vibración puede reducir su duración. Otra desventaja es que la intensidad de la luz no se puede ajustar, está encendida o apagada. Las CCFL contienen mercurio y, por tanto, hay que sacarlas de los monitores y televisores antes de descartarlos.

El contenido de mercurio que notifican los fabricantes a IMERC en relación con los televisores y los monitores de ordenadores de LCD que utilizan unidades de retroiluminación por CCFL fluctúa entre los tres rangos siguientes: mayor de 0 a 5 miligramos, mayor de 5 a 10 miligramos, y mayor de 10 a 50 miligramos por lámpara.

### Fabricantes y productos representativos

A continuación se indican los fabricantes representativos de computadoras portátiles y televisores con pantalla de cristal líquido que utilizan lámparas fluorescentes de cátodo frío.

Cuadro A5.12: Fabricantes representativos de computadoras portátiles y televisores con pantalla de LCD que utilizan lámparas fluorescentes de cátodo frío.

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Apple Inc.	California (EE.UU.)	<a href="http://www.apple.com">www.apple.com</a>	Computadora portátil: MacBook Pro con pantalla grande de 17 pulgadas	2.799,00 (Apple)
Dell Inc.	Texas (EE.UU.)	<a href="http://www.dell.com">www.dell.com</a>	Computadora portátil: XPS M1330 con pantalla estándar y cámara web de 2,0 megapixels	1.249,00 (Dell)
Samsung Electronics Co., Ltd.	Seúl (Corea del Sur)	<a href="http://www.samsung.com">www.samsung.com</a>	Televisor: LN40A650 40 pulgadas, 1080p pantalla de cristal líquido de alta definición	1.999,99 (Crutchfield)

## Alternativa 1: Unidades de retroiluminación por LED

### Información general sobre el producto

Los sistemas de retroiluminación por LED se utilizan de ordinario para pantallas de LCD pequeñas y poco costosas y se están empezando a incorporar en las pantallas de cristal líquido más grandes utilizadas en computadoras y televisores. Muchos fabricantes, entre ellos Apple y Dell, están vendiendo ordenadores portátiles y monitores con retroiluminación por LED. Samsung fabrica televisores con LCD y retroiluminación por LED.

Una de las ventajas de la retroiluminación por LED es su larga duración, que puede llegar hasta 50.000 horas o más. Esto representa una mejora significativa frente a las CCFL, que pueden requerir sustitución en determinadas aplicaciones de la pantalla de cristal líquido, incluidos los televisores. La tecnología de estado sólido utilizada en los LED es relativamente estable y no es objeto de vibraciones, ventaja que distingue a las aplicaciones en computadoras portátiles.

Otras ventajas de la retroiluminación por LED son: posibilidad de ajustar la intensidad de la luz, una mayor relación de contraste y la eliminación de la “doble imagen” que ocurría en algunos televisores con LCD. La tecnología de retroiluminación por LED puede lograr también una reducción del consumo de energía de las LCD. Samsung plantea que sus televisores de 40, 46, 52 y 57 pulgadas con tecnología de retroiluminación de las LED consumen hasta 30% menos de energía.

La tecnología de LCD con retroiluminación por LED puede producir una imagen más brillante y con más color. Samsung afirma que la tecnología DLP con LED utilizada en sus televisores produce una imagen 40% más brillante con 40% más de color que los modelos que utilizan CCFL.

En los últimos tiempos se ha reducido la diferencia de precio entre los televisores y las computadoras portátiles que utilizan retroiluminación por LED o por CCFL. El sobreprecio de la tecnología de retroiluminación por LED fluctúa entre 100 t 200 dólares para varios modelos tanto de televisores como de computadoras portátiles.

## Fabricantes y productos representativos

A continuación se mencionan los fabricantes representativos de computadoras portátiles y televisores con pantallas de LCD que utilizan lámparas de LED.

Cuadro A5.13: Fabricantes representativos de computadoras portátiles y televisores con pantalla de LCD que utilizan lámparas de LED

Fabricante	Lugar	Sitio web	Modelo	Precio (dólar EE.UU.)
Apple Inc.	California (EE.UU.)	<a href="http://www.apple.com">www.apple.com</a>	Computadora portátil: MacBook Pro con pantalla grande brillante por LED de 17 pulgadas y alta resolución	2.899,00 (Apple)
Dell Inc.	Texas (EE.UU.)	<a href="http://www.dell.com">www.dell.com</a>	Computadora portátil: XPS M1330 con pantalla de cristal líquido pequeña y de poco peso y cámara web con adaptador de gráficos de vídeo	1.399,00 (Dell)
Samsung Electronics Co., Ltd.	Seúl (Corea del Sur)	<a href="http://www.samsung.com">www.samsung.com</a>	Televisor: LN-T4081F 40 pulgadas, 1080p con pantalla de cristal líquido de alta resolución y retroiluminación por LED	2.199,99 (Crutchfield)

## Otras lámparas que contienen mercurio

El mercurio se utiliza en algunas otras categorías de lámparas, entre ellas las de mercurio de arco corto y las de neón. Estas lámparas se utilizan para aplicaciones especiales y se producen en cantidades más pequeñas, aunque para variar contienen más mercurio por lámpara que las fluorescentes.

Las lámparas de mercurio de arco corto se rellenan con argón y vapor de mercurio a baja presión. Un arco situado entre dos electrodos colocados muy cerca uno del otro produce una luz intensa. Las aplicaciones para estas lámparas son proyectores de exploración, equipo médico especializado, fotoquímica y endurecimiento por rayos UV. Estas lámparas suelen contener entre 100 y 1.000 miligramos de mercurio, aunque con frecuencia contienen más de 1.000 miligramos. (NEWMOA, 2006) No se conocen productos alternativos que no contenga mercurio para las lámparas de mercurio de arco corto.

Las lámparas de neón se parecen a las fluorescentes en que cada extremo del tubo de vidrio de la lámpara contiene electrodos metálicos. El tubo se rellena de una mezcla de gases a baja presión. El color de la luz de neón es producto de la mezcla de gases, el color del tubo de vidrio y otras características de la lámpara. Las lámparas de neón rojas son las únicas de luces de color que no utilizan mercurio. Todas las demás lámparas de neón utilizan mercurio con gases nobles, entre ellos criptón, argón y helio. El contenido de mercurio de las lámparas de neón varía, pero se calcula entre 250 y 600 miligramos por lámpara. (NEWMOA, 2006) No se conocen productos alternativos que no contengan mercurio para las lámparas de neón.

## Demanda y utilización de mercurio

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen los datos sobre la demanda de mercurio para lámparas/iluminación proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA o en otros documentos, entre ellos el informe generado utilizando el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA.

Cuadro A5.14: Uso del mercurio para la iluminación, por países (ordenados de mayor a menor demanda estimada de mercurio)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
China	Otras	47 (2000) <sup>8</sup> 63,94 (2005) <sup>9</sup>
Filipinas	MIT	25,7
Estados Unidos	SI	17,6
Rusia	Otras	7,5 (2001) <sup>10</sup>
Japón	SI	4,72 (2005)
Canadá	Otras	1,839 <sup>11</sup>
Alemania	SI	1 (tubos solamente)
Argentina	SI	0,725
Francia	SI	0,525 (0,4 a 0,65)
Belarús	SI	0,412
Reino Unido	SI	0,320 (2012)
Suecia	SI	0,121 (2004)
Países Bajos	SI	0,04 (2007)
Noruega	SI	0,01
Rumania	SI	0,0074 (2007)

China notificó la demanda total más alta de 47 toneladas métricas anuales, lo que se explica por el hecho de que el país fabrica lámparas que contienen mercurio. En un estudio del NRDC de 2007 se calculaba que, en 2005, China utilizó 63,94 toneladas métricas de mercurio para la iluminación. (NRDC, 2007)

Filipinas informó de una demanda de 25.7 toneladas métricas anuales, que resultó ser la segunda más alta. Esta cifra se calculó sobre la base de hipótesis del número de lámparas fluorescentes por escuela, hogar, hospital, edificio público e instalación de producción y multiplicando después esa cifra estimada por 40 miligramos de mercurio por lámpara fluorescente lineal y 15 miligramos por lámpara fluorescente compacta. No está claro si el número de lámparas representa el consumo anual o el inventario existente. Las cifras de Filipinas sobre el contenido de mercurio ser encontraban en el extremo superior del rango recomendado como factor preliminar por omisión en el Instrumental para el inventario de mercurio del PNUMA de 2005. El contenido de mercurio

<sup>8</sup> Propuesta de estrategia para la adopción de medidas internacionales con miras a abordar el problema del mercurio: Situación del mercurio en China, 2008.

<sup>9</sup> Encuesta e investigación sobre la situación del uso del mercurio en la industria de la luz eléctrica en China, Centro de Inscripción de Productos Químicos del Organismo Estatal de Protección del Medio Ambiente de China, Consejo de Defensa de los Recursos Naturales, 2007.

<sup>10</sup> ACAP, 2004

<sup>11</sup> Información del Canadá en apoyo de la labor entre reuniones del grupo de trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio, 31 de enero de 2008.



indicado en el Instrumental variaba entre 10 y 40 miligramos de mercurio por lámpara fluorescente lineal y 5 a 15 miligramos de mercurio por lámpara fluorescente compacta.

Son diversos los factores que podrían influir en la demanda de mercurio para lámparas/iluminación en un país, entre ellos: el tamaño del país y su situación económica, en qué proporción las lámparas fluorescentes han sustituido a las bombillas incandescentes, el número de lámparas de mercurio que se producen para la exportación y el contenido medio de mercurio en las lámparas.

Cabe señalar que los países informaron sobre la demanda de mercurio para lámparas/iluminación como una sola partida y por tanto, no se informó sobre la demanda de mercurio para tipos específicos de lámparas. La única excepción fueron los Estados Unidos, que proporcionaron un desglose de la demanda de mercurio por tipo de lámpara que figura en el siguiente cuadro.

Cuadro A5.15: Demanda de mercurio para lámparas/iluminación en los Estados Unidos

Tipo de lámpara	Demanda de mercurio (toneladas métricas)
Tubos fluorescentes	6,2
Bombillas compactas fluorescentes	0,9
Faros delanteros de descarga de alta intensidad	1,7
Lámparas de arco corto	0,0018
Luces de neón y otros sistemas de iluminación	0,0227

### Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece la información proporcionada por los países acerca de sus experiencias con la adopción de tecnologías alternativas o productos alternativos asociados con la sustitución de lámparas que contienen mercurio por otras opciones de iluminación. La información que figura en los cuadros se obtuvo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o parafraseada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro A5.16: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “2”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos Nivel “2” – existen productos alternativos que se utilizan de ordinario
Brasil	SI	En marzo de 2008, la Comisión Nacional para el Medio Ambiente (CONAMA) estableció un grupo de trabajo encargado de debatir sobre un reglamento encaminado a disminuir el contenido de mercurio en las lámparas y sobre la gestión del mercurio de desecho.
Dinamarca	SI	Se supone que este uso ha disminuido rápidamente en los últimos cinco años gracias a la presión que ejercen los consumidores de que se busquen soluciones que no utilicen mercurio, así como a las prohibiciones de la UE que figuran en la Directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos.
Alemania	SI	Experiencia positiva.

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>Nivel “2” – existen productos alternativos que se utilizan de ordinario</b>
Irán	SI	El Irán todavía no ha prohibido el uso del mercurio en productos.
Noruega	SI	Cumple la Directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos.
Panamá	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Suecia	SI	Suecia informó de un nivel de sustitución de 0 a 2. El uso del mercurio en las lámparas está exento de la prohibición sobre el mercurio en la Directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos. En la Directiva se establece un contenido máximo permitido de mercurio en determinadas lámparas fluorescentes.  Están apareciendo en el mercado productos alternativos que no contienen mercurio para algunas aplicaciones. Desde el punto de vista técnico, es posible reducir el contenido de mercurio en algunas lámparas.

Cuadro A5.17: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “1”

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>Nivel “1” – existen productos alternativos que se utilizan poco</b>
Argentina	SI	El Plan nacional de ahorro de energía puesto en marcha en diciembre de 2006 promueve la sustitución de las lámparas incandescentes con tubos fluorescentes y CFL.
Belarús	SI	Se utilizan de ordinario lámparas con menos contenido de mercurio.
Chile	SI	Experiencia negativa. No se han generalizado los productos alternativos. Los productos alternativos que no contienen mercurio cuestan más.
Países Bajos	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.

Cuadro A5.18: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “0”

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>Nivel “0” – no existen productos alternativos</b>
Francia	SI	Esto no tiene en cuenta a las lámparas incandescentes y halógenas como productos alternativos.
Japón	SI	El contenido de mercurio de una lámpara fluorescente era de 50 mg en 1974, pero disminuyó a 7,5 mg en 2005. La reducción del mercurio se logró con adelantos en la técnica de inclusión (cambio de la inclusión directa a la inclusión de gránulos) y la propagación de las lámparas fluorescentes de tres bandas de alto rendimiento. Los aumentos en la producción de computadoras portátiles y grandes televisores de cristal líquido han aumentado la demanda de mercurio para el sistema de retroiluminación. Los LED que no contienen mercurio se utilizan como sistemas de retroiluminación. Productos alternativos, como las lámparas de LED o las lámparas fluorescentes que no utilizan mercurio, son mucho más costosos en estos momentos.

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>Nivel “0” – no existen productos alternativos</b>
Eslovenia	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Suiza	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Reino Unido	SI	Los productos alternativos actualmente son costosos y no proporcionan el mismo tipo de luz que las CFL, pero hay expectativas de que la tecnología mejores en los próximos años.
Estados Unidos	SI	Experiencia negativa con los tubos fluorescentes, las CFL y las luces de neón.

Cuadro A5.19: Países que no informaron sobre el nivel de sustitución

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>No se envió respuesta sobre el nivel de sustitución</b>
Canadá	Otras <sup>12</sup>	En el mercado interno no hay sustitutos para las lámparas fluorescentes y los faros de HID. En algunos casos, se pueden utilizar luces de LED para sustituir los anuncios de neón; sin embargo, las luces de neón cuestan más y no se pueden usar como sustitutos directos para todas las aplicaciones.

Seis países informaron de un nivel de sustitución “2” para la iluminación y uno, Suecia, un nivel de sustitución de “0 a 2”. Una respuesta de nivel “2” indica que existen productos alternativos en el mercado que se utilizan de ordinario en esos países. De estos siete países, cuatro eran europeos. Tres de los países europeos citaron a la Directiva sobre restricción de las sustancias peligrosas de la Unión Europea como mecanismo de impulso para reducir el uso del mercurio en la iluminación. La Directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos establece límites a la cantidad de mercurio permitido en las lámparas fluorescentes lineales y las CFL.

Cuatro países informaron de un nivel de sustitución de “1” en el caso de la iluminación, lo que indica que existen productos alternativos pero se utilizan muy poco en esos países. Seis países informaron de un nivel de sustitución de “0” en el caso de la iluminación, lo que indica que en esos países no existen productos alternativos.

En general, 14 países enviaron observaciones por escrito sobre sus experiencias con productos alternativos de sistemas de iluminación que contienen mercurio. Cuatro países dijeron que el uso del mercurio para la iluminación había disminuido debido a una reducción del contenido de mercurio en algunas lámparas. Cuatro países dijeron que había productos alternativos para aplicaciones limitadas y cuatro dijeron que los productos alternativos costaban más que los que contenían mercurio.

<sup>12</sup> Información del Canadá en apoyo de la labor entre reuniones del grupo de trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio, 31 de enero de 2008.

## Resumen – Iluminación

En el cuadro que figura a continuación figura un desglose de las respuestas a la solicitud de información recibidas de 17 países sobre el nivel de sustitución del mercurio en bombillas y sistemas de iluminación. Cabe señalar que los países comunicaron el nivel de sustitución de bombillas/sistemas de iluminación como un solo renglón y, por consiguiente, no hay información sobre el nivel de sustitución de tipos específicos de bombillas.

Cuadro A5.20: Respuestas de los países en relación con el nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de los países	Porcentaje de respuestas
2	6	35%
0 a 2	1	6%
1	4	24%
0	6	35%

En el 35% de las respuestas a la solicitud de información se planteaba que existen productos alternativos para las lámparas que contienen mercurio en el mercado que se utilizan de ordinario y otro 35%, que esos productos no existían en el mercado. Una de las posibles razones de esta discrepancia en las respuestas es que algunos países pueden haber considerado las bombillas incandescentes y halógenas como productos alternativos, mientras que otros pueden haberlas considerado una tecnología vieja y las descartaron como productos diferentes. Otra posibilidad es que tal vez algunos países consideraron la disponibilidad de sustitutos del mercurio en todas las categorías, mientras que otros pueden haber basado sus respuestas en sustitutos para una aplicación específica o un tipo específico de lámpara.

Las lámparas que contienen mercurio figuran entre las de más alto rendimiento de que se dispone y el alto costo de la energía está haciendo que aumente la demanda de lámparas fluorescentes compactas y de tecnologías alternativas de iluminación de alto rendimiento. Los gobiernos de algunos países, entre ellos la Argentina y los EE.UU., están promoviendo el uso de tubos fluorescentes y de CFL para reducir el consumo de energía.

Pese al aumento de la demanda de lámparas fluorescentes, la cantidad de mercurio que se utiliza para lámparas/iluminación no aumenta en la misma proporción. Muchas de las lámparas fluorescentes que se producen actualmente contienen mucho menos mercurio que las lámparas equivalentes que se producían hace algunos años. El Japón dijo en su respuesta a la solicitud de información que el contenido de mercurio de las lámparas fluorescentes se había reducido de 50 miligramos en 1974 a 7,5 miligramos en 2005. Los adelantos en la tecnología de fabricación, incluido el uso de gránulos que contienen mercurio en lugar de mercurio líquido, era el motivo citado para esta reducción del uso del mercurio. También se están aprobando reglamentos que establecen niveles máximos de contenido de mercurio en las lámparas fluorescentes. Suecia dijo en su respuesta a la solicitud de información en la Directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos establecía un contenido de mercurio máximo permitido en determinadas lámparas fluorescentes.

China es uno de los principales fabricantes de lámparas que contienen mercurio e informó el mayor uso de mercurio para la iluminación. En 2005, produjo más de 30 mil millones de unidades para las que utilizó casi 64 toneladas métricas de mercurio. El 80% de los fabricantes de lámparas

fluorescentes en China usan mercurio líquido en el proceso de fabricación (método por goteo). La producción de lámparas que utilizan mercurio líquido demanda un mayor uso de mercurio que los métodos que utilizan gránulos o amalgama de mercurio. La modernización de las instalaciones de producción con sistemas que utilicen menos mercurio por lámpara y emitan menos mercurio a la atmósfera requerirá cuantiosas inversiones. Según se informa, el aumento de los precios del mercurio y los límites establecidos al contenido de mercurio en la Directiva de la UE sobre sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos han motivado a los fabricantes a reducir el uso del mercurio en los últimos años. (NRDC, 2007)

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un resumen de la sustitución de sistemas de iluminación. Se señaló la existencia de tecnologías alternativas para todos los tipos de lámparas que contienen mercurio con la excepción de las lámparas de HID. Si bien un fabricante está produciendo lámparas de HID a base de sodio de alta presión que no contienen mercurio, se consideró que este producto solo puede sustituir a un número limitado de aplicaciones de las lámparas de HID.

La transición exitosa para la categoría de productos lámparas/iluminación no se ha logrado ya que el 35% de los que respondieron mencionaron un nivel de sustitución de “2”, pero ninguno tiene una demanda anual de cero toneladas métricas de mercurio. En el cuadro que figura más adelante se indica que no se ha logrado la transición exitosa en ninguno de los tipos de lámparas con la excepción de los faros delanteros de HID para automóviles. Sólo un pequeño número de automóviles de alta gama utilizan faros de HID que contienen mercurio. Los faros halógenos que no utilizan mercurio son mucho más comunes y ya empiezan a comercializarse los faros de HID que no utilizan mercurio y faros de LED. Por estas razones, se consideró que se había logrado la transición exitosa. En un informe de 2007 de TemaNord se indicaba que los faros de HID eran el “uso del mercurio que tenía más posibilidades de ser rápidamente sustituido a nivel mundial” (Maag, 2007)

Se señaló el alto costo, así como la disponibilidad limitada de productos alternativos de las lámparas compactas lineales y fluorescentes y las lámparas de HID como problemas que había que abordar antes de lograr una transición exitosa. Se conocen ya productos alternativos que utilizan la tecnología de LED, aunque se prevén importantes adelantos en el rendimiento y el desarrollo de los productos a medida que avance la tecnología en los próximos cinco años.

La transición a las unidades de retroiluminación que no utilizan mercurio para las pantallas de cristal líquido probablemente dependerá del éxito de los actuales productos que existen en el mercado que utilizan estos sistemas de retroiluminación. El número de computadoras y televisores con sistemas de retroiluminación por LED que no utilizan mercurio probablemente aumente cada año dadas las ventajas excepcionales de esta tecnología frente a la retroiluminación por CCFL.

Cuadro A5.21: Resumen de la sustitución de sistemas de iluminación

<b>Iluminación</b>	<b>Tecnologías alternativas conocidas</b>	<b>Viabilidad de la transición</b>
Lámparas fluorescentes lineales	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades
Lámparas fluorescentes compactas	Sí (aplicaciones limitadas)	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades
Lámparas de HID	No	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades

<b>Iluminación</b>	<b>Tecnologías alternativas conocidas</b>	<b>Viabilidad de la transición</b>
Faros de HID para automóviles	Sí	Transición exitosa demostrada (halógeno solamente)
Unidades de retroiluminación para LCD	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades

## A.6 Otros productos

En el cuadro que sigue figura una lista de la demanda estimada de mercurio comunicado por los países en sus respuestas a la solicitud de información, el informe relativo al Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) y otros documentos de apoyo.

Cuadro A6.1: Demanda estimada de mercurio para otros productos

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Descripción del producto</b>	<b>Demanda estimada de mercurio/cantidad utilizada (toneladas/año)</b>
Canadá	Otras	Contrapesos para balanceo de neumáticos	0,744 (2000 a 2004)
Chile	SI	Productos químicos de laboratorio	0,004
Ecuador	SI	Productos químicos de laboratorio	0,02 (2004)
Japón	SI	Tintas bermellón	1,6
Japón	SI	Reactivos	0,1 (2005)
Mauricio	SI	Recuperación de oro de desecho en las joyerías	0,007
Filipinas	MIT	Faro	22,8
Eslovenia	SI	Vacunas	< 0.001
Eslovenia	SI	Productos químicos de uso en laboratorios	0,7
Suecia	SI	Productos farmacéuticos, conservante de vacunas	0,002
Siria	SI	Productos farmacéuticos	0,325
Estados Unidos	SI	Conservantes y reactivos	0,4
Estados Unidos	SI	Sensores de empaquetadura del pistón, accesorios para armas de fuego, transductores para medir presiones, películas, transceptores y electrodos para escanear.	2,0

### Faros

El mercurio se utiliza en algunos faros más antiguos para acomodar la lente de Fresnel de vidrio pesado, que amplía la luz para producir una potente señal. A principios del siglo XIX, los sistemas de iluminación de los faros se diseñaban para que se desplazaran en una cuba rellena de mercurio a fin de reducir la cantidad de fuerza requerida para hacer rotar la lente. La cantidad de mercurio utilizada para construir el sistema de iluminación de un faro variaba según el tamaño de la lente. Una lente de gran tamaño requería más mercurio para lograr el desplazamiento de la lente. Los primeros diseños requerían hasta 1.088 kilogramos de mercurio, mientras que los últimos, que utilizaban lentes más pequeñas, necesitaban mucho menos mercurio. (Shultz, 2005)

Los actuales diseños de faros ya no utilizan mercurio para el desplazamiento de la lente. Las lámparas que se utilizan actualmente en los faros (lámparas de vapor de mercurio y xenón) son mucho más potentes que las de generaciones anteriores y ya no hacen falta lentes de vidrio pesado. Muchos de los faros que existen se han modernizado desde el decenio de 1970 y utilizan el diseño de lámparas actual, con lo que se elimina el uso del mercurio. (Baird, 2008)

Filipinas calculó que utilizaba unas 22,8 toneladas métricas anuales de mercurio en sus faros. En su respuesta al MIT planteó que en el país existen 57 y calculó que cada uno de ellos utilizaba 400 kilogramos de mercurio.

### **Contrapesos para el balanceo de neumáticos**

Los contrapesos para el balanceo de neumáticos que contienen mercurio están compuestos por cámaras rellenas de mercurio que se montan en partes mecánicas rotatorias como los neumáticos. Estos contrapesos se pueden utilizar en muy distintos componentes, pero en el Canadá se utilizan mayormente en camiones, automóviles, carcasas del motor, motocicletas, bicicletas acuáticas y avionetas. Entre 2000 y 2004, se utilizaron aproximadamente 744 kilogramos de mercurio en contrapesos para el balanceo de neumáticos en el Canadá. Se calcula que cada uno de esos contrapesos contiene aproximadamente 99 gramos de mercurio. (Jacovella, 2008) Esos contrapesos se instalan en las ruedas de los vehículos durante el proceso de balanceo de los neumáticos y suelen permanecer en servicios hasta que el neumático se vuelve a balancear o se cambia por otro o hasta que la rueda o el vehículo se retiran de la circulación.

No es común que los contrapesos para el balanceo de neumáticos se desgasten, pero se pueden desplazar cuando el vehículo sufre una sacudida o cuando se produce un cambio brusco de velocidad. Factores como una instalación incorrecta y daños por contacto con bordillos u otros objetos solo pueden causar el desplazamiento de esos contrapesos. Hay dos métodos comunes para montar contrapesos para el balanceo de neumáticos a las ruedas: sujetándolo con una abrazadera a la llanta de la rueda o fijándolo a la rueda por medio de un adhesivo. Para ambas aplicaciones, es conveniente que sea liviano, porque es menos visible y no hace interferencia con otros componentes del vehículo, como los frenos. Por eso, la densidad del material que contiene el contrapeso para el balanceo del neumático influye directamente en la dimensión del contrapeso de la rueda y es una característica física clave que afecta a la conveniencia de sus productos alternativos. Dado que los contrapesos adhesivos se montan sobre la superficie curva de la rueda, también es conveniente que sean relativamente blandos y maleables de manera que la curvatura del contrapeso se pueda ajustar durante la instalación para que se adapte a la curvatura de la rueda. Los contrapesos para el balanceo de neumáticos tienen que ser resistentes a la corrosión debido a inclemencias del tiempo, entre otras, exposición a la humedad, altas temperaturas y la sal que se utiliza en invierno para fundir el hielo en las carreteras.

El plomo es un material de uso común en los contrapesos para el balanceo de neumáticos; sin embargo, sus efectos perjudiciales para la salud humana son muchos, probablemente sea un carcinógeno para el ser humano y puede causar síntomas neurológicos, reproductivos y del desarrollo. En el mercado existen otros contrapesos para el balanceo de neumáticos que utilizan materiales menos tóxicos como el cobre, el acero, el estaño y el zinc. (TURI, 2006)

## B. Conclusiones: Procesos que utilizan mercurio

### B.1 Producción de cloro álcalis

El cloro y el hidróxido de sodio suelen producirse simultáneamente mediante uno de tres procesos básicos: diafragma, mercurio y membrana. La coproducción de cloro e hidróxido de sodio se basa en la electrólisis de soluciones de cloruro de sodio, en las que la solución se descompone en cloro mediante electrólisis en el ánodo de la pila y el hidróxido de sodio en el cátodo. En 2001, estos tres procesos de coproducción representaban el 95% de la capacidad total de cloro del mundo. Otros procesos menos utilizados son la electrólisis del cloruro de hidrógeno, subproductos de la producción de metales y el coproducto de la producción de nitrato de potasio.

#### Proceso basado en la pila de mercurio

##### Información general sobre el proceso

El proceso basado en la pila de mercurio (pila Castner-Kellner) se introdujo en 1892. Este proceso consiste en dos células, el electrolizador primario (salmuera) y la pila de descomposición. En el electrolizador primario, la salmuera que contiene cloruro de sodio fluye a través de una cuba inclinada que contiene una delgada capa de mercurio en el fondo. La corriente eléctrica en la célula descompone la salmuera en gas de cloro en el ánodo y sodio metálico en el cátodo de mercurio. En el cátodo se forma una amalgama líquida con mercurio. La amalgama fluye entonces del electrolizador primario a la pila de descomposición donde reacciona con el agua y un catalizador para formar hidróxido de sodio y gas de hidrógeno. El mercurio libre de sodio regresa entonces al electrolizador primario para volver a ser utilizado. Una enorme desventaja de este proceso es que se libera mercurio a la atmósfera.

##### Procesadores representativos:

A continuación se indican los procesadores representativos de cloro álcalis que utilizan el proceso basado en la pila de mercurio.

Cuadro B1.1: Procesadores representativos de cloro álcalis que utilizan el proceso basado en la pila de mercurio

Procesador	Lugar	Sitio web
Akzo Nobel	Oulu (Finlandia)	<a href="http://www.akzonobel.com">www.akzonobel.com</a>
Solvay	Bussi (Italia)	<a href="http://www.solvay.com">www.solvay.com</a>

#### Alternativa 1: Proceso basado en la pila de diafragma

##### Información general sobre el proceso

El proceso basado en la pila de diafragma (pila Griesheim) se introdujo en 1885. Las reacciones del proceso basado en la pila de diafragma ocurren en una sola célula. Se utiliza un diafragma para separar el cloro en el ánodo y el hidrógeno y la sosa cáustica producidos en el cátodo. Una desventaja del proceso basado en la pila de diafragma es que el diafragma suele fabricarse de amianto, que es un material tóxico; sin embargo, se pueden utilizar diafragmas que no sean de amianto.

##### Procesadores representativos:

A continuación se indican los procesadores representativos de cloro álcalis que utilizan el proceso basado en la pila de diafragma.



Cuadro B1.2: Procesadores de cloro álcalis representativos que utilizan el proceso basado en la pila de diafragma

Procesador	Lugar	Sitio web
Anwil	Wloclawek (Polonia)	<a href="http://www.anwil.pl">www.anwil.pl</a>
Norsk Hydro	Rafnes (Noruega)	<a href="http://www.hydro.com">www.hydro.com</a>

## Alternativa 2: Proceso basado en la pila de membrana

### Información general sobre el proceso

El proceso basado en la pila de membrana se introdujo en 1970, y la primera planta industrial que utilizó este proceso se instaló en el Japón en 1975. La membrana suele ser un fluoropolímero que separa el ánodo del cátodo. La salmuera pasa a través del compartimento del ánodo y produce gas de cloro. Los iones de sodio pasan a través de la membrana hacia el compartimento del cátodo y forman una solución de sosa cáustica.

Las ventajas del proceso basado en la pila de membrana son la producción de una solución de sosa cáustica muy pura y menos necesidad de energía que los otros dos procesos. Su desventaja radica en que la salmuera tiene que ser muy pura y a menudo requiere un proceso de purificación previa costoso antes de la electrólisis.

### Procesadores representativos:

A continuación se indican los procesadores de cloro álcalis representativos que utilizan el proceso basado en la pila de membrana.

Cuadro B1.3: Procesadores de cloro álcalis representativos que utilizan el proceso basado en la pila de membrana

Procesador	Lugar	Sitio web
Donau Chemie	Bruckl (Austria)	<a href="http://www.donau-chemie.at">www.donau-chemie.at</a>
Solvim	Jemeppe (Bélgica)	<a href="http://www.solvimpvc.com">www.solvimpvc.com</a>

## Alternativa 3: Producción independiente de cloro e hidróxido de sodio

Los procesos basados en la pila de mercurio, de diafragma y de membrana por regla general producen simultáneamente cloro e hidróxido de sodio. Otro proceso sustitutivo del de pila de mercurio es producir cloro e hidróxido de sodio por separado. Por ejemplo, el cloruro de hidrógeno se puede convertir en cloro mediante electrólisis o por oxidación. También, cuando el cloruro de potasio se electroliza, produce cloro, hidrógeno e hidróxido de potasio.

El hidróxido de sodio también se puede producir por separado. Por ejemplo, el proceso de sosa tratada con cal ocurre cuando una solución acuosa de carbonato de sodio reacciona con óxido de calcio para formar hidróxido de sodio.

### Demanda y utilización de mercurio

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen datos sobre el uso del mercurio para la producción de cloro álcalis proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA o en otros documentos, entre ellos informes generados utilizando el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA.

Veinte países informaron sobre la demanda estimada de cloro para la producción de cloro álcalis. Las respuestas variaban entre 0 y 17.468 toneladas métricas de mercurio anuales, aunque diez países no informaron sobre la demanda de mercurio para la producción de cloro álcalis. Las respuestas sobre la demanda estimada de mercurio proporcionaron datos para varios años, incluso información que databa de 2004.

Cuadro B1.4: Demanda de mercurio para la producción de cloro álcalis (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
Rumania	SI	17.468
Francia	SI	16,5 (2004 a 2006) (Variación: 14 a 19)
Pakistán	Otras	16,1
Estados Unidos	SI	11 (2006)
Siria	SI	10
Filipinas	MIT	4,46 (Variación: 0,525 a 8,4)
Argentina	SI	4.184
Reino Unido	SI	1
Suiza	SI	0,95
Suecia	SI	0,05
Belarús	SI	0
Camboya	MIT	0
Chile	MIT	0
China	Otras	0
Dinamarca	SI	0
Ecuador	SI	0
Japón	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0
Trinidad y Tabago	Otras	0

En el Instrumental para el inventario de mercurio se recomienda la recopilación de datos específicos de cada lugar para determinar el uso de mercurio en las plantas de cloro álcalis. No obstante, si no se dispone de esta información, entonces se utilizan los siguientes factores de insumo de mercurio por omisión en relación con la producción de cloro álcalis:

Coeficiente de insumo: 25 a 400 gramos de mercurio por tonelada de cloruro producida.

Filipinas utilizó este factor y lo aplicó a una capacidad de 21.000 toneladas de cloro al año para determinar su demanda anual de mercurio para una producción de cloro álcalis de 0,525 a 8,4 toneladas.

En un informe publicado en noviembre de 2006 con el título “Resumen de la información sobre la oferta, el comercio y la demanda de mercurio”, el PNUMA informaba de la estimación del consumo de mercurio por producción de cloro álcalis a nivel mundial: Las estimaciones sobre el consumo de mercurio publicadas en ese informe figuran en el siguiente cuadro.

Cuadro B1.5: Proceso basado en la pila de mercurio: consumo de mercurio (2005)

País/región	Consumo neto total de mercurio (toneladas métricas)	Mercurio reciclado y recuperado de desechos (toneladas métricas)	Consumo total de mercurio (toneladas métricas)
Europa	147	25 a 40	175 a 190
Estados Unidos	9	35 a 60	45 a 70
Brasil	10 a 15	0 a 5	11 a 25
India	20 a 28	0 a 5	20 a 35
Rusia	25 a 45	0 a 5	25 a 50
Otros	120 a 180	10 a 40	140 a 210
Total	350 a 430	90 a 140	450 a 550

Fuente: PNUMA, 2006

En el caso de los Estados Unidos, existe una similitud entre los valores de consumo de mercurio proporcionados en el presente informe (9 toneladas en 2005) y el valor indicado en la respuesta a la solicitud de información (11 toneladas en 2006). Rusia, la India y el Brasil no proporcionaron respuestas a la solicitud de información que permitan comparar las estimaciones del PNUMA.

### Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece la información proporcionada por los países acerca de sus experiencias con la adopción de tecnologías alternativas o con productos alternativos en el caso de la sustitución del mercurio en la producción de cloro álcalis por otros medios. La información que figura en los cuadros se obtuvo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA, el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) y otras fuentes. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o revisada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro B1.6: Países que respondieron con un nivel de sustitución “2”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos - Nivel de sustitución “2” – existen productos alternativos que se utilizan de ordinario
Argentina	SI	Dos plantas de producción de cloro álcalis pasaron de la tecnología de pilas de mercurio a la de diafragma en 2006. La tecnología de pila de mercurio se sigue utilizando en cerca del 37% de la producción total de cloro álcalis.
Brasil	SI	Hay ocho plantas de producción de cloro álcalis en el Brasil. En cuanto a las nuevas plantas de producción de cloro álcalis, se prohíbe el uso de pilas de mercurio y de diafragma de amianto para la producción de cloro.
Francia	SI	El 50% del cloro se produce con otras técnicas.
Alemania	SI	Se informó de un nivel de sustitución de “1 a 2”. Experiencia positiva.

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos - Nivel de sustitución "2" – existen productos alternativos que se utilizan de ordinario</b>
Japón	SI	El proceso basado en la pila de mercurio fue sustituido por el método de intercambio de iones con pilas de membrana en todas las fábricas de sosa cáustica del Japón en 1986.
Países Bajos	SI	Desde 2006, la producción de cloro álcalis en los Países Bajos se adaptó a las mejores técnicas disponibles que no utilizan mercurio.
Noruega	SI	No se utiliza mercurio en esta industria en Noruega.
Suecia	SI	Funciona una planta de cloro álcalis a base de pila de mercurio que utiliza unas 200 toneladas de mercurio en las células. Esta planta se convertirá a pilas de membrana en 2010. En los años ochenta, una planta efectuó la conversión a pilas de membrana con buenas experiencias. El costo de la inversión inicial es elevado, pero las pilas de membrana aprovechan mejor la energía que las pilas de mercurio, por lo que la conversión a pilas de membrana es económicamente favorable.
Suiza	SI	No se proporcionaron datos sobre experiencias en esta categoría.

Cuadro B1.7: Países que no enviaron respuesta sobre el nivel de sustitución

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>No hubo respuesta en relación con el nivel de sustitución</b>
Bangladesh	Otras	El mercurio se utiliza para producir cloro e hidróxido de sodio en una fábrica de papel en Karnaphuli.
Chile	MIT	La empresa de cloro álcalis Occidental Chemical Chile sustituyó su proceso de producción basado en la pila de mercurio por el de membrana en 1991.
Dinamarca	SI	Antes existía una sola planta industria en Dinamarca, pero cerró por problemas de seguridad (uso de cloro en medio de una gran ciudad) hace 20 años.
Ecuador	SI	La única empresa que fabrica cloro álcalis utiliza la tecnología de pila de membrana.
Irán	SI	El Ministerio de Petróleo y Aceites determinó aplicar un plan para instalar una nueva planta de producción de cloro álcalis con tecnología de membrana. Las viejas fábricas de cloro álcalis (3 unidades) se eliminarán poco después de que la nueva instalación esté lista para entrar en funcionamiento.
Pakistán	Otras	El 80% de la capacidad de producción de cloro álcalis utiliza la tecnología de pila de membrana y el 20% restante la de mercurio.
Eslovenia	SI	Nueva tecnología (pila de membrana).
Siria	SI	Se aplica una técnica que no utiliza mercurio.

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos <b>No hubo respuesta en relación con el nivel de sustitución</b>
Reino Unido	SI	Las tecnologías de membrana están muy desarrolladas, tienen éxito y su costos de funcionamiento es inferior al de la tecnología de mercurio. Sin embargo, el costo de capital de conversión de tecnología de mercurio a la de membrana es tan elevado que la conversión solo resulta viable a los efectos comerciales en el caso de las plantas con tecnología de mercurio que, en lo esencial, están llegando al final de su vida útil. En el plazo fijado por Euro Chlor para 2020 se reconoce que la mayoría de las plantas con tecnología de mercurio serán obsoletas para esa fecha.
Estados Unidos	SI	Gracias a un compromiso voluntario de reducir el mercurio contraído por el Instituto del Cloro de los EE.UU., en relación con la Estrategia binacional sobre sustancias tóxicas de los Grandes Lagos, la industria de cloro álcalis ha avanzado muchísimo en la reducción del uso de mercurio desde 1995. En el décimo Informe anual del Instituto a la EPA se señala una reducción de 92% entre 1995 y 2006 en el uso de mercurio para la producción de cloro y sosa cáustica en los EE.UU.

Ocho países respondieron con un nivel de sustitución de “2”, y uno, Alemania, con un nivel de sustitución de “1 a 2” en el caso de la producción de cloro álcalis. Estos países no comunicaron ninguna experiencia negativa con la transición a productos y procesos que no utilizan mercurio. Ningún país notificó un nivel de sustitución de “1” o “0”.

Además de las respuestas específicas de cada país acerca de la sustitución del mercurio que se señalaron anteriormente, existe información acerca de la sustitución total en Europa del uso del mercurio en la producción de cloro álcalis. Más de 20 millones de toneladas de cloro, sosa cáustica, e hidrógeno produjo la industria europea de cloro álcalis en 2007. De esta producción, el 43% se obtuvo con pilas de mercurio, 40% con pilas de membrana, 14% con células de diafragma y 3% con tecnologías alternativas. Estas cifras se aplican a las empresas miembros de Euro Chlor de 18 países. Además, todos los productores europeos de cloro álcalis tienen el compromiso de cerrar o convertir voluntariamente sus plantas a base de pilas de mercurio tan pronto sea factible, pero no después de 2020. (Euro Chlor, 2008, Andersson, 2008) En la India también hay un acuerdo voluntario en marcha con la industria, apoyado por el gobierno, para cerrar las instalaciones productoras de cloro álcalis a base de pilas de mercurio para 2012.

### **Resumen – Producción de cloro álcalis**

Muchos países de todo el mundo que tienen plantas de producción de pilas de mercurio a base de cloro álcalis han reducido muchísimo su consumo de mercurio cerrando las instalaciones de producción de las pilas, reduciendo las emisiones de mercurio mediante el perfeccionamiento de las operaciones o han logrado la conversión del proceso al de pila de membrana. Estas conversiones se han realizado parcial o totalmente según las necesidades de cada instalación. Los cambios técnicos que suelen ser necesarios obedecen, por ejemplo, a que la pila de membrana necesita una salmuera más pura que la de mercurio y tal vez sea necesaria una segunda purificación en salmuera. Además de lograrse la reducción del mercurio en esta industria, existe el compromiso de cerrar o convertir instalaciones productoras de cloro álcalis de Europa y la India.

Aunque la conversión al proceso basado en la pila de membrana es técnicamente viable, los costos de conversión varían de un lugar a otro. Entre los factores importantes que influyen en los costos de conversión figuran la necesidad de aumentar la capacidad, el costo de la energía y los gastos de

mantenimiento debido al tiempo que lleva funcionando la instalación productora de pilas de mercurio. En un informe publicado por la Comisión Europea en 2001, se informaba de costos de conversión en determinadas instalaciones de Europa, los Estados Unidos y el Japón. Esa cifra se convirtió a euros y se uniformó la capacidad de producción de cloro de las plantas. Los costos de conversión fluctuaron entre 213 y 700 euros (aproximadamente 336 a 1.104 dólares EE.UU.) por tonelada de producción anual de cloro. Los beneficios notificados como resultado de la conversión de pilas de mercurio a las de membrana son la reducción del consumo de energía, menos necesidad de mantenimiento y eliminación de los problemas de gestión del mercurio. (EC, 2001)

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un desglose cuantitativo del nivel de sustitución en la producción de cloro álcalis, proporcionado por nueve países en sus respuestas a la solicitud de información.

Cuadro B1.8: Respuestas de países sobre el nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de países	Porcentaje de respuestas
2	8	88,9%
1 a 2	1	11,1%
1	0	0%
0	0	0%

En más del 50% de las respuestas a la solicitud de información sobre la producción de cloro álcalis se señalaba un nivel de sustitución de “2”, y no se enviaron respuestas negativas en relación con la transición a productos alternativos que no contienen mercurio. Esto indica que hay productos alternativos que se utilizan de ordinario en la mayoría de países de enviaron información sobre la demanda de mercurio. Además, más de dos países informaron de una demanda estimada cero de mercurio. Por tanto, el éxito de la transición a productos que no utilizan cloro quedó demostrado en el caso de la producción de cloro álcalis.

Cuadro B1.9: Resumen de la sustitución de cloro álcalis

<b>Producción de cloro álcalis</b>	<b>Tecnologías alternativas conocidas</b>	<b>Viabilidad de la transición</b>
Proceso de pila de mercurio	Sí	Transición exitosa demostrada

## **B.2 Extracción de oro en forma artesanal y en pequeña escala**

La minería artesanal y en pequeña escala es el término utilizado para referirse a todas las operaciones de extracción minera lícitas e ilícitas de pequeña y mediana escala en que se utilizan procesos rudimentarios para extraer oro y otros minerales de menas primarias y secundarias. (Veiga, 2006) En esta sección, se tratará concretamente la extracción de oro en forma artesanal y en pequeña escala.

Se calcula que 15 millones de personas se dedican a actividades de extracción de oro en forma artesanal y en pequeña escala en más de 50 países en desarrollo de Asia, África y América del Sur. (ONUDI, 2007) Por definición, las grandes empresas no se ocupan de la organización de las operaciones de minería artesanal y en pequeña escala, por lo que la presente sección no menciona a los procesadores representativos en el caso de este tipo de extracción de oro.

Los mineros que se dedican a la extracción artesanal y en pequeña escala utilizan muy diversos procesos para extraer oro de las menas, según el tipo, las tradiciones locales, la disponibilidad de equipo, la disponibilidad de agua y otros factores. En la presente sección se analiza la amalgamación con mercurio y las tres categorías siguientes de variantes que no utilizan mercurio: la separación por gravedad, la cianuración y la cloración.

### **Amalgamación de mercurio**

#### **Información general sobre el proceso**

La amalgamación de mercurio es el método que más utilizan los mineros para extraer oro de las menas porque es simple y poco costoso. El mercurio y el oro tienen gran afinidad mutua y por eso las finas partículas de oro son atraídas hacia el mercurio para formar una amalgama. Esa amalgama se separa entonces de la arena y la grava. Una vez separada, la amalgama se coloca en un paño y el exceso de mercurio se exprime y se recoge para volver a utilizarlo. La amalgama restante suele contener 60% de oro y 40% de mercurio. Esta amalgama se calienta entonces para vaporizar el mercurio, lo que deja un oro esponjoso con un contenido de aproximadamente 5% de mercurio residual y otras impurezas. Los mineros que trabajan en forma artesanal y en pequeña escala venden ese oro esponjoso a los comerciantes en oro quienes entonces funden piezas de oro puro.

La amalgamación solo funciona con mineral que contenga oro en estado libre. No es eficaz con menas refractarias, es decir menas donde las partículas de oro están atrapadas por minerales de sulfuro. Los mineros que trabajan en forma artesanal y en pequeña escala suelen utilizar la amalgamación de mercurio en combinación con otros procesos de cribado o separación. Por ejemplo, se añade mercurio a los separadores de mineral y a las artesas de los canales de lavado. La densa amalgama se hunde y es atrapada, mientras que la arena y la grava son arrastradas por el agua. También se añade mercurio durante el lavado en batea para facilitar la recogida de las lascas de oro más finas.

La cantidad de mercurio utilizado en las operaciones de minería artesanal y en pequeña escala varía muchísimo según factores como el tipo de mena, el proceso de separación utilizado, el costo del mercurio y los conocimientos de los mineros. La mayor utilización de mercurio se produce cuando los mineros añaden mercurio líquido directamente al mineral intacto. El mineral intacto es el mineral que no se ha procesado y contiene muy pocas concentraciones de oro, por regla general menos de 10 gramos por tonelada métrica. Ejemplos de métodos de amalgamación del mineral intacto son: mezclando Hg con el mineral intacto en una centrífuga; añadiendo Hg durante el proceso de trituración o molturación; o introduciendo Hg en un canal de lavado. (Veiga, 2006) El

rendimiento de la recuperación de oro de la amalgamación del mineral intacto suele ser bajo, porque gran parte de la amalgama no se recupera y es arrastrada junto con la ganga.

El uso más eficaz de la amalgamación de mercurio es con un concentrado de mineral. El concentrado de mineral se genera cuando el mineral intacto pasa a través de uno o más procesos de cribado (por ejemplo separación gravimétrica o mediante un canal de lavado) que genera mineral con niveles concentrados de oro. La amalgamación se logra mezclando mercurio líquido con los concentrados en las mezcladoras, en tambores o en otro equipo de separación. Los mineros separan entonces la amalgama de los demás minerales pesados cribando con agua.

La proporción “mercurio consumido” y “oro extraído” es mayor de 3:1 para toda la amalgamación del mineral y puede llegar a ser hasta 100:1. (Veiga, 2006) La relación con la amalgamación de concentrados de mineral es aproximadamente 1:1. (PNUMA, 2005) El uso de una retorta para recuperar vapores de mercurio puede reducir extraordinariamente la cantidad de mercurio consumido.

## **Alternativa 1: Separación por gravedad**

### **Información general sobre el proceso**

La separación por gravedad abarca todos los procesos que separan el oro de una mena sobre la base de la densidad. Los procesos de separación por gravedad son: canales de lavado, centrífugas, mesas vibratoras y cribado a mano. Estos procesos se pueden aplicar tanto al mineral intacto como al concentrado de oro según el equipo que se esté usando. Con frecuencia se utiliza la amalgamación de mercurio en combinación con la separación por gravedad, pero en esta sección solo trataremos la separación por gravedad sin el uso de mercurio.

### **Los canales de lavado**

El proceso de separación por gravedad más utilizado por los mineros de oro que trabajan en forma artesanal y en pequeña escala es el canal de lavado o la caja de esclusa. Los canales de lavado son cajas largas o artesas inclinadas en un ángulo que tienen separadores de mineral en la base de la esclusa. Se vierte una corriente continua de fango de lavado del mineral en la parte superior del canal de lavado y las partículas de más densidad (es decir, oro) se separan del fango de lavado y quedan atrapadas en los separadores de mineral.

Los canales de lavado son populares entre los mineros que trabajan en forma artesanal y en pequeña escala porque no necesitan electricidad, se construyen fácilmente, son sencillos y eficaces en concentrar el oro. Los canales de lavado se pueden diseñar para que se puedan utilizar con mineral intacto o con concentrados de mineral. Los mejores porcentajes de recuperación se logran cuando el diseño del canal de lavado se adapta al tipo de mineral y al tamaño de las partículas. Los factores que afectan el rendimiento son: la magnitud del flujo del fango de lavado; la proporción entre el agua y el mineral; la longitud, el ancho y la inclinación del canal de lavado y el tamaño de la partícula del mineral.

Los canales de lavado se suelen fabricar en el lugar, aunque también se pueden adquirir de empresas como Keene Engineering con fábricas en los EE.UU. Keene vende su modelo A52 por aproximadamente 100 dólares EE.UU. Este modelo tiene 25 cm de ancho por 129 cm de longitud, pesa 5 kg y puede procesar hasta 5 toneladas métricas por hora de mineral. (Veiga, 2004)



### **Separadores por acción centrífuga**

Los separadores por acción centrífuga suelen incorporar un cono estriado que gira para crear una mayor fuerza gravitacional. En el cono entra un fango de lavado con un contenido de 20 a 40% de mineral en agua y la gran fuerza gravitacional hace que las partículas densas de oro se concentren en la capa exterior del fango y se acumule en las estrías del separador. Se inyecta agua en el cono para crear una contracorriente que ayuda a reducir la compactación y permite que las partículas de oro penetren en la capa de concentrado.

Los separadores por acción centrífuga se han utilizado en la extracción de oro durante decenios en operaciones de pequeña y gran escala por igual. Un fabricante de separadores por acción centrífuga es Knelson Gravity Solutions de Columbia Británica (Canadá).

Las desventajas de los separadores por acción centrífuga son su elevado costo, requieren electricidad, consumen una gran cantidad de agua limpia y tienen que ser puestos en marcha por operadores expertos.

### **Canal de lavado Cleangold**

El canal de lavado Cleangold es un producto fabricado por la Cleangold LLC, situada en Oregon (EE.UU.). Los usuarios de los canales de lavado Cleangold son los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala y vienen en tres tamaños. Se utilizan para la recuperación de oro de los concentrados o para utilizarlos en corrientes de poco caudal.

Lo que diferencia al canal de lavado Cleangold de los demás es que en el fondo del canal se insertan láminas poliméricas magnéticas. Estas láminas atraen la magnetita del mineral que forma una superficie parecida a la pana en el fondo del canal de lavado. La superficie de magnetita es muy eficaz para recuperar las finas lascas de oro. El oro se recoge raspando la magnetita impregnada de oro en una artesa y separándola por medio de un imán. El oro que queda en la artesa tiene una gran pureza y está listo para ser fundido. Los resultados de un ensayo práctico llevado a cabo en Guyana indicaron que el canal de lavado Cleangold podría sustituir a la amalgamación de mercurio como método definitivo de recogida. (Vieira, 2006)

Los precios de los canales de lavado Cleangold fluctúan entre 40 dólares EE.UU. para uno pequeño de 20,3 centímetros por 20,3 centímetros a 250 dólares EE.UU. el de 40,6 por 40,6 centímetros. ([www.cleangold.com](http://www.cleangold.com), 2008)

### **Mesa Gemini**

Una mesa Gemini es un tipo de mesa sacudidora utilizada para la limpieza final de los concentrados. El oro recuperado es de gran pureza y se puede fundir. Una mesa Gemini consiste en una plataforma inclinable de fibra de vidrio apoyada en una estructura de acero. Un motor eléctrico produce una sacudida que tiene un controlador de velocidad variable. Hace falta suministrar agua limpia constantemente a las mesas (0,7 metros cúbicos por hora) a una presión constante. El concentrado con contenido de oro se coloca en la mesa a un ritmo constante, junto con el agua, y el oro se recoge en los rebordes de la mesa. El modelo de mesa Gemini GT60 Mk2 tiene capacidad para procesar hasta 27 kilogramos por hora de concentrado. Tiene un precio de 8.000 dólares EE.UU. (Vieira, 2006)

### **Extrac-TEC**

IE-TEC Marketing vende una línea de separadores gravimétricos y su unidad más pequeña, el Extrac-TEC HPC-10, se comercializa entre los mineros que trabajan en forma artesanal y en pequeña escala. Este separador por gravedad utiliza un proceso de separación de varias etapas. En la primera etapa, el mineral intacto se alimenta por gravedad en una criba de tambor donde se lava

con agua y se clasifica. El material de tamaño muy grande se separa y el resto se coloca en una correa de concentración en espiral que separa las partículas pesadas de las de menos peso. Las partículas pesadas pasan a un canal de lavado para seguir concentrándose. El concentrado resultante tiene un volumen tan bajo y una concentración de oro tan alta que una persona puede hacer la clasificación final a mano.

El HPC-10 tiene un motor eléctrico de 0,5 hp y requiere el uso de una bomba de agua y 120 litros de agua por minuto. El mineral se puede alimentar utilizando una miniexcavadora o con un equipo de 2 a 6 mineros paleando. El precio de la HPC-10 es de 28.300 dólares EE.UU., sin contar el generador eléctrico necesario y la bomba de agua. (Oppenheimer, 2008)

Las desventajas del Extrac-TEC HPC-10 son su elevado costo, requiere electricidad y además utiliza una gran cantidad de agua limpia.

## **Alternativa 2: Cianuración**

### **Información general sobre el proceso**

La cianuración es el método más común utilizado para la extracción de oro que aplica la mayoría de las empresas mineras en gran escala. La cianuración también la utilizan los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala, a menudo en combinación con la amalgamación de mercurio.

El proceso de cianuración consta de tres etapas: lixiviación, concentración y refinación. En la etapa de lixiviación, se añade cianuro a un fango de lavado de mineral de oro. El oro se lixivia del mineral al reaccionar con el cianuro y el oxígeno. La etapa de concentración supone la extracción del oro del fango de lavado absorbiéndolo con carbón activado, que con frecuencia se produce con cáscara de coco. La etapa de refinación se puede lograr de varias maneras. Los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala suelen utilizar un sencillo proceso de refinación: cribado y quema.

La ventaja de la cianuración es que durante el proceso se disuelve el contenido de oro del mineral refractario y se logra un alto ritmo de extracción de oro. Además, el proceso es relativamente fácil para los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala y el costo en equipo es bajo. La principal desventaja de la cianuración es que el cianuro es tóxico y por eso pone en riesgo la salud de los mineros. Sin embargo, a diferencia del mercurio, el cianuro es biodegradable y no es bioacumulativo.

Lamentablemente, los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala suelen utilizar la cianuración en un concentrado de mineral que previamente fue procesado por amalgamación de mercurio. El cianuro reacciona con el mercurio, lo hace más soluble y por eso aumenta la posibilidad de metilación. El uso de la amalgamación de mercurio en el mineral intacto antes de la cianuración también provoca una disminución de la recuperación de oro. Esto ocurre porque la amalgama de oro-mercurio se desintegra en pequeñas gotitas (mercurio fluorado) durante los procesos de mezclado o bombeado. Este mercurio fluorado que contiene oro no se recupera con facilidad y se suele desechar con la ganga.

## Alternativa 3: Cloración

### Información general sobre el proceso

El proceso de cloración tuvo su origen en 1848, antes del de cianuración. Este proceso utiliza ácido clorhídrico diluido y cloro para disolver el oro. El oro se precipita entonces utilizando metabisulfito de sodio, ácido oxálico, zinc y otros agentes.

Mintek, el organismo de investigaciones tecnológicas de los minerales del Gobierno de Sudáfrica, desarrolló un proceso de cloración denominado proceso iGoli. Este proceso, concebido específicamente para los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala, utiliza equipo de bajo costo y productos químicos de uso común como ácido para piscinas (HCl diluido), lejía (NaOCl) y azúcar. Este proceso se aplica solo a concentrados de mineral de manera que los mineros deben utilizar una forma de separación por gravedad del mineral intacto utilizando este proceso.

El proceso consta de las siguientes etapas: lixiviación del concentrado de oro con ácido clorhídrico diluido y lejía; filtrado de los sólidos; precipitación del polvo de oro de la solución y compresión del oro en polvo en un disco.

El proceso iGoli tiene las siguientes ventajas: puede producir oro con un nivel de pureza de 99%. Esta es una mejora importante respecto de la amalgamación, que produce oro esponjoso con un contenido de mercurio residual de aproximadamente 5%, junto con otras impurezas. Este proceso tiene también la ventaja de que se puede aplicar tanto al mineral que contiene oro en estado libre como al mineral refractario, mientras que la amalgamación solo se aplica al mineral que contenga oro en estado libre. De resultados de ello, los mineros recuperan más oro del mineral y el oro que se recupera tiene más valor.

El ácido clorhídrico y la lejía son tóxicos y se deben manipular con cuidado, aunque son productos químicos que se utilizan de ordinario para la limpieza y el mantenimiento de piscinas y representan mucho menos riesgo para los mineros que el mercurio o el cianuro. El cloro se convierte en sal durante el proceso, que puede liberarse al medio ambiente sin que haga daño.

Mintek no protege la propiedad intelectual del proceso, por lo que se puede acceder gratuitamente a la guía para aplicar el proceso. Mintek se ocupará también de ensayar las muestras y proporcionar instrucciones a los mineros en pequeña escala acerca del proceso. Mintek ha demostrado este proceso a mineros artesanales y en pequeña escala de Mozambique, Perú, y Tanzania.

### Demanda y utilización de mercurio

En el cuadro que figura a continuación se ofrecen los datos sobre la demanda de mercurio para la extracción de oro en forma artesanal y en pequeña escala proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA o en otros documentos, entre ellos los informes generados utilizando el Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA.

Cuadro B2.1: Uso de mercurio por países para la extracción de oro en forma artesanal o en pequeña escala (ordenada de mayor a menor)

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
China	Otras	200 a 250 <sup>13</sup>
Filipinas	MIT	56,04
Ecuador	SI	5
Camboya	MIT	0,61 (0,035 a 1,182) (2008)
Argentina	SI	0
Dinamarca	SI	0
Francia	SI	0
Alemania	SI	0
Irán	SI	0
Japón	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0
Suecia	SI	0
Suiza	SI	0
Trinidad y Tabago	Otras	0
Reino Unido	SI	0
Estados Unidos	SI	0

Dos países notificaron su uso de mercurio en la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala en sus informes relacionados con el Instrumental para el inventario de mercurio. Filipinas calculó una producción anual de oro en 2006 de 18.680 kilogramos y utilizó el coeficiente de insumo por omisión de 3 kilogramos de mercurio por kilogramo de oro, recomendado en el MIT, para calcular el uso de mercurio en 56,04 toneladas métricas. Camboya también dijo haber utilizado una cifra de base en su informe sobre el MIT, pero basó su cálculo en el uso de mercurio por los 175 mineros entrevistados. Los 175 mineros utilizaron un total de 0,0345 toneladas métricas de mercurio y Camboya utilizó esta cifra como demanda mínima. La demanda máxima de 1.182 toneladas métricas se calculó multiplicando el uso medio de los 175 mineros (0,197 kilogramos por minero) por la cifra estimada de mineros que trabajan el oro de forma artesanal y en pequeña escala (6.000).

En un informe de la ONUDI de octubre de 2006 titulado “Impacto de la oferta y la demanda de mercurio a nivel mundial en la extracción de oro en pequeña escala”, se calculaba que la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala representa de 20 a 30% de la producción mundial de oro y conlleva la liberación de 650 a 1.000 toneladas métricas de mercurio anuales. En el informe se calculó también, por país, la liberación de mercurio al medio ambiente debido a las actividades de extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala.

En el informe se define la cantidad de mercurio liberada como la cantidad total utilizada menos la cantidad que se recicla y se plantea que la demanda es igual a la cantidad liberada, suponiendo niveles de producción constantes y ningún cambio en las tecnologías utilizadas. Por consiguiente, se supone que la cantidad de mercurio liberada por la extracción de forma artesanal y en pequeña escala es igual a la demanda estimada de mercurio para esa forma de producción. En el cuadro que figura a continuación se resumen esos cálculos.

<sup>13</sup> ONUDI, 2006.

Cuadro B2.2: Demanda de mercurio para la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala

País	Demanda estimada de mercurio para la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala (toneladas métricas/año)
China	200 a 250
Indonesia	100 a 150
Bolivia	10 a 30
Brasil	10 a 30
Columbia	10 a 30
Ecuador	10 a 30
Ghana	10 a 30
Perú	10 a 30
Filipinas	10 a 30
Venezuela	10 a 30
Tanzania	10 a 30
Zimbabwe	10 a 30

El cálculo de 56,04 toneladas métricas de Filipinas utilizando el coeficiente de insumo de mercurio Instrumental para el inventario fue mucho mayor que las 10 a 30 toneladas métricas calculadas en el informe de la ONUDI. El Ecuador informó un uso de 5 toneladas métricas de mercurio en su respuesta a la solicitud de información frente a 10 a 30 toneladas métricas calculadas en el informe de la ONUDI. Las discrepancias en las cifras probablemente obedezcan a diferentes métodos de cálculo, diferentes períodos y otros factores desconocidos.

En el Plan de Acción del Consejo del Ártico para eliminar la contaminación del Ártico (ACAP) 2004 en que se informa sobre las liberaciones de mercurio en Rusia, se calculó en 3 a 8 toneladas métricas en 2001, el mercurio consumido para amalgamación en la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala. Este cálculo se basó en las 20 a 40 toneladas métricas de oro producidas por esos mineros y en una cantidad de mercurio consumida de aproximadamente 10% a 20% de la producción de oro.

### Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos

En los cuadros que figuran a continuación se ofrece información proporcionada por los países acerca de sus experiencias con la adaptación a tecnologías alternativas o con la sustitución de la amalgamación de mercurio en la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala por otros métodos. La información que figura en los cuadros se extrajo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o parafraseada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro B2.3: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “2”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos - Nivel de sustitución “2” – Existen productos alternativos que se utilizan de ordinario
Japón	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.

Cuadro B2.4: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “1”

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “1” – Existen productos alternativos que se utilizan muy poco
Brasil	SI	Se permite utilizar mercurio solo en operaciones mineras con licencia (autorizadas).
Chile	SI	Toda otra opción que no utilice mercurio cuesta más.
Ecuador	SI	Aproximadamente 40% de la producción se sigue obteniendo por amalgamación de mercurio y 60% por cianuración. De los mineros que todavía utilizan amalgamación, 50% usa una retorta para recuperar los vapores de mercurio, pero el otro 50% vaporiza el mercurio al aire libre.
Panamá	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.

Cuadro B2.5: Países que no informaron sobre el nivel de sustitución

País	Fuente de los datos	Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos No hubo respuesta sobre el nivel de sustitución
Argentina	SI	No hay operaciones de extracción de oro de forma artesanal ni en pequeña escala registradas.
Camboya	MIT	La mayoría de los mineros de Ratanakiri usan mercurio para extraer oro del mineral (intacto), mientras que los de las demás provincias usan métodos mecánicos u otros productos químicos.
Dinamarca	SI	Nunca ha sido una industria.
Francia	SI	El uso de mercurio se prohíbe pero se informa de su uso ilícito.
Irán	SI	El mercurio no se utiliza en la extracción de oro de forma artesanal.
Países Bajos	SI	No se aplica.
Noruega	SI	No se aplica.
Filipinas	MIT	El uso de mercurio para la extracción de oro está prohibido, pero los mineros siguen usándolo.

Un país, el Japón, comunicó un nivel de sustitución de “2” para la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala, lo que indica que existen productos alternativos que se utilizan de ordinario en el Japón. Cuatro países informaron de un nivel de sustitución de “1”, lo que indica que se dispone de productos alternativos que se utilizan muy poco en esos países.

En general, ocho países proporcionaron observaciones por escrito en relación con sus experiencias con otros métodos de extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala. Dos países plantearon que se prohíbe el uso de mercurio en la extracción de oro, pero que los mineros lo siguen utilizando. Un país planteó que otros procesos que no utilizan mercurio cuestan más.

## Resumen – Extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala

En el cuadro que figura a continuación se ofrece un desglose cuantitativo del nivel de sustitución del mercurio en la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala basado en las respuestas de cinco países a la solicitud de información.

Cuadro B2.6: Respuestas de países en relación con el nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de países	Porcentaje de respuestas
2	1	20%
1	4	80%
0	0	0%

Trece países informaron que no había demanda de mercurio para la extracción de forma artesanal y en pequeña escala. Cabe señalar que muchos de estos países no realizan actividades mineras en forma artesanal y en pequeña escala. Esta ausencia de demanda no se debe interpretar como una transición exitosa a procesos diferentes. El Japón fue el único país que dijo tener productos alternativos en el mercado que se utilizaban de ordinario. El Japón dijo también que el mercurio no se utilizaba para la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala (demanda = 0). Esto sería indicio de que se logró la transición a procesos diferentes.

Las respuestas de los países dan a entender que existen en el mercado otras posibilidades distintas de la amalgamación de mercurio en la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala que no se están utilizando de ordinario. Pese a que existen tecnologías de extracción de oro que no utilizan mercurio y pudieran ser viables para los mineros que se dedican a esta actividad, la transición a estas tecnologías probablemente requiera mucho más tiempo.

Las dificultades para esta transición no se limitan a la disponibilidad de tecnologías alternativas viables. Un gran obstáculo es que la transición exitosa obligará a unos 15 millones de mineros de 50 países diferentes a cambiar el proceso que utilizan en su diaria labor de sustento de sus familias. Otra dificultad importante es que el mercurio de precio bajo se puede adquirir fácilmente, por eso cuando los mineros buscan la forma de eliminarlo se fijan primeramente en lo que se podrían ahorrar. La experiencia ha demostrado que el aumento del precio del mercurio ayuda a reducir su uso entre los mineros que trabajan de forma artesanal y en pequeña escala. (Maag, 2007) Una transición exitosa probablemente obligue a: realizar esfuerzos de capacitación y educación en gran escala, crear iniciativas para vencer las barreras culturales, logísticas y económicas y reducir el suministro de mercurio a bajo precio.

Cuadro B2.7: Resumen de la sustitución en la extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala

Extracción de oro de forma artesanal y en pequeña escala	Tecnologías alternativas conocidas	Viabilidad de la transición
Proceso de amalgamación de mercurio	Sí	Existen productos alternativos – se conocen las dificultades

### B.3 Producción de monocloruro de vinilo

El monocloruro de vinilo (MCV) es la materia prima fundamental para la producción de cloruro de polivinilo (PVC). El primer proceso comercial de producción de monocloruro de vinilo (MCV) fue el proceso a base de acetileno, que utiliza cloruro mercúrico como catalizador para hacer reaccionar el acetileno con el cloruro de hidrógeno. Hoy día, casi todos los países han convertido la producción de MCV al proceso a base de etileno que no utiliza mercurio, con la excepción de China y Rusia. (Doa, 2007)

#### Producción de monocloruro de vinilo a base de acetileno

##### Información general sobre el proceso

El proceso de producción de MCV a base de acetileno suele utilizar carbón y piedra caliza como materias primas para producir carburo de calcio, que entonces se mezcla con agua para producir acetileno. El MCV se produce cuando el acetileno reacciona con anhídrido cloruro de hidrógeno utilizando cloruro mercúrico como catalizador.

El elevado costo de las materias primas y el gran consumo de energía han hecho que esta tecnología quede obsoleta en China. Esta tecnología es económicamente viable en ese país porque todas las materias primas existen en el país, los costos de material y energía son bajos debido a la disponibilidad de carbón barato, los costos de capital son muy bajos y el proceso se puede integrar fácilmente con la producción de PVC.

La producción de MCV a base de acetileno utiliza mucha energía y es muy contaminante, entre otras cosas por el mercurio que se libera junto con los gases de la reacción. Además, se han expresado inquietudes acerca de que la ampliación de la producción a base de acetileno en China traiga consigo un déficit de energía eléctrica dado que la capacidad de generación de electricidad del país ya está demasiado recargada. (CIEI, 2008)

El coeficiente de insumo por omisión del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA para el uso de mercurio en la producción de MCV es de 100 a 140 gramos de mercurio por tonelada métrica de MCV producido. Este cálculo se basó en los datos de 2002 suministrados por la Federación de Rusia, en que se utilizaron 16 toneladas métricas de mercurio para producir 130.000 toneladas métricas de MCV. (PNUMA, 2005)

##### Procesadores representativos

A continuación se indican los procesadores representativos de monómeros de cloruro de vinilo a base de acetileno.

Cuadro B3.1: Procesadores representativos de monocloruro de vinilo a base de acetileno

Fabricante	Lugar	Sitio web
Ningxia Yinglite Chemical Co., Ltd.	Shizuishan City, Ningxia (China)	<a href="http://www.yinglitechem.com/en/main_en.htm">www.yinglitechem.com/en/main_en.htm</a>
Shenyang Chemical Co	Shenyang, Liaoning (China)	<a href="http://www.sychem.com/en/index_en.asp">http://www.sychem.com/en/index_en.asp</a>

#### Alternativa 1: Producción de monocloruro de vinilo a base de etileno

##### Información general sobre el proceso

El proceso de producción de MCV a base de etileno utiliza etileno como materia prima. El etileno reacciona con el cloro para formar dicloruro de etileno. El dicloruro de etileno se puede producir ya sea mediante cloración directa utilizando cloro puro o mediante oxiclорación utilizando cloruro



de hidrógeno. Se utiliza después pirodesintegración para producir MCV a partir del dicloruro de etileno. El cloruro de hidrógeno se produce como subproducto y se recicla mediante un proceso de oxiclорación.

A partir de los años sesenta, los altos costos de producción del proceso a base de acetileno obligaron a la conversión de la producción de MCV a procesos a base de etileno. Aproximadamente 35% de la producción de MCV en China y casi toda la producción de MCV fuera de China utiliza actualmente procesos a base de etileno.

Una planta de producción de PVC a base de etileno necesitaría unos 3.500 kilovatios-hora de energía eléctrica para producir una tonelada métrica de PVC, muchísimo menos que los 6.500 a 7.000 kilovatios-hora requeridos para producir una tonelada métrica de PVC a base de acetileno. (CIEI, 2003)

### Procesadores representativos

A continuación se relacionan los procesadores representativos de monocloruro de vinilo a base de etileno.

Cuadro B3.2: Procesadores representativos de monocloruro de a base de etileno

Fabricante	Lugar	Sitio web
The Dow Chemical Company	Midland, Michigan (EE.UU.)	<a href="http://www.dow.com">www.dow.com</a>
Formosa Plastics Corporation	Taipei (Taiwán)	<a href="http://www.fpc.com.tw/enfpc/suba1-1.htm">www.fpc.com.tw/enfpc/suba1-1.htm</a>
INEOS	Lyndhurst, Hampshire, (Reino Unido)	<a href="http://www.ineoschlor.com">www.ineoschlor.com</a>

## Alternativa 2: Producción de monocloruro de vinilo a base de etano

### Información general sobre el proceso

El proceso a base de etano produce MCV mediante cloración directa de etano. Este proceso tiene la ventaja de que la materia prima cuesta menos y utiliza una reacción química relativamente simple. Los costos del etano son aproximadamente la tercera parte de los costos del etileno. La principal desventaja es que hacen falta altas temperaturas de reacción. Las temperaturas de reacción por encima de 500°C causan problemas de corrosión. Algunas empresas han tratado de desarrollar un proceso a base de etano pero la creación de un proceso con temperaturas de reacción por debajo de 500°C presenta dificultades. (cheresources.com, 2008)

Una empresa, INEOS ChlorVinyls, desarrolló un proceso que mantiene una temperatura de reacción por debajo de 400°C y durante varios años ha tenido en funcionamiento una planta piloto de 1.000 toneladas métricas anuales en Wilhelmshaven (Alemania). El proceso a base de etano de INEOS logró una reducción del 30% del consumo de energía, lo que no se logra con un proceso a base de etileno. INEOS no cuenta actualmente con planes de establecer una empresa a escala comercial debido a los problemas con que se ha tropezado con la formación de subproductos en la planta piloto. (Littlewood, 2008)

### Procesadores representativos

Todavía no se produce MCV a base de etano a escala comercial.

## Demanda y utilización de mercurio

En el cuadro que figura a continuación se reproducen los datos sobre la demanda de mercurio para la producción de monoclóruo de vinilo, proporcionados por los países en sus respuestas a la solicitud de información del PNUMA u otros documentos, entre ellos los informes generados mediante el uso del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) del PNUMA.

Cuadro B3.3: Demanda de mercurio para la producción de monoclóruo de vinilo

País	Fuente de los datos	Demanda estimada de mercurio/Cantidad utilizada (toneladas métricas/año)
China	Otras	264 a 352 (2000) <sup>14</sup> 610 (2004) <sup>15</sup>
Rusia	Otras	15,5 (2002) <sup>16</sup>
Chile	SI	0
Dinamarca	SI	0
Francia	SI	0
Alemania	SI	0
Japón	SI	0
Países Bajos	SI	0
Noruega	SI	0
Filipinas	MIT	0
Suecia	SI	0
Suiza	SI	0
Reino Unido	SI	0
Estados Unidos	SI	0

El Centro de Registro de Productos Químicos de la Dirección Estatal de Protección Ambiental de China calculó que en 2004 se utilizaron 610 toneladas métricas de mercurio para producir MCV y que casi el 50% de este mercurio se recuperó y recicló para seguir utilizándolo en el país. El consumo neto estimado para la producción de MCV en China en 2004 fue de 320,4 toneladas métricas. Se espera que para 2010 el uso bruto de mercurio aumente a más de 1.000 toneladas métricas. (NRDC, 2006)

En un informe preparado para el Plan de Acción del Consejo del Ártico para eliminar la contaminación del Ártico (ACAP), se señalaban cuatro productores de MCV de Rusia que utilizaban el proceso a base de acetileno en 2002. El consumo bruto de mercurio de estas cuatro plantas era de 15,5 toneladas métricas. Se calculaba que, de ese total, 0,1% son emisiones a la atmósfera, 0,1% se vierte en las aguas residuales, 30% se recupera del catalizador empleado y cerca de 70% permanece en el ácido clorhídrico. Aproximadamente 8 toneladas métricas de mercurio se recupera del ácido clorhídrico. El mercurio restante que contiene ácido clorhídrico se vende para otras aplicaciones, entre ellas para usarlo en las industrias del petróleo y el gas en el tratamiento de los pozos. (ACAP, 2004)

## Nivel de sustitución del mercurio y experiencia con productos alternativos

En los cuadros que figuran a continuación se reproduce la información proporcionada por los países acerca de sus experiencias con el cambio a tecnologías alternativas o con productos alternativos utilizados en la producción de monoclóruo de vinilo con productos alternativos que no contienen

<sup>14</sup> SEPA, 2005.

<sup>15</sup> NRDC, 2006.

<sup>16</sup> ACAP 2004.

mercurio. La información que figura en los cuadros se extrajo de las respuestas a la solicitud de información del PNUMA, del Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) o de otras fuentes de información. En algunos casos, los cuadros contienen una versión abreviada o revisada de la respuesta a la solicitud de información.

Cuadro B3.4: Países que respondieron con un nivel de sustitución de “2”

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos – Nivel de sustitución “2” - Existen productos alternativos que se utilizan de ordinario</b>
Francia	SI	Todas las plantas utilizan procesos a base de etileno que no necesitan mercurio.
Alemania	SI	No se comunicaron datos sobre la experiencia en esta categoría.
Irán	SI	Irán informó de un nivel de sustitución de 1 a 2. Todas las dependencias tienen la obligación de mantener su descarga según los criterios ambientales y el nivel uniforme promulgado por el Departamento de Medio Ambiente.
Japón	SI	Actualmente no se utilizan procesos con catalizador de mercurio para la fabricación de MCV. El proceso de carburo-acetileno se utilizó para fabricar MCV con cloruro mercúrico como catalizador hasta los años sesenta en que se empezó a aplicar el método a base de dicloruro de etileno y el de oxiclорación debido al aumento del costo de la electricidad.
Países Bajos	SI	Se produce MCV a base de etileno y cloruro de hidrógeno o dicloruro de etileno. Estos procesos a base de etileno no utilizan mercurio como catalizador.
Noruega	SI	En Noruega esta industria no utiliza mercurio.
Suecia	SI	Desde 1970 funciona una planta que utiliza etileno en sustitución de una que utilizaba acetileno (catalizador a base de cloruro mercúrico). La experiencia del cambio al proceso que no utiliza mercurio es buena tanto desde el punto de vista económico como para el medio ambiente.

Cuadro B3.5: Países que no enviaron respuesta sobre el nivel de sustitución

<b>País</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Experiencia con la adopción de nuevas tecnologías o productos alternativos</b> <b>No se envió respuesta en relación con el nivel de sustitución</b>
Camboya	MIT	No se realizan actividades relacionadas con el uso intencional de mercurio en los procesos industriales en Camboya.
Chile	MIT	No se aplica a Chile.
Dinamarca	SI	Nunca ha sido una industria nacional.
Alemania	SI	No procede.
Suiza	SI	Este proceso no se lleva a cabo en Suiza.
Estados Unidos	SI	En los EE.UU. no se producen monocloruro de vinilo a base de acetileno.

Seis países informaron de un nivel de sustitución de “2” respecto de la producción de monocloruro de vinilo y un país, el Irán, informó de un nivel de sustitución de “1 a 2”. La respuesta de nivel “2” indica que existen productos alternativos en el mercado que se utilizan de ordinario en esos países.

De los siete países, cinco eran de Europa. Cuatro de ellos informaron que toda su producción de VSM se lograba con procesos que no utilizaban mercurio.

### Resumen – Producción de monocloruro de vinilo

China es el mayor productor de PVC con un 32% del mercado mundial en 2007. El 65% del PVC de China se produce a partir de MCV a base de acetileno utilizando cloruro mercuríco como catalizador. (KGI, 2008) En 2006 se calcula que había unas 80 plantas de MCV en China. El 71% de esas plantas utilizaba el proceso a base de acetileno para producir en promedio 85.000 toneladas métricas por planta al año. (Chemsystems.com, 2008)

En los últimos años (China) ha construido nuevas plantas de producción de MCV a base de acetileno debido al aumento de la demanda de PVC y a factores económicos que favorecen esa producción y no la producción a base de etileno. La capacidad de producción de MCV a base de acetileno aumentó con la misma rapidez o más que la capacidad de producción a base de etileno. China tiene abundancia de carbón barato, que es la principal materia prima para la producción de acetileno. El suministro de etileno en China está limitado, lo que contribuye también a los factores económicos que favorecen la producción a base de acetileno.

Hay indicios de que el proceso a base de acetileno puede estar perdiendo algunas de sus ventajas económicas sobre el de etileno. El precio del carbón en China aumento ostensiblemente de 2007 a 2008. Los precios del etileno disminuyeron en fecha reciente debido a la ampliación de la capacidad de producción en el Oriente Medio. El Gobierno de China está realizando esfuerzos también para reducir la exportación de productos que consumen mucha energía, son muy contaminantes y tienen poco valor añadido, y en 2007 redujo de un 11% a un 5% la devolución de impuestos en concepto de exportaciones de PVC. (KGI, 2008)

En el cuadro que figura a continuación se presenta un desglose cuantitativo del nivel de sustitución del mercurio en la producción de monocloruro de vinilo.

Cuadro B3.6: Respuestas de los países en relación con el nivel de sustitución

Nivel de sustitución	Número de respuestas de los países	Porcentaje de respuestas
2	6	86%
1 a 2	1	14%
1	0	0%
0	0	0%

En lo que respecta al uso de un catalizador de mercurio en la producción de monocloruro de vinilo, en el 86% de las respuestas a la solicitud de información, se planteaba que existían productos alternativos en el mercado que se utilizaban de ordinario. Estas respuestas, sumadas al hecho de que, a nivel mundial, la mayor parte de los monocloruro de vinilo se producen utilizando un proceso que no requiere mercurio, denotaban que la transición exitosa se había logrado. La transición ulterior a procesos que no utilizan mercurio dependerá de factores que, en China, son: disponibilidad y costo de la materia prima, costos de la energía y reglamentos oficiales.

Cuadro B3.7: Resumen de la sustitución de monocloruro de vinilo

Producción de monocloruro de vinilo	Tecnologías alternativas conocidas	Viabilidad de la transición
Proceso a base de acetileno	Sí	Viabilidad de un lugar específico

## Conclusiones:

Las conclusiones a las que se llegó en el presente informe se basan fundamentalmente en las respuestas a la solicitud de información y al Instrumental para el inventario de mercurio (MIT) recibidas de 33 países. Esas respuestas proporcionaron valiosos datos sobre la demanda de mercurio a nivel de productos/procesos y por países de América del Norte, América del Sur, Europa, África, y Asia. En la solicitud de información se pedía que se enviaran las respuestas en un formato específico en relación con la demanda y la información sobre sustitución. Este formato coherente ayudó a consolidar y analizar los datos proporcionados por muchos países. El MIT ayudó ya que proporcionó directrices compatibles para que los países calcularan su demanda de mercurio en relación con diversas categorías de productos y procesos.

Sin embargo, de las 33 respuestas recibidas, muchas contenían diferencias de datos en determinadas categorías de productos y procesos. Por ejemplo, diez de las 33 respuestas contenían información sobre la demanda en el caso de los dispositivos electrónicos y eléctricos y ocho de las 33 contenían información sobre la demanda en el caso de los termostatos. Además, las respuestas sobre la demanda estimada de mercurio enviadas a raíz de la solicitud de información casi siempre contenían datos correspondientes a varios años, algunos de los cuales se remontaban a 2001. Por tal motivo no se pudieron utilizar las respuestas a la solicitud de información recibidas de los países para extrapolar las estimaciones agregadas de la demanda de mercurio a nivel regional o mundial.

La demanda estimada de mercurio comunicada en las respuestas a la solicitud de información presentaba características parecidas para los aparatos de medición y control, las pilas, los dispositivos eléctricos y electrónicos, y las lámparas/iluminación. Para estas categorías de productos, las demandas máximas correspondían a 1) países con grandes volúmenes de producción nacional de un producto o proceso que requiere mercurio o 2) países que utilizaron el Instrumental para el inventario de mercurio para obtener su demanda estimada de mercurio.

Para la inmensa mayoría de productos y procesos que son objeto del presente informe se mencionó la existencia de tecnologías alternativas. Se consideró que “se conocían” tecnologías alternativas, si al menos se conocía la existencia de un producto sustitutivo en el mercado y un fabricante de esa categoría de producto en particular o se hizo referencia al menos a un proceso diferente existente en el mercado para una categoría de proceso en particular.

A los efectos del presente informe, la transición exitosa se consideró “demostrada”, si más del 50% de los que respondieron a la solicitud de información notificaron un nivel de sustitución de “2” (existen productos alternativos que se utilizan de ordinario) y ninguna experiencia negativa en la transición, y dos o más de los que respondieron registraban una demanda anual de cero toneladas de mercurio o han implantado una prohibición al producto/proceso que dará por resultado una demanda de mercurio de cero toneladas para 2009.

***Transición exitosa demostrada***

Sobre la base de las respuestas enviadas, se determinó la existencia de tecnologías alternativas para varios productos y procesos y quedó demostrada la transición exitosa a esas tecnologías que no utilizan mercurio. A continuación se indican esos productos y procesos:

- *Termómetros:* Existen varias tecnologías alternativas como la líquida, la de dial y la digital. El 53% de los que respondieron señalaron que existían esas tecnologías alternativas o productos en el mercado y que se utilizaban de ordinario sin que se hubieran registrado experiencias negativas. Además, cinco países informaron que no existía demanda de termómetros de mercurio. Sin embargo, cuatro países que informaron de un nivel de sustitución de “1” indicaron que los termómetros que no utilizaban mercurio eran más caros.
- *Esfigmomanómetros:* Se señalaron dos grandes tecnologías alternativas, la aneroide y la electrónica. El 69% de los que respondieron señalaron que existían esos otros productos en el mercado que se utilizaban de ordinario sin que se hubiesen registrado experiencias negativas. Tres países informaron que no había demanda de esfigmomanómetros con contenido de mercurio.
- *Termostatos:* Se mencionaron otras dos tecnologías importantes: mecánica y electrónica. El 82% de los que respondieron señalaron que existían esas tecnologías alternativas en el mercado y se utilizaban de ordinario, además no había noticias de experiencias negativas. Cinco países dijeron que no había demanda de termostatos con contenido de mercurio.
- *Pilas (que no son miniatura):* Para las pilas cilíndricas de pasta de zinc y manganeso, las pilas cilíndricas de cartón de zinc y manganeso, las pilas cilíndricas alcalinas de zinc y manganeso y las pilas de óxido mercúrico ya están en el mercado productos alternativos como las pilas alcalinas de manganeso. El 76% de los que respondieron señalaron que esos productos alternativos existían en el mercado y se utilizaban de ordinario, además no se había informado sobre experiencias negativas. Seis países dijeron que no había demanda de pilas con contenido de mercurio que no fueran miniatura.
- *Interruptores y relés:* Se señaló un gran número de tecnologías alternativas para los diversos tipos de interruptores y relés que contiene mercurio. El 70% de los que respondieron señalaron que estas tecnologías alternativas existían en el mercado y que se utilizaban de ordinario, además no se conocía de experiencia negativa alguna. Por otra parte, cuatro países informaron que no había demanda de mercurio para interruptores y relés que lo contuvieran.
- *Faros delanteros para automóviles con descarga de alta intensidad (HID):* Los fabricantes de automóviles utilizan faros delanteros de descarga de alta intensidad (HID) que contienen mercurio en algunos automóviles de lujo y alta gama o de aceleración rápida, aunque ahora en la mayoría de los automóviles se utilizan los faros halógenos sin mercurio. El fabricante del automóvil determina el diseño y el tipo de los faros, algo que el consumidor no puede cambiar. Los faros de HID cuestan más que los halógenos, pero ofrecen algunas ventajas, como una mayor visibilidad nocturna, un tamaño más pequeño, larga duración y mayor rendimiento. Los fabricantes de automóviles que buscan beneficios en el funcionamiento parecidos a los de los faros de HID tienen ahora la opción de seleccionar entre dos tecnologías recientes de faros que no utilizan mercurio: los faros de HID que utilizan yoduro de zinc en sustitución del mercurio y los faros de LED.

- *Producción de cloro álcalis:* Muchos países de todo el mundo que tienen plantas de producción de cloro álcalis con pila de mercurio han reducido extraordinariamente su consumo de mercurio con el cierre de sus instalaciones destinadas a esa producción, la reducción de sus emisiones de mercurio mediante el perfeccionamiento de su funcionamiento o la conversión exitosa del proceso con pilas de mercurio al de pilas de membrana. Además, la industria se ha comprometido a cerrar o a convertir sus instalaciones de producción de cloro álcalis a base de mercurio en Europa y la India. Aunque la conversión de un proceso de pila de mercurio a pila de membrana es técnicamente factible, los costos de conversión varían de un lugar a otro. Importantes coeficientes que afectan a los costos de conversión son la necesidad de aumentar la capacidad, los costos de la energía y los costos de mantenimiento relacionados con la edad de la instalación de pilas de mercurio. Entre los beneficios que produce completar la conversión de las pilas de mercurio a las de membrana figuran la reducción del consumo de energía, la reducción de la necesidad de mantenimiento y la eliminación de problemas de gestión del mercurio. Aproximadamente 89% de las respuestas a la solicitud de información relativas a la producción de cloro álcalis quedaron clasificadas en el nivel de sustitución “2”, y no se proporcionaron respuestas negativas en cuanto a la transición a otros procesos que no utilizan mercurio. Asimismo, diez países calcularon en cero la demanda de mercurio.

#### ***Existen productos alternativos – Se conocen las dificultades***

Para los siguientes productos y procesos existen tecnologías alternativas, aunque existen dificultades económicas, técnicas, sociales o institucionales que aún subsisten. Se debe tratar de resolver esas dificultades antes de que se puedan implantar tecnologías alternativas a nivel mundial.

- *Pilas miniatura de óxido de plata, zinc aire, alcalinas y de óxido mercúrico:* Existen pilas miniatura que no utilizan mercurio para sustituir a las que contienen mercurio. Sin embargo, su disponibilidad es limitada y no existen datos para cubrir la demanda de muchas de las aplicaciones de las pilas miniaturas. A pesar de ello, para 2011 entrarán en vigor prohibiciones de productos a nivel estatal en los Estados Unidos para todos los usos de esos productos, lo que dará tiempo a los fabricantes para desarrollar pilas miniatura que no utilicen mercurio para la mayoría de las aplicaciones.
- *Amalgama dental:* Los productos alternativos de la amalgama dental que no utilizan mercurio son los materiales compuestos y los ionómeros de vidrio. Estos productos permiten lograr el mismo color de la dentadura y se utilizan muchísimo cuando la estética es importante. También tienen la ventaja de que no requieren un manejo especial de los desechos generados durante el empaste de la caries. Estos productos cuestan más, hay que emplear más tiempo en colocarlos y a veces son menos resistentes a la fractura y al desgaste. Tres países (Dinamarca, Noruega y Suecia) determinaron que estos productos eran sustitutos idóneos de la amalgama y en 2008 impusieron prohibiciones a la amalgama dental. Ocho países, que representan el 50% de los que respondieron a la solicitud de información, señalaron que existían productos alternativos en el mercado que se utilizaban de ordinario en esos países. A pesar de que ha quedado demostrada la transición exitosa en algunos países, el costo más elevado de los productos alternativos es una barrera que impide que se abandone el uso de la amalgama dental. En sus respuestas a la solicitud de información, cuatro países hicieron hincapié en el elevado costo de los productos alternativos.

- *Unidades de retroiluminación para pantallas de cristal líquido (LCD):* Actualmente se están utilizando pantallas de LCD con unidades de retroiluminación por diodos emisores de luz (LED) que no utilizan mercurio en computadoras portátiles y televisores. La tecnología de retroiluminación por LED presenta determinadas ventajas a las más utilizadas a base de luz fluorescente de cátodo frío, porque duran más, la relación de contraste es mayor y pueden disminuir el consumo de energía. La tecnología de retroiluminación por LED todavía está en desarrollo, tiene un costo más elevado y la transición exitosa requerirá un nuevo diseño de los productos que utilicen pantallas de LCD.
- *Lámparas fluorescentes lineales y compactas:* Actualmente existen lámparas de LED que podrían sustituir a las lámparas fluorescentes lineales y compactas, pero esas lámparas de LED solo pueden utilizarse en determinados tipos de aplicaciones debido a que su potencia luminosa es más baja y a su elevado costo. Las lámparas de LED podrían ser un sustituto viable para las lámparas fluorescentes por su larga duración y su aprovechamiento de la energía, pero habría que lograr nuevos adelantos tecnológicos para que eso pueda ser realidad.
- *Lámparas de HID (que no se utilizan en automóviles):* Actualmente no se dispone de productos que no utilicen mercurio para sustituir a las lámparas de HID, salvo algunas excepciones. Sin embargo, se señalaron varias tecnologías que no utilizan mercurio y que podrían sustituir a las lámparas de HID que lo utilizan, a saber, las lámparas de LED, las de haluro metálico que utilizan yoduro de zinc como sustituto del mercurio y las lámparas de sodio de alta presión que no utilizan mercurio.
- *Extracción de oro en forma artesanal y en pequeña escala:* Actualmente existen y se están utilizando tecnologías alternativas que no utilizan mercurio en el proceso de amalgamación en la extracción de oro. Sin embargo, es probable que para lograr la transición exitosa haga falta: esfuerzos de capacitación y educación de gran envergadura; iniciativas para vencer las barreras culturales, logísticas y económicas; y una reducción de la oferta de mercurio a bajo costo.

### ***Viabilidad de un lugar específico***

Se determinó que el proceso que se indica a continuación requiere un análisis específico del lugar antes de que se pueda determinar la viabilidad económica de la utilización de un proceso que no utilice mercurio:

- *Producción de monocloruro de vinilo (MCV):* Los fabricantes de MCV de casi todos los países, con la excepción de China y Rusia, han pasado a utilizar el proceso a base de etileno que no utiliza mercurio, porque requiere menos energía y las materias primas cuestan menos. En China, la producción de MCV con mercurio utilizando el proceso a base de acetileno sigue siendo económicamente preferida debido a factores que incluyen el bajo costo del carbón y la limitada disponibilidad de etileno para el proceso a base de etileno. El uso de mercurio para la producción de MCV se espera que aumente a medida que China amplíe su producción de MCV con otras plantas que utilizan el proceso a base de acetileno.

El seguimiento futuro con los países que enviaron sus respuestas a fin de compensar la falta de datos con el envío de nueva información sobre la demanda y la sustitución del mercurio será de gran utilidad para reafirmar la validez de las conclusiones del presente informe y posiblemente mejorar su contenido. Además, el seguimiento con los países que no enviaron una respuesta inicial a la solicitud de información permitirá hacerse una idea más clara del uso de productos que no utilizan mercurio a nivel mundial.



## Fuentes

### **Introducción y metodología:**

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Solicitud de información sobre el mercurio en productos y procesos, cantidades utilizadas, demanda, nivel de sustitución, adopción de tecnologías alternativas, productos alternativos disponibles, diciembre de 2007.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Informe del Grupo de Trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio relativo a la labor realizada en su primera reunión, 28 de noviembre de 2007.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, borrador preliminar, noviembre de 2005.

### **Aparatos de medición y control:**

ACAP, Determinación de las emisiones de mercurio de la Federación de Rusia. Servicio Federal de Rusia para la supervisión ambiental, tecnológica y atómica y Organismo de Protección del Medio Ambiente de Dinamarca para el Consejo Ártico. Diciembre de 2004.

Air & Water, Inc., [www.air-n-water.com](http://www.air-n-water.com), abril de 2008.

Aldea Mundial de Beijing, Informe de investigación de mercado sobre los termómetros y esfigmomanómetros chinos que no utilizan mercurio, 22 de noviembre de 2007.

AllHeart, [www.allheart.com](http://www.allheart.com), abril de 2008.

Amazon, [www.amazon.com](http://www.amazon.com), abril de 2008.

AZ Partsmaster, [www.azpartsmaster.com](http://www.azpartsmaster.com), abril de 2008

Canzanello, Vincent, y otros, Are Aneroid Sphygmomanometers Accurate in Hospital and Clinical Settings?, Archives of Internal Medicine, Vol. 161, No. 5, 12 de marzo de 2001.

Consejo de Defensa de los Recursos Naturales, Research Analysis Report on Mercury Use in China 2003 – 2005 – The Measuring Devices Industry of China, mayo de 2007.

Electric Supplies Online, [www.electricsuppliesonline.com](http://www.electricsuppliesonline.com), abril de 2008

Healthy Heart Help, [www.healthyhearthelp.com](http://www.healthyhearthelp.com), abril de 2008.

Información sobre la dirección, el producto y la lista de precios del fabricante: Visite el sitio web del fabricante indicado en los cuadros de fabricantes representativos.

KemI, Report No. 7/05 Mercury-free blood pressure measurement equipment – Experiences in the Swedish Healthcare Sector, 2005.

Lassen, Carsten, y Maag, Jakob, “Alternatives to Mercury-containing Measuring Devices”, Environmental Project No. 1102, 2006.

Lowell Center for Sustainable Production, A Review of Thermostat Energy Efficiency and Pricing, 12 de mayo de 2003.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Mercury-Containing Products, enero de 2003.

Lowell Center for Sustainable Production, Sustainable Hospitals Project, [www.sustainablehospitals.org](http://www.sustainablehospitals.org), abril de 2008.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541)

Miller Thermometer Company, [www.millertemperature.com](http://www.millertemperature.com), abril de 2008.

Nextag, [www.nextag.com](http://www.nextag.com), abril de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Base de datos del IMERC, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), abril de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, junio de 2008.

Novatech, [www.novatech-usa.com](http://www.novatech-usa.com), abril de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, borrador preliminar, noviembre de 2005.

Promed Products, [www.promedproducts.com](http://www.promedproducts.com), abril de 2008.

Prothermostats, [www.prothermostats.com](http://www.prothermostats.com), abril de 2008.

QA Supplies, [www.qasupplies.com](http://www.qasupplies.com), abril de 2008.

Supplierlist, [www.supplierlist.com](http://www.supplierlist.com), junio de 2008.

Thermostat Shop, [www.thermostatshop.com](http://www.thermostatshop.com), abril de 2008.

Vitality Medical, [www.vitalitymedical.com](http://www.vitalitymedical.com), abril de 2008.

Welch Allyn, Service Manual Aneroid Sphygmomanometers, 95P504 Rev. D.

### **Pilas:**

AtBatt, [www.atbatt.com](http://www.atbatt.com), abril de 2008.

Batteries.com, [www.batteries.com](http://www.batteries.com), abril de 2008.

Centro de Registro de Productos Químicos de la Dirección Estatal de Protección Ambiental de China, "China Mercury-related Information Analysis Report", abril de 2005.

Consejo Nacional de Defensa de los Recursos (NRDC), Comunicación del NRDC al PNUMA en respuesta a la solicitud de información de marzo de 2006 sobre oferta, demanda y comercio de mercurio, [www.chem.unep.ch](http://www.chem.unep.ch).

Estado de Maine, Maine Revised Statutes, <http://janus.state.me.us/legis/statutes/38/title38sec1661-C.html>.

Feng, Xinbin, Mercury Pollution in China – An Overview, Table 3. En: Pirrone, N., Mahaffey, K. (Eds.), Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales: Atmospheric Processes, Human Exposure Around the World. Springer Publishers, Norwell, MA (EE.UU.), págs. 657 a 678.

Información sobre la dirección, el producto y la lista de precios del fabricante: Visite el sitio web del fabricante indicado en los cuadros de fabricantes representativos.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Miniature Batteries Containing Mercury, 17 de diciembre de 2004.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541)

MD Battery, Varta V625U, PX625A, Lr9, 1.5V Alkaline Battery, [www.mdbattery.com](http://www.mdbattery.com), junio de 2008.

Microbattery, <http://shopping.microbattery.com>, abril de 2008.

National Electrical Manufacturers Association (NEMA), comunicado de prensa, NEMA Announces Battery Industry Commitment to Eliminating Mercury in Button Cells, 2 de marzo de 2006, <http://www.nema.org/media/pr/20060302a.cfm>.

Nextag Comparison Shopping, [www.nextag.com](http://www.nextag.com), abril de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Base de datos del IMERC, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), abril de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, junio de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

Radioshack, Mercuric Oxide Batteries, <http://support.radioshack.com>, abril de 2008.

Small Battery Company, Mercury Replacement Battery Catalogue, [http://www.smallbattery.com/company.org.uk/sbc\\_mercury\\_catalogue.htm](http://www.smallbattery.com/company.org.uk/sbc_mercury_catalogue.htm), junio de 2008.

Walgreens, [www.walgreens.com](http://www.walgreens.com), abril de 2008.

Xiaodong, Jian, Ministerio de Medio Ambiente de China, mensaje electrónico, 20 de mayo de 2008.

## Uso dental:

About Cosmetic Dentistry, [www.aboutcosmeticdentistry.com](http://www.aboutcosmeticdentistry.com), consultado el 19 de mayo de 2008.

ADA, American Dental Association, Dental Fillings Facts, [www.ada.org](http://www.ada.org), consultado el 16 de abril de 2008.

Atlanta Dental, <http://www.atlantadental.com/default.aspx>

Christensen, GJ, Compomers vs. Resin-reinforced Glass Ionomers, *J Am Dent Assoc* 1997; 128; 479 y 480.

Colgate-Palmolive Company, Oral & Dental Health Basics – Types of Fillings, <http://www.colgate.com/app/Colgate/US/OC/Information/OralHealthBasics/CheckupsDentProc/Fillings/TypesOfFillings.cvsp>, consultado el 13 de mayo de 2008.

Cost Helper, How Much Does a Cavity Filling Cost?, [www.costhelper.com/cost/health/cavity-filling.html](http://www.costhelper.com/cost/health/cavity-filling.html), consultado el 19 de mayo de 2008.

Dentsply Caulk, <http://www.caulk.com/Index.html>

[www.free-ed.net](http://www.free-ed.net), Fundamentals of Dental Materials, <http://www.free-ed.net/sweethaven/medtech/dental/dentmat/lessonMain.asp?iNum=fra0105>, consultado el 13 de mayo de 2008.

Holt Dental Supply, Inc., <http://www.holtdentalsupply.com/>

Johnstone, Greg, Let's Talk Dental Fillings, Consumer Guide to Dentistry, [www.yourdentistryguide.com/](http://www.yourdentistryguide.com/), consultado el 19 de mayo de 2008.

KemI, Report No. 4/04. Mercury – Investigation of a General Ban, 2004.

Información sobre la dirección, el producto y la lista de precios del fabricante. Visite el sitio web del fabricante indicado en los cuadros de fabricantes representativos.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhagen (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541)

Mitra, Sumita B. y otros, An Application of Nanotechnology in Advanced Dental Materials, *J Am Dent Assoc* 2003; 134; 1382 a 1390.

Net32, <http://www.net32.com/>, consultado el 14 de mayo de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Base de datos del IMERC, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), abril de 2008

Pearson Dental, <http://www.pearsondental.com/>

Pediatric Dental Health, Should Children Have White Dental Fillings?, 1º de noviembre de 2001, [www.dentalresource.org/topic33whitefilling.htm](http://www.dentalresource.org/topic33whitefilling.htm), consultado el 13 de mayo de 2008.

PR Newswire, Se prohíbe el uso dental del mercurio en Noruega, Suecia y Dinamarca porque las resinas compuestas son un sustituto adecuado, 3 de enero de 2008, <http://www.prnewswire.com/cgi-bin/stories.pl?ACCT=104&STORY=/www/story/01-03-2008/0004729824&EDATE>, sitio web consultado el 13 de mayo de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

SEPA (China), Centro de Registro de Productos Químicos de la Dirección Estatal de Protección del Medio Ambiente, “China Mercury-related Information Analysis Report”, abril de 2005.

### **Dispositivos eléctricos y electrónicos:**

Amazon, [www.amazon.com](http://www.amazon.com), abril de 2008.

Dean Bennett Supply, [www.aermotorwindmills.com](http://www.aermotorwindmills.com), abril de 2008.

Digikey, <http://parts.digikey.com>, abril de 2008.

Drillspot, [www.drillspot.com](http://www.drillspot.com), abril de 2008.

Información sobre la dirección, el producto y la lista de precios del fabricante. Visite el sitio web del fabricante indicado en los cuadros de fabricantes representativos.

Lesman Online, Lesman Online Pressure, Temperature, Level, Flow, Analytical Products, [www.lesman.com](http://www.lesman.com), abril de 2008.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, enero de 2003.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541)

MOR Electric Heating Association, [www.heatersplus.com](http://www.heatersplus.com), abril de 2008.

Mouser, Mouser Catalog, [www.mouser.com](http://www.mouser.com), abril de 2008.

Newark, Electromechanical and Industrial Control, [www.newark.com](http://www.newark.com), abril de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Base de datos del IMERC, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), abril de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, junio de 2008.

SJ Greatdeals, [www.sjgreatdeals.com](http://www.sjgreatdeals.com), abril de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

## **Lámparas/Iluminación:**

AlbEO Technologies, Inc., [www.albeotech.com](http://www.albeotech.com), junio de 2008.

Amazon.com, Inc. [www.amazon.com](http://www.amazon.com), junio de 2008.

Apple Inc., [www.apple.com](http://www.apple.com), junio de 2008.

AutoZone Inc., [www.autozone.com](http://www.autozone.com), junio de 2008.

Bulbs.com, [www.bulbs.com](http://www.bulbs.com), junio de 2008.

C. Crane Co. Inc., [www.ccrane.com](http://www.ccrane.com), junio de 2008.

Crutchfield Corp. [www.crutchfield.com](http://www.crutchfield.com), junio de 2008.

eAutoWorks.com, [www.eautoworks.com](http://www.eautoworks.com), junio de 2008.

EdisonLED.com, [www.edisonled.com](http://www.edisonled.com), junio de 2008.

Energy Federation Inc., [www.energyfederation.org](http://www.energyfederation.org), junio de 2008.

EverLED, [www.everled.com](http://www.everled.com), junio de 2008.

Dell Inc., [www.dell.com](http://www.dell.com), junio de 2008.

General Electric Company, [www.ge.com](http://www.ge.com), junio de 2008.

Hasek, Glenn, On the Horizon and Here Today: LED Alternativas to Linear Fluorescents, Green Lodging News, [www.greenlodgingnews.com](http://www.greenlodgingnews.com), 4 de marzo de 2008.

Ilumisys, Inc., [www.ilumisys.com](http://www.ilumisys.com), abril de 2008.

Información sobre la dirección, el producto y la lista de precios del fabricante. Visite el sitio web del fabricante indicado en los cuadros de fabricantes representativos.

LEDdynamics, Inc., [www.EverLED.com](http://www.EverLED.com), abril de 2008.

LED Liquidators, Inc., [www.ledliquidatorsinc.com](http://www.ledliquidatorsinc.com), junio de 2008.

Lightingonthenet.com, [www.lightingonthenet.com](http://www.lightingonthenet.com), junio de 2008.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541)

National Automotive Parts Association (NAPA), [www.napaonline.com](http://www.napaonline.com), junio de 2008.

Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (NRDC), Survey and Research on the Status of Use of Mercury in China's Electric Light Source Industry, Centro de Registro de Productos Químicos del Organismo Estatal de Protección del Medio Ambiente de China, 2007.

Departamento de Energía de los Estados Unidos, Energy Efficiency and Renewable Energy, <http://www.netl.doe.gov/ssl/publications/publications-factsheets.htm>, junio de 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Base de datos del IMERC, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), abril de 2008

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Mercury Use in Lighting, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/iluminación.pdf>, junio de 2006.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of the Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) Mercury-added Products Database, junio de 2008

Osram Sylvania, [www.sylvania.com](http://www.sylvania.com), junio de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

Ramroth, Laurie, Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp, Instituto de las Montañas Rocosas, febrero de 2008.

Samsung Electronics Co. Ltd., [www.samsung.com](http://www.samsung.com), abril de 2008.

Shenzhen Dicolor Optoelectronics Co. Ltd., [www.dicolor.cn](http://www.dicolor.cn), junio de 2008.

Super Bright LEDs Inc., [www.superbrightleds.com](http://www.superbrightleds.com), junio de 2008.

Woodyard, Chris, Healy, James R., Car buyers to see the light in LEDs, USA Today, 1º de noviembre de 2006.

### **Otros productos:**

Baird, David M., Lighthouses, The Canadian Encyclopedia, [www.thecanadianencyclopedia.com](http://www.thecanadianencyclopedia.com), consultado el 15 de julio de 2008.

Instituto para la Reducción del Uso de Sustancias Tóxicas (TURI), Five Chemical Alternatives Assessment Study, junio de 2006.

Jacovella, France, Canadian Information to Support Intersessional Work of the OEWG, 31 de enero de 2008.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

Shultz, Denise y Paul Shultz, Pharology 101 – Mercury Float, Lighthouses of Australia Inc. Boletín mensual, mayo/junio de 2005 – Vol 8 No. 3.

### **Producción de cloro álcalis:**

Andersson, Caroline, Consejera de Asuntos de Reglamentación y Medio Ambiente, Euro Chlor, mensaje electrónico, 27 de mayo de 2008.

Berthiaume, Sylvie y otros, SRI International, Chemical Economics Handbook, Chlorine/Sodium Hydroxide, 2000.

Comisión Europea, Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry, diciembre de 2001.

Euro Chlor, Documento de posición sobre el mercurio, 12 de febrero de 2008.

Eur Chlor, Chlorine Plants, enero de 2005, <http://www.Euro Chlor.org/plants>.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Draft Business Plan of the Reductions from the Chlor-Alkali Sector Partnership Area, 26 de febrero de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Resumen de la información sobre oferta, comercio y demanda de mercurio, noviembre de 2006.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

### **Extracción de oro en pequeña escala y de forma artesanal:**

ACAP, Determinación de las emisiones de mercurio de la Federación de Rusia. Servicio Federal Ruso para la supervisión ambiental, tecnológica y atómica y Organismo de Protección del Medio Ambiente de Dinamarca para el Consejo Ártico. Diciembre de 2004.

Cleangold, LLC, [www.cleangold.com](http://www.cleangold.com), junio de 2008.

Gunson, A.J., Veiga, M.M., Mercury and Artisanal Mining in China, *Environmental Practice*, 2004, 6:109 a 120.

Hylander, Lars D., y otros, Comparison of Different Gold Recovery Methods with Regard to Pollution Control and Efficiency, *Clean*, 2007, 35(1), 52 a 61.

IE-TEC Marketing Limited, [www.extrac-tec.com](http://www.extrac-tec.com), mayo de 2008.

Knelson, [www.knelson.com](http://www.knelson.com), junio de 2008.

Maag, Jakob y otros, Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos, Copenhague (Dinamarca), 2007. (TemaNord 2007:541)



Minerals Council of Australia, [www.minerals.org.au](http://www.minerals.org.au), consultado el 21 de mayo de 2008.

Mintek, [www.mintek.co.za](http://www.mintek.co.za), junio de 2008.

Oppenheimer, Greg, IE-TEC Marketing Limited, correspondencia electrónica, 21 de mayo de 2008.

ONUDI, Proyecto Mundial del Mercurio, Informe presentado al Consejo de Administración del PNUMA, Nairobi, febrero de 2007, Global Impacts of Mercury Supply and Demand in Small-Scale Gold Mining, octubre de 2006.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

Veiga, Marcello, Proyecto Mundial del Mercurio, Equipment Specification for the Demonstration Units in Zimbabwe, marzo de 2004.

Veiga, Marcello M., y otros, Origin of Mercury in Artisanal and Small-scale Gold Mining, *J. Cleaner Prod.* 2006, 14, 436 a 447.

Vieira, Rickford, Mercury-free Gold Mining Technologies: Possibilities for Adoption in the Guianas, *J. Cleaner Prod.* 2006, 14, 448 a 454.

### **Producción de monocloruro de vinilo:**

ACAP, Determinación de las emisiones de mercurio de la Federación de Rusia. Servicio Federal Ruso para la supervisión ambiental, tecnológica y atómica y Organismo de Protección del Medio Ambiente de Dinamarca para el Consejo Ártico. Diciembre de 2004.

Chemsystems.com, PERP Program – Acetylene-Based VCM, <http://www.chemsystems.com/about/cs/news/items/PERP%200506S4%20Acetileno%20Based%20VCM.cfm>, consultado el 3 de junio de 2008.

Cheresources.com, VCM from Ethane Becomes Profitable, <http://www.cheresources.com/vcm.shtml>, consultado el 4 de abril de 2008.

CIEI, Impact of Costs Shrugged Off, 15 de diciembre de 2003, <http://www.icis.com/Articles/2003/12/16/542742/impact-of-costs-shrugged-off.html>, consultado el 2 de junio de 2008.

CIEI, Vinyl Chloride Monomer (VCM) Prices and Pricing Information, consultado en <http://www.icis.com/v2/chemicals/9076567/vinyl-chloride/pricing.html>, el 4 de abril de 2008.

CIEI, Vinyl Chloride Monomer (VCM) Uses and Market Data, consultado en <http://www.icis.com/v2/chemicals/9076568/vinyl-chloride/uses.html>, el 4 de abril de 2008.

Comisión Europea, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry, febrero de 2003.

Consejo Nacional de Defensa de los Recursos (NRDC), Comunicación del NRDC al PNUMA en respuesta a la solicitud de información de marzo de 2006 sobre oferta, demanda y comercio de mercurio, [www.chem.unep.ch](http://www.chem.unep.ch).

Doa, Maria, Commodity-Grade Mercury Global Supply, Demand, and Movement, Commodity-Grade Mercury Stakeholder Meeting, 8 de mayo de 2007,  
<http://www.epa.gov/mercury/stocks/20070508.htm>, consultado el 3 de junio de 2008.

The Dow Chemical Company, Product Safety Assessment Vinyl Chloride Monomer, enero de 2007.

KGI, [http://research.kgiworld.co.th/recom.nsf/0/56FB5A0B162894F74725741100068AD9/file/Short+Report\\_TPC\\_2008\\_03\\_19\\_e\\_th.pdf](http://research.kgiworld.co.th/recom.nsf/0/56FB5A0B162894F74725741100068AD9/file/Short+Report_TPC_2008_03_19_e_th.pdf), consultado el 2 de junio de 2008.

Linak, Eric y otros, “Vinyl Chloride Monomer (VCM),” Chemical Economics Handbook Product Review, SRI International, octubre de 2003.

Littlewood, Andrew, INEOS ChlorVinyls, correo electrónico, 3 de junio de 2008.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Borrador preliminar, noviembre de 2005.

SEPA (China), Centro de Registro de Productos Químicos de la Dirección Estatal de Protección Ambiental, “China Mercury-related Information Analysis Report”, abril de 2005.

---