

**ANEXO 1**

**RESOLUCIÓN MEPC.259(68)  
(Adoptada el 15 de mayo de 2015)**

**DIRECTRICES DE 2015 SOBRE LOS SISTEMAS DE LIMPIEZA  
DE LOS GASES DE ESCAPE**

EI 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 del Comité de protección del medio marino (el Comité) conferidas por los convenios internacionales relativos a la prevención y contención de la contaminación del mar ocasionada por los buques,

RECORDANDO TAMBIÉN que, en su 58º periodo de sesiones, el Comité adoptó, mediante la resolución MEPC.176(58), el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL, en virtud del cual se refuerzan significativamente los límites de las emisiones de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>),

RECORDANDO ADEMÁS que, en su 59º periodo de sesiones, el Comité adoptó, mediante la resolución MEPC.184(59), las Directrices sobre los sistemas de limpieza de los gases de escape, 2009 (en adelante, "Directrices EGCS de 2009"),

TOMANDO NOTA de que el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL entró en vigor el 1 de julio de 2010,

TOMANDO NOTA TAMBIÉN de que en la regla 4 del Anexo VI del Convenio MARPOL se permite utilizar un método de cumplimiento alternativo que sea al menos equivalente en términos de reducción de las emisiones al prescrito por el Anexo VI del Convenio MARPOL, incluidas todas las normas enumeradas en la regla 14, teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización,

RECONOCIENDO la necesidad de actualizar las Directrices EGCS de 2009 como corresponda,

HABIENDO EXAMINADO, en su 68º periodo de sesiones, un proyecto de enmiendas a las Directrices EGCS de 2009, elaborado por el Subcomité de prevención y lucha contra la contaminación en su 2º periodo de sesiones,

1 ADOPTA las Directrices de 2015 sobre los sistemas de limpieza de los gases de escape, que figuran en el anexo de la presente resolución;

2 INVITA a las Administraciones a que tengan en cuenta las presentes directrices cuando permitan utilizar un sistema de limpieza de los gases de escape de conformidad con lo dispuesto en la regla 4 del Anexo VI del Convenio MARPOL;

3 PIDE a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL y a otros Gobiernos Miembros que pongan las presentes directrices en conocimiento de los propietarios, armadores y constructores de buques, fabricantes de motores diésel marinos y demás grupos interesados;

4 INVITA a las Administraciones a que prevean la recopilación de los datos que se describen en el apéndice 3 de las presentes directrices;

5 ACUERDA mantener las presentes directrices sometidas a examen a la luz de la experiencia adquirida mediante su aplicación;

6 REEMPLAZA las Directrices EGCS de 2009 adoptadas mediante la resolución MEPC.184(59).

## ANEXO

DIRECTRICES DE 2015 SOBRE LOS SISTEMAS DE LIMPIEZA  
DE LOS GASES DE ESCAPE**1 INTRODUCCIÓN**

1.1 En la regla 14 del Anexo VI se prescribe que los buques utilicen fueloil con una concentración de azufre que no exceda de la estipulada en las reglas 14.1 o 14.4. En la regla 4 se permite, con la aprobación de la Administración, la utilización de un método de cumplimiento alternativo que sea tan eficaz en cuanto a la reducción de las emisiones como el prescrito en el Anexo, incluidos los niveles indicados en la regla 14. La Administración de una Parte debería tener en cuenta todas las directrices pertinentes elaboradas por la Organización en relación con las alternativas previstas en la regla 4.

1.2 De modo análogo a un sistema de reducción de las emisiones de  $\text{NO}_x$ , una unidad de limpieza de los gases de escape (LGE) podrá aprobarse a reserva de que se realicen comprobaciones periódicas de las emisiones y los parámetros o de que el sistema pueda 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 funcionamiento. Además, la utilización del método basado en la relación  $\text{SO}_2(\text{ppm})/\text{CO}_2(\%)$  simplificará la vigilancia de las emisiones de  $\text{SO}_x$  y facilitará la aprobación de la unidad LGE. Véase en el apéndice 2 la justificación de la utilización de  $\text{SO}_2(\text{ppm})/\text{CO}_2(\%)$  como base para la vigilancia de los sistemas.

1.3 El cumplimiento debería demostrarse basándose en los valores de la relación  $\text{SO}_2(\text{ppm})/\text{CO}_2(\% \text{ v/v})$ .

**Cuadro 1: Límites del contenido de azufre del fueloil especificados en las reglas 14.1 y 14.4 y valores de emisión correspondientes**

Contenido de azufre del fueloil (% m/m)	Relación de emisiones $\text{SO}_2(\text{ppm})/\text{CO}_2(\% \text{ v/v})$
4,50	195,0
3,50	151,7
1,50	65,0
1,00	43,3
0,50	21,7
0,10	4,3

**Nota:** Los límites de las relaciones de emisiones sólo son aplicables cuando se utilicen combustibles destilados o fueloiles residuales derivados del petróleo. Para la aplicación del método basado en la relación véase el apéndice 2.

1.4 Si bien las presentes directrices tienen carácter de recomendación, se invita a las Administraciones a que se basen en ellas para implantar las prescripciones pertinentes de la regla 4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

**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 LGE de

conformidad con la regla 4 del Anexo VI del Convenio MARPOL, con objeto de garantizar que, en efecto, sean equivalentes a lo prescrito en las reglas 14.1 y 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

2.1.2 Las presentes directrices permiten dos planes: el Plan A (certificación de la unidad mediante comprobaciones de los parámetros y las 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 las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL deberían contar con un plan de cumplimiento de las emisiones de SO<sub>x</sub> (SECP) aprobado.

## 2.2 Aplicación

2.2.1 Las presentes directrices se aplican a todas las unidades LGE, instaladas a bordo en máquinas que consuman fueloil, excluidos los incineradores de a bordo.

## 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
LGE	Limpieza de los gases de escape
SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
UTC	Tiempo universal coordinado
Valor certificado	Valor del cociente CO <sub>2</sub> /SO <sub>2</sub> especificado por el fabricante, que la unidad LGE debe cumplir en funcionamiento continuo para el contenido de azufre máximo del combustible especificado por el fabricante.
In situ	Muestreo realizado directamente en una corriente de gases de escape
MCR	Régimen nominal máximo continuo
Gama de carga	Potencia nominal máxima de un motor diésel o régimen de vaporización máximo de una caldera
SECP	Plan de cumplimiento de las emisiones de SO <sub>x</sub>
SECC	Certificado de cumplimiento de las emisiones de SO <sub>x</sub>
ETM-A	Sistema LGE – Manual técnico para el Plan A
ETM-B	Sistema LGE – Manual técnico 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
SECP	X	X
SECC	X	
ETM Plan A	X	
ETM Plan B		X
OMM	X	X
Libro registro LGE o sistema de registro electrónico	X	X

### **3 NOTA SOBRE LA SEGURIDAD**

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 la utilización de los gases puros y de calibración en recipientes a presión. Las posiciones para la toma de muestras y las plataformas de acceso permanente deberían ser tales que la vigilancia pueda efectuarse en condiciones de seguridad. A la hora de situar la boca de descarga de las aguas residuales utilizada en la unidad LGE debería prestarse la debida consideración a la ubicación de la toma de agua de mar del buque. En todas las condiciones de funcionamiento, el pH debería mantenerse a un nivel tal que se eviten los daños al sistema antiincrustante, la hélice, el timón y otros componentes que puedan ser vulnerables a las descargas ácidas, posibles causantes de una corrosión acelerada de los componentes metálicos esenciales.

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

#### **4.1 Aprobación de los sistemas LGE**

##### **4.1.1 Generalidades**

Las opciones del Plan A de las presentes directrices prevén:

- .1 la aprobación de la unidad;
- .2 las unidades fabricadas en serie; y
- .3 la 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 cumpla el contenido máximo de azufre en % masa/masa especificado por el fabricante, y para la gama de los parámetros de funcionamiento enumerados en 4.2.2.1.2 para los que ha de aprobarse. El valor certificado debería ser como mínimo adecuado para las operaciones de los buques, de conformidad con lo prescrito en las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

4.1.2.2 Cuando no vayan a realizarse ensayos con fueloiles con el contenido máximo de azufre en % masa/masa especificado por el fabricante, 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 el valor certificado puede cumplirse si se hace funcionar la unidad LGE con un combustible que tenga el contenido máximo de azufre en % masa/masa especificado por el fabricante. En tales casos, de conformidad con la sección 4.3 según corresponda, deberían realizarse al menos dos ensayos. Los ensayos no tienen que ser consecutivos y pueden realizarse con dos unidades LGE distintas, aunque de idéntico tipo.

4.1.2.3 Deberían determinarse el caudal másico máximo de los gases de escape de la unidad y, si procede, el mínimo. El fabricante del equipo debería justificar el efecto de la variación de los demás parámetros que se definen en el párrafo 4.2.2.1.2. El efecto de las variaciones de estos factores debería evaluarse mediante ensayos o de otro modo, según corresponda. Ninguna variación, ni combinación de variaciones, de estos factores debería ser tal que el valor de las emisiones de la unidad LGE sea 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-A.

#### 4.1.3 Unidades fabricadas en serie

En el caso de las unidades LGE nominalmente análogas y con los mismos caudales másicos que las certificadas 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 un acuerdo de conformidad de producción para que lo acepte la Administración. La certificación de cada unidad LGE en virtud de este acuerdo debería estar sujeta a los reconocimientos que la Administración considere necesarios para asegurarse de que el valor de las emisiones de cada unidad LGE no es superior al valor certificado cuando dicho sistema funciona de conformidad con los parámetros definidos en 4.2.2.1.2.

#### 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 másico máximo de los gases de escape, la Administración puede aceptar, en lugar de ensayos con una unidad LGE de cualquier capacidad de conformidad con la sección 4.1.2, ensayos de sistemas LGE de tres capacidades distintas, siempre que estos tres 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 unidades LGE de capacidades distintas, no debería aplicarse este procedimiento salvo que pueda demostrarse, de manera satisfactoria a juicio de la Administración, que en la práctica esas diferencias no alteran significativamente 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 del tipo de maquinaria de combustión a la que se acoplan, además de datos relativos a la sensibilidad a las variaciones de los parámetros enumerados en el párrafo 4.2.2.1.2. 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 de la unidad LGE en las características del agua de lavado.

4.1.4.5 Deberían someterse a la aprobación de la Administración todos los datos justificativos obtenidos de conformidad con esta sección, junto con el ETM-A para las unidades de cada una de las capacidades.

## 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 la sección 4.1, ya sea antes o después de la instalación a bordo, debería certificarse que cada unidad LGE se ajusta al 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-A) 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 SECC a toda unidad LGE que se ajuste a lo prescrito en el párrafo 4.2.1.1. El modelo de SECC figura en el apéndice 1.

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

4.2.1.5 La Administración puede expedir un SECC a todas las unidades LGE posteriores cuyo proyecto y capacidad nominal sean iguales a lo certificado de conformidad con el párrafo 4.2.1.1, sin necesidad de someterlas a prueba de conformidad con dicho párrafo 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 proyecto, pero con capacidades nominales diferentes a lo certificado de conformidad con el párrafo 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 examinar especialmente las unidades LGE que únicamente tratan una parte de la corriente de gases de escape en el conducto de humos donde van instaladas para garantizar que, en todas las condiciones de funcionamiento determinadas, el valor global de las emisiones de los gases de escape en el sentido de la corriente del sistema no es superior al valor certificado.

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

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

- .1 la identificación de la unidad (fabricante, modelo/tipo, número de serie y demás datos necesarios), incluida una descripción de dicha unidad y todos los sistemas auxiliares necesarios;
- .2 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:
  - .1 el caudal másico máximo y, si procede, mínimo, de los gases de escape;

- .2 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 diésel, se indicará si se trata de un motor de dos o de cuatro tiempos;
  - .3 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);
  - .4 las gamas de la temperatura de entrada de los gases de escape y las temperaturas máxima y mínima de salida de dichos gases con la unidad LGE en funcionamiento;
  - .5 la gama de la presión diferencial de los gases de escape y la presión máxima de entrada de dichos gases con la unidad de combustión del fueloil en funcionamiento al régimen nominal máximo continuo o al 80 % de la potencia nominal, según proceda;
  - .6 los niveles de salinidad o los elementos de agua dulce necesarios para proporcionar agentes neutralizadores adecuados; y
  - .7 otros factores relativos al proyecto y al funcionamiento de la unidad LGE pertinentes para alcanzar un valor máximo de emisiones no superior al valor certificado;
- .3 cualesquiera prescripciones o restricciones aplicables a la unidad LGE o equipo correspondiente necesario para que la unidad pueda alcanzar un valor máximo de emisiones no superior al valor certificado;
  - .4 las prescripciones relativas al mantenimiento, el servicio o el ajuste con objeto de que la unidad LGE pueda seguir alcanzando un valor máximo de emisiones no superior al valor certificado. El mantenimiento, el servicio y los ajustes deberían consignarse en el Libro registro LGE;
  - .5 las medidas correctivas en caso de que se supere el valor máximo aplicable de la relación  $SO_2/CO_2$ , o los criterios para la descarga del agua de lavado;
  - .6 un procedimiento de comprobación que deba utilizarse en los reconocimientos con objeto de garantizar su funcionamiento y que el uso de la unidad se ajuste a lo requerido (véase la sección 4.4);
  - .7 la variación, en toda la gama de funcionamiento, de las características del agua de lavado;
  - .8 las prescripciones relativas al proyecto del sistema de agua de lavado; y
  - .9 el SECC.

4.2.2.2 El ETM-A debería ser aprobado por la Administración.

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

4.2.2.4 Las enmiendas al ETM-A 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 deberían ser aprobadas por la Administración. Cuando la información añadida, suprimida o enmendada en el ETM-A no forme parte del ETM-A aprobado inicialmente, dicha información debería guardarse con el ETM-A y ser considerada como parte de éste.

#### 4.2.3 Reconocimientos en servicio

4.2.3.1 Las unidades LGE deberían estar sujetas a reconocimiento en la instalación y a los reconocimientos iniciales, anuales/intermedios y de renovación por parte de la Administración.

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.

4.2.3.3 Antes de su utilización, la Administración debería expedir un SECC para cada unidad LGE.

4.2.3.4 Tras el reconocimiento en la instalación prescrito en el párrafo 4.2.3.1, debería cumplimentarse debidamente la sección 2.6 del Suplemento del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica del buque.

### 4.3 Límites de las emisiones

4.3.1 Cada unidad LGE debería ser apta para reducir las emisiones hasta niveles iguales o inferiores al valor certificado en cualquier punto de carga cuando se esté funcionando de conformidad con los criterios que figuran en 4.2.2.1.2, según se especifica en los párrafos 4.3.2 a 4.3.5 de las presentes directrices, exceptuando lo establecido en el párrafo 4.3.7.

4.3.2 Las unidades LGE instaladas en los motores propulsores principales diésel deberían satisfacer lo prescrito en el párrafo 4.3.1 para todas las cargas que se encuentren entre el 25 % y el 100 % de la gama de carga de los motores en los que estén instaladas.

4.3.3 Las unidades LGE instaladas en los motores auxiliares diésel deberían satisfacer lo prescrito en el párrafo 4.3.1 para todas las cargas que se encuentren entre el 10 % y el 100 % de la gama de carga de los motores en los que estén instaladas.

4.3.4 Las unidades LGE instaladas en motores diésel que suministran potencia para la propulsión principal y auxiliar deberían satisfacer lo prescrito en el párrafo 4.3.3.

4.3.5 Las unidades LGE instaladas en calderas deberían satisfacer lo prescrito en el párrafo 4.3.1 para 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, en toda la gama de carga real de las calderas en las que estén instaladas.

4.3.6 Como prueba del funcionamiento, las emisiones deberían medirse en cuatro puntos de carga como mínimo, con el consentimiento de la Administración. Un punto de carga debería situarse en el 95-100 % del caudal másico máximo de los gases de escape para el que se

certificará la unidad. Un punto de carga debería situarse entre el  $\pm 5$  % del caudal másico mínimo de los gases de escape para el que se certificará la unidad. Los dos puntos de carga restantes deberían encontrarse, igualmente espaciados, entre los caudales másicos máximo y mínimo de los gases de escape. Cuando existan discontinuidades en el funcionamiento del sistema, debería aumentarse el número de puntos de carga, con el consentimiento de la Administración, de modo que se demuestre que se conserva el funcionamiento requerido en la gama establecida de caudal másico de los gases de escape. Deberían someterse a prueba otros puntos de carga intermedios en caso de que se tengan indicios de un pico de emisiones por debajo del caudal másico máximo de los gases de escape y por encima, si procede, del caudal másico mínimo de dichos gases. Estos ensayos complementarios deberían repetirse un número de veces suficiente para establecer el valor del pico de las emisiones.

4.3.7 En el caso de cargas inferiores a las especificadas 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 lenta en vacío, la concentración de las emisiones de SO<sub>2</sub> (ppm) en la concentración normalizada de O<sub>2</sub> (15,0 % para motores diésel y 3,0 % para calderas) no debería superar las 50 ppm.

#### **4.4 Procedimientos para demostrar el cumplimiento a bordo**

4.4.1 En el ETM-A de cada unidad LGE debería incluirse un procedimiento de verificación para su utilización en los reconocimientos según proceda. 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. La unidad LGE debería proyectarse de un modo que facilite las inspecciones que sean necesarias. Este procedimiento de verificación se basa en que si todos los componentes pertinentes y los valores de funcionamiento o configuraciones se ajustan a lo aprobado, entonces el funcionamiento del sistema LGE cumple lo prescrito 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 una unidad de combustión de fueloil para la que esté regulada (esto forma parte del SECP). A este fin, la Administración aceptará un expediente técnico relacionado con un Certificado EIAPP, de disponerse de él, o una declaración de gases de escape expedida por el fabricante o el proyectista del motor u otra parte competente, o una declaración de gases de combustión expedida por el fabricante o el proyectista de la caldera u otra parte competente.

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 valor certificado 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 debería ser 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-A y dispone de un SECC, 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 abreviar o reducir, según su criterio, 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 esté previsto 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 de cuándo se está utilizando el sistema. Dichos medios deberían registrar, al menos con la frecuencia estipulada en el párrafo 5.4.2, como mínimo, la presión del agua de lavado y el caudal en la conexión de entrada de la unidad LGE, la presión de los gases de escape antes de la unidad LGE y la caída de presión en toda ella, 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 consume productos químicos a una frecuencia conocida, como se documenta en el ETM-A, 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 de los gases de escape, se recomienda que se realice una comprobación aleatoria diaria de la calidad de los gases de escape en términos de la relación  $\text{SO}_2$  (ppm)/ $\text{CO}_2$  (%) para verificar el cumplimiento, junto con las comprobaciones de parámetros estipuladas en 4.4.7. Si dicho sistema está instalado, sólo son necesarias las comprobaciones aleatorias diarias de los parámetros enumerados en el párrafo 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 cumpla el valor certificado o uno inferior entre los reconocimientos mediante el procedimiento de verificación estipulado en el párrafo 4.4.1, o si esto requiere equipo especializado o conocimientos profundos, se recomienda utilizar la vigilancia continua de los gases de escape de cada unidad LGE, en el marco del Plan B, para garantizar el cumplimiento de lo estipulado en las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

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, incluidas las sustituciones de piezas por otras idénticas. El formulario correspondiente debería ser presentado por el fabricante del sistema LGE y ser aprobado por la Administración. Este Libro registro LGE debería estar disponible en los reconocimientos según se requiera, y podrá 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 previsto del buque aprobado por la Administración.

## **5 PLAN B – APROBACIÓN, RECONOCIMIENTO Y CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA LGE MEDIANTE LA VIGILANCIA CONTINUA DE LAS EMISIONES DE $\text{SO}_x$**

### **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 en funcionamiento, el valor de emisión prescrito (es decir, el que figura en el SECP) o uno inferior en cualquier punto de carga, incluida la fase de transición, y por tanto cumplen lo dispuesto en las reglas 14.1 y/o 14.4 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 los resultados de la vigilancia deberían facilitarse a la Administración cuando sea necesario para demostrar el cumplimiento, según proceda.

## **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.

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.

5.3.3 En los casos en que se instale un sistema LGE, debería cumplimentarse debidamente la sección 2.6 del Suplemento del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica del buque.

## **5.4 Cálculo del régimen de emisiones**

5.4.1 La composición de los gases de escape en términos de SO<sub>2</sub> (ppm)/CO<sub>2</sub> (%) debería medirse en un lugar adecuado que se encuentre después de la unidad LGE, y esa medición debería ajustarse a lo prescrito en la sección 6, según proceda.

5.4.2 Las concentraciones de SO<sub>2</sub> (ppm) y CO<sub>2</sub> (%) deben 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 la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, dichos analizadores deberían ajustarse para que tengan tiempos de muestreo y de medición similares, y los datos deberían alinearse de modo que la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> sea plenamente representativa de la composición de los gases 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 el párrafo 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 – "Plan B" (ETM-B)

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

- .1 la identificación de la unidad (fabricante, modelo/tipo, número de serie y demás datos necesarios), incluida una descripción de dicha unidad y todos los sistemas auxiliares necesarios;
- .2 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:
  - .1 el caudal másico máximo y, si procede, mínimo, de los gases de escape;
  - .2 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 diésel, se indicará si se trata de un motor de dos o de cuatro tiempos;
  - .3 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);
  - .4 las gamas de la temperatura de entrada de los gases de escape y las temperaturas máxima y mínima de salida de dichos gases con la unidad LGE en funcionamiento;
  - .5 la gama de la presión diferencial de los gases de escape y la presión máxima de entrada de dichos gases con la unidad de combustión del fueloil en funcionamiento al régimen nominal máximo continuo o al 80 % de la potencia nominal, según proceda;
  - .6 los niveles de salinidad o los elementos de agua dulce necesarios para proporcionar agentes neutralizadores adecuados; y
  - .7 otros parámetros necesarios relativos al funcionamiento de la unidad LGE;
- .3 cualesquiera prescripciones o restricciones aplicables a la unidad LGE o equipo correspondiente;
- .4 las medidas correctivas en caso de que se supere el valor máximo aplicable de la relación  $\text{SO}_2/\text{CO}_2$ , o los criterios para la descarga del agua de lavado;
- .5 la variación, en toda la gama de funcionamiento, de las características del agua de lavado;
- .6 las prescripciones relativas al proyecto del sistema de agua de lavado.

5.6.2 El ETM-B debería ser aprobado por la Administración.

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

5.6.4 Las enmiendas al ETM-B 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 deberían ser aprobadas por la Administración. Cuando la información añadida, suprimida o enmendada en el ETM-B no forme parte del ETM-B aprobado inicialmente, dicha información debería guardarse con el ETM-B 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<sub>x</sub> 2008 y apéndices correspondientes, salvo lo previsto en las presentes directrices.

6.2 El CO<sub>2</sub> debería medirse utilizando un analizador infrarrojo no dispersivo (NDIR) y con equipo complementario, como por ejemplo secadores, según sea necesario. El SO<sub>2</sub> debería medirse utilizando analizadores infrarrojos no dispersivos (NDIR) o analizadores ultravioleta no dispersivos (NDUV) y con equipo complementario, como por ejemplo secadores, según sea necesario. Se pueden aceptar otros sistemas o analizadores si con ellos se obtienen resultados mejores o equivalentes a los del equipo mencionado, a condición de que los apruebe la Administración. Para la aceptación de otros analizadores o sistemas de CO<sub>2</sub>, el método de referencia debería cumplir las prescripciones del apéndice III del Código técnico sobre los NO<sub>x</sub> 2008.

6.3 El analizador debería funcionar conforme a las prescripciones de las secciones 1.6 a 1.10 del apéndice III del Código técnico sobre los NO<sub>x</sub> 2008.

6.4 La muestra de gases de escape para el SO<sub>2</sub> debería obtenerse a partir de un punto de muestreo representativo en el sentido de la corriente de la unidad LGE.

6.5 El SO<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> deberían vigilarse utilizando sistemas de muestras in situ o de muestras extractivas.

6.6 Las muestras extractivas de los gases de escape para la determinación del SO<sub>2</sub> deberían mantenerse a una temperatura suficiente con objeto de evitar la condensación de agua en el sistema de muestreo y, por tanto, la pérdida de SO<sub>2</sub>.

6.7 Si la muestra extractiva de los gases de escape para la determinación del SO<sub>2</sub> debe secarse antes del análisis, habría que hacerlo de tal forma que no dé lugar a la pérdida de SO<sub>2</sub> en la muestra analizada.

6.8 Los valores de SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> deberían compararse suponiendo el mismo contenido de agua residual (por ejemplo, en seco o con la misma fracción de humedad).

6.9 En casos justificados en los que la unidad LGE reduzca la concentración de CO<sub>2</sub>, ésta podrá medirse en la entrada de la unidad LGE, siempre que pueda demostrarse claramente que tal método es correcto. En esos casos, los valores de SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> deberían compararse en seco. Si se miden en húmedo, el contenido de agua en la corriente de gases de escape en esos puntos también debería determinarse para ajustar las lecturas a los valores en seco. Para el cálculo del valor de CO<sub>2</sub> en seco, el factor de corrección de la concentración en seco a la concentración en húmedo podrá calcularse de conformidad con el párrafo 5.12.3.2.2 del Código técnico sobre los NO<sub>x</sub> 2008.

## **7 DISPOSITIVO DE REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

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

7.2 El dispositivo de registro y procesamiento debería registrar los datos que se exigen en las secciones 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 (GNSS).

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 conserven a bordo los datos prescritos y que se pueda disponer de ellos cuando sea necesario.

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 Debería elaborarse un OMM para abarcar cada unidad LGE instalada con un equipo de combustión de fueloil, que convendría identificar, y cuyo cumplimiento habrá que demostrar.

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

- .1 los sensores que han de utilizarse para evaluar el funcionamiento del sistema LGE y la vigilancia del agua de lavado, así como las prescripciones relativas a su servicio, mantenimiento y calibración;
- .2 los lugares 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 relativas al servicio y el mantenimiento;
- .3 los analizadores que vayan a ser utilizados, así como las prescripciones relativas a su servicio, mantenimiento y calibración;

- .4 los procedimientos de comprobación del cero y del calibrado del analizador; y
- .5 otros datos o información pertinentes para el correcto funcionamiento de los sistemas de vigilancia o su utilización en la demostración del cumplimiento.

8.3 El OMM debería indicar cómo debe llevarse 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 de las emisiones de SO<sub>x</sub> (SECP)**

9.1.1 Con objeto de cumplir lo prescrito en las reglas 14.1 y 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL, todos los buques que vayan a utilizar una unidad LGE, parcial o totalmente, deberían contar con un SECP aprobado por la Administración.

9.1.2 En el SECP debería enumerarse cada elemento del equipo de combustión de fueloil que tenga que ajustarse a las prescripciones sobre el funcionamiento de conformidad con lo prescrito en las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

9.1.3 De acuerdo con el Plan A, el SECP debería indicar cómo los datos de vigilancia continua demostrarán que los parámetros del párrafo 4.4.7 cumplen 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 SECP debería indicar cómo la vigilancia continua de las emisiones de los gases de escape demostrará que la relación total SO<sub>2</sub> (ppm)/CO<sub>2</sub> (%) del buque es equiparable a lo prescrito en las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL o a un valor inferior, como el prescrito en el párrafo 1.3. 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 y calderas pequeños, en los que no resultaría práctico instalar unidades LGE, especialmente cuando dichos equipos estén lejos de los espacios de máquinas principales. En el SECP deberían enumerarse todas esas unidades de combustión de fueloil. En el caso de las unidades de combustión de fueloil que no estén equipadas con una unidad LGE, el cumplimiento podrá conseguirse mediante las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

### **9.2 Demostración del cumplimiento**

#### **9.2.1 Plan A**

9.2.1.1 El SECP debería hacer referencia al ETM-A, al Libro registro LGE o el sistema de registro de la sala de máquinas y al OMM especificados en el Plan A, en lugar de reproducirlos. Cabe señalar que, como alternativa, los registros de mantenimiento pueden consignarse en el sistema de registro de mantenimiento previsto del buque, según lo autorice la Administración.

9.2.1.2 Para todos los equipos de combustión de fueloil mencionados en 9.1.2, deberían aportarse datos que demuestren que se cumplen los índices y las restricciones aplicables a la unidad LGE aprobada, como se señala en 4.2.2.1.2.

9.2.1.3 Los parámetros necesarios deberían vigilarse y quedar registrados como se prescribe en el párrafo 4.4.7 cuando la unidad LGE esté funcionando, con objeto de demostrar el cumplimiento.

## 9.2.2 Plan B

El SECP debería hacer referencia al ETM-B, al Libro registro LGE o el sistema de registro de la sala de máquinas y al OMM especificados en el Plan B, en lugar de reproducirlos.

## 10 AGUA DE LAVADO

### 10.1 Criterios de descarga del agua de lavado<sup>1</sup>

10.1.1 Cuando el sistema LGE se utilice en puertos o estuarios, la vigilancia y el registro del agua de lavado deberían ser continuos. Entre los valores vigilados y registrados deberían encontrarse los relativos al pH, los PAH, la turbidez y la temperatura. En otras zonas, el equipo de vigilancia y registro continuos debería estar en funcionamiento siempre que esté activado el sistema LGE, salvo durante breves periodos de mantenimiento y limpieza del equipo. El agua de lavado debería cumplir los límites siguientes:

#### 10.1.2 Criterios aplicables al pH

10.1.2.1 El pH del agua de lavado debería cumplir una de las siguientes prescripciones, que habría que consignar en el ETM-A o ETM-B, según proceda:

- .1 El pH del agua de lavado de la descarga no debería ser inferior a 6,5 al descargarse en el mar con la excepción de que, durante las maniobras y en tránsito, se permite una diferencia máxima de 2 unidades entre el pH de entrada y el de salida.
- .2 El límite del pH de la descarga, en el punto de vigilancia fuera del buque, es el valor que resultará en un pH mínimo de 6,5 a 4 m del punto de descarga fuera del buque con el buque estacionario y que se registrará como límite del pH de la descarga fuera del buque en el ETM-A o ETM-B. El límite del pH de la descarga fuera del buque puede determinarse mediante medición directa o mediante una metodología basada en el cálculo (tal como la dinámica de fluidos computacional u otras fórmulas empíricas científicamente establecidas), a reserva de la aprobación de la Administración y de conformidad con las siguientes condiciones que se registrarán en el ETM-A o ETM-B:
  - .1 todas las unidades LGE conectadas a las mismas salidas funcionan a plena carga (o con la máxima carga viable) y con el fueloil de contenido máximo de azufre para el que las unidades estén certificadas (Plan A) o se utilicen (Plan B);

<sup>1</sup> Los criterios de descarga del agua de lavado deberían revisarse en el futuro, cuando se disponga de más datos sobre el contenido de la descarga y sus efectos, teniendo en cuenta el asesoramiento del GESAMP.

- .2 si se utiliza un combustible de ensayo con un contenido de azufre menor, y/o una carga de ensayo inferior a la máxima, que sea suficiente para demostrar el comportamiento de la pluma del agua de lavado, habrá que establecer una razón de mezcla de la pluma basada en la curva de valoración del agua de mar. La razón de mezcla se utilizaría para demostrar el comportamiento de la pluma del agua de lavado y el cumplimiento del límite del pH de la descarga fuera del buque en caso de que el sistema LGE funcione con el combustible de mayor contenido de azufre y carga para el que el sistema LGE esté certificado (Plan A) o se utilice (Plan B);
- .3 cuando el caudal del agua de lavado varíe en función del caudal gaseoso del sistema LGE, también deberían evaluarse las repercusiones de lo anterior en el funcionamiento con carga parcial para garantizar que se cumpla el límite del pH de la descarga fuera del buque con cualquier carga;
- .4 debería utilizarse como referencia una alcalinidad del agua de mar de 2 200  $\mu\text{mol/litro}$  y un pH de 8,2;<sup>2</sup> debería utilizarse una curva de valoración enmendada cuando las condiciones de ensayo difieran del agua de mar de referencia, tal como acuerde la Administración; y
- .5 si se utiliza una metodología basada en el cálculo, deberían facilitarse pormenores para permitir su verificación que incluyeran, entre otros, las fórmulas científicas de base, la especificación del punto de descarga, los caudales de descarga del agua de lavado, los valores designados del pH en la descarga y a una distancia de 4 m, y los datos de valoración y dilución.

### 10.1.3 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)

10.1.3.1 La concentración de PAH en el agua de lavado debería cumplir las prescripciones que figuran a continuación. El límite oportuno debería especificarse en el ETM-A o en el ETM-B.

10.1.3.2 La concentración máxima continua de PAH en el agua de lavado no debería ser superior a 50  $\mu\text{g/L}$  de PAH<sub>phe</sub> (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 sentido de la corriente del equipo de tratamiento del agua, pero a contracorriente de la dilución del agua de lavado o de otra unidad de dosificación de reactivos que pueda utilizarse, antes de la descarga.

---

<sup>2</sup> Estos valores podrían revisarse en un plazo de dos años para las instalaciones nuevas tras la adopción de las presentes directrices enmendadas si las condiciones físicas de los mares varían como consecuencia de la utilización de sistemas de limpieza de los gases de escape.

10.1.3.3 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 nominal máximo continuo (MCR) o al 80 % de la potencia nominal de la unidad de combustión de fueloil. Dicho límite debería ajustarse al alza para los caudales de agua de lavado por MWh inferiores, y viceversa, de conformidad con el cuadro que figura a continuación.

<b>Caudal (t/MWh)</b>	<b>Límite de la concentración de la descarga (µg/L de PAH<sub>phe</sub> equivalente)</b>	<b>Tecnología de medición</b>
0-1	2 250	Luz ultravioleta
2,5	900	Luz ultravioleta
5	450	Fluorescencia <sup>3</sup>
11,25	200	Fluorescencia
22,5	100	Fluorescencia
45	50	Fluorescencia
90	25	Fluorescencia

10.1.3.4 Durante un intervalo de 15 min en un periodo cualquiera de 12 h, el límite de concentración continua de PAH<sub>phe</sub> podrá superar el límite indicado *supra* hasta en un 100 %. Esto permitiría una puesta en marcha anómala de la unidad LGE.

#### 10.1.4 Turbidez/partículas en suspensión

10.1.4.1 La turbidez del agua de lavado debería cumplir las siguientes prescripciones. El límite debería consignarse en el ETM-A o en el ETM-B.

10.1.4.2 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.

10.1.4.3 La turbidez continua máxima del agua de lavado no debería superar la turbidez del agua de admisión en más de 25 FNU (unidades nefelométricas de formacina) o 25 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) u otras unidades equivalentes. No obstante, durante periodos de alta turbidez a la entrada, 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 deberían tomarse en forma de promedio ajustado para periodos de 15 min, hasta un máximo de 25 FNU. A los efectos del presente criterio, la turbidez del agua de lavado debería medirse en el sentido de la corriente del equipo de tratamiento del agua, pero a contracorriente de la dilución del agua de lavado (o de la dosificación de otro reactivo), antes de la descarga.

10.1.4.4 Durante un intervalo de 15 min en un periodo cualquiera de 12 h podrá superarse el límite de turbidez continua de la descarga en un 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<sub>x</sub> 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.

<sup>3</sup> Para caudales superiores a 2,5 t/MWh debería utilizarse la tecnología fluorescente.

10.1.5.2 En cada reconocimiento de renovación deberá disponerse de datos de descarga de nitratos en relación con la descarga de muestras extraídas de cada sistema LGE durante los tres meses previos al reconocimiento. Sin embargo, la Administración podrá exigir la extracción y el análisis de una muestra adicional a discreción. Los datos de descarga de nitratos y el certificado de análisis deberán mantenerse a bordo del buque como parte del Libro registro LGE y deberán estar disponibles durante las inspecciones prescritas por el Estado rector del puerto u otras Partes. En el ETM-A o el ETM-B, según proceda, deberían incluirse las prescripciones relacionadas con el muestreo, el almacenamiento, la manipulación y el análisis. Para lograr una evaluación de regímenes comparables de descarga de nitratos, los procedimientos de muestreo deberían tener en cuenta lo dispuesto en el párrafo 10.1.5.1, que estipula la necesidad de normalización del flujo del agua de lavado. Los métodos de prueba para el análisis de los nitratos deberían seguir el análisis normalizado del agua de mar descrito en Grasshoff y otros.

10.1.5.3 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-A o en el ETM-B.

#### 10.1.6 Aditivos y otras sustancias en el agua de lavado

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

### 10.2 Vigilancia del agua de lavado

10.2.1 El pH, el contenido de hidrocarburos (medido con arreglo a los niveles de PAH) y la turbidez deberían vigilarse y registrarse continuamente, tal como se recomienda en la sección 7 de las presentes directrices. El equipo de vigilancia debería 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 vigilar los PAH en el agua hasta, como mínimo, el doble del límite de la concentración de la descarga que se indica 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 la banda operativa 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 gama de funcionamiento.

### *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**

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

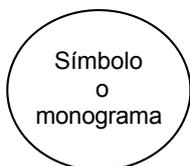
### **10.4 Residuos del agua de lavado**

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 incluyan la fecha, la hora y el lugar de dichos almacenamiento y eliminación. El registro LGE podrá incluirse en un registro existente o en un sistema de registro electrónico aprobado por la Administración.

## APÉNDICE 1

### MODELO DE CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LAS EMISIONES DE SO<sub>x</sub>



#### **NOMBRE DE LA ADMINISTRACIÓN**

### CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LAS EMISIONES DE SO<sub>x</sub>

### CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE UNIDAD PARA LOS SISTEMAS DE LIMPIEZA DE LOS GASES DE ESCAPE

Expedido en virtud de lo dispuesto en el Protocolo de 1997, enmendado en 2008 mediante la resolución MEPC.176(58), que enmienda el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978, con la autoridad conferida por el Gobierno de:

.....  
*(nombre oficial completo del país)*

por.....  
*(nombre completo de la persona u organización competente autorizada  
en virtud de lo dispuesto en el Convenio)*

Se certifica que la unidad de limpieza de los gases de escape (LGE) que se indica a continuación ha sido objeto de reconocimiento de conformidad con las especificaciones que figuran en el Plan A de las Directrices de 2015 sobre los sistemas de limpieza de los gases de escape, adoptadas mediante la resolución MEPC.259(68).

El presente certificado sólo es válido para la unidad LGE mencionada a continuación:

<b>Fabricante de la unidad</b>	<b>Modelo/tipo</b>	<b>Número de serie</b>	<b>Número de aprobación de la unidad del sistema LGE y del Manual técnico</b>

Todo buque en el que se haya instalado esta unidad del sistema LGE llevará siempre a bordo una copia del presente certificado y el Manual técnico del sistema LGE.

Este certificado tendrá validez durante toda la vida útil de la unidad del sistema LGE, instalada en los buques sometidos a la autoridad de este Gobierno, a condición de que se realicen los reconocimientos prescritos en la sección 4.2 de las presentes directrices y en la regla 5 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

Expedido en.....  
*(lugar de expedición del certificado)*

dd/mm/aaaa

.....  
*(fecha de expedición)*                      *(firma del funcionario autorizado para  
expedir el certificado)*

(sello o estampilla, según corresponda, de la autoridad)

## APÉNDICE 2

### PRUEBA DEL MÉTODO BASADO EN LA RELACIÓN SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>

1 El método basado en la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> permite vigilar de forma directa las emisiones de los gases de escape a fin de verificar que respetan los límites relativos a las emisiones establecidos en el cuadro 1 del párrafo 1.3 de las presentes directrices. En el caso de los sistemas LGE que absorben CO<sub>2</sub> durante el proceso de limpieza de los gases de escape, es necesario medir el CO<sub>2</sub> antes de dicho proceso y utilizar la concentración de CO<sub>2</sub> antes de la limpieza con la concentración de SO<sub>2</sub> tras la limpieza. En los sistemas de limpieza tradicionales poco alcalinos prácticamente no se absorbe CO<sub>2</sub> durante la limpieza de los gases de escape, por lo que la vigilancia de ambos gases se puede efectuar después del proceso de limpieza.

2 La correspondencia entre la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> puede determinarse examinando simplemente los contenidos respectivos de carbono por unidad de masa del destilado y del combustible residual. El contenido de carbono de este grupo de combustibles hidrocarbonados, como porcentaje de la masa, es muy similar, mientras que su contenido de hidrógeno varía. Por consiguiente, puede concluirse que para un consumo determinado de carbono por combustión, se consumirá azufre en una cantidad proporcional al contenido de azufre del combustible, o, en otras palabras, la relación constante entre el carbono y el azufre se ajustará para tener en cuenta el peso molecular del oxígeno de la combustión.

3 Se había previsto inicialmente utilizar la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> para verificar que se cumplen las emisiones procedentes de los combustibles con un contenido de 1,5 % de azufre. Puede demostrarse el límite de 65 (ppm<sup>4</sup>%) de la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> para un contenido del 1,5 % de azufre en el combustible calculando en primer lugar la relación entre la masa del azufre del combustible y la masa de carbono del combustible, que se indica en el cuadro 1 de este apéndice para diferentes combustibles y contenidos de azufre del combustible, incluido el contenido de 1,5 % de azufre tanto para los combustibles destilados como para los residuales. Dichos cocientes se utilizaron para calcular las concentraciones correspondientes de SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en los gases de escape, que figuran en el cuadro 2 de este apéndice. Los pesos moleculares 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 CO<sub>2</sub> se establece primero en un 8 % y posteriormente se cambia a un 0,5 % a fin de demostrar que los cambios en cuanto al exceso de aire no tienen efecto alguno. Como se esperaba, varía la concentración absoluta de SO<sub>2</sub>, pero no la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>. Ello indica que tal relación es independiente de la proporción combustible-aire. En consecuencia, la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> puede utilizarse sin problemas para cualquier punto de funcionamiento, incluidos aquéllos en los que no se genera potencia al freno alguna.

3.1 Obsérvese que la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> varía ligeramente del combustible destilado al residual. Ello se debe a que, en los dos tipos de combustible, la proporción de átomos de hidrógeno y carbono (H:C) es muy diferente. En la figura 1 se ilustra cómo se ve afectada la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> por la proporción H:C para una amplia variedad de proporciones H:C y de concentraciones de azufre del combustible. Observando la figura 1 puede concluirse que, para niveles de azufre del combustible inferiores al 3,0 %, la diferencia en los cocientes S/C para combustibles destilados y residuales es inferior al 5,0 %.

---

<sup>4</sup> 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 suponiendo un comportamiento de gas ideal. En realidad, las unidades técnicamente correctas son los micromoles de sustancia por mol de cantidad total (μmol/mol), pero se utilizan las ppm a fin de mantener la uniformidad con las unidades que aparecen en el Código técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

3.2 Si se utilizan combustibles no derivados del petróleo, la relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> apropiada aplicable a los valores que figuran en las reglas 14.1 y/o 14.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL se someterá a la aprobación de la Administración.

**Cuadro 1: Propiedades de los combustibles marinos destilados y residuales\***

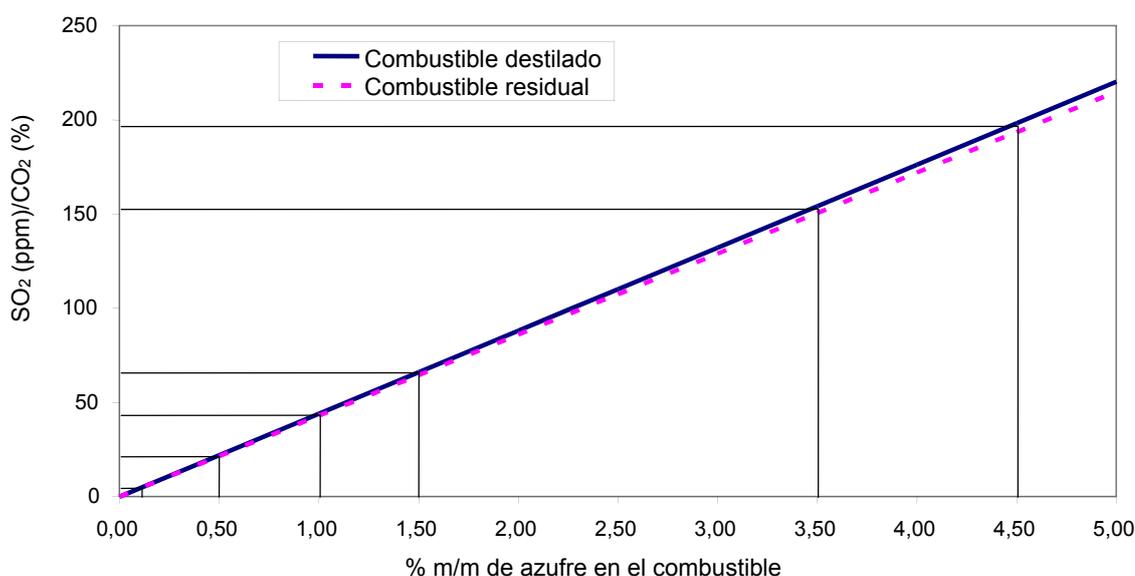
	Carbono	Hidrógeno	Azufre	Otros	C	H	S	S/C del combustible	SO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> de los gases de escape
Tipo de combustible	%(m/m)	%(m/m)	%(m/m)	%(m/m)	mol/kg	mol/kg	mol/kg	mol/mol	ppm/% (v/v)
Destilado	86,20	13,60	0,17	0,03	71,8333	136	0,0531	0,00074	7,39559
Residual	86,10	10,90	2,70	0,30	71,7500	109	0,8438	0,01176	117,5958
Destilado	85,05	13,42	1,50	0,03	70,8750	134,2	0,4688	0,006614	66,1376
Residual	87,17	11,03	1,50	0,30	72,6417	110,3	0,4688	0,006453	64,5291

\* Basadas en las propiedades que figuran en las directrices de la OMI para la vigilancia de los NO<sub>x</sub> (resolución MEPC.103(49)).

**Cuadro 2: Cálculos de las emisiones correspondientes a un contenido del 1,5 % de azufre en el combustible**

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> de los gases de escape	S/C de los gases de escape
	%	ppm <sup>4</sup>	ppm <sup>4</sup> /%	m/m
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

**Relación SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> en función del porcentaje de azufre en el combustible**



4 La correspondencia entre 65 (ppm<sup>4</sup>/%) SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> y el valor de 6,0 g/kWh se revela demostrando que sus cocientes S/C son similares. Ello requiere la hipótesis adicional de un consumo de combustible específico al freno (BSFC) de 200 g/kWh. Tal valor es un promedio apropiado para los motores diésel marinos. El cálculo se efectúa de la siguiente manera:

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

SO<sub>2</sub> específico al freno = 6,0 g/kWh

MW<sub>S</sub> = 32,065 g/mol

MW<sub>SO<sub>2</sub></sub> = 64,064 g/mol

BSFC = 200 g/kWh

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

$$S/C_{\text{combustible residual}} = \frac{6,0 \times \left( \frac{32,065}{64,064} \right)}{200 \times \left( \frac{87,17 \%}{100} \right)} = 0,01723$$

$$S/C_{\text{combustible destilado}} = \frac{6,0 \times \left( \frac{32,065}{64,064} \right)}{200 \times \left( \frac{85,05 \%}{100} \right)} = 0,01765$$

**Nota 1:** Los valores de las relaciones de masa S/C calculados *supra*, basados en 6,0 g/kWh y un BSFC de 200 g/kWh, se encuentran dentro del 0,10 % de las relaciones de masa S/C del cuadro de emisiones (cuadro 2). En consecuencia, la correspondencia entre 65 (ppm<sup>4</sup>/%) de SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> y el valor de 6,0 g/kWh es buena.

**Nota 2:** El valor de 6,0 g/kWh y, en consecuencia, el valor de 200 g/kWh de consumo de combustible específico al freno, se toman del Anexo VI del Convenio MARPOL, adoptado por la Conferencia MARPOL de 1997.

5 Así pues, las fórmulas de trabajo son las siguientes:

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

$$\text{Para una combustión completa} = \frac{SO_2 (\text{ppm}^*)}{CO_2 (\% *) + (CO (\text{ppm}^*) / 10000) + (THC (\text{ppm}^*) / 10000)} \leq 65$$

\* **Nota:** Las concentraciones de gas deben someterse a muestreo o convertirse al mismo contenido de agua residual (por ejemplo, totalmente en húmedo, totalmente en seco).

6 A continuación se explican los principios que justifican la utilización de (ppm<sup>4</sup>/%)  
SO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> como límite para determinar el cumplimiento de la regla 14.1 o 14.4 del Anexo VI del  
Convenio MARPOL:

- .1 Dicho límite puede utilizarse para determinar el cumplimiento de los quemadores de fueloil que no producen energía mecánica.
- .2 El límite puede utilizarse para determinar el cumplimiento en cualquier potencia de salida, incluso con el motor funcionando en marcha lenta en vacío.
- .3 El límite solamente exige dos mediciones de la concentración de gas en un lugar de muestreo.
- .4 No es necesario medir parámetro alguno del motor, tales como régimen, par, flujo de gases de escape o flujo de combustible.
- .5 Si las dos mediciones de la concentración de gas se efectúan con el mismo contenido de agua residual en la muestra (por ejemplo, totalmente en húmedo, totalmente en seco), en el cálculo no es necesario utilizar los factores de conversión de seco a húmedo.
- .6 El límite permite separar por completo la eficacia térmica de la unidad de combustión del fueloil de la unidad LGE.
- .7 No es necesario conocer las propiedades del combustible.
- .8 Dado que solamente se efectúan dos mediciones en un único lugar, los efectos transitorios del motor o de la unidad LGE pueden reducirse al mínimo alineando las señales de sólo estos dos analizadores. (Obsérvese que los puntos más apropiados para la alineación son aquéllos en los que cada analizador responde a un cambio escalonado de las emisiones en la sonda de muestreo del 50 % del valor en estado estacionario).
- .9 Este límite es independiente de la cantidad de gases de escape diluidos. Puede producirse dilución debido a la evaporación de agua en una unidad LGE y como parte de un sistema de preacondicionamiento del dispositivo de muestreo de los gases de escape.

### APÉNDICE 3

#### RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE EL AGUA DE LAVADO

1 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 cualquier asesoramiento facilitado por el GESAMP.

2 Por consiguiente, las Administraciones deberían prever la recopilación de los datos pertinentes. A tal efecto, se exige a los propietarios de 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.

3 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

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

5 Cuando se presenten datos de muestras a la Administración, debería incluirse también 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.

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

\*\*\*