

ANEXO 4**RESOLUCIÓN MEPC.170(57)
Adoptada el 4 de abril de 2008****DIRECTRICES SOBRE LOS SISTEMAS DE LIMPIEZA
DE LOS GASES DE ESCAPE****EL COMITÉ DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO**

RECORDANDO el artículo 38 a) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones que confieren al Comité de Protección del Medio Marino (el Comité) los convenios internacionales para la prevención y contención de la contaminación del mar,

RECORDANDO TAMBIÉN que la Conferencia de las Partes en el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques 1973, modificado por el Protocolo de 1978 relativo al mismo (MARPOL 73/78), celebrada en septiembre de 1997, había adoptado el Protocolo de 1997 que enmienda el MARPOL 73/78 mediante la adición del Anexo VI sobre la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques,

OBSERVANDO que mediante la regla 14 4) b) del Anexo VI, la Conferencia de 1997 acordó que los buques que navegan dentro de una zona de control de las emisiones de SO_x están autorizados a operar con un sistema de limpieza de los gases de escape aprobado por la Administración y teniendo en cuenta las directrices que elabore la Organización,

CONSCIENTE de que el Protocolo de 1997 entró en vigor el 19 de mayo de 2005 y que, de conformidad con la regla 14 7) del Anexo VI, las exenciones de lo prescrito en relación con las zonas de control de las emisiones de SO_x cesaron el 18 de mayo de 2006 con respecto a dicha zona en el Mar Báltico y el 29 de noviembre de 2007 con respecto a la zona de control en el Mar del Norte,

RECORDANDO la resolución MEPC.130(53) mediante la cual el Comité adoptó las Directrices relativas a los sistemas de a bordo para la limpieza de los gases de escape -SO_x,

TRAS EXAMINAR el proyecto de enmiendas a las Directrices relativas a los sistemas de limpieza de los gases de escape elaboradas por el Subcomité de Transporte de Líquidos y Gases a Granel, que se finalizaron en su 12º periodo de sesiones;

1. ADOPTA las Directrices relativas a los sistemas de los gases de escape, que figuran en el anexo de la presente resolución;
2. INVITA a los Gobiernos a que apliquen dichas Directrices a partir de la fecha de su adopción; y
3. REVOCA las Directrices adoptadas mediante la resolución MEPC.130(53).

ANEXO

DIRECTRICES RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE LIMPIEZA DE LOS GASES DE ESCAPE

1 INTRODUCCIÓN

1.1 En la regla 14 4) del Anexo VI del MARPOL 73/78 se prescribe que los buques que se encuentren en zonas de control de las emisiones de SO_x utilicen bien fueloil con una concentración de azufre que no exceda de la estipulada en la regla 14 4) a) o apliquen un sistema de limpieza de los gases de escape (LGE) para reducir el total de las emisiones de SO_x hasta la cantidad estipulada en la regla 14 4) b). La unidad LGE debería ser aprobada por la Administración, teniendo en cuenta las presentes directrices.

1.2 De modo análogo a los sistemas de reducción de las emisiones de NO_x, podrá aprobarse una unidad LGE a reserva de comprobaciones periódicas de las emisiones y los parámetros, o el sistema podrá ir provisto de un dispositivo de vigilancia continua de las emisiones. Las presentes directrices se han elaborado con el propósito de contar con pautas objetivas y centradas en el rendimiento. Como alternativa, el método basado en la relación SO₂(ppm)/CO₂(%) simplificará la vigilancia de las emisiones de SO_x y facilitará la aprobación de la unidad LGE. Véase en el apéndice I el fundamento de la utilización de SO₂(ppm)/CO₂(%) como base para el sistema de vigilancia.

1.3 No obstante, las presentes directrices tienen carácter de recomendación, por lo que se invita a las Administraciones a que se basen en las mismas para implantar cualquier normativa al respecto.

2 GENERALIDADES

2.1 Objetivo

2.1.1 El objetivo de las presentes directrices es especificar las prescripciones relativas a los ensayos, la certificación de los reconocimientos y la verificación de los sistemas de limpieza de los gases de escape (LGE) con objeto de garantizar su cumplimiento de lo prescrito en la regla 14 4) b) del Anexo VI del MARPOL 73/78.

2.1.2 Las directrices permiten dos planes: el Plan A (Certificación de la unidad mediante comprobaciones de los parámetros y emisiones) y el Plan B (Vigilancia continua de las emisiones mediante comprobaciones de los parámetros).

2.1.3 Los buques que vayan a utilizar parcial o totalmente un sistema de limpieza de los gases de escape con objeto de cumplir lo prescrito en la regla 14 4) b) del Anexo VI del Convenio MARPOL deberían contar con un plan de cumplimiento para las SECA (SCP).

2.2 Aplicación

2.2.1 Las presentes directrices se aplican a todas las unidades LGE, según estén acopladas a las máquinas de combustión de fueloil, excluidos los incineradores de a bordo, e instaladas a bordo de un buque.

2.3 Definiciones y documentos prescritos

Unidad de combustión de fueloil	Todo motor, caldera, turbina de gas u otro equipo alimentado con fueloil, excluidos los incineradores de a bordo
ppb	Partes por mil millones
SECA	Zona de control de las emisiones de SO _x
UTC	Tiempo universal coordinado
Valor certificado	Límite de emisión especificado por el fabricante que, de acuerdo con el certificado, la unidad LGE cumple
<i>In situ</i>	Muestreo realizado directamente en una corriente de gas de escape
	Régimen continuo máximo
SCP	Plan de cumplimiento para las SECA
SCC	Certificado de cumplimiento para las SECA
ETM "Plan A"	Manual técnico LGE – SO _x para el Plan A
ETM "Plan B"	Manual técnico LGE – SO _x para el Plan B
OMM	Manual de vigilancia de a bordo
Libro registro LGE	Registro de los parámetros de funcionamiento, ajustes de los componentes, mantenimiento y fichas de servicio, según proceda, de la unidad LGE en servicio

Documento	Plan A	Plan B
SCP	X	X
SCC	X	
ETM Plan A	X	
ETM Plan B		X
OMM	X	X
Libro registro LGE o sistema de registro electrónico	X	X
Libro registro de hidrocarburos	X	X

3 NOTA SOBRE LA SEGURIDAD

3.1 Se prestará la debida atención a las consecuencias para la seguridad que puedan tener la manipulación y proximidad de los gases de escape, el equipo de medición y el almacenamiento y utilización de los gases puros y de calibración en cilindros. Las posiciones para la toma de muestras y los andamios de acceso deberían ser tales que la vigilancia pueda desarrollarse en condiciones de seguridad. A la hora de situar la boca de descarga de las aguas residuales utilizada en la unidad SLGE se prestará la debida consideración a la ubicación de las tomas de agua de mar del buque. En todas las condiciones de funcionamiento, el pH se debería mantener a un nivel que evite los daños al sistema antiincrustante, la hélice, el timón y otros componentes del buque que puedan ser vulnerables a las descargas ácidas, posibles causantes de una corrosión acelerada de los componentes metálicos críticos.

4 PLAN A – APROBACIÓN, RECONOCIMIENTO Y CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA LGE MEDIANTE COMPROBACIONES DE LOS PARÁMETROS Y EMISIONES

4.1 Aprobación de los sistemas LGE

4.1.1 Generalidades

Las opciones del Plan A de las presentes directrices incluyen:

- a) aprobación de la unidad;
- b) unidades fabricadas en serie;
- c) aprobación de la gama de productos.

4.1.2 Aprobación de la unidad

4.1.2.1 Una unidad LGE debería certificarse como apta para satisfacer tanto el valor límite (el valor certificado) que especifique el fabricante (es decir, el nivel de emisión que la unidad puede alcanzar de manera continua) con un fueloil que tenga el contenido máximo de azufre en % masa/masa permitido por la regla 14 1) del Anexo VI del Convenio MARPOL, como los parámetros de funcionamiento para los que ha de aprobarse, según se enumeran en 4.2.2.1 b).

4.1.2.2 Cuando no vayan a realizarse ensayos con un fueloil que tenga el contenido máximo de azufre en % masa/masa, estará permitido utilizar dos combustibles de prueba con un contenido de azufre inferior en % masa/masa. El contenido de azufre en % masa/masa de los dos combustibles seleccionados debería diferenciarse en una cantidad suficiente para justificar el comportamiento operacional de la unidad LGE y demostrar que las prescripciones de la regla 14 4) del Anexo VI del Convenio MARPOL pueden cumplirse si se hace funcionar la unidad LGE con un combustible que tenga el contenido máximo de azufre en % masa/masa permitido por la regla 14 1) del Anexo VI del Convenio MARPOL. En tales casos, y de conformidad con la sección 4.3 según corresponda, deberían realizarse, al menos, dos ensayos no necesariamente consecutivos, pero sí en dos unidades LGE que sean idénticas.

4.1.2.3 Se deberían determinar los caudales máxicos de los gases de escape de la unidad que sean máxicos y, si procede, mínimos. El fabricante del equipo debería justificar el efecto de la variación de los demás parámetros que se definen en 4.2.2.1 b). El efecto de las variaciones en estos factores habría de ser evaluado mediante ensayos o de otro modo, según corresponda. Ninguna variación en estos factores, o combinación de las variaciones en estos factores, debería hacer que el valor de las emisiones de la unidad LGE fuera superior al valor certificado.

4.1.2.4 Los datos obtenidos de conformidad con esta sección deberían presentarse a la Administración para su aprobación junto con el ETM.

4.1.3 Unidades fabricadas en serie

En el caso de las unidades LGE nominalmente análogas y con los mismos caudales máxicos que se certifican en virtud de lo establecido en la sección 4.1.2, y para evitar que cada unidad LGE se someta a prueba, el fabricante del equipo puede presentar una conformidad de acuerdo de producción para que la acepte la Administración. En virtud de este acuerdo, la certificación de cada unidad LGE debería estar sujeta a todos los reconocimientos que la Administración considere necesarios para asegurarse de que el valor de las emisiones procedentes de cada unidad SLGE no es superior al valor certificado cuando dicho sistema funciona de conformidad con los parámetros definidos en 4.2.2.1 b).

4.1.4 Aprobación de la gama de productos

4.1.4.1 En el caso de una unidad LGE que tenga un proyecto idéntico, pero distintas capacidades de caudal máxico máxico de los gases de escape, la Administración puede aceptar que, en lugar de someter a prueba todas las capacidades de las unidades LGE de conformidad con la sección 4.1.2, los ensayos de dichos sistemas de limpieza se realicen con referencia a tres capacidades distintas, siempre y cuando estos ensayos se lleven a cabo a intervalos que incluyan los índices de capacidad más alto y más bajo de la gama y uno intermedio.

4.1.4.2 Cuando existan diferencias significativas en el proyecto de las unidades LGE de capacidades distintas, no debería aplicarse este procedimiento salvo que, a satisfacción de la Administración, pueda demostrarse que en la práctica esas diferencias no alteran materialmente el funcionamiento entre los distintos tipos de unidades LGE.

4.1.4.3 Para las unidades LGE de capacidades distintas, deberían ofrecerse datos relativos a la sensibilidad a las variaciones en el tipo de maquinaria de combustión a la que se encuentre acoplado el sistema, además de datos relativos a la sensibilidad a las variaciones en los parámetros enumerados en 4.2.2.1 b). Esto debería realizarse tomando como base los ensayos u otros datos, según corresponda.

4.1.4.4 Deberían ofrecerse datos relativos al efecto de los cambios de la capacidad LGE en las características del agua de lavado.

4.1.4.5 Deberían presentarse a la Administración todos los datos justificativos obtenidos de conformidad con esta sección, junto con el ETM para cada capacidad de unidad.

4.1.4.6 Para el valor de emisión límite que se contempla en 4.1.2.2, 4.1.2.3 y 4.1.3 podrá utilizarse un cociente SO_2 (ppm)/ CO_2 (%).

4.2 Reconocimiento y certificación

4.2.1 Procedimientos para la certificación de una unidad LGE

4.2.1.1 A fin de cumplir lo prescrito en 4.1, ya sea antes o después de la instalación a bordo, debería certificarse que cada unidad LGE se ajusta al límite de emisión (valor certificado) que especifique el fabricante (es decir, el nivel de emisión que la unidad puede alcanzar de manera continua) en las condiciones de funcionamiento y con las restricciones que figuran en el Manual técnico LGE (ETM) que haya aprobado la Administración.

4.2.1.2 La determinación del valor certificado debería ajustarse a lo dispuesto en las presentes directrices.

4.2.1.3 La Administración debería expedir un SCC a toda unidad LGE que se ajuste a lo prescrito en 4.2.1.1.

4.2.1.4 El fabricante del sistema LGE, el propietario del buque u otra parte deberían solicitar el SCC.

4.2.1.5 A las unidades LGE posteriores cuyo proyecto y capacidad nominal sea igual a lo que se certifica en 4.2.1.1, la Administración les puede expedir un SCC sin necesidad de someterlas a prueba de conformidad con 4.2.1.1 y a reserva de lo indicado en la sección 4.1.3 de las presentes directrices.

4.2.1.6 La Administración puede aceptar unidades LGE del mismo tipo con capacidades nominales diferentes a lo certificado en 4.2.1.1 y a reserva de lo indicado en la sección 4.1.4 de las presentes directrices.

4.2.1.7 La Administración debería centrarse especialmente en el examen de las unidades LGE que únicamente tratan una parte de la corriente de gases de escape en la salida de gases donde van acopladas para garantizar que, en todas las condiciones de funcionamiento definidas, el valor global de las emisiones de los gases de escape en el efluente del sistema es inferior al valor certificado.

4.2.2 Manual técnico relativo al sistema LGE (ETM) – "Plan A"

4.2.2.1 Cada unidad LGE debería disponer de un ETM facilitado por el fabricante en el que, como mínimo, figure la información siguiente:

- a) la identificación de la unidad (fabricante, modelo/tipo, número de serie y demás datos que se necesiten), incluida una descripción de dicha unidad y todos los sistemas auxiliares necesarios;
- b) los límites de funcionamiento, o la gama de valores de funcionamiento, para los que se haya certificado la unidad, y que, como mínimo, deberían incluir:
 - i) los caudales máxicos máximo y, si procede, mínimo del gas de escape;

- ii) la potencia, el tipo y demás parámetros pertinentes de la unidad de combustión de fueloil para la que se instalará la unidad LGE. En el caso de las calderas también se debería facilitar la relación máxima aire/combustible al 100% de carga. En el caso de los motores diesel, se indicará si se trata de un motor de dos o de cuatro tiempos;
 - iii) los valores máximo y mínimo del caudal de agua de lavado, las presiones de entrada y la alcalinidad mínima del agua de entrada (ISO 9963-1-2);
 - iv) las gamas de la temperatura de entrada del gas de escape y las temperaturas máxima y mínima de salida del gas con la unidad LGE en funcionamiento;
 - v) las gamas de la presión de entrada y de salida del gas de escape y la presión máxima de entrada del gas con la unidad de combustión del fueloil en funcionamiento a régimen continuo máximo o al 80% de la potencia, según proceda;
 - vi) los niveles de salinidad o los elementos de agua dulce necesarios para proporcionar agentes neutralizadores adecuados; y
 - vii) otros factores relativos al proyecto y al funcionamiento de la unidad LGE pertinentes para alcanzar un valor máximo de emisiones inferior al valor certificado;
- c) cualesquiera prescripciones o restricciones aplicables a la unidad LGE o equipo correspondiente que sean necesarias para que la unidad pueda alcanzar un valor máximo de emisiones inferior al valor certificado;
 - d) las prescripciones relativas a mantenimiento, servicio o ajuste con objeto de que la unidad SLGE pueda seguir alcanzando un valor máximo de emisiones inferior al valor certificado. El mantenimiento, el servicio y los ajustes deberían consignarse en el Libro registro LGE;
 - e) un procedimiento de comprobación que deba utilizarse en los reconocimientos con objeto de garantizar su funcionamiento y que el uso de la unidad se ajusta a lo requerido (sección 4.4);
 - f) variación, en toda la gama de rendimiento, de las características del agua de lavado;
 - g) las prescripciones relativas al proyecto del sistema de agua de lavado; y
 - h) el SCC.

4.2.2.2 La Administración debería aprobar el ETM.

4.2.2.3 El ETM debería conservarse a bordo del buque en el que se ha instalado la unidad LGE y estar disponible para los reconocimientos según se requiera.

4.2.2.4 La Administración debería aprobar las enmiendas al ETM que reflejen los cambios de la unidad LGE que afecten al funcionamiento en lo que respecta a las emisiones en el aire y/o el agua. Cuando la información añadida, suprimida o enmendada en el ETM no forme parte del ETM aprobado inicialmente, dicha información debería guardarse con el ETM y ser considerada como parte de éste.

4.2.2.5 Como alternativa al régimen máximo de emisiones estipulado en la regla 14 4) b), se podrá aplicar una relación SO_2 (ppm)/ CO_2 (%) comparable como se prescribe en la figura 1 del apéndice I, medida en el efluente de la unidad SLGE.

4.2.3 Reconocimientos en servicio

4.2.3.1 Las unidades LGE deberían estar sujetas al reconocimiento en la instalación y a los reconocimientos iniciales, anuales/intermedios y de renovación por parte de la Administración, con independencia de que en el momento del reconocimiento el buque pueda o no encontrarse en una SECA.

4.2.3.2 De conformidad con la regla 10 del Anexo VI del Convenio MARPOL, las unidades LGE también pueden ser objeto de inspección en el marco de la supervisión por el Estado rector del puerto cuando el buque se encuentre en una SECA.

4.2.3.3 Antes de su utilización en una SECA, la Administración debería expedir, en relación con cada unidad LGE, un certificado de cumplimiento para las SECA (SCC).

4.2.3.4 El Certificado IAPP del buque debería refrendarse debidamente en cada reconocimiento según se prescribe en 4.2.3.1.

4.3 Límites de las emisiones

4.3.1 Cada unidad LGE debería ser apta para reducir las emisiones y que éstas sean iguales o inferiores al valor certificado en cualquier punto de carga cuando se esté funcionando de conformidad con los criterios que figuran en 4.2.2.1 b), según se especifica en 4.3.2 a 4.3.5 de las presentes directrices, exceptuando lo establecido en 4.3.7 y 4.3.8.

4.3.2 Las unidades LGE acopladas a los motores propulsores principales diesel deberían satisfacer lo prescrito en 4.3.1 en todas las cargas que se encuentren entre el 25% y el 100% de toda la gama de carga de dichos motores.

4.3.3 Las unidades LGE acopladas a motores auxiliares diesel deberían satisfacer lo prescrito en 4.3.1 en todas las cargas que se encuentren entre el 10% y el 100% de la gama de carga de dichos motores.

4.3.4 Las unidades LGE acopladas a motores diesel que suministren potencia con fines auxiliares y de propulsión principal deberían satisfacer lo prescrito en 4.3.3.

4.3.5 Las unidades LGE acopladas a las calderas deberían satisfacer lo prescrito en 4.3.1 en todas las cargas que se encuentren entre el 10% y el 100% de la gama de carga (régimen de vaporización) o, si el margen de regulación es inferior, por encima de la gama de carga real de las calderas.

4.3.6 A fin de demostrar el rendimiento, deberían medirse las emisiones en cuatro puntos de carga como mínimo, contando con el consentimiento de la Administración. Un punto de carga se situará en el 95-100% del caudal másico máximo del gas de escape para el que se certificará la unidad. Un punto de carga se situará entre el $\pm 5\%$ del caudal másico mínimo del gas de escape para el que se certificará la unidad. Los dos puntos de carga restantes se espaciarán por igual entre los caudales másicos máximo y mínimo del gas de escape. Cuando existan discontinuidades en el funcionamiento del sistema, debería aumentarse el número de puntos de carga, con el consentimiento por parte de la Administración, de modo que se demuestre que se conserva el funcionamiento requerido en la gama establecida de caudal másico del gas de escape. Deberían someterse a prueba más puntos de carga intermedios en caso de que se tengan indicios de que una cresta de emisiones se encuentra por debajo del caudal másico máximo y por encima, si procede, del caudal másico mínimo del gas de escape. Estos ensayos complementarios deberían repetirse el número de veces suficiente para establecer el valor de cresta de las emisiones.

4.3.7 En el caso de cargas inferiores a lo especificado en 4.3.2 a 4.3.5, la unidad LGE debería seguir funcionando. En los casos en los que pueda ser necesario que el equipo de combustión de fueloil funcione en condiciones de marcha en vacío, la concentración de las emisiones de SO₂ (ppm) en la concentración normalizada de O₂ (15,0% para motores diesel y 3,0% para calderas) debería ser inferior a 50 ppm.

4.3.8 Como alternativa a lo dispuesto en 4.3.2 a 4.3.5 y 4.3.7, cada unidad LGE debería ser apta para reducir las emisiones al valor certificado o uno inferior en la relación SO₂ (ppm)/CO₂ (%) en cualquier punto de carga cuando se opere de conformidad con los criterios que se indican en 4.2.2.1 b) y 4.2.2.4.

4.4 Procedimientos para demostrar el cumplimiento del límite de emisiones a bordo

4.4.1 En el ETM de cada unidad LGE debería incluirse un procedimiento de verificación para su utilización en los reconocimientos según se necesite. Este procedimiento no debería exigir equipo especializado ni un conocimiento profundo del sistema. Cuando se necesiten dispositivos concretos, éstos se deberían proveer y mantener como si formaran parte del sistema. El proyecto de la unidad LGE debería facilitar las inspecciones que sean necesarias. Este procedimiento de verificación se basa en que si todos los componentes importantes y los valores de funcionamiento o configuraciones se ajustan a lo aprobado, entonces el funcionamiento del sistema LGE se ajusta a lo requerido y no será necesario realizar mediciones de las emisiones reales de los gases de escape. También es necesario garantizar que la unidad LGE esté acoplada a un elemento del equipo de combustión de fueloil para el que esté regulada (esto forma parte del SCP).

4.4.2 Todos los componentes y valores de funcionamiento o configuraciones que puedan repercutir en el funcionamiento de la unidad LGE y en su aptitud para ajustarse al límite de emisiones requerido deberían estar incluidos en el procedimiento de verificación.

4.4.3 El procedimiento de verificación debería ser presentado por el fabricante del sistema LGE y aprobado por la Administración.

4.4.4 El procedimiento de verificación debería abarcar una comprobación de la documentación así como una comprobación física de la unidad LGE.

4.4.5 El inspector debería verificar que cada unidad LGE ha sido instalada de conformidad con el ETM y dispone de un SCC, según corresponda.

4.4.6 A discreción de la Administración, el inspector debería tener la posibilidad de comprobar alguno de los componentes, valores de funcionamiento o configuraciones identificados, o todos ellos. Cuando exista más de una unidad LGE, la Administración puede, a criterio propio, abreviar o reducir la extensión del reconocimiento a bordo. No obstante, debería realizarse un reconocimiento completo para, al menos, una unidad LGE de cada tipo que exista a bordo, siempre y cuando se espere que las otras unidades LGE funcionen de forma idéntica.

4.4.7 En las unidades LGE deberían incluirse los medios para llevar un registro automático cuándo se está utilizando el sistema. Dichos medios deberían registrar, como mínimo, la presión del agua de lavado y el caudal en la conexión de entrada de la unidad LGE, la alcalinidad del agua de lavado en las conexiones de entrada y salida de la unidad LGE, la presión del gas de escape antes, y asimismo la caída en la presión en toda la unidad LGE, la carga del equipo de combustión de fueloil y la temperatura de los gases de escape antes y después de pasar por la unidad LGE. El sistema registrador de datos debería cumplir las prescripciones que figuran en las secciones 7 y 8. En el caso de una unidad que consuma productos químicos a una frecuencia conocida, como se documenta en el ETM, la anotación de dicho consumo en el Libro registro LGE también responde a este objetivo.

4.4.8 En el Plan A, si no está instalado un sistema de vigilancia continua, se recomienda que se realice una comprobación aleatoria diaria de la calidad de los gases de escape en términos del cociente SO_2 (ppm)/ CO_2 (%) para comprobar el cumplimiento, junto con las comprobaciones de parámetros estipuladas en 4.4.7. Si dicho sistema está instalado, sólo se necesita una comprobación aleatoria diaria de los parámetros enumerados en 4.4.7 para verificar el funcionamiento correcto de la unidad LGE.

4.4.9 Si el fabricante de la unidad LGE no puede garantizar que la unidad cumplirá el valor certificado o uno inferior entre los reconocimientos mediante el procedimiento de verificación estipulado en 4.4.1, o si esto requiere equipo especializado o conocimientos detallados, se recomienda utilizar la vigilancia continua de los gases de escape de cada unidad LGE para garantizar el cumplimiento a los explotadores de buques cuando el buque navegue por una SECA y en el caso de inspección por la autoridad del Estado rector del puerto.

4.4.10 El propietario del buque debería mantener un Libro registro LGE en el que queden registrados el mantenimiento y el servicio de la unidad. El formulario correspondiente debería ser presentado por el fabricante del sistema LGE y ser aprobado por la Administración. Este Libro registro debería estar disponible en el momento de los reconocimientos según se requiera, y poder consultarse junto con los diarios de máquinas y demás datos que resulten necesarios para confirmar que la unidad LGE funciona correctamente. Como alternativa, esta información debería introducirse en el Sistema de registro de mantenimiento planificado del buque que apruebe la Administración.

5 PLAN B – APROBACIÓN, RECONOCIMIENTO Y CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA LGE MEDIANTE LA VIGILANCIA CONTINUA DE LAS EMISIONES DE SO_x

5.1 Generalidades

El presente Plan debería utilizarse para demostrar que las emisiones procedentes de una unidad de combustión de fueloil equipada con un sistema LGE presentarán, con dicho sistema funcionando, el valor de emisión prescrito (es decir, el que figura en el SCP) o uno inferior en cualquier punto de carga, incluida la fase de transición, de conformidad con lo dispuesto en la regla 14 4) b) del Anexo VI del Convenio MARPOL.

5.2 Aprobación

Cumplimiento demostrado durante el servicio mediante vigilancia continua de los gases de escape. El sistema de vigilancia debería ser aprobado por la Administración, y ésta debería poder disponer de los resultados de la vigilancia cuando sea necesario para demostrar el cumplimiento prescrito.

5.3 Reconocimiento y certificación

5.3.1 El sistema de vigilancia del sistema LGE debería estar sujeto al reconocimiento en la instalación y a los reconocimientos iniciales, anuales/intermedios y de renovación por parte de la Administración, con independencia de que en el momento del reconocimiento el buque pueda o no encontrarse en una SECA.

5.3.2 De conformidad con la regla 10 del Anexo VI del Convenio MARPOL, los sistemas de vigilancia de las unidades LGE también pueden ser objeto de inspección en el marco de la supervisión por el Estado rector del puerto cuando el buque se encuentre en una SECA.

5.3.3 El Certificado IAPP del buque debería refrendarse debidamente en cada reconocimiento según se prescribe en 5.3.1.

5.4 Cálculo del régimen de emisiones

5.4.1 En el método del cociente SO₂ (ppm)/CO₂ (%) relativo a la composición de los gases de escape, las mediciones deberían efectuarse en un lugar adecuado que se encuentre después de la unidad LGE y cumpliendo lo prescrito en 6.2 y 6.15.

5.4.2 Las concentraciones de SO₂ (ppm) y CO₂ (%) han de vigilarse en todo momento y se introducirán en un dispositivo de registro y procesamiento de datos a una frecuencia no inferior a 0,0035 Hz.

5.4.3 Si se utiliza más de un analizador para determinar el cociente SO₂/CO₂, deberían ajustarse para que tengan tiempos de muestreo y de medición similares, y los datos alinearse de modo que el cociente SO₂/CO₂ sea plenamente representativo de la composición del gas de escape.

5.5 Procedimientos para demostrar el cumplimiento del límite de emisiones a bordo

5.5.1 El sistema registrador de datos debería cumplir las prescripciones que figuran en las secciones 7 y 8.

5.5.2 Las comprobaciones aleatorias diarias de los parámetros enumerados en 4.4.7 son necesarias para verificar el funcionamiento correcto de la unidad LGE y deberían consignarse en el Libro registro LGE o en el sistema de registro de la sala de máquinas.

5.6 Manual técnico relativo al sistema LGE (ETM) – "Plan B"

5.6.1 Cada unidad LGE debería disponer de un ETM facilitado por el fabricante en el que, como mínimo, figure la información siguiente:

- a) la identificación de la unidad (fabricante, modelo/tipo, número de serie y demás datos que se necesiten), incluida una descripción de dicha unidad y todos los sistemas auxiliares necesarios;
- b) los límites de funcionamiento, o la gama de valores de funcionamiento, para los que se haya certificado la unidad, y que, como mínimo, deberían incluir:
 - i) los caudales máxicos máximo y, si procede, mínimo del gas de escape;
 - ii) la potencia, el tipo y demás parámetros pertinentes de la unidad de combustión de fueloil para la que se instalará la unidad LGE. En el caso de las calderas también se debería facilitar la relación máxima aire/combustible al 100% de carga. En el caso de los motores diesel, se indicará si se trata de un motor de dos o de cuatro tiempos;
 - iii) los valores máximo y mínimo del caudal de agua de lavado, las presiones de entrada y la alcalinidad mínima del agua de entrada (ISO 9963-1-2);
 - iv) las gamas de la temperatura de entrada del gas de escape y las temperaturas máxima y mínima de salida del gas con la unidad LGE en funcionamiento;
 - v) las gamas de la presión de entrada y de salida del gas de escape y la presión máxima de entrada del gas con la unidad de combustión del fueloil en funcionamiento a régimen continuo máximo o al 80% de la potencia, según proceda;
 - vi) los niveles de salinidad o los elementos de agua dulce necesarios para proporcionar agentes neutralizadores adecuados; y
 - vii) otros parámetros relativos al funcionamiento de la unidad LGE;
- c) cualesquiera prescripciones o restricciones aplicables a la unidad LGE o equipo correspondiente;

- d) variación, en toda la gama de rendimiento, de las características del agua de lavado;
- e) las prescripciones relativas al proyecto del sistema de agua de lavado.

5.6.2 La Administración debería aprobar el ETM.

5.6.3 El ETM debería conservarse a bordo del buque en el que se ha instalado la unidad LGE y estar disponible para los reconocimientos según se requiera.

5.6.4 La Administración debería aprobar las enmiendas al ETM que reflejen los cambios de la unidad LGE que afecten al funcionamiento en lo que respecta a las emisiones en el aire y/o el agua. Cuando la información añadida, suprimida o enmendada en el ETM no forme parte del ETM aprobado inicialmente, dicha información debería guardarse con el ETM y ser considerada como parte de éste.

6 ENSAYOS RELATIVOS A LAS EMISIONES

6.1 Los ensayos relativos a las emisiones deberían ajustarse a lo prescrito en el capítulo 5 del Código Técnico sobre los NO_x y apéndices correspondientes, salvo lo previsto en las presentes directrices.

6.2 Deberían medirse el CO₂, el O₂ y el SO₂, según proceda. El error de medición del CO₂, O₂ y SO₂ no deberá ser superior a $\pm 5\%$ de la lectura o $\pm 3,5\%$ de la escala completa, si este último valor es menor, de conformidad con lo estipulado en la sección 1.5 del apéndice 3 del Código Técnico sobre los NO_x. Para concentraciones inferiores a 100 ppm, el error de medición no debería exceder de ± 4 ppm.

6.3 Debería medirse el SO₂, en seco o húmedo, utilizando analizadores infrarrojos no dispersivos (NDIR) o analizadores ultravioleta (NDUV) y con equipo complementario, como por ejemplo secadores, según se necesite. Se pueden aceptar otros sistemas o analizadores si con ellos se obtienen resultados equivalentes o mejores a los del equipo mencionado, a condición de que los apruebe la Administración.

6.4 La muestra de gas de escape para el SO₂ debería obtenerse a partir de un punto de muestreo representativo en el efluente de la unidad LGE.

6.5 El SO₂ y el CO₂ deberían determinarse utilizando sistemas de muestras *in situ* o de muestras extractivas.

6.6 La muestra extractiva del gas de escape para la determinación del SO₂ debería mantenerse a una temperatura suficiente con objeto de evitar la condensación de agua en el sistema de muestreo y, por tanto, la pérdida de SO₂.

6.7 Si la muestra extractiva del gas de escape para la determinación del SO₂ debe secarse antes del análisis, habría que hacerlo de tal forma que no dé lugar a la pérdida de SO₂ en la muestra analizada.

6.8 Cuando se mide el SO₂ *in situ*, también habrá de determinarse el contenido de agua en la corriente del gas de escape en ese punto para ajustar la lectura del SO₂ a un valor correspondiente a la base seca.

6.9 Se pueden utilizar los cálculos de los casos de combustión completa cuando vaya a calcularse el caudal másico del gas de escape de conformidad con el apéndice 6 del Código Técnico sobre los NO_x. El caudal másico del gas de escape (GEXHW) debería determinarse con respecto al flujo másico que entra en la unidad LGE.

6.10 Al aplicar la ecuación núm. 15 del Código Técnico sobre los NO_x, la concentración de SO₂ en base seca debería convertirse a un valor correspondiente a la base húmeda utilizando el factor de corrección base húmeda/base seca aplicable al gas de escape en la entrada a la unidad LGE (ecuación núm. 11 del Código Técnico sobre los NO_x, CO = 0):

$$w = 0,002855, u = w/\text{densidad del gas de escape en g/m}^3 \text{ a } 0^{\circ}\text{C y } 101,3 \text{ kPa}$$

6.11 El fueloil que se utilice en el ensayo debería ser un producto de mezcla residual. Habría que analizar una muestra representativa de dicho fueloil para determinar su composición química (carbono, hidrógeno y azufre), junto con los demás parámetros que sean necesarios para establecer su grado conforme a la especificación ISO 8217. Si es necesario a fin de alcanzar los niveles de azufre prescritos en la sección 4.1.2, podrán añadirse gases de SO₂ al gas de escape de una manera que garantice un nivel de SO_x equivalente y la homogeneidad de SO_x en el gas de escape antes de la entrada al sistema LGE.

6.12 En el caso de los motores diesel, la potencia debería ser la potencia al freno sin corregir.

6.13 En el caso de las calderas, la "potencia" debería determinarse a partir del flujo de combustible y de un consumo teórico de combustible en el freno igual a 200 g/kWh.

6.14 En lugar del procedimiento de ensayo descrito en 6.9 a 6.10 y 6.12 a 6.13, el cumplimiento puede demostrarse midiendo la concentración de SO₂ y CO₂ en los gases de escape en el efluente de la unidad LGE.

6.15 Si se utiliza el método del cociente SO₂ (ppm)/CO₂ (%):

- a) las condiciones estipuladas en 6.4 y 6.5 deberían aplicarse también a la medición de CO₂ (%) y se recomienda que las muestras de SO₂ y CO₂ se obtengan en el mismo lugar;
- b) las mediciones de SO₂ y CO₂ deberían llevarse a cabo ya sea por encima de los puntos de rocío respectivos o completamente en seco reconociendo que las condiciones estipuladas en 6.6 a 6.8 deberían aplicarse también a la medición de CO₂ (%);
- c) no es necesario determinar el contenido de carbono e hidrógeno del combustible de ensayo estipulado en 6.11;
- d) la tecnología de medición de SO₂ y CO₂ debería ser la que se indica en 6.3.

7 DISPOSITIVO DE REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS

7.1 El dispositivo de registro y procesamiento de datos debería ser resistente, estar proyectado a prueba de manipulaciones indebidas y tener solamente capacidad de lectura.

7.2 El dispositivo de registro y procesamiento debería registrar los datos que se exigen en 4.4.7, 5.4.2 y 10.3, tomando como referencia el tiempo universal coordinado (UTC) y la situación del buque mediante el sistema mundial de navegación por satélite (SMNS).

7.3 El dispositivo de registro y procesamiento debería ser capaz de elaborar informes en periodos de tiempo concretos.

7.4 Los datos deberían conservarse durante, al menos, 18 meses a partir de la fecha del registro. Si se ha cambiado el sistema en ese periodo de tiempo, el propietario del buque debería garantizar que se conservan a bordo los datos prescritos y que se puede disponer de ellos cuando se necesiten.

7.5 El dispositivo debería ser capaz de descargar una copia de los datos registrados y de los informes en un formato que resulte fácil de utilizar. Dicha copia de datos e informes debería encontrarse disponible para la Administración o la autoridad del Estado rector del puerto cuando así lo soliciten.

8 MANUAL DE VIGILANCIA DE A BORDO (OMM)

8.1 La elaboración del OMM debería abarcar la unidad LGE para todos los elementos del equipo de combustión de fueloil que tengan que ser identificados y para los cuales haya que demostrar el cumplimiento.

8.2 En el OMM se deberían incluir, como mínimo, los siguientes aspectos:

- a) los sensores que han de utilizarse para evaluar el rendimiento del sistema LGE y la vigilancia del agua de lavado, así como las prescripciones relativas a su servicio, mantenimiento y calibración;
- b) los puestos desde donde se realizarán las mediciones de las emisiones de los gases de escape y la vigilancia del agua de lavado, junto con los datos relativos a todos los servicios auxiliares que resulten necesarios, como por ejemplo líneas de trasvase de muestras y unidades de tratamiento de muestras, además de todas las prescripciones que guarden relación con el servicio y el mantenimiento;
- c) los analizadores que vayan a ser utilizados, así como las prescripciones relativas a su servicio, mantenimiento y calibración;
- d) los procedimientos de comprobación del cero y del calibrado del analizador; y
- e) otros datos o información pertinentes para el correcto funcionamiento del sistema de vigilancia o su utilización con el fin de demostrar el cumplimiento.

8.3 El OMM debería indicar cómo se llevará a cabo el reconocimiento del sistema de vigilancia.

8.4 El OMM debería ser aprobado por la Administración.

9 CUMPLIMIENTO POR EL BUQUE

9.1 Plan de cumplimiento para las SECA (SCP)

9.1.1 Con objeto de cumplir lo prescrito en la regla 14 4) del Anexo VI del Convenio MARPOL, todos los buques que vayan a utilizar una unidad LGE, en parte o en su totalidad, deberían contar con un SCP aprobado por la Administración.

9.1.2 En el SCP se debería enumerar cada elemento del equipo de combustión de fueloil que tenga que ajustarse a las prescripciones para funcionar dentro de una SECA.

9.1.3 De acuerdo con el Plan A, el SCP debería presentar datos de vigilancia continua que demuestren que los parámetros de 4.4.7 se mantienen dentro de los límites de las especificaciones recomendadas por el fabricante. Con el Plan B, esto se demostraría utilizando registros diarios de parámetros clave.

9.1.4 De acuerdo con el Plan B, el SCP debería detallar cómo la vigilancia continua de las emisiones de los gases de escape demostrará que el cociente total SO_2 (ppm)/ CO_2 (%) del buque es equiparable a lo establecido en la regla 14 4 b) o a un valor inferior, como el prescrito en la figura 1 del apéndice I. Con el Plan A, esto se demostraría utilizando registros diarios de las emisiones de los gases de escape.

9.1.5 Puede que existan equipos, como por ejemplo motores o calderas pequeños, en los que no resultaría práctico acoplar unidades LGE, especialmente cuando dichos equipos estén ubicados a cierta distancia de los espacios de máquinas principales. En el SCP deberían enumerarse todas esas unidades de combustión de fueloil. En el caso de todas las unidades de combustión de fueloil que no estén equipadas con una unidad LGE, el cumplimiento podrá conseguirse mediante la regla 14 4) a) del Anexo VI del Convenio MARPOL mientras el buque se encuentre en una SECA. De igual modo, este cumplimiento podrá lograrse basándose en las emisiones totales del buque que se describen en 9.1.7 y 9.1.8.

9.1.6 Por lo general, las prescripciones relativas a la construcción del buque exigen que cada unidad de combustión de fueloil disponga de su propio sistema de gases de escape con ventilación atmosférica. Por consiguiente, el cumplimiento por parte del buque puede quedar demostrado si cada elemento del equipo de combustión de fueloil se ajusta a lo prescrito en el Plan A o en el Plan B. De igual modo, este cumplimiento podrá lograrse basándose en las emisiones totales del buque que se describen en 9.1.7 y 9.1.8.

9.1.7 Se considerará que el buque cumple las prescripciones si todas las unidades de combustión de fueloil se ajustan a lo establecido en las reglas 14 4 a) o 14 4 b) del Anexo VI del Convenio MARPOL.

9.1.8.1 Teniendo en cuenta que el límite estipulado en la regla 14 4) b) del Anexo VI del Convenio MARPOL corresponde al buque y no a cada elemento específico del equipo de combustión, el propietario del buque debería contar con la posibilidad de compensar todo funcionamiento cuya eficacia supere considerablemente lo estipulado en la regla 14 4 b) o el cociente SO_2 (ppm)/ CO_2 (%) equiparable prescrito en la figura 1 del apéndice I, con el equipo, posiblemente no provisto de unidades LGE, que no cumpla dicha prescripción. Estos casos deberían estar sujetos a una consideración especial por parte de la Administración. En concreto, el SCP debería detallar el modo en el que van a acumularse todas las emisiones reales procedentes de cada unidad de combustión de fueloil con el fin de obtener un valor de las emisiones que sea global y en tiempo real para el caso de un buque que no supere lo estipulado en la regla 14 4) b) o el cociente SO_2 (ppm)/ CO_2 (%) equiparable prescrito en la figura 1 del apéndice I.

9.1.8.2 Puesto que el valor de emisiones prescrito en la regla 14 4) b) del Anexo VI del Convenio MARPOL no es una opción equivalente sino una opción alternativa al valor señalado en la regla 14 4) a) del Anexo VI del Convenio MARPOL, si las unidades de combustión de fueloil superan el límite de la regla 14 4) a), como se indica en la sección 9.1.8.1, deberían aplicarse las prescripciones de la regla 14 4) b) cuando pueda documentarse claramente el contenido real de azufre en el fueloil utilizado en cualquier momento, junto con la prescripción de que el régimen específico de consumo de combustible (g fuel/kWh) de dicho equipo puede ser determinado en tiempo real (prescripciones relativas a la calibración de dicho equipo para cumplir las prescripciones que figuran en el Código Técnico sobre los NO_x).

9.1.9 En ningún momento durante la navegación en una SECA deberían las emisiones totales del buque, según se describen en 9.1.5, exceder lo estipulado en la regla 14 4) b) o el cociente SO_2 (ppm)/ CO_2 (%) equiparable prescrito en la figura 1 del apéndice I. Se aconseja a los propietarios de buques que consideren el peor caso posible, tal como la maniobra o las operaciones de gran potencia, en sus estrategias de control de SO_x .

9.2 Demostración del cumplimiento

9.2.1 Plan A

9.2.1.1 El SCP no debería reproducir sino hacer referencia al ETM, al Libro registro LGE o el sistema de registro de la sala de máquinas y al OMM especificados en el Plan A. Cabe señalar que, como alternativa, los registros de mantenimiento pueden consignarse en el Sistema de registro de mantenimiento planificado del buque, según lo autorice la Administración.

9.2.1.2 Para todos los equipos de combustión de fueloil mencionados en 9.1.1, se deberían aportar datos que demuestren que se cumplen los índices y las restricciones aplicables a la unidad LGE aprobada, como se señala en 4.2.2.1.b).

9.2.1.3 Los parámetros necesarios deberían vigilarse y quedar registrados como se prescribe en 4.4.7 mientras el buque se encuentre en una SECA, con objeto de demostrar el cumplimiento.

9.2.2 Plan B

9.2.2.1 El SCP no debería reproducir sino hacer referencia al ETM, al Libro registro LGE o el sistema de registro de la sala de máquinas y al OMM especificados en el Plan B.

10 AGUA DE LAVADO

10.1 Criterios de descarga del agua de lavado¹

10.1.1 Cuando el sistema LGE se utilice en puertos o estuarios, el agua de lavado debería cumplir los límites siguientes:

10.1.2 Criterio del pH

10.1.2.1 El pH del agua de lavado debería cumplir una de las siguientes prescripciones, la cual habría que consignar en el Manual técnico relativo al sistema LGE (ETM):

- i) El pH del agua de lavado no debería ser inferior a 6,5 al descargarse en el mar con la excepción de que, durante maniobras y en tránsito, se permita una diferencia máxima de 2 unidades entre el pH de entrada y el de salida.
- ii) Al poner en servicio la(s) unidad(es) tras instalarlas, se debería medir la pluma que forma el agua de lavado descargada desde fuera del buque (estacionario en el puerto) y se registrará el pH del agua descargada en el punto de medición del buque cuando el pH en la pluma, a 4 metros del punto de descarga, sea de 6,5 o superior. El pH del agua de descarga que alcance un valor mínimo de 6,5 será el límite de pH del agua descargada en el mar que se consigne en el ETM.

10.1.3 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)

La concentración de PAH en el agua de lavado debería cumplir las siguientes prescripciones. Se debería dejar constancia en el ETM del límite apropiado.

10.1.3.1 La concentración máxima continua de PAH en el agua de lavado no debería ser superior a 50 µg/L de PAH_{ph} (fenantreno equivalente) por encima de la concentración de PAH del agua de entrada. A los efectos del presente criterio, la concentración de PAH en el agua de lavado debería medirse en el efluente del equipo de tratamiento del agua, pero antes de la dilución del agua de lavado o de otra unidad de dosificación de reactivos que pueda utilizarse previamente a la descarga.

¹ Los criterios de descarga del agua de lavado deberían revisarse en el futuro a medida que se disponga de más datos sobre el contenido de la descarga y sus efectos, teniendo en cuenta el asesoramiento dado por el GESAMP.

10.1.3.2 El límite de 50 µg/L indicado *supra* es el normalizado para un caudal de agua de lavado a través de la unidad LGE de 45 t/MWh, donde MW hace referencia al régimen continuo máximo (MCR) o el 80% de la potencia de la unidad de combustión de fueloil. Dicho límite debería ajustarse al alza para caudales de agua de lavado inferiores por MWh, y viceversa, de conformidad con el cuadro que figura *infra*.

Caudal (t/MWh)	Límite de la concentración de la descarga (µg/L de PAH _{phe} equivalente)	Tecnología de medición
0 - 1	2 250	Luz ultravioleta
2,5	900	- " -
5	450	Fluorescencia
11,25	200	- " -
22,5	100	- " -
45	50	- " -
90	25	- " -

10.1.3.3 Durante un intervalo de 15 minutos en un periodo cualquiera de 12 horas, el límite de concentración continua de PAH_{phe} podrá superar el límite indicado *supra* en hasta un 100%. Esto permitiría una puesta en marcha anómala de la unidad LGE.

10.1.4 Turbidez/partículas en suspensión

La turbidez del agua de lavado debería cumplir las siguientes prescripciones. El límite debería consignarse en el ETM.

10.1.4.1 El sistema de tratamiento del agua de lavado debería proyectarse para reducir al mínimo las partículas en suspensión, incluidos los metales pesados y las cenizas.

10.1.4.2 La turbidez continua máxima del agua de lavado no debería superar la turbidez del agua de admisión en más de 25 UNF (unidades nefelométricas de formacina) o 25 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) u otras unidades equivalentes. No obstante, durante periodos de alta turbidez del agua de admisión, la precisión del dispositivo medidor y el lapso que media entre la medición en la entrada y la medición en la salida son tales que no es fiable utilizar un límite de diferencias. En consecuencia, todos los valores de diferencia de turbidez obtenidos deberían tomarse en forma de promedio ajustado para periodos de 15 minutos, hasta un máximo de 25 UNF. A los efectos del presente criterio, la turbidez del agua de lavado debería medirse en el efluente del equipo de tratamiento del agua, pero antes de la dilución del agua de lavado (o de la dosificación de otro reactivo), previamente a la descarga.

10.1.4.3 Durante un intervalo de 15 minutos en un periodo cualquiera de 12 horas podrá superarse el límite de turbidez continua de la descarga en más del 20%.

10.1.5 Nitratos

10.1.5.1 El sistema de tratamiento del agua de lavado debería impedir la descarga de nitratos que no sea la vinculada a una eliminación del 12% de los NO_x de los gases de escape o la concentración normalizada de 60 mg/l para un índice de descarga del agua de lavado de 45 toneladas/MWh, si este valor es superior.

10.1.5.2 En todos los sistemas deberían hacerse pruebas para la detección de nitratos en el agua de lavado. Si las cantidades de nitratos están habitualmente por encima del 80% del límite superior, deberían registrarse en el ETM.

10.1.6 Aditivos y otras sustancias en el agua de lavado

10.1.6.1 En el caso de las tecnologías LGE que utilizan sustancias activas o preparados, o que producen sustancias químicas pertinentes *in situ*, se ha de efectuar una evaluación del agua de lavado. Esta evaluación podría tener en cuenta las directrices pertinentes, como la resolución MEPC.126(53) "Procedimiento para la aprobación de sistemas de gestión del agua de lastre en los que se utilicen sustancias activas (D9)", y, de ser necesario, deberían definirse otros criterios para la descarga del agua de lavado.

10.2 Vigilancia del agua de lavado

10.2.1 El pH, el contenido de hidrocarburo (medido con arreglo a los niveles de PAH) y la turbidez deberían vigilarse y quedar registrados continuamente, tal como se recomienda en la sección 1 de las presentes directrices. El equipo de vigilancia tendría que cumplir también los criterios de funcionamiento que se indican *infra*:

pH

10.2.2 El electrodo de pH y el medidor de pH deberían tener una resolución de 0,1 unidades de pH y compensación de temperatura. El electrodo debería cumplir las prescripciones que figuran en la norma BS 2586 u otras relativas a un funcionamiento equivalente o mejor, y el medidor debería cumplir la norma BS EN ISO 60746-2:2003.

PAH

10.2.3 El equipo de vigilancia de los PAH debería poder detectar la presencia de PAH en el agua en concentraciones que, como mínimo, sean el doble del límite de la concentración de descarga estipulada en el cuadro *supra*. Debería demostrarse que el equipo funciona correctamente y que no experimenta desviaciones superiores al 5% en el agua de lavado con un grado de turbidez contemplado en el rango operativo de la aplicación.

10.2.4 En las aplicaciones con descargas caracterizadas por caudales inferiores y concentraciones de PAH superiores debería utilizarse la tecnología de vigilancia mediante luz ultravioleta u otra equivalente, dada la fiabilidad de su rango operativo.

Turbidez

10.2.5 El equipo de vigilancia de la turbidez debería cumplir las prescripciones que figuran en la norma ISO 7027:1999 o USEPA 180.1.

10.3 Registro de datos sobre la vigilancia del agua de lavado

10.3.1 El sistema de registro de datos debería cumplir las prescripciones de las secciones 7 y 8, y en él tendrían que consignarse los valores de pH, PAH y turbidez que se especifican en los criterios sobre el agua de lavado.

10.4 Residuos del agua de lavado

10.4.1 Los residuos generados por la unidad LGE deberían trasladarse a instalaciones de recepción adecuadas en tierra. Dichos residuos no deberían descargarse en el mar ni incinerarse a bordo.

10.4.2 Todos los buques que tengan instalada una unidad LGE deberían dejar constancia del almacenamiento y la eliminación de los residuos del agua de lavado en un registro LGE en el que se incluya la fecha, la hora y el lugar de dicho almacenamiento y eliminación. El registro LGE podrá incluirse en un registro existente o en un sistema de registro electrónico aprobado por la Administración.

APÉNDICE I

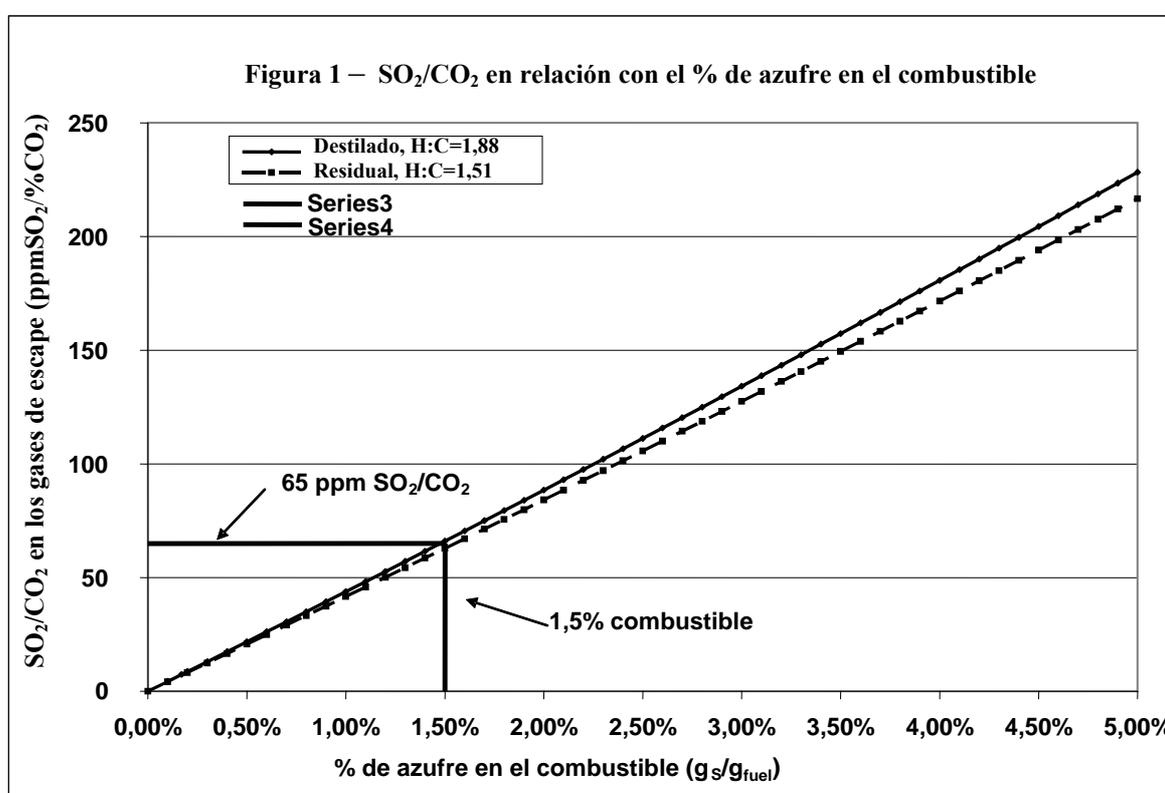
MÉTODO DE VIGILANCIA DE LA RELACIÓN ENTRE EL DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) Y EL DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

1 La correspondencia entre 65 (ppm/%) SO₂/CO₂ y un contenido del 1,5% de azufre en el combustible se demuestra calculando en primer lugar el cociente de masa del azufre del combustible en relación con el carbono, cociente que figura en el cuadro 1 con respecto a diferentes combustibles y contenidos de azufre en el combustible; se incluye el 1,5% de azufre tanto para los combustibles destilados como los residuales. Dichos cocientes se utilizaron para calcular las concentraciones correspondientes de dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de carbono (CO₂) en los gases de escape, concentraciones que figuran en el cuadro 2. Los pesos moleculares (MW) se tuvieron en cuenta para convertir las fracciones de masa en fracciones molares. Por lo que respecta a los combustibles con un 1,5% de azufre que figuran en el cuadro 2, la cantidad de CO₂ se establece primero en un 8% y posteriormente se cambia a un 0,5%, con lo que se demuestra que los cambios en el aire sobrante no producen efecto alguno. Como se esperaba, la concentración absoluta de SO₂, cambia pero no así el cociente SO₂/CO₂. Ello indica que tal cociente es independiente de la proporción combustible - aire. En consecuencia, el cociente SO₂/CO₂ puede utilizarse sin problemas en cualquier punto de la operación, incluida aquella en la que no se produce potencia al freno alguna.

Obsérvese que el cociente SO₂/CO₂ varía ligeramente del combustible destilado al residual. Ello se debe a que los dos tipos de combustible presentan una proporción de átomos de hidrógeno y carbono (H:C) muy diferente. En la figura 1 se ilustra el alcance de la sensibilidad de los cocientes SO₂/CO₂ frente a H:C con respecto a una amplia selección de H:C y concentraciones de azufre del combustible. A partir de la figura 1 puede concluirse que para niveles de azufre del combustible inferiores al 3,00% de S, la diferencia en los cocientes S/C para combustibles destilados y residuales es inferior al 5,0%.

Cuadro 1 - Propiedades del combustible destilado y residual para usos marinos						
	Carbono	Hidrógeno	Azufre	Otros	H:C	S/C del combustible
	g/g	g/g	g/g	g/g	mol/mol	g/g
Destilado *	86,20%	13,60%	0,17%	0,03%	1,880	0,00197
Residual *	86,10%	10,90%	2,70%	0,30%	1,509	0,03136
Destilado 1,5% de S	85,05%	13,42%	1,50%	0,03%	1,880	<u>0,01764</u>
Residual 1.5% de S	87,17%	11,03%	1,50%	0,30%	1,509	<u>0,01721</u>
* Basado en las propiedades que figuran en las Directrices de la OMI para la vigilancia de los NO _x (Resolución MEPC.103(49))						

Cuadro 2: Cálculos de las emisiones correspondientes a un contenido del 1,5 % de azufre en el combustible				
	CO ₂	SO ₂	SO ₂ /CO ₂ en los gases de escape	S/C en los gases de escape
	%	¹ ppm	¹ ppm/%	g/g
Destilado 0,17% de S	8	59,1	7,4	0,00197
Residual 2,70% de S	8	939,7	117,5	0,03136
Destilado 1,5% de S	8	528,5	66,1	0,01764
Residual 1,5% de S	8	515,7	64,5	0,01721
Destilado 1,5% de S	0,5	33,0	66,1	0,01764
Residual 1,5% de S	0,5	32,2	64,5	0,01721



2 La correspondencia entre 65 (ppm¹/%) SO₂/CO₂ y el valor de 6,0 g SO_x/kWh queda patente demostrando que sus cocientes S/C son similares. Ello requiere la hipótesis adicional de un consumo de combustible específico al freno (BSFC) por un valor de 200 g/kWh. Tal valor es una media apropiada para los motores diesel marinos. El cálculo se efectúa del siguiente modo:

¹ ppm significa "partes por millón". Se parte de la hipótesis de que la medición de las ppm se efectúa mediante analizadores de gas utilizando una referencia molar y partiendo de un comportamiento ideal en los gases. En realidad, las unidades correctas desde el punto de vista técnico son los micromoles de sustancia por mol de cantidad total (μmol/mol), pero se utilizan las ppm a fin de mantener la coherencia con las unidades que aparecen en el Código Técnico sobre los NO_x.

$$S/C_{\text{combustible}} = \frac{SO_2 \text{ específico al freno} * \left(\frac{MW_S}{MW_{SO_2}} \right)}{BSFC * \left(\frac{\% \text{ de carbono en combustible}}{100} \right)}$$

SO₂ específico al freno = 6,0 g/kW -hr
 MW_S = 32,065 g/mol
 MW_{SO₂} = 64,064 g/mol
 BSFC = 200 g/kW -hr

% de carbono en combustible con 1,5% de S (cuadro 1) = 85,05% (destilado) y 87,17% (residual)

$$S/C_{\text{combustible residual}} = \frac{6,0 * \left(\frac{32,065}{64,064} \right)}{200 * \left(\frac{87,17\%}{100} \right)}$$

$$S/C_{\text{combustible residual}} = 0,01723$$

$$S/C_{\text{combustible destilado}} = \frac{6,0 * \left(\frac{32,065}{64,064} \right)}{200 * \left(\frac{85,05\%}{100} \right)}$$

$$S/C_{\text{combustible destilado}} = 0,01765$$

Obsérvese que los cocientes de masa S/C calculados anteriormente, basados en una concentración de 6,0 g/kWh de SO₂ y en un consumo específico de combustible al freno de 200 g/kWh, se encuentran ambos dentro del 0,10% de los cocientes de masa S/C del cuadro de emisiones (cuadro 2). En consecuencia, 65 ppm¹ SO₂/CO₂ se corresponde perfectamente con el valor de 6,0 g/kWh de SO_x que figura en la regla 14 4) b).

3 Así pues, las formulas de trabajo son las siguientes:

$$\text{Para una combustión completa} = \frac{SO_2 \text{ (ppm*)}}{CO_2 \text{ (%*)}} \leq 65$$

¹ ppm significa "partes por millón. Se parte de la hipótesis de que la medición de las ppm se efectúa mediante analizadores de gas utilizando una referencia molar y partiendo de un comportamiento ideal en los gases. En realidad, las unidades correctas desde el punto de vista técnico son los micromoles de sustancia por mol de cantidad total (μmol/mol), pero se utilizan las ppm a fin de mantener la coherencia con las unidades que aparecen en el Código Técnico sobre los NO_x.

$$\text{Para una combustión incompleta} = \frac{\text{SO}_2 \text{ (ppm*)}}{\text{CO}_2(\%*) + (\text{CO (ppm*)}/10000) + (\text{THC (ppm*)}/10000)} \leq 65$$

***Nota:** Debe efectuarse un muestreo de las concentraciones de gas o convertirlas al mismo contenido de agua residual (por ejemplo, humedad máxima, humedad mínima)

4 A continuación se explican los principios que justifican la utilización del valor de 65 (ppm/%) SO₂/CO₂ como límite para determinar el cumplimiento de la regla 14:

- a) Dicho límite puede utilizarse para determinar si los quemadores de fueloil que no producen potencia mecánica cumplen tal regla.
- b) El límite puede utilizarse para determinar el cumplimiento en cualquier potencia de salida, incluso con el motor funcionando en vacío.
- c) El límite solamente exige dos mediciones de la concentración de gas en un punto de muestreo.
- d) No es necesario medir parámetro alguno del motor, tales como velocidad, par, flujo de gases de escape o flujo de combustible.
- e) Si las dos mediciones de la concentración del gas se efectúan con el mismo contenido de agua residual en la muestra (por ejemplo, humedad máxima, humedad mínima), en el cálculo no es necesario utilizar los factores de conversión de humedad mínima a máxima.
- f) El límite permite separar por completo la eficacia térmica de la unidad de combustión del fueloil de la unidad SLGE-SO_x.
- g) No es necesario conocer las propiedades del combustible.
- h) Dado que solamente se efectúan dos mediciones en un solo punto, los efectos transitorios del motor o de la unidad SLGE-SO_x pueden reducirse al mínimo alineando las señales de sólo estos dos analizadores. (Obsérvese que los puntos más apropiados para la alineación son aquellos en los que cada analizador responde a un cambio en escalón en las emisiones en la sonda de muestreo por un 50% del valor en estado estacionario).
- i) Este límite es independiente de la cantidad de gases de escape diluidos. Puede producirse dilución debido a la evaporación de agua en una unidad SLGE-SO_x, y como parte de un sistema de preacondicionamiento del dispositivo de muestreo de los gases de escape.

¹ ppm significa "partes por millón". Se parte de la hipótesis de que la medición de las ppm se efectúa mediante analizadores de gas utilizando una referencia molar y partiendo de un comportamiento ideal en los gases. En realidad, las unidades correctas desde el punto de vista técnico son los micromoles de sustancia por mol de cantidad total (μmol/mol), pero se utilizan las ppm a fin de mantener la coherencia con las unidades que aparecen en el Código Técnico sobre los NO_x.

APÉNDICE II

RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE EL AGUA DE LAVADO

Antecedentes

Está previsto que los criterios sobre el agua de lavado sirvan de orientación inicial para poner en práctica los proyectos de los sistemas LGE. Los criterios deberían revisarse en el futuro a medida que se disponga de más datos sobre el contenido de la descarga y sus efectos, teniendo en cuenta el asesoramiento dado por el GESAMP.

A tal efecto, se exige a los buques que, junto con el fabricante de sistemas LGE, tomen y analicen muestras de:

- el agua de entrada (como referencia);
- el agua después del lavado (pero antes de cualquier sistema de tratamiento); y
- el agua de descarga.

Dicho muestreo podría llevarse a cabo durante los ensayos de aprobación o poco después del encargo, y a intervalos de aproximadamente doce meses durante un periodo de funcionamiento de dos años (tres muestras como mínimo). La elaboración de orientaciones sobre el muestreo y el análisis de las muestras deberían correr a cargo de laboratorios en los que se utilicen procedimientos de ensayo EPA o ISO para los parámetros siguientes:

- pH
- PAH e hidrocarburos (análisis en profundidad mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas)
- Nitrato
- Nitrito
- Cd
- Cu
- Ni
- Pb
- Zn
- As
- Cr
- V

El alcance de los ensayos de laboratorio puede modificarse o mejorarse a la luz de los avances que se produzcan.

Cuando se presenten muestras, debería incluirse información sobre los caudales de descarga del agua de lavado, la dilución de la descarga, si procede, y la potencia del motor, además de las especificaciones del combustible utilizado incluidas en la nota de entrega del combustible, como mínimo.

Se recomienda que los buques que hayan presentado dicha información satisfactoria a juicio de la Administración reciban una exención del cumplimiento por la instalación o instalaciones existentes de posibles normas futuras más estrictas sobre la descarga del agua de lavado. La Administración debería remitir la información presentada s esta cuestión a la Organización para que ésta la distribuya mediante los mecanismos apropiados.
