

## PROTOCOLO

### **del Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia provocada por contaminantes orgánicos persistentes**

LAS PARTES,

DECIDIDAS a aplicar el Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia,

RECONOCIENDO que las emisiones de muchos contaminantes orgánicos persistentes se transportan a través de las fronteras internacionales y se depositan en Europa, Norteamérica y el Ártico, lejos de su lugar de origen, y que la atmósfera es el principal medio de transporte,

CONSCIENTES de que los contaminantes orgánicos persistentes resisten la degradación en condiciones naturales y que se han asociado a efectos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente,

PREOCUPADAS porque los contaminantes orgánicos persistentes pueden biomagnificarse en los niveles tróficos superiores hasta concentraciones que podrían afectar a la salud de la fauna y los seres humanos expuestos,

ADMITIENDO que el peligro de biomagnificación de los contaminantes orgánicos persistentes afecta particularmente a los ecosistemas árticos y en especial a sus pueblos indígenas, que subsisten mediante el pescado y los mamíferos de la zona,

ENTENDIENDO que aplicar medidas para controlar las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes también contribuiría a la protección del ambiente y de la salud humana en áreas ubicadas fuera del ámbito de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, incluyendo el Ártico y las aguas internacionales,

RESUELTAS a tomar medidas para prever, prevenir o reducir al mínimo las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes, teniendo en cuenta la aplicación del enfoque preventivo establecido en el principio 15° de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo,

REAFIRMANDO que los Estados tienen, de acuerdo con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, el derecho soberano a explotar sus propios recursos de conformidad con sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de asegurarse de que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o control no provoquen daños en el medio ambiente de otros Estados o de áreas situadas fuera de los límites de la jurisdicción nacional,

ADVIRTIENDO la necesidad de una actuación mundial con respecto a los contaminantes orgánicos persistentes y recordando la función que el capítulo 9 del Programa 21 otorga a los acuerdos regionales de reducción de la contaminación atmosférica transfronteriza mundial y, en particular, a la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, de compartir su experiencia regional con otras regiones del mundo,

RECONOCIENDO que existen regímenes subregionales, regionales y mundiales, incluidos instrumentos internacionales, que regulan el tratamiento de los desechos peligrosos, su circulación transfronteriza y su eliminación, en particular el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación,

CONSIDERANDO que las principales fuentes de contaminación atmosférica que contribuyen a la acumulación de contaminantes orgánicos persistentes son la utilización de ciertos plaguicidas, la fabricación y utilización de ciertos productos químicos, y la formación no intencionada de ciertas sustancias en la incineración de desechos, la combustión, la producción de metales y las fuentes móviles,

CONOCEDORAS de que existen técnicas y prácticas de gestión que permiten reducir las emisiones al aire de contaminantes orgánicos persistentes,

CONSCIENTES de la necesidad de un enfoque regional eficiente para combatir la contaminación atmosférica,

ADVIRTIENDO la importante aportación realizada por los sectores privados y no gubernamentales para el conocimiento de los efectos asociados a los contaminantes orgánicos persistentes, alternativas disponibles y técnicas de supresión, y su colaboración con miras a la reducción de las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes,

TENIENDO EN CUENTA que las medidas tomadas para reducir las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes no deben constituir un medio de discriminación arbitrario o injustificable o una restricción disimulada del comercio y la competencia internacional,

TENIENDO EN CUENTA los datos técnicos y científicos conocidos sobre las emisiones, los procesos atmosféricos y los efectos de los contaminantes orgánicos persistentes para la salud humana y el ambiente, así como los costos de su supresión, y reconociendo la necesidad de continuar la cooperación técnica y científica para favorecer la comprensión de estas cuestiones,

RECONOCIENDO las medidas ya tomadas en el campo de los contaminantes orgánicos persistentes por algunas de las Partes a escala nacional y/o de conformidad con otros convenios internacionales,

HAN ACORDADO LO SIGUIENTE:

### Artículo 1

#### Definiciones

A efectos del presente Protocolo,

- 1) Por «Convenio» se entiende el Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, adoptado en Ginebra el 13 de noviembre de 1979.
- 2) Por «EMEP» se entiende el Programa de Cooperación para la Vigilancia Continua y la Evaluación del Transporte a Gran Distancia de Contaminantes Atmosféricos en Europa.
- 3) Por «Órgano Ejecutivo» se entiende el órgano ejecutivo del Convenio constituido conforme al apartado 1 del artículo 10 del mismo.
- 4) Por «Comisión» se entiende la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.
- 5) Por «Partes» se entiende, salvo que del contexto se derive lo contrario, las Partes firmantes del presente Protocolo.
- 6) Por «ámbito geográfico del EMEP» se entiende el área definida en el apartado 4 del artículo 1 del Protocolo del Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, relativo a la financiación a largo plazo del Programa de Cooperación para la Vigilancia Continua y la Evaluación del Transporte a Gran Distancia de Contaminantes Atmosféricos en Europa (EMEP), adoptado en Ginebra el 28 de septiembre de 1984.
- 7) Por «contaminantes orgánicos persistentes» (COP) se entienden sustancias orgánicas que: 1) poseen características tóxicas; 2) son persistentes; 3) son bioacumulables; 4) son propensas a ser transportadas por la atmósfera a gran distancia más allá de las fronteras nacionales y depositadas, y 5) comportan la probabilidad de provocar efectos perjudiciales significativos para la salud humana o el ambiente cerca y lejos de sus fuentes.
- 8) Por «sustancia» se entiende una sola especie química, o a varias especies químicas que forman un grupo específico en virtud de a) que tienen propiedades similares y se emiten juntas al medio ambiente, o b) que forman una mezcla comercializada normalmente en un solo artículo.
- 9) Por «emisión» se entiende la liberación de una sustancia a la atmósfera desde un punto o fuente difusa.
- 10) Por «fuente estacionaria» se entiende todo edificio, estructura, planta, instalación o equipamiento fijo que emita o pueda emitir una materia contaminante orgánica persistente directa o indirectamente a la atmósfera.
- 11) Por «categoría principal de fuentes estacionarias» se entiende cualquier categoría de fuentes estacionarias relacionadas en el anexo VIII.
- 12) Por «fuente estacionaria nueva» se entiende cualquier fuente estacionaria cuya construcción o reforma sustancial comience después del transcurso de dos años desde la fecha de entrada en vigor de: 1) el presente Protocolo, o 2) una enmienda a los anexos III o VIII, cuando la fuente estacionaria pase a estar sujeta a las disposiciones del presente

Protocolo exclusivamente en virtud de dicha enmienda. Incumbirá a las autoridades nacionales competentes decidir si una reforma es sustancial o no, teniendo en cuenta factores como los beneficios ambientales de la reforma.

### Artículo 2

#### Objetivo

El objetivo del presente Protocolo consiste en controlar, reducir o eliminar las descargas, emisiones y pérdidas de contaminantes orgánicos persistentes.

### Artículo 3

#### Obligaciones básicas

1. Excepto en los casos en que esté específicamente exenta de conformidad con el artículo 4, cada una de las Partes tomará medidas efectivas:
  - a) Para eliminar la producción y utilización de las sustancias relacionadas en el anexo I, de conformidad con los requisitos de aplicación especificados en el mismo.
  - b)
    - i) Para asegurarse de que cuando proceda a la destrucción o la eliminación de las sustancias relacionadas en el anexo I, tal destrucción o eliminación se efectúe de manera ambientalmente racional, teniendo en cuenta los regímenes subregionales, regionales y mundiales pertinentes que regulan el tratamiento de los desechos peligrosos y su eliminación, en particular el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.
    - ii) Para procurar asegurarse de que la eliminación de las sustancias incluidas en el anexo I se realice dentro del ámbito nacional, teniendo en cuenta las consideraciones ambientales pertinentes.
    - iii) Para asegurarse de que el movimiento transfronterizo de las sustancias relacionadas en el anexo I se organice de manera que resulte ambientalmente racional, teniendo en cuenta los regímenes subregionales, regionales y mundiales aplicables que regulan el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, en particular el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.
  - c) Para restringir las sustancias relacionadas en el anexo II a los usos descritos, de conformidad con los requisitos de aplicación especificados en el mismo.
2. Los requisitos especificados en la letra b) del apartado 1 surtirán efecto para cada sustancia a partir de la fecha en que se elimine la producción o el uso de dicha sustancia, según qué ocurra más tarde.
3. Con respecto a las sustancias relacionadas en los anexos I, II o III, cada una de las Partes deberá elaborar estrategias apropiadas para identificar artículos todavía en uso y desechos que contengan dichas sustancias, y tomará medidas apropiadas para asegurarse de que la destrucción o la eliminación de tales desechos y de tales artículos, una vez convertidos en desechos, se realice de manera ambientalmente racional.

4. A efectos de los apartados 1 a 3, los términos «desecho», «eliminación» y «ambientalmente racional» se interpretarán de manera coherente con el uso de dichos términos conforme al Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.

5. Cada una de las Partes:

a) Reducirá sus emisiones totales anuales de cada una de las sustancias incluidas en el anexo III, a partir del nivel de emisión del año de referencia, establecido de conformidad con dicho anexo, tomando medidas efectivas, apropiadas en sus circunstancias particulares.

b) Dentro de los plazos especificados en el anexo VI, aplicará:

i) Las mejores técnicas disponibles, teniendo en cuenta el anexo V, a cada nueva fuente estacionaria de una categoría principal de fuentes estacionarias para la que el anexo V determine mejores técnicas disponibles.

ii) Valores límite, al menos tan rigurosos como los especificados en el anexo IV, a cada nueva fuente estacionaria de una categoría mencionada en dicho anexo, teniendo en cuenta el anexo V. Cada Parte podrá, alternativamente, aplicar estrategias diferentes para la reducción de emisiones con las que se obtengan niveles equivalentes de emisiones totales.

iii) Las mejores técnicas disponibles, teniendo en cuenta el anexo V, a cada fuente estacionaria existente de una categoría principal de fuentes estacionarias para la que el anexo V determine mejores técnicas disponibles, en la medida que sea técnica y económicamente factible. Cada Parte podrá, alternativamente, aplicar estrategias diferentes para la reducción de emisiones con las que se obtengan reducciones equivalentes de las emisiones totales.

iv) Valores límite, al menos tan rigurosos como los especificados en el anexo IV, a cada fuente estacionaria existente de una categoría mencionada en dicho anexo, en la medida que sea técnica y económicamente factible, teniendo en cuenta el anexo V. Cada Parte podrá, alternativamente, aplicar estrategias diferentes para la reducción de emisiones con las que se obtengan reducciones equivalentes de las emisiones totales.

v) Medidas efectivas para controlar las emisiones procedentes de fuentes móviles, teniendo en cuenta el anexo VII.

6. En el caso de las fuentes de combustión residenciales, las obligaciones establecidas en los incisos i) y ii) de la letra b) del apartado 5 se referirán a todas las fuentes estacionarias de esa categoría conjuntamente.

7. Si alguna de las Partes, tras la aplicación de la letra b) del apartado 5, no puede cumplir los requisitos de la letra a) del mismo en el caso de una sustancia especificada en el anexo III, estará exenta de sus obligaciones de acuerdo con la letra a) de dicho apartado 5 para dicha sustancia.

8. Cada una de las Partes elaborará y mantendrá inventarios de emisiones de las sustancias incluidas en el anexo III, y recopilará la información disponible relativa a la producción y venta de las sustancias incluidas en los anexos I y II, en el caso de las Partes ubicadas dentro del ámbito geográfico del EMEP, utilizando, como mínimo, las metodologías y la resolución espacial y temporal especificada por el Órgano Rector del EMEP, y, en el caso de las Partes ajenas al ámbito geográfico del EMEP, utilizando, a título orientativo, las metodologías desarrolladas a través del plan de trabajo del Órgano Ejecutivo, y comunicará esta información de acuerdo con las obligaciones de información establecidas en el artículo 9.

#### Artículo 4

#### Exenciones

1. El apartado 1 del artículo 3 no será aplicable a las cantidades de una sustancia que vayan a utilizarse para investigaciones a escala de laboratorio o como patrón de referencia.

2. Cualquiera de las Partes podrá otorgar una exención de las letras a) y c) del apartado 1 del artículo 3 con respecto a una sustancia determinada, siempre que la exención no se otorgue o se utilice de manera que se socaven los objetivos del presente Protocolo, y exclusivamente a los siguientes efectos y en las siguientes condiciones:

a) En el caso de investigaciones distintas a las mencionadas en el apartado 1, si:

i) No se espera que una cantidad significativa de la sustancia alcance el medio ambiente durante el uso propuesto y posterior eliminación.

ii) Los objetivos y parámetros de tal investigación están sujetos a la evaluación y autorización de esa Parte.

iii) En el caso de que se produzca una liberación significativa de una sustancia al medio ambiente, la exención quedará sin efecto inmediatamente, se tomarán medidas apropiadas para mitigar dicha liberación, y se realizará una evaluación de las medidas de seguridad necesarias antes de que pueda reanudarse la investigación.

b) Para gestionar una emergencia para la salud pública en la medida de lo necesario, si:

i) La Parte no dispone de medidas alternativas adecuadas para abordar la situación.

ii) Las medidas tomadas son proporcionales a la magnitud y gravedad de la emergencia.

iii) Se toman precauciones apropiadas para proteger la salud humana y el ambiente y para asegurarse de que la sustancia no se utilice fuera del área geográfica sujeta a la emergencia.

iv) La exención se otorga durante un período de tiempo no superior a la duración de la emergencia.

v) Al finalizar la emergencia, todas las existencias restantes de la sustancia se someten a las disposiciones de la letra b) del apartado 1 del artículo 3.

- c) En el caso de una aplicación menor que la Parte considere esencial, si:
- La exención se otorga durante un máximo de cinco años.
  - No se ha otorgado anteriormente la exención de conformidad con el presente artículo.
  - No existen alternativas adecuadas para el uso propuesto.
  - La Parte ha realizado una estimación de las emisiones de la sustancia derivadas de la exención y su contribución a las emisiones totales de la sustancia por las Partes.
  - Se toman precauciones adecuadas para asegurar que se reduzcan al mínimo las emisiones al medio ambiente.
  - Al finalizar la exención, se someten las existencias restantes de la sustancia a las disposiciones de la letra b) del apartado 1 del artículo 3.

3. Cada una de las Partes, en el plazo de noventa días desde el otorgamiento de una exención conforme al apartado 2, facilitará a la secretaría, como mínimo, la siguiente información:

- El nombre químico de la sustancia sujeta a la exención.
- La finalidad para la que se ha otorgado la exención.
- Las condiciones en las que se ha otorgado la exención.
- La duración de la exención otorgada.
- A qué personas u organizaciones se aplica la exención.
- En el caso de una exención otorgada de conformidad con las letras a) y c) del apartado 2, la estimación de emisiones de la sustancia a raíz de la exención y una valoración de su contribución a las emisiones totales de la sustancia por las Partes.

4. La secretaría facilitará a todas las Partes la información recibida de conformidad con el apartado 3.

#### Artículo 5

##### Intercambio de información y tecnología

Las Partes crearán, en consonancia con sus leyes, reglamentos y prácticas, las condiciones favorables que faciliten el intercambio de información y tecnologías concebidas para reducir la generación y emisión de contaminantes orgánicos persistentes y desarrollar alternativas rentables, promoviendo, entre otras cosas:

- Los contactos y la cooperación entre organizaciones y personas físicas apropiadas de los sectores público y privado que sean capaces de proporcionar tecnología, servicios de diseño e ingeniería, equipos o financiación.
- El intercambio y acceso a información sobre el desarrollo y uso de alternativas a los contaminantes orgánicos persistentes, así como sobre la evaluación de los riesgos que tales alternativas planteen para la salud humana y el ambiente, e información sobre los costos económicos y sociales de tales alternativas.
- La recopilación y actualización periódica de la lista de autoridades competentes que se ocupen de actividades similares en otros foros internacionales.

- d) El intercambio de información sobre actividades realizadas en otros foros internacionales.

#### Artículo 6

##### Sensibilización del público

Las Partes promoverán, en consonancia con sus leyes, reglamentos y prácticas, el suministro de información al público en general, incluyendo a las personas que sean usuarias directas de contaminantes orgánicos persistentes. Esta información puede incluir, entre otras cosas:

- Información, inclusive el etiquetado, sobre evaluación de riesgos y peligros.
- Información sobre reducción de riesgos.
- Información para fomentar la eliminación de los contaminantes orgánicos persistentes o una reducción de su uso, incluyendo, en su caso, información sobre el tratamiento integral de plagas, el tratamiento integral de cosechas y los impactos económicos y sociales de esta eliminación o reducción.
- Información sobre alternativas a los contaminantes orgánicos persistentes, así como una evaluación de los riesgos que tales alternativas planteen para la salud humana y el medio ambiente, e información sobre los impactos económicos y sociales de tales alternativas.

#### Artículo 7

##### Estrategias, políticas, programas, medidas e información

1. Cada una de las Partes, en el plazo de seis meses a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo para ella, elaborará estrategias, políticas y programas a fin de cumplir sus obligaciones conforme al presente Protocolo.

2. Cada una de las Partes:

- Fomentará el uso de técnicas de tratamiento económicamente viables y ambientalmente racionales, inclusive mejores prácticas ambientales, con respecto a todos los aspectos del uso, producción, liberación, transformación, distribución, manipulación, transporte y reciclado de sustancias sujetas al presente Protocolo y de artículos manufacturados, mezclas o soluciones que contengan tales sustancias.
- Fomentará la implantación de otros programas de tratamiento para reducir las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes, incluyendo programas voluntarios y el uso de instrumentos económicos.
- Considerará la adopción de políticas y medidas adicionales apropiadas a sus circunstancias específicas, que pueden incluir enfoques que no tengan carácter normativo.
- Realizarán determinados esfuerzos, que sean económicamente viables, para reducir los niveles de las sustancias sujetas al presente Protocolo que se hallen, como contaminantes, en otras sustancias, productos químicos o artículos manufacturados, en cuanto se establezca la relevancia de la fuente.

- e) Tendrán en cuenta, en sus programas de evaluación de sustancias, las características especificadas en el apartado 1 de la decisión 1998/2 del Órgano Ejecutivo sobre la información a presentar y los procedimientos para incorporar sustancias a los anexos I, II o III, incluyendo todas sus posibles enmiendas.
3. Las Partes podrán tomar medidas más rigurosas que las exigidas por el presente Protocolo.

#### Artículo 8

##### Investigación, desarrollo y control

Las Partes fomentarán la investigación, el desarrollo, el control y la cooperación con relación, entre otras cosas, con:

- Emisiones, transporte y niveles de depósito a gran distancia y sus modelos matemáticos, niveles existentes en el ambiente biótico y abiótico, la elaboración de procedimientos para armonizar las metodologías relevantes.
- Vías de acceso e inventarios de contaminantes en ecosistemas representativos.
- Efectos relevantes para la salud humana y el ambiente, incluyendo la cuantificación de tales efectos.
- Las mejores técnicas y prácticas disponibles, incluidas las prácticas agrícolas y técnicas y las prácticas de control de emisiones actualmente empleadas por las Partes o en fase de desarrollo.
- Metodologías que permitan la consideración de factores socioeconómicos para la evaluación de estrategias de control alternativas.
- Una propuesta basada en efectos que integre información apropiada, inclusive información obtenida conforme a las letras a) a e), sobre niveles ambientales medidos o calculados, vías de acceso y efectos para la salud humana y el ambiente, a fin de formular futuras estrategias de control que también tengan en cuenta factores económicos y tecnológicos.
- Métodos para la estimación de emisiones nacionales y la proyección de emisiones futuras de contaminantes orgánicos persistentes individuales y para evaluar cómo pueden utilizarse tales estimaciones y proyecciones para estructurar futuras obligaciones.
- Niveles de sustancias sujetas al presente Protocolo que se hallen, como contaminantes, en otras sustancias, productos químicos o artículos manufacturados y la importancia de estos niveles para el transporte a gran distancia, así como técnicas para reducir los niveles de estos contaminantes, y, además, niveles de contaminantes orgánicos persistentes generados durante el ciclo de vida de madera tratada con pentaclorofenol.

Deberá darse prioridad a la investigación de sustancias que se considere que tienen más probabilidades de someterse a los procedimientos especificados en el apartado 6 del artículo 14.

#### Artículo 9

##### Informes

- Sin perjuicio de sus disposiciones legales sobre la confidencialidad de la información comercial:
  - Cada una de las Partes facilitará al Órgano Ejecutivo, a través del Secretario Ejecutivo de la Comisión, con la periodicidad que determinen las Partes reunidas en el marco del Órgano Ejecutivo, información sobre las medidas que haya tomado para aplicar el presente Protocolo.
  - Cada una de las Partes ubicadas dentro del ámbito geográfico del EMEP facilitará al EMEP, a través del Secretario Ejecutivo de la Comisión, con la periodicidad que determine el Órgano Rector del EMEP y que aprueben las Partes en una sesión del Órgano Ejecutivo, información sobre los niveles de emisiones de contaminantes orgánicos persistentes, utilizando como mínimo las metodologías y la resolución temporal y espacial que especifique el Órgano Rector del EMEP. Las Partes ubicadas fuera del ámbito geográfico del EMEP facilitarán información similar al Órgano Ejecutivo si así se les solicita. Cada una de las Partes recogerá y facilitará además información sobre los niveles de emisiones de las sustancias incluidas en el anexo III durante el año de referencia especificado en ese anexo.
- El formato y contenido de la información que se facilitará de conformidad con la letra a) del apartado 1 se ajustará a la decisión que tomen las Partes en una sesión del Órgano Ejecutivo. Los términos de tal decisión se revisarán cuando sea necesario para identificar elementos adicionales relativos al formato o contenido de la información que deberá incluirse en los informes.
- Con la suficiente antelación sobre cada sesión anual del Órgano Ejecutivo, el EMEP proporcionará información sobre el transporte y depósito de contaminantes orgánicos persistentes a gran distancia.

#### Artículo 10

##### Exámenes de las Partes en sesiones del Órgano Ejecutivo

- Las Partes, en las sesiones del Órgano Ejecutivo, de conformidad con la letra a) del apartado 2 del artículo 10 del Convenio, examinarán la información facilitada por las Partes, el EMEP y otros órganos auxiliares y los informes del Comité de Ejecución mencionados en el artículo 11 del presente Protocolo.
- Las Partes, en las sesiones del Órgano Ejecutivo, examinarán constantemente los progresos registrados en el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el presente Protocolo.
- Las Partes, en las sesiones del Órgano Ejecutivo, examinarán la suficiencia y efectividad de las obligaciones establecidas en el presente Protocolo. Estos exámenes tendrán en cuenta la mejor información científica disponible sobre los efectos del depósito de contaminantes orgánicos persistentes, las valoraciones de los avances tecnológicos, el cambio de las condiciones económicas y el cumplimiento de las obligaciones en materia de niveles de emisión. Las Partes especificarán los procedimientos, métodos y plazos para dichos exámenes en una sesión del Órgano Ejecutivo. El primero de estos exámenes se efectuará en el plazo de tres años a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo.

*Artículo 11***Cumplimiento**

Se examinará periódicamente el cumplimiento de las obligaciones de cada una de las Partes de conformidad con el presente Protocolo. El Comité de Ejecución creado por la decisión 1997/2 del Órgano Ejecutivo en su decimoquinta sesión llevará a cabo dichos exámenes e informará a las Partes reunidas en el Órgano Ejecutivo de acuerdo con los términos del anexo a la citada decisión, incluyendo todas las enmiendas al mismo.

*Artículo 12***Solución de controversias**

1. En caso de controversia entre dos o más Partes en relación con la interpretación o aplicación del presente Protocolo, las Partes afectadas intentarán resolver dicha controversia mediante negociación u otros medios pacíficos de su propia elección. Las Partes de la controversia informarán de ello al Órgano Ejecutivo.

2. Al ratificar, aceptar o aprobar el presente Convenio, o al adherirse a él, o en cualquier momento posterior, toda Parte que no sea una organización de integración económica regional podrá declarar, por instrumento escrito presentado al Depositario que, con respecto a cualquier controversia relativa a la interpretación o aplicación del presente Convenio, acepta uno o los dos medios de solución de controversias que se indican a continuación, reconociendo su carácter obligatorio en relación con una Parte que acepte la misma obligación:

- a) Sometimiento de la controversia a la decisión del Tribunal Internacional de Justicia.
- b) Arbitraje, de conformidad con los procedimientos a adoptar por las Partes en una sesión del Órgano Ejecutivo, que se celebrará lo antes posible, en un anexo sobre arbitraje.

Cualquiera de las Partes que sea una organización de integración económica regional podrá realizar una declaración de efecto similar en relación con el arbitraje de conformidad con los procedimientos mencionados en la letra b) anterior.

3. Toda declaración formulada con arreglo al apartado 2 permanecerá en vigor hasta que expire de conformidad con sus propios términos o hasta que hayan transcurrido tres meses después de haberse depositado en poder del Depositario una notificación escrita de revocación.

4. Ninguna nueva declaración, notificación de revocación ni la expiración de una declaración afectará en modo alguno a procesos pendientes ante el Tribunal Internacional de Justicia o el tribunal de arbitraje, a menos que las Partes de la controversia acuerden otra cosa.

5. Excepto en el caso de que las Partes de la controversia hayan aceptado los mismos medios de solución de controversias del apartado 2, si transcurridos doce meses desde que una de las Partes notificase a otra la existencia de una controversia entre ellas, las Partes afectadas no hubieran sido capaces de

resolver su controversia con los medios mencionados en el apartado 1, se someterá el controversia a conciliación a petición de cualquiera de las Partes de la controversia.

6. A efectos del apartado 5, se creará una comisión de conciliación. Esta comisión estará compuesta por igual número de miembros nombrados por cada una de las Partes afectadas o, si las Partes en conciliación comparten el mismo interés, por el grupo que comparta dicho interés y un presidente elegido conjuntamente por los miembros así nombrados. La comisión emitirá un laudo recomendatorio, que las Partes considerarán de buena fe.

*Artículo 13***Anexos**

Los anexos al presente Protocolo forman parte integrante del mismo. Los anexos V y VII tienen carácter recomendatorio.

*Artículo 14***Enmiendas**

1. Cualquiera de las Partes podrá proponer enmiendas al presente Protocolo.

2. Las enmiendas propuestas se presentarán por escrito al Secretario Ejecutivo de la Comisión, quien las comunicará a todas las Partes. Las Partes reunidas en la siguiente sesión del Órgano Ejecutivo discutirán las enmiendas propuestas, siempre que el Secretario Ejecutivo haya distribuido dichas propuestas a las Partes al menos con noventa días de antelación.

3. Las enmiendas al presente Protocolo y a los anexos I a IV, VI y VIII se adoptarán por consenso de las Partes presentes en una sesión del Órgano Ejecutivo y entrarán en vigor, para las Partes que las hayan aceptado, el nonagésimo día a partir de la fecha en la que dos tercios de las Partes hayan entregado al Depositario sus instrumentos de aceptación de las mismas. Las enmiendas entrarán en vigor para las demás partes el nonagésimo día a contar desde la fecha en que dichas Partes hayan depositado sus instrumentos de aceptación de las mismas.

4. Las enmiendas a los anexos V y VII se adoptarán por consenso de las Partes presentes en una sesión del Órgano Ejecutivo. Transcurridos noventa días desde la fecha de su comunicación a todas las Partes por el Secretario Ejecutivo de la Comisión, las enmiendas a dichos anexos surtirán efecto para las Partes que no hayan presentado al Depositario una notificación de acuerdo con las disposiciones del apartado 5, siempre que al menos dieciséis Partes no hayan presentado tal notificación.

5. Cualquiera de las Partes que no pueda aprobar una enmienda a los anexos V o VII lo notificará al Depositario por escrito en el plazo de noventa días a contar desde la fecha de la comunicación de su adopción. El Depositario notificará sin demora la recepción de tal notificación a todas las Partes. Cualquiera de las Partes podrá, en cualquier momento, sustituir una aceptación por su notificación previa y, tras la entrega de un instrumento de aceptación al Depositario, la enmienda a dicho anexo surtirá efecto para dicha Parte.

6. En el caso de que se proponga la enmienda de los anexos I, II o III con la adición de una sustancia al presente Protocolo:

a) Quien presente la propuesta facilitará al Órgano Ejecutivo la información especificada en la decisión 1998/2 del Órgano Ejecutivo, incluidas todas sus enmiendas.

b) Las Partes evaluarán la propuesta de conformidad con los procedimientos establecidos en la decisión 1998/2 del Órgano Ejecutivo, incluidas todas sus enmiendas.

7. Toda decisión de enmendar la decisión 1998/2 del Órgano Ejecutivo se tomará por consenso de las Partes reunidas en el marco del Órgano Ejecutivo y surtirá efecto a los sesenta días de la fecha de adopción.

#### Artículo 15

##### Firma

1. El presente Protocolo estará disponible para su firma en Aarhus (Dinamarca) los días 24 y 25 de junio de 1998, y después en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York hasta el 21 de diciembre de 1998, por parte de los Estados miembros de la Comisión, así como de los Estados que tengan una función consultiva en la Comisión de conformidad con el apartado 8 de la resolución 36 (IV) del Consejo Económico y Social del 28 de marzo de 1947, y de organizaciones de integración económica regional, constituidas por Estados miembros soberanos de la Comisión, que tengan competencias con respecto a la negociación, celebración y aplicación de acuerdos internacionales en asuntos comprendidos en el presente Protocolo, siempre que los Estados y organizaciones en cuestión sean Partes en el Convenio.

2. En asuntos que sean de su competencia, dichas organizaciones de integración económica regional, en su propio nombre, ejercerán los derechos y cumplirán las obligaciones que el presente Protocolo atribuye a sus Estados miembros. En tales casos, los Estados miembros de dichas organizaciones no estarán facultados para ejercer tales derechos individualmente.

#### Artículo 16

##### Ratificación, aceptación, aprobación y adhesión

1. El presente Protocolo estará sujeto a la ratificación, aceptación o aprobación de sus signatarios.

2. A partir del 21 de diciembre de 1998, los Estados y organizaciones que cumplan los requisitos del artículo 15, apartado 1, podrán adherirse al presente Protocolo.

#### Artículo 17

##### Depositario

Los instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión se entregarán al Secretario General de las Naciones Unidas, quien desempeñará las funciones de Depositario.

#### Artículo 18

##### Entrada en vigor

1. El presente Protocolo entrará en vigor el nonagésimo día desde la fecha en que se haya entregado al Depositario el decimosexto instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.

2. Para cada Estado y organización mencionado en el apartado 1 del artículo 15 que ratifique, acepte o apruebe el presente Protocolo o acceda al mismo después de la entrega del decimosexto instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión, el Protocolo entrará en vigor el nonagésimo día desde la fecha de entrega por dicha Parte de su instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.

#### Artículo 19

##### Retirada

Transcurridos cinco años desde la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo con respecto a una de las Partes, esta Parte podrá retirarse del mismo en todo momento mediante notificación escrita al Depositario. Dicha retirada surtirá efecto el nonagésimo día a contar desde la fecha de su recepción por el Depositario, o en la fecha posterior que pueda especificarse en la notificación de retirada.

#### Artículo 20

##### Textos auténticos

El original del presente Protocolo, cuyos textos en inglés, francés y ruso son igualmente auténticos, se entregará al Secretario General de las Naciones Unidas.

Y PARA QUE CONSTE, los abajo firmantes, debidamente autorizados a tal efecto, firman el presente Protocolo.

Hecho en Aarhus (Dinamarca), a veinticuatro de junio de mil novecientos noventa y ocho.

## ANEXO I

## SUSTANCIAS CUYA ELIMINACIÓN ESTÁ PROGRAMADA

Salvo que se especifique lo contrario en el presente Protocolo, este anexo no se aplicará a las sustancias enumeradas a continuación cuando aparezcan: i) como contaminantes en productos; o ii) en artículos manufacturados o en uso en la fecha de aplicación, o iii) como intermediarios químicos cuyo uso se limite a la fabricación en el mismo establecimiento de una o más sustancias diferentes y, por consiguiente, se transformen químicamente. Salvo que se especifique lo contrario, cada obligación abajo señalada será efectiva a partir de la fecha de entrada en vigor del Protocolo.

Sustancia	Requisitos de aplicación	
	Eliminación de	Condiciones
Aldrina CAS: 309-00-2	Producción	Ninguna
	Uso	Ninguna
Clordano CAS: 57-74-9	Producción	Ninguna
	Uso	Ninguna
Clordecona CAS: 143-50-0	Producción	Ninguna
	Producción	Ninguna
DDT CAS: 50-29-3	Producción	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminar la producción en el plazo de un año a contar desde el momento en que las Partes lleguen al acuerdo de que existen alternativas al DDT adecuadas para la protección de la salud pública frente a enfermedades como la malaria y la encefalitis.</li> <li>2. Con vistas a eliminar la producción de DDT a la primera oportunidad, las Partes, en el plazo de un año a contar desde la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo y posteriormente con la periodicidad que sea necesaria, y consultando con la Organización Mundial de la Salud, la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas y el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas, estudiarán la disponibilidad y viabilidad de las alternativas y, en su caso, promoverán la comercialización de alternativas al DDT más seguras y económicamente viables.</li> </ol>
	Uso	Ninguna, excepto las identificadas en el anexo II.
Dieldrina CAS: 60-57-1	Producción	Ninguna
	Uso	Ninguna
Endrina CAS: 72-20-8	Producción	Ninguna
	Uso	Ninguna
Heptacloro CAS: 76-44-8	Producción	Ninguna
	Uso	Ninguna, excepto para su uso por personal acreditado para el control de plagas en cajas cerradas de empalmes eléctricos industriales. Este uso se reevaluará conforme al presente Protocolo en el plazo de dos años a partir de la fecha de entrada en vigor.
Hexabromodifenilo CAS: 36355-01-8	Producción	Ninguna.
	Uso	Ninguna.
Hexaclorobenceno CAS: 118-74-1	Producción	Ninguna, excepto en el caso de que se produzca para un fin limitado especificado en una declaración depositada por un país de economía de transición tras la firma o adhesión.
	Uso	Ninguna, excepto para un uso limitado especificado en una declaración depositada por un país de economía de transición tras la firma o adhesión.



Sustancia	Requisitos de aplicación	
	Eliminación de	Condiciones
Mirex CAS: 2385-85-5	Producción	Ninguna.
	Uso	Ninguna.
PCB <sup>a/</sup>	Producción	Ninguna, excepto para países de economía de transición que eliminarán la producción lo antes posible y como máximo el 31 de diciembre de 2005 y que indicarán su intención de hacerlo en una declaración que depositarán junto con su instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.
	Uso	Ninguna, excepto las identificadas en el anexo II.
Toxafeno CAS: 8001-35-2	Producción	Ninguna.
	Uso	Ninguna.

<sup>a/</sup>: Las Partes acuerdan reevaluar, de conformidad con el Protocolo, a 31 de diciembre de 2004, la producción y utilización de terfenilos policlorados y «ugílec».

## ANEXO II

## SUSTANCIAS CUYA RESTRICCIÓN DE USO ESTÁ PROGRAMADA

Salvo que se especifique lo contrario en el presente Protocolo, este anexo no se aplicará a las sustancias enumeradas a continuación cuando aparezcan: i) como contaminantes en productos; o ii) en artículos manufacturados o en uso en la fecha de aplicación, o iii) como intermediarios químicos cuyo uso se limite a la fabricación en el mismo establecimiento de una o más sustancias diferentes y, por consiguiente, se transformen químicamente. Salvo que se especifique lo contrario, cada obligación abajo señalada será efectiva a partir de la fecha de entrada en vigor del Protocolo.

Sustancia	Requisitos de aplicación	
	Uso restringido	Condiciones
DDT CAS: 50-29-3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para la protección de la salud pública frente a enfermedades como la malaria y la encefalitis.</li> <li>2. Como intermediario químico para producir Dicofol.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso permitido exclusivamente como componente de una estrategia integrada de tratamiento de plagas y sólo en la medida necesaria y durante un año desde la fecha de la eliminación de la producción de conformidad con el anexo I.</li> <li>2. Este uso será reevaluado en el plazo de dos años a partir de la entrada en vigor del presente Protocolo.</li> </ol>
HCH CAS:608-73-1	<p>El HCH técnico (es decir, isómeros mezclados de HCH) tiene un uso restringido como intermediario en la fabricación de productos químicos.</p> <p>Los productos en los que al menos el 99 % del isómero de HCH esté presente en la forma gamma (es decir, lindano, CAS: 58-89-9) tienen los siguientes usos restringidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tratamiento de semillas.</li> <li>2. Aplicaciones en suelos seguidas inmediatamente de su incorporación a la capa superficial del suelo.</li> <li>3. Tratamiento correctivo profesional e industrial de árboles talados, madera y troncos.</li> <li>4. Insecticida tópico veterinario y para la salud pública.</li> <li>5. Aplicaciones no aéreas a plantones de árboles, uso en césped a pequeña escala, y uso en interiores y exteriores para material de vivero y plantas ornamentales.</li> <li>6. Aplicaciones industriales y domésticas en interiores.</li> </ol>	<p>Todos los usos restringidos del lindano serán reevaluados de conformidad con el protocolo en el plazo de dos años a partir de la fecha de entrada en vigor.</p>
PCB <u>a/</u>	<p>Los PCB en uso a partir de la fecha de entrada en vigor o producidos hasta el 31 de diciembre de conformidad con las disposiciones del anexo I.</p>	<p>Las Partes realizarán denodados esfuerzos encaminados a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) La eliminación del uso de PCB identificables en equipos (es decir, transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan material líquido residual) que contengan PCB en volúmenes superiores a 5 dm<sup>3</sup> y que tengan una concentración del 0,05 % de PCB o superior, lo antes posible, pero a más tardar el 31 de diciembre de 2010, o el 31 de diciembre de 2015 en el caso de países de economía de transición;</li> <li>b) La destrucción o descontaminación, de manera ambientalmente racional, de todos los PCB líquidos mencionados en el subapartado a) y otros PCB líquidos que contengan más del 0,005 % de PCB, salvo en equipos, lo antes posible, pero a más tardar el 31 de diciembre de 2015, o el 31 de diciembre de 2020 en el caso de países de economías de transición; y</li> </ol>

Sustancia	Requisitos de aplicación	
	Uso restringido	Condiciones
		c) La descontaminación o la eliminación de manera ambientalmente racional de equipos mencionados en el subapartado a).

a/: Las Partes acuerdan reevaluar, de conformidad con el Protocolo, a 31 de diciembre de 2004, la producción y utilización de terfenilos policlorados y «ugilec».

### ANEXO III

#### SUSTANCIAS MENCIONADAS EN LA LETRA a) DEL APARTADO 5 DEL ARTÍCULO 3, Y EL AÑO DE REFERENCIA PARA LA OBLIGACIÓN

Sustancia	Año de referencia
PAH <u>a/</u>	1990; o un año alternativo entre 1985 y 1995 inclusive, especificado por una de las Partes tras la ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.
Dioxinas/furanos <u>b/</u>	1990; o un año alternativo entre 1985 y 1995 inclusive, especificado por una de las Partes tras la ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.
Hexaclorobenceno	1990; o un año alternativo entre 1985 y 1995 inclusive, especificado por una de las Partes tras la ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.

a/: Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH): A efectos de inventario de emisiones se utilizarán los cuatro compuestos indicadores siguientes: benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno e indeno(1,2,3-cd)pireno.

b/: Dioxinas y furanos (PCDD/F): Las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y los dibenzofuranos policlorados (PCDF) son compuestos aromáticos tricíclicos formados por dos anillos de benceno conectados por dos átomos de oxígeno en PCDD y por un átomo de oxígeno en PCDF y cuyos átomos de hidrógeno pueden ser reemplazados por un total de hasta ocho átomos de cloro.

## ANEXO IV

**VALORES LÍMITE DE PCDD/F PROCEDENTES DE LAS PRINCIPALES FUENTES ESTACIONARIAS****I. Introducción**

1. El anexo III del presente Protocolo contiene una definición de dioxinas y furanos (PCDD/F).
2. Los valores límite se expresan en ng/m<sup>3</sup> o mg/m<sup>3</sup> en condiciones normales (273,15 K, 101,3 kPa y gas seco).
3. Los valores límite se refieren a la situación de trabajo normal, incluyendo procedimientos de puesta en marcha y parada, a menos que se hayan definido valores límite específicos para estas situaciones.
4. El muestreo y análisis de todas los contaminantes se realizará de acuerdo con las normas establecidas por el Comité Europeo de Normalización (CEN), la Organización Internacional de Normalización (ISO), o los métodos de referencia canadienses o estadounidenses correspondientes. En espera de la elaboración de normas CEN o ISO, se aplicarán las normas nacionales.
5. A efectos de verificación, la interpretación de los resultados de medición en relación con el valor límite deberá tener en cuenta también la imprecisión del método de medida. Se considera que se cumple un valor límite si el resultado de la medición, descontada de la misma la imprecisión del método de medida, no lo supera.
6. Las emisiones de diferentes congéneres de PCDD/F se indican en equivalentes de toxicidad (ET) en comparación con 2,3,7,8-TCDD utilizando el sistema propuesto por el Comité de la OTAN sobre los Retos de la Sociedad Moderna (NATO Committee on the Challenges of Modern Society, NATO-CCMS) en 1988.

**II. Valores límite de las principales fuentes estacionarias**

7. Se aplicarán los siguientes valores límite, que se refieren a un 11 % de concentración de O<sub>2</sub> en los gases de combustión, a los siguientes tipos de incineradores:
    - Desechos sólidos municipales (quemando más de 3 toneladas por hora)  
0,1 ng ET/m<sup>3</sup>
    - Desechos sólidos médicos (quemando más de 1 tonelada por hora)  
0,5 ng ET/m<sup>3</sup>
    - Desechos peligrosos (quemando más de 1 tonelada por hora)  
0,2 ng ET/m<sup>3</sup>
-

## ANEXO V

**MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES PARA CONTROLAR LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES PROCEDENTES DE LAS PRINCIPALES FUENTES ESTACIONARIAS****I. INTRODUCCIÓN**

1. La finalidad de este anexo consiste en orientar a las Partes en el Convenio de cara a determinar las mejores técnicas disponibles que les permitan cumplir las obligaciones del apartado 5 del artículo 3, del Protocolo.
2. El término «mejores técnicas disponibles» (*Best Available Techniques*, BAT) hace referencia a la fase más efectiva y avanzada en el desarrollo de actividades y sus métodos de trabajo que indican la idoneidad práctica de determinadas técnicas para servir de base, en principio, para valores límite de emisión destinados a prevenir, y si ello es inviable, a reducir en términos generales las emisiones y su impacto en el ambiente en su conjunto:

- El término «técnicas» incluye tanto la tecnología utilizada como la forma de diseñar, construir, mantener, explotar y desmantelar la instalación.
- El término «disponibles» se refiere a técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el sector industrial correspondiente, en condiciones económica y técnicamente viables, teniendo en cuenta sus costos y ventajas, sin que importe que dichas técnicas puedan utilizarse o producirse en un territorio distinto del de la Parte en cuestión, siempre que el operador tenga la posibilidad razonable de acceder a las mismas.
- El término «mejores» significa que se trata de las más eficaces con miras a conseguir un alto nivel general de protección del ambiente en su conjunto.

Para determinar cuáles son las mejores técnicas disponibles, deberá prestarse especial consideración, generalmente o en casos específicos, a los factores siguientes, teniendo en cuenta los costos y beneficios probables de una medida y los principios de precaución y prevención:

- El uso de tecnología baja en desechos.
- El uso de sustancias menos peligrosas.
- El favorecimiento de la recuperación y el reciclado de las sustancias generadas y utilizadas en el proceso y de los desechos.
- Procesos, equipamientos o métodos de trabajo comparables que hayan sido probados con éxito a escala industrial.
- Avances tecnológicos y variaciones del conocimiento científico y la comprensión científica.
- La naturaleza, los efectos y el volumen de las emisiones en cuestión.
- Las fechas de puesta en servicio de instalaciones nuevas o existentes.
- El tiempo necesario para introducir la mejor técnica disponible.
- El consumo y la naturaleza de las materias primas (incluida el agua) utilizadas en el proceso y su eficiencia energética.
- La necesidad de evitar o reducir al mínimo el impacto total de las emisiones sobre el ambiente y los riesgos para el mismo.
- La necesidad de evitar accidentes y de minimizar sus consecuencias para el ambiente.

El concepto de mejores técnicas disponibles no tiene por objeto la prescripción de una técnica o tecnología específica, sino que se tengan en cuenta las características técnicas de la instalación en cuestión, su ubicación geográfica y las condiciones ambientales locales.

3. La información relativa a la efectividad y los costos de las medidas de control se basa en documentos recibidos y revisados por el Grupo de Estudio y el Grupo de Trabajo Preparatorio sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP). Salvo que se indique lo contrario, se considera que las técnicas mencionadas están bien establecidas de acuerdo con la experiencia práctica.
4. La experiencia con nuevas plantas que incorporan técnicas de baja emisión, así como con la readaptación de plantas existentes, aumenta continuamente. Por consiguiente, será necesario adaptar y modificar el presente anexo periódicamente. Las mejores técnicas disponibles (BAT) determinadas para nuevas plantas pueden aplicarse normalmente a las plantas ya existentes, siempre que exista un período de transición adecuado y que se adapten.

5. Este anexo enumera varias medidas de control que abarcan todo un abanico de costos y eficiencias. La elección de medidas para un caso particular dependerá de varios factores, inclusive las circunstancias económicas, la infraestructura tecnológica y la existencia de medidas de control de la contaminación atmosférica.
6. Los principales contaminantes orgánicos persistentes (COP) emitidos por fuentes estacionarias son:
  - a) Dibenzo-p-dioxinas/furanos policlorados (PCDD/F).
  - b) Hexaclorobenceno (HCB).
  - c) Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).

En el anexo III del presente Protocolo constan las definiciones correspondientes.

## II. PRINCIPALES FUENTES ESTACIONARIAS DE EMISIÓN DE COP

7. Los PCDD/F son emitidos por procesos térmicos que abarcan materia orgánica y cloro, debido a reacciones químicas o a una combustión incompleta. Las principales fuentes estacionarias de PCDD/F pueden ser las siguientes:
  - a) Incineración de desechos, incluida la coincineración.
  - b) Procesos térmicos metalúrgicos, por ejemplo, producción de aluminio y otros metales no féreos, hierro y acero.
  - c) Plantas de combustión para el suministro de energía.
  - d) Combustión doméstica.
  - e) Procesos químicos productivos específicos que liberan sustancias intermedias y subproductos.
8. Las principales fuentes estacionarias de emisiones de PAH pueden ser las siguientes:
  - a) Calefacción doméstica basada en madera y carbón.
  - b) Fuegos abiertos, como los de incineración de basuras, incendios forestales y quemas de rastrojos.
  - c) Producción de coque y de ánodos.
  - d) Producción de aluminio (según el proceso Soederberg).
  - e) Instalaciones de conservación de la madera, excepto en el caso de una parte para la que esta categoría no suponga una contribución significativa a sus emisiones totales de PAH (según la definición del anexo III).
9. Las emisiones de HCB se derivan del mismo tipo de procesos térmicos y químicos que producen PCDD/F, y el HCB se forma por un mecanismo similar. Las principales fuentes de emisiones de HCB pueden ser las siguientes:
  - a) Plantas de incineración de desechos, incluida coincineración.
  - b) Fuentes térmicas de industrias metalúrgicas.
  - c) Uso de combustibles clorados en instalaciones de hornos.

## III. ENFOQUES GENERALES PARA EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE COP

10. Existen varios enfoques de cara al control o la prevención de las emisiones de COP procedentes de fuentes estacionarias. Entre ellos cabría citar la sustitución de materiales de trabajo, modificaciones de procesos (inclusive el mantenimiento y control operativo) y la readaptación de plantas existentes. La lista siguiente da una indicación general de las medidas disponibles, que pueden implantarse por separado o combinadas:
  - a) Sustitución de los materiales de trabajo que sean COP o cuando exista una conexión directa entre dichos materiales y las emisiones de COP de la fuente.
  - b) Mejores prácticas ambientales, como orden y limpieza, programas de mantenimiento preventivo, o cambios de proceso tales como sistemas cerrados (por ejemplo, en coquerías o empleo de electrodos inertes para electrólisis).
  - c) Modificación del diseño del proceso para asegurar una combustión completa, evitando de este modo la formación de contaminantes orgánicos persistentes, por medio del control de parámetros tales como la temperatura de incineración o el tiempo de permanencia.

- d) Métodos para la depuración de gases de combustión, como la incineración térmica o catalítica o la oxidación, la precipitación de polvo, la adsorción.
  - e) Tratamiento de desechos, desperdicios y lodos de alcantarillado, por ejemplo por medio de un tratamiento térmico o inertizándolos.
11. Los niveles de emisión indicados en relación con diferentes medidas en las tablas 1, 2, 4, 5, 6, 8 y 9 son generalmente específicos. Las cifras o gamas expresan los niveles de emisión en forma de porcentaje de los valores límite de emisión utilizando técnicas convencionales.
12. Las consideraciones de rentabilidad pueden basarse en costos totales por año y unidad de supresión (incluyendo inversiones y costos de explotación). También deberán considerarse los costos de reducción de las emisiones de COP en el marco de la economía global del proceso, por ejemplo, el impacto de las medidas de control y los costos de producción. Dado el gran número de factores que influyen, las cifras de inversiones y costos de explotación son muy específicas de cada caso.

#### IV. TÉCNICAS DE CONTROL PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE PCDD/F

##### A. Incineración de desechos

13. La incineración de desechos comprende los desechos municipales, los desechos peligrosos, los desechos médicos y los lodos de alcantarillado.
14. Las principales medidas de control para las emisiones de PCDD/F provocadas por las instalaciones de incineración de desechos son:
- a) medidas primarias relativas a los desechos incinerados;
  - b) medidas primarias relativas a las técnicas de proceso;
  - c) medidas para controlar los parámetros físicos del proceso de combustión y de los gases residuales (por ejemplo, fases de temperatura, velocidad de enfriamiento, contenido de O<sub>2</sub>, etc.);
  - d) depuración de los gases de combustión;
  - e) tratamiento de los desechos del proceso de depuración.
15. Las medidas primarias relativas a los desechos incinerados, que implican el tratamiento del material de trabajo reduciendo las sustancias halogenadas y su sustitución por alternativas no halogenadas, no son apropiadas para la incineración de desechos municipales o peligrosos. Es más eficaz modificar el proceso de incineración e implantar medidas secundarias para la depuración de gases de combustión. El tratamiento del material de trabajo es una medida primaria útil para la reducción de desechos y tiene la posible ventaja añadida del reciclado. Esto puede comportar una reducción indirecta de PCDD/F gracias a la disminución de las cantidades de desechos a incinerar.
16. La modificación de técnicas de proceso para optimizar las condiciones de combustión es una medida importante y efectiva para reducir las emisiones de PCDD/F (habitualmente 850 °C o más; la valoración del suministro de oxígeno depende del valor de calentamiento y de la consistencia de los desechos; suficiente tiempo de permanencia – 850 °C durante aproximadamente 2 segundos y turbulencia del gas, evitación de zonas de gas frío en el incinerador, etc.). Los incineradores de lecho fluidizado mantienen una temperatura inferior a 850 °C con emisiones adecuadas. En el caso de los incineradores existentes, esto supondría normalmente rediseñar y/o reemplazar una planta —una opción que puede no ser económicamente viable en todos los países—. Conviene minimizar el contenido de carbono de las cenizas.
17. Medidas aplicables a los gases de combustión. Las medidas siguientes son posibles vías para reducir con razonable eficacia el contenido de PCDD/F de los gases de combustión. Estas medidas son imprescindibles para conseguir nuevas reducciones a fin de alcanzar los niveles deseados al final del proceso:
- a) Enfriar rápidamente los gases de combustión (muy eficaz y relativamente económico).
  - b) Añadir inhibidores como trietanolamina o la trietilamina (que también pueden reducir los óxidos de nitrógeno), pero es preciso considerar las reacciones colaterales por razones de seguridad.
  - c) Utilizar sistemas de recogida de polvo para temperaturas de 800 a 1 000 °C, por ejemplo, filtros cerámicos y ciclones.
  - d) Utilizar sistemas de descarga eléctrica de baja temperatura.
  - e) Evitar el depósito de cenizas volantes en el sistema de escape de gases de combustión.

18. Los métodos para depurar los gases de combustión son:
- Precipitadores de polvo convencionales para la reducción de PCDD/F aglomerados en partículas.
  - Reducción catalítica selectiva (SCR) o reducción selectiva no catalítica (SNCR).
  - Adsorción con coque o carbón activado en sistemas fijos o fluidizados.
  - Diferentes tipos de métodos de adsorción y sistemas de lavado optimizados con mezclas de carbón activado, carbón de horno de reverbero, soluciones de cal y piedra caliza en reactores de lecho fijo, lecho móvil y lecho fluidizado. La eficiencia de recogida de PCDD/F gaseoso puede mejorarse utilizando una capa de prerrevestimiento adecuada de coque activado en la superficie de un filtro de manga.
  - Oxidación por  $H_2O_2$
  - Métodos de combustión catalíticos basados en diferentes tipos de catalizadores (es decir, catalizadores de Pt/ $Al_2O_3$  o de cobre-cromito con diferentes activadores para estabilizar el área superficial y reducir el envejecimiento de los catalizadores).
19. Con los métodos mencionados pueden conseguirse niveles de emisión de 0,1 ng ET/m<sup>3</sup> de PCDD/F en los gases de combustión. Sin embargo, en los sistemas que utilizan filtros/adsorbentes de coque o carbón activado, es preciso tener cuidado de que el polvo de carbono fugitivo no aumente las emisiones de PCDD/F en una fase posterior del proceso. Además, es preciso advertir que las instalaciones de adsorción y extracción de polvo previas a los catalizadores (técnica SCR) producen desechos cargados de PCDD/F, que requieren reciclado o una eliminación apropiado.
20. Es muy complejo comparar las diferentes medidas para reducir los PCDD/F en los gases de combustión. La matriz resultante incluye una gran variedad de plantas industriales con diferentes capacidades y configuraciones. Los parámetros de costos incluyen las medidas de reducción para minimizar también otros contaminantes, como los metales pesados (aglomerados en partículas o no). Por consiguiente, en la mayoría de los casos no es posible aislar una relación directa para la reducción de las emisiones de PCDD/F exclusivamente. La tabla 1 ofrece un resumen de los datos disponibles para las diversas medidas de control.

Tabla 1

*Comparación de diferentes medidas para la depuración de gases de combustión y modificaciones de proceso en plantas de incineración de desechos para reducir las emisiones de PCDD/F*

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (% <u>a</u> )	Costos estimados	Riesgos del tratamiento
<p><b>Medidas primarias por modificación de los materiales de trabajo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Eliminación de precursores y del material de trabajo que contenga cloro; y</li> <li>— Tratamiento de los flujos de desechos.</li> </ul>	<p>Nivel de emisión resultante sin cuantificar; no parece presentar una relación lineal con la cantidad de material de trabajo.</p> <p>—</p>		<p>La preclasificación del material de trabajo no es eficaz; sólo pueden recogerse partes; no pueden evitarse otros materiales clorados, por ejemplo, sal de cocina, papel, etc. No es aconsejable para desechos químicos peligrosos.</p> <p>Medidas primarias útiles y factibles en casos especiales (por ejemplo, aceites residuales, componentes eléctricos, etc.) con la posible ventaja añadida del reciclado de los materiales</p>
<p><b>Modificación de la tecnología de proceso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Condiciones de combustión optimizadas;</li> <li>— Evitación de temperaturas inferiores a 850 °C y zonas frías en los gases de combustión;</li> <li>— Suficiente contenido de oxígeno; control de la aportación de oxígeno en función del valor de calentamiento y consistencia del material de trabajo; y</li> <li>— Suficiente tiempo de permanencia y turbulencia.</li> </ul>			<p>Se requiere la readaptación de todo el proceso.</p>



Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (% <sup>a</sup> / <sub>a</sub> )	Costos estimados	Riesgos del tratamiento
<b>Medidas aplicables a los gases de combustión:</b>			
Evitación del depósito de partículas por:			
— Limpiadores de hollín, sacudidores mecánicos, sopladores sónicos o de vapor.			El soplado del hollín por vapor puede aumentar la formación de PCDD/F.
Eliminación de polvo, generalmente en incineradores de desechos:	< 10	Medios	Eliminación de PCDD/F adsorbidos en las partículas. Métodos de eliminación de partículas en flujos de gases de combustión calientes utilizados exclusivamente en plantas piloto.
— filtros textiles	1-0,1	Relativamente altos	Uso a temperaturas < 150 °C.
— filtros cerámicos	Baja eficiencia	Medios	Uso a temperaturas de 800-1 000 °C.
— ciclones, y	Baja eficiencia		
— precipitación electrostática.	Eficiencia media		Uso a una temperatura de 450 °C; posible promover la síntesis «de novo» de PCDD/F, emisiones de NOx mayores, reducción de la termo-recuperación.
Oxidación catalítica.			Uso a temperaturas de 800-1 000 °C. Precisa la supresión de la fase gaseosa separada.
Enfriamiento rápido del gas.			
Unidad de adsorción de alto rendimiento con partículas añadidas de carbón activado (Venturi electro-dinámico).			
Reducción catalítica selectiva (SCR).		Costes de inversión altos y costos de explotación altos	Reducción de NO <sub>x</sub> si se añade NH <sub>3</sub> ; gran demanda de espacio, posible eliminación de los catalizadores usados y de los desechos del carbono activado (AC) o del coque de lignito (ALC), los fabricantes pueden reciclar los catalizadores en la mayoría de los casos, posible combustión de AC y ALC en condiciones rigurosamente controladas.
Diferentes tipos de métodos de adsorción por humedad y en seco con mezclas de carbón activado, coque de horno de reverbero, soluciones de cal y piedra caliza en reactores de lecho fijo, lecho móvil y lecho fluidificado:			
— Reactor de lecho fijo, adsorción con carbón activado o coque de horno de reverbero; y	< 2 (0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Inversión alta, costos de explotación medios	Eliminación de desechos; gran demanda de espacio.
— Reactor de lecho fluidizado circulante o flujo arrastrado con adición de coque activado/soluciones de cal o piedra caliza y un filtro textil subsiguiente.	< 10 (0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Inversión baja, costos de explotación medios	Eliminación de desechos.
Adición de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .	2-5 (0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Inversión baja, costos de explotación bajos	

<sup>a</sup>: Emisión restante en comparación con la modalidad sin reducción.

21. Los incineradores de desechos médicos pueden ser una fuente importante de PCDD/F en muchos países. Determinados desechos médicos, como partes del cuerpo humano, desechos infectados, agujas, sangre, plasma y citostáticos se tratan como una forma especial de desechos peligrosos, mientras que otros desechos médicos se incineran frecuentemente *in situ* por lotes. Los incineradores que funcionan con sistemas de lotes pueden cumplir los mismos requisitos de reducción de PCDD/F que otros incineradores de desechos.
22. Las Partes quizá deseen considerar la adopción de políticas que fomenten la incineración de desechos municipales y médicos en grandes instalaciones regionales, en lugar de otras más pequeñas. Este método puede rentabilizar la aplicación de BAT.

23. El tratamiento de desechos procedentes del proceso de depuración de gases de combustión. A diferencia de las cenizas de incineración, estos desechos contienen concentraciones relativamente altas de metales pesados, contaminantes orgánicos (incluyendo PCDD/F), cloruros y sulfuros. Por consiguiente, es preciso controlar bien el método de eliminación. Los sistemas de lavado en remojo, en particular, producen grandes cantidades de desecho líquido ácido contaminado. Existen algunos métodos de tratamiento especiales, entre los que cabe citar:

- El tratamiento catalítico del polvo de filtros textiles en condiciones de baja temperatura y falta de oxígeno.
- El lavado del polvo de filtros textiles con el proceso 3-R (extracción de metales pesados por medio de ácidos y combustión para la destrucción de materia orgánica).
- La vitrificación del polvo de filtros textiles.
- Métodos adicionales de inmovilización.
- La aplicación de tecnología de plasma.

B. *Procesos térmicos en la industria metalúrgica*

24. Determinados procesos de la industria metalúrgica pueden ser otras fuentes importantes de emisiones de PCDD/F, a saber:

- La industria primaria del hierro y el acero (por ejemplo, altos hornos, plantas de sinterización, granulado del hierro).
- La industria secundaria del hierro y el acero.
- La industria primaria y secundaria de metales no féreos (producción de cobre).

La tabla 2 resume medidas de control de emisiones de PCDD/F para las industrias metalúrgicas.

**Tabla 2**

*Reducción de las emisiones de PCDD/F en la industria metalúrgica*

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (% <u>a</u> )	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
<b>Plantas de sinterización</b>			
<i>Medidas primarias:</i>			
— Optimización/encapsulado de cintas transportadoras de sinterizado.	40	Bajos	No realizable al 100 %
— Recirculación del gas residual, por ejemplo, sinterización de emisión optimizada (EOS) que reduce el caudal de gas residual aproximadamente un 35 % (reducción del costo de las medidas secundarias adicionales por la reducción del flujo de gas residual), aproximadamente 1 millón de Nm <sup>3</sup> /h.		Bajos	
<i>Medidas secundarias:</i>			
— Precipitación electrostática + tamiz molecular.	Eficiencia media	Medios	Podrían alcanzarse 0,1 ng ET/m <sup>3</sup> con mayor demanda de energía; no existe instalación.
— Adición de mezclas de piedra caliza/carbono activado.	Alta eficiencia (0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Medios	
— Lavadores de alto rendimiento — instalación existente: AIRFINE (Voest Alpine Stahl Linz) desde 1993 para 600 000 Nm <sup>3</sup> /h; segunda instalación prevista en Holanda (Hoogoven) para 1998.	Alta eficiencia en la reducción de emisiones a (0,2-0,4 ng ET/m <sup>3</sup> )	Medios	
<b>Producción no férrea (por ejemplo, cobre)</b>			
<i>Medidas primarias:</i>			
— Preclasificación de chatarra, evitación de material de trabajo como plástico y chatarra contaminada por PVC, pelado de revestimientos y uso de materiales aislantes sin cloro.		Bajos	

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (% <sub>a</sub> /	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
<i>Medidas secundarias:</i>			
— Enfriamiento rápido de los gases residuales calientes.	Alta eficiencia	Bajos	
— Uso de oxígeno o de aire enriquecido con oxígeno para quemar, inyección de oxígeno en el horno de cuba (consigue una combustión completa y minimiza el volumen de gas residual).	5 – 7 (1,5-2 ET/m <sup>3</sup> )	Altos	
— Reactor de lecho fijo o reactor de chorro fluidizado por adsorción con carbón activado o polvo de carbón de horno de reverbero.	(0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Altos	
— Oxidación catalítica.	(0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Altos	
— Reducción del tiempo de residencia en la región crítica de temperatura en el sistema de gas residual.			
<b>Producción de hierro y acero</b>			
<i>Medidas primarias:</i>			
— Eliminación del aceite presente en la chatarra antes de cargar los recipientes de producción.		Bajos	Es preciso utilizar disolventes limpiadores.
— Eliminación de materiales orgánicos, como aceites, emulsiones, grasas, pintura y plásticos, procedentes de la limpieza del material de trabajo.		Bajos	
— Reducción de los altos volúmenes específicos de gas residual.		Medios	
— Recogida y tratamiento por separado de las emisiones provocadas por las operaciones de carga y descarga.		Bajos	
<i>Medidas secundarias:</i>			
— Recogida y tratamiento por separado de las emisiones provocadas por las operaciones de carga y descarga.		Bajos	
— Filtro textil combinado con inyección de coque.	< 1	Medios	
<b>Producción secundaria de aluminio</b>			
<i>Medidas primarias:</i>			
— Evitación de material halogenado (hexacloroe-tano).		Bajos	
— Evitación de lubricantes que contengan cloro (por ejemplo, parafinas cloradas).		Bajos	
— Limpieza y clasificación de cargas de chatarra sucia, por ejemplo, por remoción de revestimientos y secado con viruta abrasiva, técnicas de separación por inmersión y depósito de flujo rotatorio.			
<i>Medidas secundarias:</i>			
— Filtro textil de una o varias capas con activación añadida de piedra caliza/carbono activado delante del filtro.	< 1 (0,1 ng ET/m <sup>3</sup> )	Medios/altos	

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (% <sub>a</sub> )	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
— Minimización y eliminación y depuración por separado de flujos de gases residuales con diferentes grados de contaminación.		Medios/altos	
— Evitación del depósito de partículas del gas residual y fomento de un rápido paso de la gama de temperaturas críticas.		Medios/altos	
— Mejora del tratamiento previo en los trituradores de chatarra de aluminio mediante técnicas de separación por inmersión y clasificación por medio de depósitos de centrifugado.		Medios/altos	

a/: Emisión restante en comparación con la modalidad sin reducción.

25. Las plantas de producción y tratamiento de metales con emisiones de PCDD/F pueden cumplir un nivel máximo de concentración de 0,1 ng ET/m<sup>3</sup> (si el caudal volumétrico de gas residual > 5 000 m<sup>3</sup>/h) utilizando medidas de control.

#### Plantas de sinterización

26. Las mediciones realizadas en plantas de sinterización de la industria del hierro y el acero han demostrado generalmente emisiones de PCDD/F del orden de 0,4 a 4 ng ET/m<sup>3</sup>. Una sola medición en una planta sin ninguna medida de control demostró una concentración en la emisión de 43 ng ET/m<sup>3</sup>.
27. Los compuestos halogenados pueden provocar la formación de PCDD/F si entran en las plantas de sinterización con los materiales de trabajo (polvo de coque, contenido de sal en el mineral) y en el material reciclado añadido (por ejemplo, cascarilla de laminación, polvo de gas del tragante de alto horno, polvo de los filtros y lodos del tratamiento de aguas residuales). Sin embargo, de manera similar a la incineración de desechos, no hay una conexión evidente entre el contenido de cloro de los materiales de trabajo y las emisiones de PCDD/F. Una medida apropiada puede ser la evitación de material residual contaminado y el desengrasado de la cascarilla de laminación antes de su introducción en la planta de sinterización.
28. La forma más eficaz de reducir las emisiones de PCDD/F puede consistir en una combinación de diferentes medidas secundarias, a saber:
- La recirculación del gas residual reduce significativamente las emisiones de PCDD/F. También se reduce significativamente el caudal de gas residual, reduciéndose así el costo de la instalación de sistemas de control adicionales al final del proceso.
  - La instalación de filtros textiles (en combinación con precipitadores electrostáticos en algunos casos) o precipitadores electrostáticos con inyección de mezclas de carbono activado/carbón de horno de reverbero/piedra caliza en el gas residual.
  - Se han desarrollado métodos de lavado que incluyen el preenfriamiento rápido del gas residual, el lixiviado por lavado de altas prestaciones y la separación mediante deposición por goteo. Pueden conseguirse emisiones de 0,2 a 0,4 ng ET/m<sup>3</sup>. Añadiendo agentes de adsorción adecuados, como coques de carbón de lignito/menudo de carbón, pueden alcanzarse emisiones con concentraciones de 0,1 ng ET/m<sup>3</sup>.

#### Producción primaria y secundaria de cobre

29. Las plantas existentes para la producción primaria y secundaria de cobre pueden alcanzar un nivel de emisión de PCDD/F de algunos picogramos a 2 ng ET/m<sup>3</sup> tras la depuración de los gases de combustión. Un solo horno de cuba emitía hasta 29 ng ET/m<sup>3</sup> de PCDD/F antes de la optimización de los aditivos. Generalmente, estas plantas presentan una amplia gama de niveles de emisión de PCDD/F debido a las grandes diferencias entre las materias primas utilizadas en los aditivos y procesos.
30. Generalmente, las medidas siguientes sirven para reducir las emisiones de PCDD/F:
- Preclasificación de la chatarra.
  - Pretratamiento de la chatarra, por ejemplo, separando los revestimientos de plástico o PVC, pretratando los desechos de cables utilizando exclusivamente métodos fríos/mecánicos.

- c) Enfriamiento rápido de los gases residuales calientes (aprovechando el calor), para reducir el tiempo de permanencia en la zona crítica de temperaturas dentro del sistema de gases residuales.
- d) Utilización de oxígeno o de aire enriquecido con oxígeno para la combustión, o inyección de oxígeno en el horno de cuba (obteniendo una combustión completa y minimizando el volumen de gases residuales).
- e) Adsorción en un reactor de lecho fijo o en un reactor de chorro fluidizado con carbón activado o polvo de carbón de horno de reverbero.
- f) Oxidación catalítica.

#### Producción de acero

- 31. Las emisiones de PCDD/F en acerías de convertidores para la producción de acero y en hornos de cubilote de tiro caliente, hornos eléctricos y hornos de arco eléctrico para la fundición de hierro, son significativamente inferiores a 0,1 ng ET/m<sup>3</sup>. Las emisiones de PCDD/F de los hornos de aire frío y los hornos de tubo giratorio (fundición de hierro) son mayores.
- 32. Los hornos de arco eléctrico utilizados en la producción secundaria de acero pueden alcanzar un nivel de concentración en las emisiones de 0,1 ng ET/m<sup>3</sup> si se aplican las siguientes medidas:
  - a) Recogida independiente de las emisiones derivadas de las operaciones de carga y descarga.
  - b) Uso de un filtro textil o precipitador electrostático combinado con la inyección de coque.
- 33. El material alimentado a los hornos de arco eléctrico suele contener aceites, emulsiones o grasas. Las medidas primarias generales para la reducción de PCDD/F pueden ser la clasificación, el desengrasado y la eliminación de los revestimientos de la chatarra, que pueden contener plásticos, caucho, pinturas, pigmentos y aditivos de vulcanización.

#### Plantas de fundición de la industria secundaria del aluminio

- 34. Las emisiones de las plantas de fundición de la industria secundaria del aluminio oscilan entre aproximadamente 0,1 y 14 ng ET/m<sup>3</sup>. Estos niveles dependen del tipo de los aditivos de fundición, de los materiales utilizados y de las técnicas empleadas para la depuración de los gases residuales.
- 35. En resumen, los filtros textiles de una o varias etapas con adición de piedra caliza/carbóno activado/carbón de horno de reverbero delante del filtro cumplen la concentración de 0,1 ng ET/m<sup>3</sup> en la emisión, con eficiencias de reducción del 99 %.
- 36. También pueden considerarse las siguientes medidas:
  - a) Minimizar y eliminar y depurar por separado los flujos de gases residuales con diferentes grados de contaminación.
  - b) Evitar el depósito de partículas de gas residual.
  - c) Cruzar rápidamente el intervalo de temperaturas críticas.
  - d) Mejorar la preclasificación de chatarra de aluminio procedente de los trituradores utilizando técnicas de separación por inmersión y clasificación por depósito de flujo rotatorio.
  - e) Mejorar la prelimpieza de chatarra de aluminio por remoción de revestimientos y secado con viruta abrasiva.
- 37. Las opciones d) y e) son importantes porque es improbable que las modernas técnicas de fundición sin fundente (que evitan los fundentes de sales de haluros) puedan manipular la chatarra de baja calidad que puede utilizarse en los hornos giratorios.
- 38. En el marco del Convenio de Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nororiental continúa el debate relativo a la revisión de una recomendación anterior para abandonar el uso de hexacloretano en la industria del aluminio.
- 39. El baño de fusión puede tratarse utilizando tecnología avanzada, por ejemplo, con mezclas de nitrógeno/cloro en proporción de 9:1 a 8:2, equipos de inyección de gas para la dispersión fina y el lavado previo y posterior con nitrógeno y desengrasado al vacío. Con mezclas de nitrógeno/cloro se han obtenido emisiones con concentraciones de PCDD/F en torno a 0,03 ng ET/m<sup>3</sup> (en comparación con valores de > 1 ng ET/m<sup>3</sup> en el caso del tratamiento con cloro solamente). El cloro es necesario para eliminar magnesio y otros componentes no deseados.

C. *Combustión de materias fósiles en calderas de compañías de suministros públicos y empresas industriales*

40. En la combustión de materias fósiles en calderas de compañías de suministros públicos y empresas industriales (> 50 MW de capacidad térmica), la mejora de la eficiencia energética y la conservación de energía comportará una disminución de las emisiones de todos los contaminantes debido a la reducción de la demanda de combustible. Esto también comportará una reducción de las emisiones de PCDD/F. No sería rentable eliminar el cloro del carbón o el petróleo, pero en cualquier caso, la tendencia hacia las centrales de combustión de gas contribuirá a reducir las emisiones de PCDD/F de este sector.
41. Es preciso indicar que las emisiones de PCDD/F pueden aumentar de manera significativa si se añade material residual (lodos de alcantarillado, aceite residual, desechos de caucho, etc.) al combustible. La combustión de desechos para la generación de energía sólo deberá realizarse en instalaciones provistas de sistemas de depuración de gases residuales que reduzcan los PCDD/F de modo muy eficiente (según la descripción de la parte A).
42. La aplicación de técnicas de reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas de los gases de combustión también permite eliminar las emisiones de PCDD/F. Si aplican estas técnicas, las eficiencias de eliminación de PCDD/F variarán de una planta a otra. Continúan las investigaciones para desarrollar técnicas de eliminación de PCDD/F, pero hasta que se disponga de tales técnicas a escala industrial, no se ha identificado ninguna mejor técnica disponible destinada específicamente a la eliminación de PCDD/F.

D. *Combustión doméstica*

43. La contribución de los aparatos de combustión domésticos a las emisiones totales de PCDD/F es menos significativa si se utilizan correctamente combustibles autorizados. Además, pueden producirse grandes diferencias regionales debido al tipo y a la calidad del combustible, y al uso y la densidad geográfica de los aparatos.
44. Las chimeneas domésticas tienen una tasa de combustión de los hidrocarburos de combustibles y gases residuales menor que las grandes instalaciones de combustión. Esto es especialmente cierto si se utilizan combustibles sólidos como madera y carbón, con concentraciones de PCDD/F en las emisiones del orden de 0,1 a 0,7 ng ET/m<sup>3</sup>.
45. Quemar material de embalaje junto con combustibles sólidos aumenta las emisiones de PCDD/F. Aunque está prohibido en algunos países, puede ocurrir que se quemen basuras y materiales de embalaje en domicilios privados. Debido al aumento de los costos de eliminación, es preciso reconocer que se están quemando materiales residuales domésticos en instalaciones de combustión domésticas. El uso de madera con material de embalaje residual añadido puede provocar un aumento de las emisiones de PCDD/F del orden de 0,06 ng ET/m<sup>3</sup> (exclusivamente madera) a 8 ng ET/m<sup>3</sup> (referidos a un 11 % de O<sub>2</sub> en volumen). Estos resultados han sido confirmados por investigaciones realizadas en varios países, que obtuvieron mediciones de hasta 114 ng ET/m<sup>3</sup> (con respecto a un 13 % de oxígeno en volumen) en gases residuales procedentes de aparatos de combustión domésticos que queman materiales residuales.
46. Las emisiones de los aparatos de combustión domésticos pueden reducirse limitando los materiales empleados a combustibles de buena calidad y evitando quemar desechos, plásticos halogenados y otros materiales. Los programas de información pública para compradores/operadores de aparatos de combustión domésticos pueden servir para alcanzar este objetivo.

E. *Instalaciones de combustión de madera (< 50 MW de capacidad)*

47. Los resultados de las mediciones efectuadas en instalaciones de combustión de madera indican que los gases residuales contienen emisiones de PCDD/F superiores a 0,1 ng ET/m<sup>3</sup>, especialmente en condiciones de combustión desfavorables y/o si las sustancias empleadas tienen un mayor contenido de compuestos clorados que la madera normal sin tratar. Un indicio de una combustión deficiente es la concentración de carbono total en el gas residual. Se han hallado correlaciones entre las emisiones de CO, la calidad de la combustión y las emisiones de PCDD/F. La tabla 3 resume algunos datos de concentraciones medidas en las emisiones y factores para instalaciones de combustión de madera.

**Tabla 3**

*Concentraciones en las emisiones relacionadas con la cantidad y factores para instalaciones de combustión de madera*

Combustible	Concentración en la emisión (ng ET/m <sup>3</sup> )	Factor de emisión (ng ET/kg)	Factor de emisión (ng/G)
Madera natural (haya)	0,02-0,10	0,23-1,3	12-70
Seroja de origen forestal	0,07-0,21	0,79-2,6	43-140
Aglomerado	0,02-0,08	0,29-0,9	16-50

Combustible	Concentración en la emisión (ng ET/m <sup>3</sup> )	Factor de emisión (ng ET/kg)	Factor de emisión (ng/G)
Madera residual urbana	2,7-14,4	26-173	1 400-9 400
Desechos domésticos	114	3 230	
Carbón vegetal	0,03		

48. La combustión de madera residual urbana (madera de demolición) en parrillas móviles comporta emisiones de PCDD/F relativamente altas, en comparación con fuentes de madera no residual. Una medida primaria para la reducción de emisiones es evitar el uso de madera residual tratada en instalaciones de combustión de madera. La combustión de madera tratada deberá realizarse exclusivamente en instalaciones provistas de equipos adecuados de depuración de gases de combustión para minimizar las emisiones de PCDD/F.

## V. TÉCNICAS DE CONTROL PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE PAH

### A. Producción de coque

49. Durante la producción de coque se liberan PAH a la atmósfera principalmente:
- Al cargar el horno a través de los orificios de carga.
  - Por fugas a través de la puerta del horno, de los tubos ascendentes y de las tapas de los orificios de carga.
  - Durante el deshornado y enfriamiento del coque.
50. La concentración de benzo(a)pireno (BaP) varía notablemente de una fuente a otra en una batería de coque. Las mayores concentraciones de BaP se hallan en la parte superior de la batería y en las proximidades inmediatas de las puertas.
51. Los PAH derivados de la producción de coque pueden reducirse mejorando técnicamente las plantas integrales de hierro y acero existentes. Esto podría comportar el cierre y sustitución de las antiguas baterías de coque y la reducción general de la producción de coque, por ejemplo, inyectando carbón de alto valor en la producción de acero.
52. Una estrategia de reducción de PAH en baterías de coque debería comprender las siguientes medidas técnicas:
- Carga de los hornos de coque:
    - Reducción de las emisiones de partículas al cargar el carbón de la carbonera en las vagonetas de carga.
    - Sistemas cerrados para el traslado de carbón si se utiliza precalentamiento del carbón.
    - Extracción de los gases de carga y su tratamiento posterior, pasándolos bien al horno adyacente, bien a través de un colector a un incinerador y después a un extractor de polvo. En algunos casos, los gases de carga extraídos pueden quemarse en las vagonetas de carga, pero estos sistemas basados en vagonetas son menos satisfactorios en términos de comportamiento y seguridad ambiental. Es preciso generar suficiente aspiración por inyección de vapor o agua en los tubos ascendentes.
  - Deben evitarse las emisiones a través de las tapas de los orificios de carga durante la coquización:
    - Utilizando tapas de estanqueidad de alta eficiencia en los orificios de carga.
    - Sellando las tapas de los orificios de carga con arcilla (o material igualmente eficaz) después de cada operación de carga.
    - Limpiando las tapas y los marcos de los orificios de carga antes de cerrarlos.
    - Manteniendo los techos de los hornos libres de desechos de carbón.
  - Las tapas de los tubos ascendentes deben equiparse con juntas hidráulicas para evitar emisiones de gas y alquitrán y es preciso mantener el correcto funcionamiento de las juntas mediante una limpieza regular.
  - La maquinaria que acciona las puertas del horno de coque debe equiparse con sistemas para limpiar las superficies de las juntas de los marcos de las puertas y de las propias puertas del horno.

- e) Puertas del horno de coque:
- Deben utilizarse juntas muy eficaces (por ejemplo, puertas de membrana presionadas por resorte).
  - Las juntas de las puertas y los marcos deben limpiarse minuciosamente tras cada manipulación.
  - Las puertas deben diseñarse de tal manera que permitan la instalación de sistemas extractores de partículas con conexión a un dispositivo extractor de polvo (a través de un colector) durante las operaciones de vaciado.
- f) La máquina de traslado de coque debe equiparse con una campana integrada, un conducto estacionario y un sistema depurador de gas estacionario (preferiblemente un filtro textil).
- g) Deben aplicarse métodos bajos en emisiones para enfriar el coque, por ejemplo, enfriamiento de coque en seco. Es preferible la sustitución del proceso de enfriamiento brusco en mojado por el enfriamiento en seco, siempre que se evite la generación de aguas residuales por medio de un sistema de circulación cerrado. Debe reducirse el polvo generado al manipular coque enfriado en seco.
53. El proceso denominado «fabricación de coque sin recuperación» emite cantidades de PAH significativamente menores que el proceso más convencional de recuperación de subproductos. Esto se debe a que en este caso los hornos funcionan bajo presión negativa, eliminándose así las fugas a la atmósfera a través de sus puertas. Durante la coquización, el gas crudo se extrae del horno de coque por medio de un tiro natural, que mantiene una presión negativa en los hornos. Estos no están concebidos para recuperar los subproductos químicos del gas crudo de coquización. En lugar de ello, los gases de escape del proceso de coquización (incluyendo PAH) se queman eficientemente a altas temperaturas y con largos tiempos de permanencia. El calor residual de esta incineración se utiliza para proporcionar la energía de coquización, y el calor sobrante puede utilizarse para generar vapor. La economía de este tipo de operación de coquización puede requerir una unidad de cogeneración para producir electricidad con el vapor sobrante. Actualmente sólo funciona una planta de coque sin recuperación en Estados Unidos y otra en Australia. El proceso se basa en un horno de coque horizontal de tiro inferior sin recuperación, con una cámara de incineración adosada a dos hornos. El proceso permite alternar carga y coquización entre los dos hornos. De este modo, la cámara de incineración siempre recibe gases de coque de uno de ellos. La combustión de los gases de coque en la cámara de incineración proporciona la fuente de calor necesaria. El diseño de la cámara de incineración permite cumplir el tiempo de reposo (aproximadamente 1 segundo) y las altas temperaturas (mínimo 900 °C) que se precisan.
54. Es necesario poner en marcha un programa eficaz de control de fugas para las juntas de las puertas del horno de coque. Esto implica la vigilancia y el registro de las fugas y su reparación o mantenimiento con carácter inmediato. De este modo, es posible conseguir una reducción significativa de las emisiones difusas.
55. La readaptación de las baterías de coque ya existentes para facilitar la condensación de los gases de combustión procedentes de todo tipo de fuentes (con recuperación de calor) comporta una reducción de PAH que oscila entre el 86 % y más del 90 % en el aire (sin tener en cuenta el tratamiento de aguas residuales). Los costos de inversión pueden amortizarse en cinco años, teniendo en cuenta la energía recuperada, el agua calentada, el gas para la síntesis y el ahorro de agua de enfriamiento.
56. El aumento del volumen del horno de coque comporta una disminución del número total de hornos, de las aperturas de las puertas (cantidad de hornadas diarias), del número de juntas en una batería de coque y, en consecuencia, de las emisiones de PAH. La productividad aumenta del mismo modo al disminuir los gastos de explotación y de personal.
57. Los sistemas de enfriamiento en seco requieren una mayor inversión que los métodos de enfriamiento en mojado. Los mayores costos de explotación pueden compensarse con la termorrecuperación en un proceso de precalentamiento del coque. La eficiencia energética de un sistema combinado de precalentamiento de carbón/ enfriamiento de coque en seco aumenta del 38 a un 65 %. El precalentamiento del carbón aumenta la productividad un 30 %, cifra que puede elevarse a un 40 % porque el proceso de coquización es más homogéneo.
58. Todos los tanques e instalaciones para el almacenamiento y tratamiento de alquitrán mineral y sus derivados deben equiparse con un sistema eficiente de recuperación y/o destrucción de vapor. Los costos de explotación de los sistemas destructores de vapor pueden reducirse con una modalidad de poscombustión autotérmica si la concentración de los compuestos de carbono en el desecho es suficientemente alta.
59. La tabla 4 resume las medidas de reducción de las emisiones de PAH en plantas de producción de coque.



Tabla 4

Control de las emisiones de PAH para la producción de coque

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (%) a/	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
<b>La readaptación de plantas antiguas con condensación de los gases de combustión de todo tipo de fuentes comprende las siguientes medidas:</b>	Total < 10 (sin aguas residuales)	Altos	Las emisiones a las aguas residuales por enfriamiento en mojado son muy altas. Este método sólo debe aplicarse si el agua se reutiliza en un ciclo cerrado.
— Evacuación y poscombustión de los gases de llenado durante la carga de los hornos o paso de los gases al horno adyacente, en la medida de lo posible.	5	(La amortización de los costos de inversión, teniendo en cuenta la recuperación de energía, el agua calentada, el gas para síntesis y el ahorro de agua de enfriamiento, puede ser de cinco años.)	
— Deben evitarse las emisiones a través de las tapas de los orificios de carga en la medida de lo posible, por ejemplo, con tapas de construcción especial y métodos de sellado altamente eficaces. El horno de coque debe tener puertas con juntas altamente eficaces. Limpiar las tapas y los marcos de los orificios de carga antes de cerrarlos.	< 5		
— Es preciso recoger los gases residuales de las operaciones de vaciado y enviarlos a un dispositivo extractor de polvo.	< 5		
— Supresión del enfriamiento del coque en mojado salvo que se aplique correctamente sin aguas residuales.			
<b>Métodos bajos en emisiones para enfriar el coque, por ejemplo, enfriamiento en seco.</b>	Sin emisiones al agua	Mayores costos de inversión que el enfriamiento en mojado (pero menores costos gracias al precalentamiento del coque y el uso de calor residual).	
<b>Aumentar el uso de hornos de gran volumen para reducir el número de aperturas y la superficie de las áreas de sellado.</b>	Considerable	Inversión aproximadamente un 10 % superior que en las plantas convencionales.	En la mayoría de los casos es necesaria una readaptación total o la instalación de una nueva coquería.

a/: Emisión restante en comparación con la modalidad sin reducción.

## B. Producción de ánodos

60. Las emisiones de PAH derivadas de la producción de ánodos se han tratado de modo similar a las provocadas por la producción de coque.
61. Se aplican las siguientes medidas secundarias para reducir las emisiones de polvo contaminado por PAH:
- Precipitación electrostática de alquitrán.
  - Combinación de un filtro electrostático convencional para alquitrán con un filtro electrostático húmedo, como medida técnica más eficiente.
  - Poscombustión térmica de los gases residuales.
  - Lavado en seco con coque de petróleo/piedra caliza u óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ).
62. Los costos de explotación de la poscombustión térmica pueden reducirse en una modalidad de combustión autotérmica si la concentración de compuestos de carbono en el gas residual es suficientemente alta. La tabla 5 resume las medidas de control de las emisiones de PAH para la producción de ánodos.

Tabla 5

Control de las emisiones de PAH en la producción de ánodos

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (%) <sup>a/</sup>	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
<p><b>Modernización de las plantas antiguas reduciendo las emisiones difusas con las siguientes medidas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Reducción de fugas.</li> <li>— Instalación de selladores flexibles en las puertas del horno.</li> <li>— Evacuación y posterior tratamiento de los gases de carga, bien pasando los gases al horno adyacente, bien pasándolos por un colector a un incinerador y después por un extractor de polvo en el suelo.</li> <li>— Sistemas de manejo y enfriamiento de los hornos de coque.</li> <li>— Evacuación y depuración de las emisiones de partículas de coque.</li> </ul>	3-10	Altos	
<p><b>Tecnologías establecidas para la producción de ánodos en los Países Bajos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Horno nuevo con lavador seco (con coque de petróleo/piedra caliza o con aluminio).</li> <li>— Reciclado de efluentes en la unidad de pasta.</li> </ul>	45-50		Implantado en Holanda en 1990. Para reducir PAH, es eficaz el lavado con coques de petróleo o piedra caliza; con aluminio no se sabe.
<p><b>BAT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Precipitación electrostática de polvo.</li> </ul>	2-5	Menores costos de explotación en modalidad autotérmica	Es preciso limpiar el alquitrán periódicamente.
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Poscombustión térmica.</li> </ul>	15		Operación en modalidad autotérmica sólo si la concentración de PAH en el gas residual es suficientemente alta.

<sup>a/</sup>: Emisión restante en comparación con la modalidad sin reducción.

### C. Industria de aluminio

63. El aluminio se produce a partir de alúmina ( $Al_2O_3$ ) por electrólisis en cubas (pilas) conectadas eléctricamente en serie. Las cubas pueden ser de precocción o de Soederberg, según el tipo de ánodo.
64. Las cubas de precocción tienen ánodos que consisten en bloques de carbono calcinado (cocido), que se reemplazan tras su consumo parcial. Los ánodos de Soederberg se cuecen en la pila, con una mezcla de coque de petróleo y brea mineral, que actúa como aglomerante.
65. El proceso Soederberg libera emisiones de PAH muy altas. Las medidas primarias de supresión incluyen la modernización de plantas existentes y la optimización de los procesos, que pueden reducir las emisiones de PAH un 70-90 %. Puede alcanzarse un nivel de 0,015 kg de BaP por tonelada de Al. Reemplazar las pilas de Soederberg existentes por precocidas requeriría una importante reconstrucción del proceso existente, pero eliminaría prácticamente las emisiones de PAH. Los costos de inversión necesarios para esta sustitución son muy elevados.
66. La tabla 6 resume las medidas de control de las emisiones de PAH en la producción de aluminio.

Tabla 6

Control de las emisiones de PAH en la producción de aluminio mediante el proceso Soederberg

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (%) <sup>a/</sup>	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
<b>Sustitución de los electrodos Soederberg por:</b> — Electrodos precocidos (evitación de breas aglomerantes). — Ánodos inertes.	3-30	Mayores costos de los electrodos en torno a 800 millones de dólares estadounidenses	Los electrodos Soederberg son más baratos que los precocidos, porque no se precisa planta de cocción de ánodos. Se está investigando, pero las expectativas son escasas. Un manejo y un control eficiente de las emisiones son partes esenciales del control de emisiones. Un funcionamiento deficiente podría provocar emisiones difusas significativas.
<b>Sistemas de precocción cerrados con alimentación puntual de alúmina y control eficiente del proceso, toda la cuba está cubierta por campanas que permiten la recogida eficiente de contaminantes atmosféricos.</b>	1-5		
<b>Cuba Soederberg con tornillos de contacto verticales y sistemas de recogida de gases residuales.</b>  Tecnología Sumitomo (Briquetas anódicas para el proceso VSS).	> 10	Readaptación de la tecnología Soederberg por encapsulado y punto de alimentación modificado: 50 000-10 000 dólares estadounidenses por horno  Bajos-Medios	Las emisiones difusas se producen durante la alimentación, rotura de la corteza y elevación de los tornillos de contacto de hierro a una posición más alta.
<b>Depuración de gases:</b> — Filtros de alquitrán electrostáticos.	2-5	Bajos	Alta velocidad de chisporroteo y formación de arco eléctrico.
— Combinación de los filtros electrostáticos convencionales para alquitrán con la depuración electrostática de gases por humedad.	> 1	Medios	
— Poscombustión térmica.			
Uso de brea con un punto de fusión más alto (HSS + VSS).	Alto	Bajos-Medios	
<b>Uso de lavado en seco en las plantas existentes HSS + VSS.</b>		Medios-Altos	

<sup>a/</sup>: Emisión restante en comparación con la modalidad sin reducción.

#### D. Combustión doméstica

67. Las emisiones de PAH procedentes de la combustión doméstica pueden detectarse especialmente cuando se utilizan estufas o chimeneas basadas en madera o carbón. Los domicilios particulares pueden ser una fuente significativa de emisiones de PAH. Ésta es la consecuencia del uso de chimeneas y pequeñas instalaciones para quemar combustibles sólidos en domicilios particulares. En algunos países, el combustible habitual de las estufas es el carbón. Estas estufas emiten menos cantidad de PAH que los que queman madera, debido a sus temperaturas de combustión más altas y a la calidad más constante del combustible.

68. Además, los sistemas de combustión con características funcionales optimizadas (por ejemplo, velocidad de combustión) controlan eficazmente las emisiones de PAH procedentes de la combustión doméstica. La optimización de las condiciones de combustión incluye la optimización del diseño de la cámara de combustión y la optimización del suministro de aire. Existen varias técnicas que optimizan las condiciones de combustión y reducen las emisiones. La diferencia de las emisiones entre las diferentes técnicas es significativa. Una moderna caldera de madera con tanque de acumulación de agua, que representa una BAT, reduce la emisión más del 90 % en comparación con una caldera anticuada sin tanque de acumulación de agua. Una caldera moderna tiene tres zonas diferentes: un hogar para la gasificación de la madera, una zona de combustión con cerámica u otro material que permita temperaturas de unos 1 000 ° C, y una zona de convección. La parte de convección en la que el agua absorbe el calor debe ser suficientemente larga y efectiva de modo que pueda reducirse la temperatura del gas de 1 000 ° C a 250 ° C o menos. También hay varias técnicas para complementar las calderas viejas y anticuadas, por ejemplo, mediante tanques de acumulación de agua, inserciones cerámicas y quemadores de gránulos.

69. Las velocidades de combustión optimizadas comportan bajas emisiones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos totales (THC) y PAH. El establecimiento de límites (reglamentos de homologación) para la emisión de CO y THC también afecta a la emisión de PAH. La baja emisión de CO y THC comporta una baja emisión de PAH. Como la medición de PAH es bastante más cara que la medición de CO, es más rentable establecer un valor límite para CO y THC. Se continúa trabajando en una propuesta de norma CEN para calderas de combustión de carbón y madera de hasta 300 kW (véase la tabla 7).

Tabla 7

Proyectos de normas CEN en 1997

Clase	Efecto (kW)	3	2	1	3	2	1	3	2	1
		CO			THC			Partículas		
Manual	< 50	5 000	8 000	25 000	150	300	2 000	150/125	180/150	200/180
	> 50-150	2 500	5 000	12 500	100	200	1 500	150/125	180/150	200/180
	> 150-300	1 200	2 000	12 500	100	200	1 500	150/125	180/150	200/180
Automático	< 50	3 000	5 000	15 000	100	200	1 750	150/125	180/150	200/180
	> 50-150	2 500	4 500	12 500	80	150	1 250	150/125	180/150	200/180
	> 150-300	1 200	2 000	12 500	80	150	1 250	150/125	180/150	200/180

Nota: Niveles de emisión en mg/m<sup>3</sup> con un 10 % de O<sub>2</sub>.

70. Las emisiones de las estufas domésticas de combustión de madera pueden reducirse:

- En el caso de las estufas existentes, por medio de programas de información pública y concienciación con respecto al correcto manejo de las estufas, el uso exclusivo de madera sin tratar, procedimientos de preparación de combustible y la correcta desecación de la madera.
- En el caso de las estufas nuevas, por medio de la aplicación de las normas de producto descritas en el borrador de norma CEN (y normas de producto equivalentes de Estados Unidos y Canadá).

71. Medidas más generales para la reducción de emisiones de PAH son las relacionadas con el desarrollo de sistemas centralizados para domicilios particulares y de conservación de energía, tales como la mejora del aislamiento térmico para reducir el consumo de energía.

72. La información se resume en la tabla 8.

Tabla 8

Control de las emisiones de PAH en la combustión doméstica

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (%) a/	Costes estimados	Riesgos del tratamiento
<b>Uso de carbón y madera secos (madera seca es madera almacenada durante al menos 18 a 24 meses).</b>	Alta eficacia	Medios	Es preciso negociar con los fabricantes de estufas para introducir un programa de homologación.
<b>Uso de carbón seco.</b>	Alta eficacia		
<b>Diseño de sistemas de calefacción para combustibles sólidos a fin de optimizar las condiciones de combustión:</b> — Zona de gasificación. — Combustión con cerámica. — Zona de convección efectiva.	55		
<b>Tanque de acumulación de agua.</b>	30 a 40	Bajos	También podría conseguirse con una vigorosa educación pública, combinada con instrucciones prácticas y un reglamento de tipos de estufas.
<b>Instrucciones técnicas para un funcionamiento eficiente.</b>			
<b>Programa de información pública relativo al uso de estufas para madera.</b>			

a/: Emisión restante en comparación con la modalidad sin reducción.

E. *Instalaciones de conservación de la madera*

73. La conservación de la madera con productos de alquitrán mineral que contienen PAH puede constituir una fuente importante de emisiones de PAH a la atmósfera. Pueden producirse emisiones durante el propio proceso de impregnación, así como durante el almacenamiento, la manipulación y el uso de la madera impregnada al aire libre.
74. Los productos de alquitrán mineral más utilizados que contienen PAH son el carbolíneo y la creosota. Ambos son destilados de alquitrán mineral que contienen PAH para la protección de la madera frente al ataque biológico.
75. Las emisiones de PAH de instalaciones de conservación y almacenamiento de la madera pueden reducirse utilizando varios métodos, implantados por separado o en combinación, tales como:
- Imponer requisitos a las condiciones de almacenamiento para evitar la contaminación del suelo y de las aguas superficiales por PAH lixiviado y agua de lluvia contaminada (por ejemplo, almacenes impermeables a la lluvia, techado, reutilización de aguas contaminadas para el proceso de impregnación, exigencias de calidad para el material producido).
  - Aplicar medidas para reducir las emisiones atmosféricas en las plantas de impregnación (por ejemplo, la madera caliente debe enfriarse de 90 °C a 30 °C al menos antes de su transporte a los almacenes. Sin embargo, es preciso destacar como BAT un método alternativo a basado en vapor a presión en condiciones de vacío para impregnar la madera con creosota).
  - La carga óptima de un conservante de la madera, que dé protección adecuada al producto de madera tratada *in situ*, puede considerarse una BAT ya que reduce la necesidad de sustituciones, reduciendo así las emisiones de las instalaciones de conservación de la madera.
  - Utilizar productos de conservación de la madera con un contenido menor de aquellas PAH que son COP:
    - Posiblemente utilizar creosota modificada, que se considera una fracción de destilación que hierve entre 270 °C y 355 °C, que reduce tanto las emisiones de las PAH más volátiles como las PAH más pesadas y tóxicas.
    - Desaconsejar el uso de carbolíneo también reduciría las emisiones de PAH.
  - Evaluar y después utilizar, según el caso, alternativas, como las indicadas en la tabla 9, que minimicen la dependencia de los productos basados en PAH.
76. La combustión de madera impregnada da lugar a emisiones de PAH y otras sustancias nocivas. Si se procede a la combustión, deberá efectuarse en instalaciones con técnicas de supresión adecuadas.

**Tabla 9**

*Posibles alternativas a la conservación de la madera que comporte productos basados en PAH*

Opciones de tratamiento	Riesgos del tratamiento
Uso de materiales alternativos de aplicación en construcción: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Madera dura producida sosteniblemente (riberas fluviales, vallas, compuertas).</li> <li>— Plásticos (postes hortícolas).</li> <li>— Hormigón (traviesas ferroviarias).</li> <li>— Sustitución de construcciones artificiales por naturales (como riberas fluviales, vallas, etc.).</li> <li>— Uso de madera sin tratar.</li> </ul> Se están desarrollando varias técnicas alternativas para la conservación de la madera que no incluyen la impregnación con productos basados en PAH.	Es preciso evaluar otros problemas medioambientales tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>— disponibilidad de madera producida adecuadamente;</li> <li>— emisiones provocadas por la producción y la eliminación de plásticos, especialmente PVC.</li> </ul>

## ANEXO VI

**PLAZOS PARA LA APLICACIÓN DE VALORES LÍMITE Y DE LAS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES A LAS FUENTES ESTACIONARIAS NUEVAS Y EXISTENTES**

Los plazos para la aplicación de valores límite y de las mejores técnicas disponibles son:

- a) Para fuentes estacionarias nuevas: dos años desde la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo.
- b) Para fuentes estacionarias existentes: ocho años desde la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo. Si es necesario, este período podrá ampliarse para determinadas fuentes estacionarias existentes de acuerdo con el período de amortización previsto por la legislación nacional.

---

## ANEXO VII

**MEDIDAS DE CONTROL RECOMENDADAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES DE FUENTES MÓVILES**

1. El anexo III del presente Protocolo contiene las definiciones pertinentes.

**I. Niveles de emisión alcanzables para nuevos vehículos y parámetros de combustible***A. Niveles de emisión realizables para nuevos vehículos*

2. Turismos diésel

Año	Masa de referencia	Valores límite	
		Masa de hidrocarburos y NO <sub>x</sub>	Masa de partículas
1.1.2000	Toda	0,56 g/km	0,05 g/km
1.1.2005 (indicativo)	Toda	0,3 g/km	0,025 g/km

3. Vehículos pesados

Año/ciclo de pruebas	Valores límite	
	Masa de hidrocarburos	Masa de partículas
1.1.2000/ciclo ESC	0,66 g/kWh	0,1 g/kWh
1.1.2000/ciclo ETC	0,85 g/kWh	0,16 g/kWh

4. Máquinas todo terreno

Paso 1 (referencia: normativa ECE nº 96) (\*)

Potencia neta (P) (kW)	Masa de hidrocarburos	Masa de partículas
$P \geq 130$	1,3 g/kWh	0,54 g/kWh
$75 \leq P < 130$	1,3 g/kWh	0,70 g/kWh
$37 \leq P < 75$	1,3 g/kWh	0,85 g/kWh

(\*) «Disposiciones uniformes relativas a la homologación de motores de ignición por compresión (C.I.) a instalar en tractores agrícolas y forestales en relación con las emisiones de contaminantes por el motor». La normativa entró en vigor el 15 de diciembre de 1995 y su enmienda entró en vigor el 5 de marzo de 1997.

Paso 2

Potencia neta (P) (kW)	Masa de hidrocarburos	Masa de partículas
$0 \leq P < 18$		
$18 \leq P < 37$	1,5 g/kWh	0,8 g/kWh
$37 \leq P < 75$	1,3 g/kWh	0,4 g/kWh
$75 \leq P < 130$	1,0 g/kWh	0,3 g/kWh
$130 \leq P < 560$	1,0 g/kWh	0,2 g/kWh

B. *Parámetros de combustible*

## 5. Combustible diésel

Parámetro	Unidad	Límites		Método de ensayo
		Valor mínimo (2000-2005) (*)	Valor máximo (2000-2005) (*)	
Índice de cetano	—	51/NE	—	ISO 5165
Densidad a 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	—	845/NE	ISO 3675
95 % evaporado	°C	—	360/NE	ISO 3405
PAH	% masa	—	11/NE	prIP 391
Azufre	ppm	—	350/50 (**)	ISO 14956

NE: No especificado.

(\*) 1 de enero del año especificado.

(\*\*) Valor indicativo.

II. **Restricción de eliminadores halogenados, aditivos de combustibles y lubricantes**

6. En algunos países se utiliza el 1,2-dibromometano en combinación con 1,2-diclorometano como eliminador en la gasolina con plomo. Más aún, durante el proceso de combustión en el motor se forman PCDD/F. La aplicación de convertidores catalíticos de tres vías para automóviles requiere el uso de combustible sin plomo. En la medida de lo posible deberá evitarse la adición de eliminadores y otros compuestos halogenados a la gasolina y otros combustibles y a los lubricantes.
7. La tabla 1 resume medidas para el control de las emisiones de PCDD/F del tubo de escape de los automóviles de transporte por carretera.

**Tabla 1***Control de las emisiones de PCDD/F de los tubos de escape de los automóviles de transporte en carretera*

Opciones de tratamiento	Riesgos del tratamiento
Evitar añadir compuestos halogenados a los combustibles. — 1,2-diclorometano — 1,2-dichloromethano y los compuestos de bromo correspondientes como eliminadores en combustibles con plomo para motores de encendido por chispa (los compuestos de bromo pueden provocar la formación de dioxinas o furanos bromados). Evitar los aditivos halogenados en combustibles y lubricantes.	Los eliminadores halogenados se irán abandonando a medida que se reduzca el mercado de la gasolina con plomo debido al uso cada vez mayor de los convertidores catalíticos de tres vías de circuito cerrado con los motores de encendido por chispa.

III. **Medidas de control para las emisiones de cop de fuentes móviles**A. *Emisiones de COP de automóviles*

8. Las emisiones de COP procedentes de automóviles toman la forma de PAH aglomerados en partículas que emiten los vehículos diésel. Los vehículos de gasolina también emiten PAH en menor medida.
9. Los combustibles y los aceites lubricantes pueden contener compuestos halogenados a raíz del proceso productivo o de sus aditivos. Estos compuestos pueden transformarse durante la combustión en PCDD/F y posteriormente se emiten con los gases de escape.



*B. Inspección y mantenimiento*

10. En el caso de las fuentes móviles con motor diésel, puede asegurarse la eficacia del control de las emisiones de PAH a través de programas periódicos de pruebas de emisiones de partículas, opacidad durante la aceleración libre o métodos equivalentes.
11. En el caso de las fuentes móviles con motor de gasolina, puede asegurarse la eficacia del control de las emisiones de PAH (además de otros componentes de los gases de escape) a través de programas periódicos de pruebas de dosificación de combustible y eficiencia del convertidor catalítico.

*C. Técnicas para controlar las emisiones de PAH de automóviles diésel y gasolina*

## 1. Aspectos generales de las tecnologías de control

12. Es importante asegurarse de que los vehículos se diseñen de forma que cumplan las normas de emisiones mientras estén en servicio. Esto puede hacerse asegurando la conformidad de la producción, la durabilidad, la garantía de los componentes de emisiones y la recuperación de vehículos defectuosos. Para los vehículos en uso, puede asegurarse el funcionamiento continuado del control de emisiones por medio de un programa eficaz de inspección y mantenimiento.

## 2. Medidas técnicas para el control de emisiones

13. Son importantes las siguientes medidas para controlar las emisiones de PAH:
  - a) Especificaciones de calidad del combustible y modificaciones del motor para controlar las emisiones antes de que se formen (medidas primarias).
  - b) Adición de sistemas de tratamiento de gases de escape, por ejemplo, catalizadores oxidantes o colectores de partículas (medidas secundarias).

## 1) Motores diésel

14. La modificación del combustible diésel puede arrojar dos beneficios: un menor contenido de azufre reduce las emisiones de partículas y aumenta la eficiencia de conversión de los catalizadores oxidantes, y la reducción de compuestos diaromáticos y triaromáticos reduce la formación y emisión de PAH.
15. Una medida primaria para reducir las emisiones consiste en modificar el motor para conseguir una combustión más completa. Se aplican muchas modificaciones diferentes. En general, en la composición de los gases de escape del vehículo influyen los cambios del diseño de la cámara de combustión y el aumento de las presiones de inyección de combustible. Actualmente, la mayoría de los motores diésel funcionan con sistemas mecánicos de control. Los motores más recientes utilizan cada vez más sistemas de control electrónico informático con mayor flexibilidad potencial para controlar las emisiones. Otra tecnología de control de emisiones es la tecnología combinada de turboalimentación y enfriamiento intermedio. Este sistema consigue reducir los  $\text{NO}_x$ , así como economizar el gasto de combustible y el consumo de potencia. En el caso de los motores pesados y ligeros, también es posible realizar un ajuste fino del colector de admisión.
16. Controlar el aceite lubricante es importante para reducir la materia en partículas (PM), ya que se forma entre un 10 y un 50 % de partículas a partir del aceite de motores. Puede reducirse el consumo de aceite mejorando las especificaciones de fabricación del motor y las juntas del motor.
17. Las medidas secundarias para controlar las emisiones consisten en la adición de sistemas de tratamiento de los gases de escape. En general, en el caso de los motores diésel, se ha demostrado que la combinación del catalizador oxidante y el filtro de partículas es eficaz para reducir las emisiones de PAH. Se está evaluando un colector de oxidación de partículas. Se ubica en el sistema de escape para atrapar la PM y puede conseguir cierta regeneración del filtro quemando la PM recogida por calentamiento eléctrico del sistema u otro medio de regeneración. Para una regeneración apropiada de los colectores de sistemas pasivos durante el funcionamiento normal, se precisa un dispositivo de regeneración asistido por quemador o el uso de aditivos.

## 2) Motores de gasolina

18. Las medidas de reducción de PAH en motores de gasolina se basan principalmente en el uso de un convertidor catalítico de tres vías de circuito cerrado, que reduce las emisiones de PAH junto con las de HC.
19. Un mejor comportamiento de arranque en frío reduce las emisiones orgánicas en general y las de PAH en particular (por ejemplo, con catalizadores de arranque, mejorando la evaporación/atomización de combustible, con catalizadores calientes).
20. La tabla 2 resume las medidas para el control de las emisiones de PAH de los tubos de escape de los automóviles de transporte por carretera.

**Tabla 2***Control de las emisiones de PAH de los tubos de escape de los automóviles de transporte por carretera*

Opciones de tratamiento	Nivel de emisión (%)	Riesgos del tratamiento
Motores de encendido por chispa:	10 a 20	Disponibilidad de gasolina sin plomo.
— Convertidor catalítico de tres vías de circuito cerrado.	5 a 15	Comercialmente disponible en algunos países.
— Catalizadores de reducción de las emisiones de arranque en frío.		Disponibilidad de la capacidad de refino.
Combustible para motores de encendido por chispa:		
— Reducción de los aromáticos.		
— Reducción de azufre.		
Motores diésel:	20-70	Disponibilidad de la capacidad de refino.
— Catalizador oxidante.		
— Colector oxidante/filtro de partículas.		
Modificación del combustible diésel:		
— Reducción del azufre para reducir las emisiones de partículas.		
Mejora de las especificaciones del motor diésel:		Tecnologías existentes.
— Sistemas de control electrónico, ajuste de la velocidad de inyección e inyección de combustible a alta presión.		
— Turboalimentación y enfriamiento intermedio.		
— Recirculación de los gases de escape.		

## ANEXO VIII

## PRINCIPALES CATEGORÍAS DE FUENTES ESTACIONARIAS

## I. Introducción

Esta lista no comprende instalaciones o partes de instalaciones dedicadas a investigación, desarrollo y pruebas de nuevos productos. En el anexo V figura una descripción más completa de las categorías.

## II. Lista de categorías

Categoría	Descripción de la categoría
1	Incineración, inclusive incineración conjunta de desechos municipales, peligrosos o médicos, o de lodos de alcantarillado.
2	Plantas de sinterización.
3	Producción primaria y secundaria de cobre.
4	Producción de acero.
5	Plantas de fundición en la industria secundaria del aluminio.
6	Combustión de materias fósiles en calderas de compañías de suministros públicos y empresas industriales con una capacidad térmica superior a 50 MW <sub>th</sub> .
7	Combustión doméstica.
8	Instalaciones para quemar madera con una capacidad térmica inferior a 50 MW <sub>th</sub> .
9	Producción de coque.
10	Producción de ánodos.
11	Producción de aluminio basado en el proceso Soederberg.
12	Instalaciones de conservación de la madera, excepto en el caso de que para algunas de las partes esta categoría no suponga una contribución significativa a sus emisiones totales de PAH (según la definición del anexo III).