

NORMATIVA EPA EN EL ÁMBITO MARÍTIMO

**TRABAJO FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
GRADUADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**UDE INGENIERÍA MARÍTIMA
SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
Santa Cruz de Tenerife**

**SEBASTIÁN I. PEDRAZA ARACENA
SEPTIEMBRE 2016**

**DIRECTORES
JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA
MARIA DEL CRISTO ADRIÁN DE GANZO**

D. José Agustín González Almeida, Profesor Asociado de la UDE de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Sebastián I. Pedraza Aracena, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "NORMATIVA EPA EN EL ÁMBITO MARÍTIMO".

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de septiembre de 2016.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a long horizontal flourish extending to the right.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

D^a. María del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora Asociada de la UDE de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Sebastián I. Pedraza Aracena, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "NORMATIVA EPA EN EL ÁMBITO MARÍTIMO".

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de septiembre de 2016.



Fdo.: María del Cristo Adrián de Ganzo.

Director del trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XI
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. MOTORES Y ESTÁNDARES DE COMBUSTIBLE	5
4. IMPLICACIÓN PARA OTROS BUQUES	9
5. EMISIONES DE LOS BUQUES	11
5.1. Materia Particulada (PM)	11
5.2. Óxidos de nitrógeno (NOx)	13
5.3. Óxidos de azufre (SOx)	15
5.4. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	17
6. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS	19
7. PROBLEMAS CAUSADOS POR ALGUNAS EMISIONES	25
8. CONCENTRACIONES	33
9. TIPOS DE GASES EMITIDOS.....	35
10. ANEXO VI - MARPOL	39
10.1. Regla 12: Sustancias que agotan la capa de ozono.	40
10.2. Regla 13: Óxidos de nitrógeno (NOx).....	43
10.3. Regla 14: Óxidos de azufre (SOx) y Materia Particulada (MP)	53
10.4. Regla 15: Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).....	59
ANEXO	65
CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tabla OMI. Fuente:

<https://portulanodigital.files.wordpress.com/2014/06/44-2-tabla-marpol-vi.jpg>..... 9

Ilustración 2: Comparación de tamaño de partículas. Fuente:

<http://www.airetemuco.cl/glosario/>..... 12

Ilustración 3: Esquema lluvia ácida. Fuente:

<http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/la-lluvia-cida-hoy-13261> 15

Ilustración 4: Ozono troposférico. Fuente: <http://masscience.com/2015/01/03/los-efectos-de-los-contaminantes-toxicos-que-nos-rodean/> 18

Ilustración 5: Sistema "common rail". Fuente: <http://revistamotor.eu/index.php/del-calle/mecanica/357-funcionamiento-del-sistema-common-rail>..... 20

Ilustración 6: Sistema EGR. Fuente:

http://maquinasdebarcos.blogspot.com.es/2012_11_01_archive.html 21

Ilustración 7: Diagrama ciclo norma vs ciclo Miller. Fuente:

http://www.technicalcourses.net/portal/es/blog/blog_entrada.php?entrada_id=47 22

Ilustración 8: Motor Sulzer 16ZA40S. Fuente:

<http://www.smokstak.com/forum/showthread.php?t=64835>..... 22

Ilustración 9: Esquema sistema SCR. Fuente: Simulador MC-90 23

Ilustración 10: Antes y después de la eutrofización. Fuente:

<http://www.iagua.es/blogs/antonio-guillen/lago-de-sanabria-situacion-actual-y-proceso-de-eutrofizacion> 27

Ilustración 11: Esquema de la acidificación. Fuente: <http://sla.org.ec/potenciales-impactos-de-la-acidificacion-oceanica/>..... 31

<i>Ilustración 12: Emisiones de los buques. Fuente:</i> http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf	33
<i>Ilustración 13: Esquema composición del aire. Fuente:</i> http://acivro.blogspot.com.es/2009/05/la-atmosfera-la-atmosfera-es-una-capa.html	35
<i>Ilustración 14: Esquema efecto invernadero. Fuente:</i> https://pedrojhernandez.com/tag/gases-de-efecto-invernadero/	36
<i>Ilustración 15: Tabla Tier. Fuente:</i> http://www.airclim.org/imo-marpol-convention48	
<i>Ilustración 16: NECAs. Fuente:</i> http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf	52
<i>Ilustración 17: Regulaciones Óxidos de Azufre. Fuente:</i> http://maquinasdebarcos.blogspot.com.es/2014/05/gas-natural-liquido-lng-como.html	57
<i>Ilustración 18: SECAs. Fuente:</i> http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf	58
<i>Ilustración 19: Grandes Lagos. Fuente:</i> http://rafaelcondill.blogspot.com.es/2013/06/1038-los-minoicos-en-los-grandes-lagos.html	66

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ECA	Emission Control Area
EPA	United States Environmental Protection Agency
IMO	International Maritime Organisation
CAA	Clean Air Act
VOC	Volatile Organic Compounds
PM	Particulate Matter
SECA	Sulphur Emission Control Area
NECA	Nitrogen oxide Emission Control Area
EGR	Exhaust Gas Recirculation
SCR	Selective Catalytic Reduction

RESUMEN

Hoy en día, que el transporte marítimo es un medio muy utilizado para el transporte de mercancías voluminosas o transporte en general, se consumen toneladas de combustible, que al entrar en combustión en los motores de los buques liberan importantes cantidades de emisiones contaminantes a la atmosfera.

Esto trae consigo graves problemas medio ambientales y de salud pública con consecuencias irreversibles, como son el caso de cáncer o enfermedades respiratorias, a la vez, que calentamiento global, lluvia acida, eutrofización de las aguas, etc., algunas de ellas explicadas más adelante.

De esta manera, se han creado varias legislaciones dependiendo de la zona, ya sea americana para las costas Estados Unidos y Canadá; europea para los países miembros de este continente, o globalmente con la legislación de la OMI.

Básicamente, las tres legislaciones vienen a decir lo mismo, reducir las cantidades de las principales emisiones de los buques, siendo estas, óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), partículas en suspensión (PM) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

La legislación en la que me centrare especialmente en este trabajo será la americana, que cuenta con unas ECAs (Áreas de Control de Emisiones) delimitadas, que obliga a reducir la cantidad de emisiones de óxidos de nitrógeno y de óxidos de azufre y materia particulada, de esta forma se evita la excesiva contaminación que hay en ciudades y puertos de este país, y las demás enfermedades, antes comentadas, que traen consigo.

1. INTRODUCCIÓN

La navegación internacional implica que numerosos buques tengan que trasladarse de un país a otro, y que en múltiples ocasiones entren en conflicto las normativas ambientales según el país de destino u operación. Este es el caso, por ejemplo, de los buques que desde cualquier país del mundo realizan sus operaciones con puertos de los EE.UU.

Hoy en día, más del 90% de los buques son propulsados por motores. Casi el total de los combustibles empleados en motores marinos son fuelóleos pesados, los cuales son más baratos que otros combustibles más refinados, pero presentan el gran inconveniente de que contienen una cantidad importante de sustancias contaminantes tales como azufre, cenizas, asfaltenos, etc., lo cual provoca que los buques expulsen grandes cantidades de óxidos de azufre (SO_x) y partículas en suspensión. Además, de otras emisiones tales como óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de carbono (CO₂).

Por otra parte, es muy importante reducir los óxidos de azufre de los gases de escape porque son los principales gases causantes de la lluvia ácida. Los óxidos de nitrógeno también contribuyen a la lluvia ácida, a la formación de aguas eutróficas y, además, destruyen la capa de ozono. Respecto a las partículas en suspensión, son muy dañinas en los vegetales y en los animales y humanos pueden provocar serios problemas pulmonares e, incluso, llegar a causar cáncer. El dióxido de carbono no se considera un gas tóxico, pero también es muy importante reducirlo puesto que repercute en el calentamiento global del planeta y en la acidificación de los océanos.

En el caso de EE.UU., los buques que atraquen, naveguen o fondeen en las costas de EE.UU., Caribe, Islas Vírgenes y Canadá deben cumplir con unas ciertas normas, las cuales les permiten expulsar una pequeña cantidad de emisiones de gases a la atmosfera. Estas zonas son las llamadas Áreas de Control de Emisiones (ECAs) las cuales regulan la emisión de los distintos óxidos que liberan los buques,

estos son los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, además de las partículas en suspensión y del dióxido de carbono que liberan.

2. MOTORES Y ESTÁNDARES DE COMBUSTIBLE

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) posee una estrategia coordinada para hacer frente a las emisiones de los grandes buques, que son los causantes de la gran contaminación del aire en muchas de las ciudades y puertos de algunos países.

Por una parte, la EPA distingue dos tipos de motores diésel usados en los grandes buques, los motores principales y los motores auxiliares. Los motores principales de propulsión de los barcos más grandes son los motores diésel marinos "Categoría 3", que pueden tener una altura de más de tres pisos de altura y una longitud aproximada de 30 metros. (A. P. EPA 2016) En cambio, los motores auxiliares en barcos grandes, por lo general varían en tamaño desde pequeños generadores portátiles o al tamaño de los motores de locomotoras.

Por otra parte, en una regla publicada el 30 de abril de 2010, la EPA adoptó normas que se aplican a los motores de Categoría 3 (C3) (Marino diesel normativa de emisiones 2016) instalados en los buques de Estados Unidos, además, de los combustibles diésel marinos producidos y distribuidos en los Estados Unidos. Esta regla añade dos nuevos niveles de normas de motores para los motores C3: las normas Tier II (García 2016) que comienzan en 2011 y las normas Tier III (Control de emisiones en motores marinos y métodos para su reducción. 2016) que comienzan en 2016. También incluye un programa regulador para aplicar el Anexo VI del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (el tratado "MARPOL") (OMI 2016) en los Estados Unidos, incluyendo los límites del motor y de azufre en el combustible, y se extiende a las prescripciones de la Áreas de Control de Emisiones (ECAs: Emission Control Area) del motor y combustible a las aguas interiores de Estados Unidos. La regla también revisó el programa interno de la CAA (EPA, EPA en Español 2016) de combustible diésel para permitir la producción y

venta de combustible diésel con un máximo de 1.000 ppm (0,10%) de azufre para su uso en embarcaciones marinas C3, la introducción gradual de 2015.

El 18 de enero de 2012, la EPA publicó una regla final que añade una disposición al gran programa de motores marinos para proporcionar un incentivo para realimentar los buques de vapor de los Grandes Lagos (Wikipedia, Grandes Lagos (América del Norte) 2016) con nuevos motores diésel más eficientes. Este consiste en una exención automática de combustible y de duración limitada que permite el uso de combustible residual en los motores diésel de reemplazo que exceda los límites globales de azufre y de ECAs que de otro modo se aplican a los combustibles utilizados en los buques que operan en los Grandes Lagos de Estados Unidos. Esta realimentación automática para los buques de vapor de los Grande Lagos es válida al 31 de diciembre del año 2025; después de esa fecha, se requerirá que los barcos de vapor realimentados que cumplen con los límites de azufre en el combustible en las ECAs de los Grandes Lagos para los motores diésel. Esta renuncia automática de combustible está disponible sólo para los barcos de vapor que operan exclusivamente en los Grandes Lagos, que estén en servicio del 30 de octubre de 2009 y que se realimentan con una norma Tier II o un motor diésel mejor.

3. BUQUES DIÉSEL

Los motores diésel marinos se utilizan en una gran variedad de embarcaciones que varían en tamaño y aplicación, desde pequeñas embarcaciones recreativas a grandes buques oceánicos. Los nuevos motores diésel marinos deben cumplir con unos requisitos de emisiones cada vez más estrictos. Sin embargo, estos motores seguirán emitiendo grandes cantidades de óxidos de nitrógeno (NOx) y de materia particulada (PM), los cuales contribuyen a graves problemas de salud pública.

En mayo de 2004, como parte de la regla diésel Tier IV, la EPA definió nuevos requisitos que disminuyen los niveles permitidos de azufre en el combustible diésel marino en un 99%. Estas mejoras de combustible, que comenzaron a entrar en vigor en 2007, están creando importantes beneficios ambientales y de salud pública mediante la reducción de PM de motores nuevos y existentes.

En marzo de 2008, la EPA concluyó un programa de tres partes que reduce aún más las emisiones de los motores diésel marinos con desplazamiento por cilindro por debajo de 30 litros. Estos incluyen los motores de propulsión marinos utilizados en los buques, desde barcos de recreo y pequeños barcos de pesca a remolcadores y buques de carga de los Grandes Lagos, y los motores marinos auxiliares que van desde pequeños a grandes grupos electrógenos de buques oceánicos. La norma prevé la reducción de las emisiones de PM de estos motores hasta un 90% y las emisiones de NOx hasta un 80% cuando se encuentre plenamente implementada.

La regla final de 2008 incluye las normas de emisión nacionales por primera vez para los motores diésel marinos comerciales existentes, aplicando a los motores de más de 600 kW cuando son remanufacturados. La norma también establece las normas de emisiones Tier III para los motores de nueva construcción que están en proceso de introducción a partir de 2009. Por último, la norma establece las normas Tier IV para los motores diésel marinos comerciales de nueva construcción por

encima de 600 kW, con base en la aplicación de la tecnología de alta eficiencia de post-tratamiento catalítico, con la introducción gradual a principios de 2014. (EPA, Diesel Boats and Ships 2016)

4. IMPLICACIÓN PARA OTROS BUQUES

La legislación en vigor puede separarse en 3 grandes grupos: la norteamericana, aplicable solo en EEUU y a los barcos con bandera estadounidense; la de la IMO, aplicable a todos los países; y la europea, aplicable en los países de la UE.

Con respecto a la IMO, cuya legislación se aplica a todos los países, tiene aspectos en común con la normativa americana, por ejemplo con el caso de las normas Tier, el establecimiento de las ECAs, un contenido máximo permitido de azufre en el combustible y un máximo de emisiones de NOx, SOx y partículas en suspensión.

Por otra parte, la OMI presenta una tabla que regula las emisiones de NOx y las cantidades de azufre del combustible dentro de las ECAs y fuera de estas:

Table 1: International Ship Engine and Fuel Standards (MARPOL Annex VI)

	Effective Date	Fuel Sulfur	NOx
Emission Control Areas	May 2005 to June 2010	15,000 ppm	
	July 2010	10,000 ppm	
	January 2015	1,000 ppm	
	January 2016		Tier III Aftertreatment
Global	Before January 2011		Tier I Engine Controls
	January 2011		Tier II Engine Controls
	Before January 2012	45,000 ppm	
	2012	35,000 ppm	
	2020 ^a	5,000 ppm	
Notes: ^a Subject to a fuel availability study in 2018, may be extended to 2025			

Ilustración 1: Tabla OMI. Fuente: <https://portulanodigital.files.wordpress.com/2014/06/44-2-tabla-marpol-vi.jpg>

5. EMISIONES DE LOS BUQUES

Como principales emisiones de los buques podemos destacar las siguientes:

- **PM**, está relacionado con el contenido de azufre del combustible, y procede de los inquemados de la combustión y de las impurezas del combustible.
- **NOx**, se produce por la reacción del oxígeno y del nitrógeno debido a altas temperaturas.
- **SOx**, viene dado por el contenido de azufre del combustible.
- **COV**, Compuestos Orgánicos Volátiles liberados por la quema del combustible.

5.1. Materia Particulada (PM)

El término Materia Particulada (PM) hace referencia a las partículas de diferentes tamaños presentes en la atmósfera, formando una mezcla compleja de sustancias orgánicas presentes en la atmósfera, tanto en estado sólido, en forma de partículas, como en estado líquido, en forma de pequeñas gotas. Todas estas partículas, tanto líquidas como sólidas, las podemos encontrar en forma de gases, humo, polvo y aerosoles. Los efectos de esas partículas en la salud dependen de su tamaño y concentración. Para calcular sus efectos sanitarios y con fines reglamentarios, las partículas se miden para ser luego clasificables mediante lo que se conoce como fracción respirable de partículas, por ejemplo, PM10 y PM2.5.

El indicador PM10 se refiere a las partículas con menos de 10 μm (micrones de metro = millonésima parte del metro) de diámetro. Éstas se conocen comúnmente como partículas gruesas y contienen polvo proveniente de la combustión. Dependiendo de su tamaño, las partículas gruesas pueden alojarse en la tráquea (parte superior de la garganta) o en los bronquios.

El indicador PM2.5 se refiere a las partículas con menos de 2.5 μm de diámetro. Éstas se conocen comúnmente como partículas finas y contienen aerosoles secundarios (Díaz s.f.), partículas de combustión y vapores metálicos y orgánicos recondensados, así como componentes ácidos. Las partículas finas pueden llegar hasta los alvéolos pulmonares.

El indicador PM0.1 se refiere a las partículas con menos de 0.1 μm de diámetro, conocidas como partículas ultrafinas. Estas partículas, cuyo estudio se encuentra aún en fase preliminar, suelen exhalarse, y pueden llegar hasta el torrente sanguíneo.

El humo visible está compuesto por partículas de tamaño PM10 o más grandes. Las partículas que más afectan la salud son las que se encuentran en el “rango respirable”, es decir, las que están entre PM10 y PM0.1. El rango respirable comprende partículas que pueden llegar hasta los pulmones y depositarse allí, en cambio, las partículas más pequeñas que las PM0.1 suelen exhalarse. Las partículas finas y ultrafinas (PM2.5 y PM0.1) no se pueden ver a simple vista (2.5 μm equivalen aproximadamente a 1/30 parte del grosor de un cabello humano).

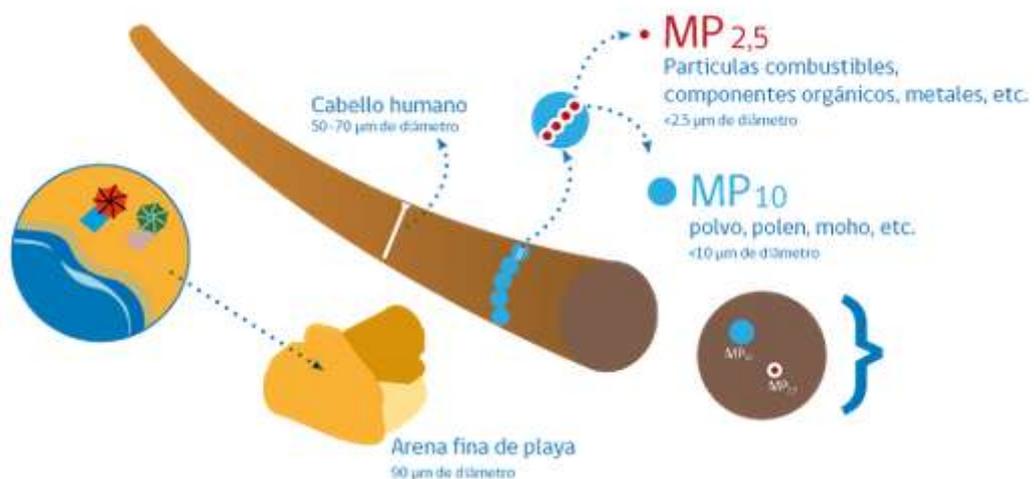


Ilustración 2: Comparación de tamaño de partículas. Fuente: <http://www.airetemuco.cl/glosario/>

- **Efectos de las partículas en suspensión en la salud humana:**

Las partículas finas con un diámetro menor de 3 μm penetran por los conductos respiratorios, llegan a los pulmones y provocan problemas de respiración e irritación de los capilares pulmonares.

Además, estas partículas ocasionan morbilidad respiratoria, deficiencia de las funciones pulmonares, incluida la disminución de la función pulmonar, especialmente en los niños, y el cáncer de pulmón, con el consiguiente aumento de la mortalidad. La reducción crónica de la capacidad pulmonar (enfisema) es otro importante riesgo en la población urbana. La exposición crónica aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer de pulmón.

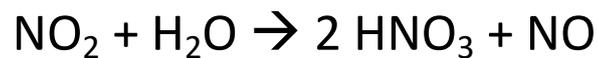
- **Efectos de las partículas en suspensión en el medio ambiente:**

Entre los posibles efectos de la materia particulada en el medio ambiente, figuran la corrosión acelerada de los metales, así como daños en pinturas, esculturas y superficies en contacto con el suelo de las estructuras construidas por el hombre. La magnitud de los daños depende de las propiedades físicas y químicas de las partículas. Por otra parte, estas partículas pueden modificar el clima mediante la formación de nubes, e incluso, la precipitación de nieve. Además, estas partículas contribuyen a la deposición ácida, y pueden absorber radiación solar, y así, impedir o reducir la visibilidad (Fundación para la Salud Geoambiental s.f.) (Manual para una Flota Limpia s.f.).

5.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), y la combinación de ambas sustancias es lo conocido como óxidos de nitrógeno (NO_x).

El dióxido de nitrógeno es el principal contaminante de los óxidos de nitrógeno, y se forma como consecuencia de elevadas temperaturas de la combustión. Se trata de una sustancia de color amarillenta, tóxica, irritante y precursora de la formación de partículas de nitrato, que conllevan la producción de ácidos y elevados niveles de PM2.5 en el ambiente. Presenta una buena solubilidad en el agua, reaccionando con ella formando ácido nítrico (HNO₃) según la siguiente reacción:



Esta sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, pudiendo atacar materiales metálicos en presencia de agua.

- **Efectos sobre la salud humana y el medio ambiente**

Es una sustancia corrosiva para la piel y para el aparato respiratorio, provocando enrojecimiento y quemaduras cutáneas graves.

La inhalación en elevadas concentraciones y durante un corto periodo de tiempo, puede originar un edema pulmonar cuyos efectos no se observan hasta pasadas unas horas, agravándose con el esfuerzo físico. Una exposición prolongada puede afectar al sistema inmune y a los pulmones, dando lugar a una menor resistencia frente a infecciones y causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar.

Con respecto a los impactos producidos en el medio ambiente, se trata de una sustancia que tiene una gran trascendencia en la formación del smog fotoquímico, ya que al combinarse con otros contaminantes atmosféricos (por ejemplo los COV) influye en las reacciones de formación de ozono en la superficie de la tierra.

Por otra parte el NO_2 se forma a partir de la oxidación del óxido nítrico (NO), y tiene una vida corta en la atmósfera ya que se oxida rápidamente a nitratos (NO_3^-) o a HNO_3 (ácido nítrico). En este último caso, se produce el fenómeno denominado como lluvia ácida que consiste en la reacción de los nitratos (NO_3^-) con la humedad existente en el ambiente, dando lugar a ácido nítrico (HNO_3), que precipita causando grandes daños en los bosques y la acidificación de las aguas superficiales. (Ministerio de Agricultura, PRTR-España s.f.)

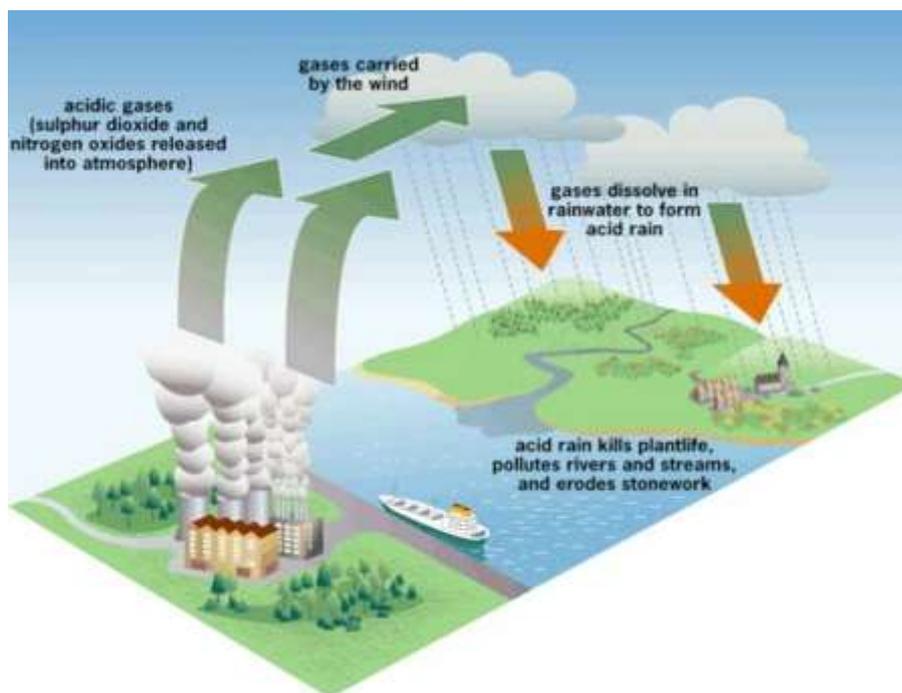


Ilustración 3: Esquema lluvia ácida. Fuente: <http://www.investigacionciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/la-lluvia-cida-hoy-13261>

5.3. Óxidos de azufre (SO_x)

Los óxidos de azufre son un grupo de gases compuestos por dióxido de azufre (SO_2) y trióxido de azufre (SO_3). El más común es el SO_2 , ya que el SO_3 es sólo un intermediario en la formación del ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Por ello, explicaré más a fondo el dióxido de azufre (SO_2) como contaminante más importante.

El dióxido de azufre, también llamado dióxido de sulfuro, es un gas incoloro, irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con un 0,3 a 1,4 ppm y es distinguible perfectamente a partir de 3 ppm (partes por millón). Su densidad es el doble que la del aire, no es un gas inflamable, ni explosivo y tiene mucha estabilidad, además, es muy soluble en agua y en contacto con ella se forma el ácido sulfúrico.

Por otra parte, es un gas intermediario importante en la producción del ácido sulfúrico, formándose por la combustión de azufre o de sulfuros, para luego ser oxidado a trióxido de azufre (SO_3), que puede ser transformado directamente en ácido sulfúrico.

- **Efectos sobre la salud humana y el medio ambiente**

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos, si bien éste es absorbido por el sistema nasal. La exposición de altas concentraciones durante cortos períodos de tiempo puede irritar el aparato respiratorio, causando bronquitis, reacciones asmáticas, espasmos reflejos, parada respiratoria y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos.

Los efectos de los SO_x empeoran cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o con la humedad del aire ya que se forma ácido sulfúrico, y produce lo que se conoce como lluvia ácida, provocando la destrucción de bosques, vida salvaje y la acidificación de las aguas superficiales. (Ministerio de Agricultura, PRTR-España s.f.)

5.4. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20°C tenga una presión de vapor de 0.01 kPa o mayor que ésta, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce, y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Actualmente, existe una amplia cantidad de COV, pero los más abundantes en el aire o en el medio ambiente son el metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Su origen puede ser tanto natural (COV biogénicos) como antropogénico (debido a la evaporación de disolventes orgánicos, a la quema de combustibles, al transporte, etc.).

Los COV pueden clasificarse en 3 grupos dependiendo de su peligrosidad:

- Compuestos extremadamente peligrosos para la salud: son, por ejemplo, el benceno, cloruro de vinilo y 1,2 dicloroetano.
- Compuestos clase A: los que pueden causar daños significativos al medio ambiente. Por ejemplo, acetaldehído, anilina, tricloroetileno, etc.
- Compuestos clase B: tienen menor impacto en el medio ambiente. Pertenecen a este grupo, entre otros, acetona y etanol.

Los COV tienen efectos perjudiciales tanto en el medio ambiente como sobre la salud del ser humano. En primer lugar, algunos COV como el caso del tetracloruro de carbono, afectan directamente a la capa de ozono, haciendo que esta disminuya.

Además, los COV junto con los óxidos de nitrógeno y la luz solar, son precursores del ozono a nivel de suelo (ozono troposférico) que es perjudicial para

la salud provocando problemas respiratorios. Además, se puede producir el llamado smog fotoquímico, una especie de niebla de color marrón-rojizo.

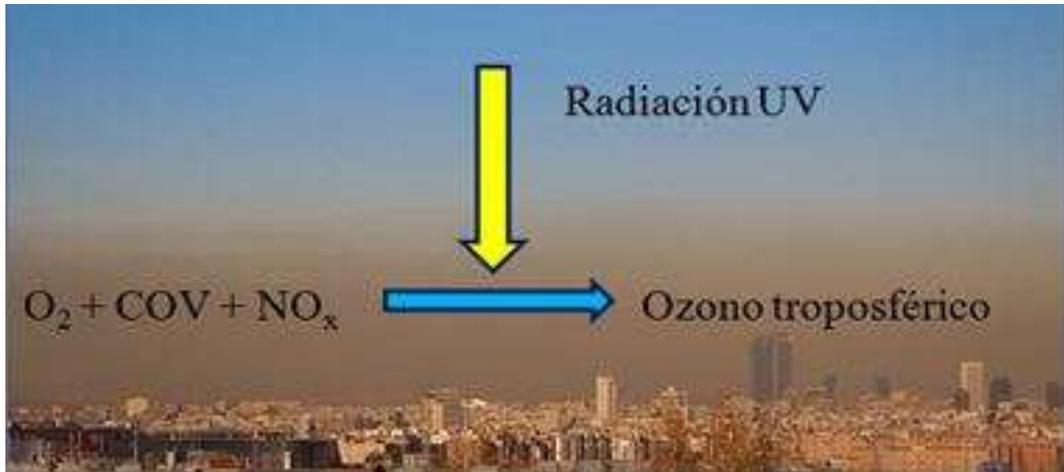


Ilustración 4: Ozono troposférico. Fuente: <http://masscience.com/2015/01/03/los-efectos-de-los-contaminantes-toxicos-que-nos-rodean/>

Con respecto a daños sobre la salud humana, estos se producen principalmente por vía respiratoria aunque también pueden entrar a través de la piel si entran en contacto con ella. Además estos compuestos son liposolubles, es decir, que se acumulan en las grasas de los organismos vivos.

Los posibles efectos que pueden producirse son problemas respiratorios, irritación de ojos y garganta, mareos, etc. También se pueden dar efectos psiquiátricos (irritabilidad, dificultad de concentración, etc.). Además a largo plazo pueden causar daños renales o afectar al hígado o al sistema nervioso central, por otra parte, algunos COV tienen efecto cancerígeno, como por ejemplo el benceno. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2016)

6. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Las medidas de reducción de emisiones se pueden agrupar en dos grupos, las medidas primarias y las medidas secundarias. Las medidas primarias consisten en la modificación de algún parámetro relacionado con el funcionamiento del motor, por ejemplo, inyección de combustible, diagrama de distribución, presión y temperatura de trabajo, etc. Por otra parte, las medidas secundarias reducen las emisiones en los gases de escape una vez que éstos ya han sido emitidos. Las principales medidas primarias y secundarias aplicadas en los motores de buques son las siguientes:

MEDIDAS PRIMARIAS

- **Modificación de los tiempos y el mapa de inyección de combustible:**

Con el fin de conseguir una combustión más perfecta y con ello reducir las emisiones, en los motores actuales es necesario jugar con la regulación del motor, es decir, con el instante de comienzo de la inyección, presión de inyección, geometría de los inyectores o incluso realizar la inyección por tramos. En este caso, destaca el sistema “common rail” basado en hacer pre-inyecciones o post-inyecciones antes y después de la inyección principal. De este modo se reduce la formación de NO_x ya que esta depende tanto de la temperatura como del tiempo que dura el pico de alta temperatura. Con los modernos sistemas de inyección secuencial se puede conseguir alrededor de un 20% de reducción de NO_x con muy poco aumento en el consumo específico de combustible.

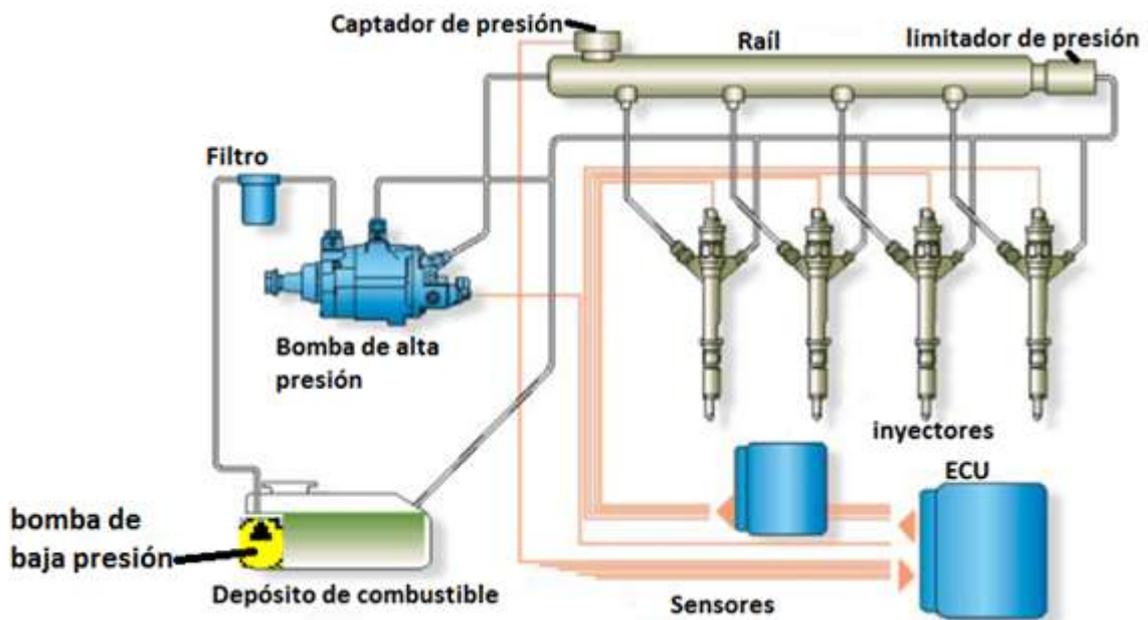


Ilustración 5: Sistema "common rail". Fuente: <http://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/357-funcionamiento-del-sistema-common-rail>

- **Enfriamiento del aire de admisión:**

El aire que pasa por el turbo es necesario enfriarlo antes de que éste entre al motor, de esta manera se reducen considerablemente las emisiones de óxidos de nitrógeno, ya que éstos se producen cuanto más elevadas sean las temperaturas de combustión.

- **Recirculación de gases de escape:**

Otra forma para reducir los óxidos de nitrógeno es recirculando una pequeña cantidad de los gases de escape y mezclándolos con el aire de barrido, de esta manera se reducen las temperaturas de combustión y con ello los óxidos de nitrógeno.

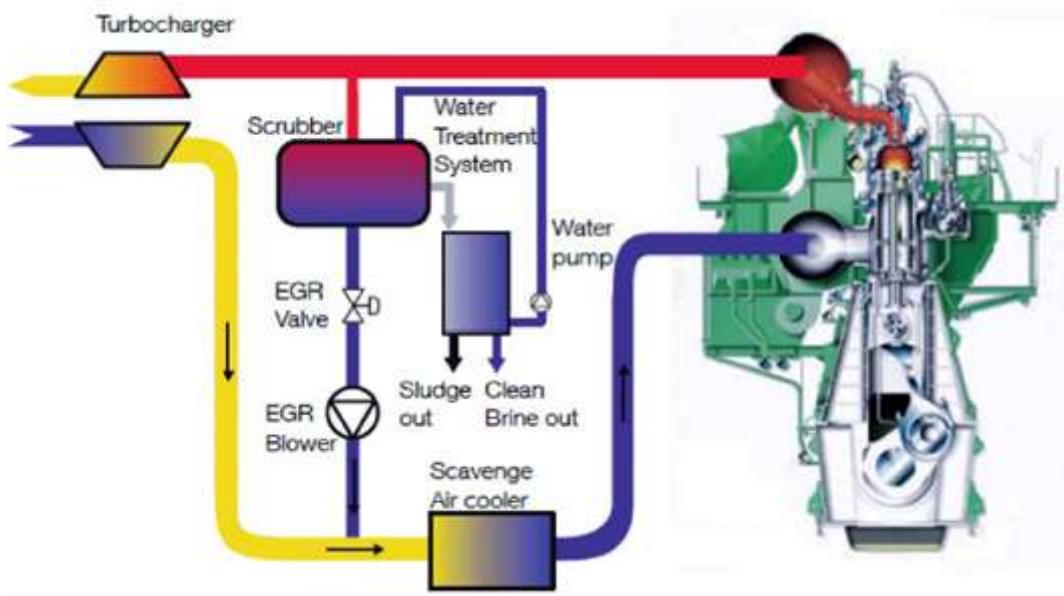


Ilustración 6: Sistema EGR. Fuente: http://maquinasdebarcos.blogspot.com.es/2012_11_01_archive.html

- **Ciclo Miller:**

El ciclo Miller fue introducido en los motores diésel en primer lugar para disminuir las emisiones de NOx. La idea es reducir la temperatura de combustión. El avance en el diseño de turbocompresores con mayores relaciones de compresión cada vez, permitió disminuir el trabajo de compresión mecánico para la misma presión final, de esta manera aumentando la capacidad de refrigeración después del turbocompresor, se puede mantener la temperatura de inicio de la compresión en los mismos valores, y por lo tanto la temperatura final de compresión disminuye.

Transformando un motor diésel al ciclo Miller, se puede llegar a conseguir un 20% de reducción de NOx sin incrementar nada el consumo de combustible. Un ejemplo de motor adaptado a trabajar con el ciclo Miller sería el motor de media velocidad Sulzer 16ZA40S, al igual que algunos motores del fabricante MAK.

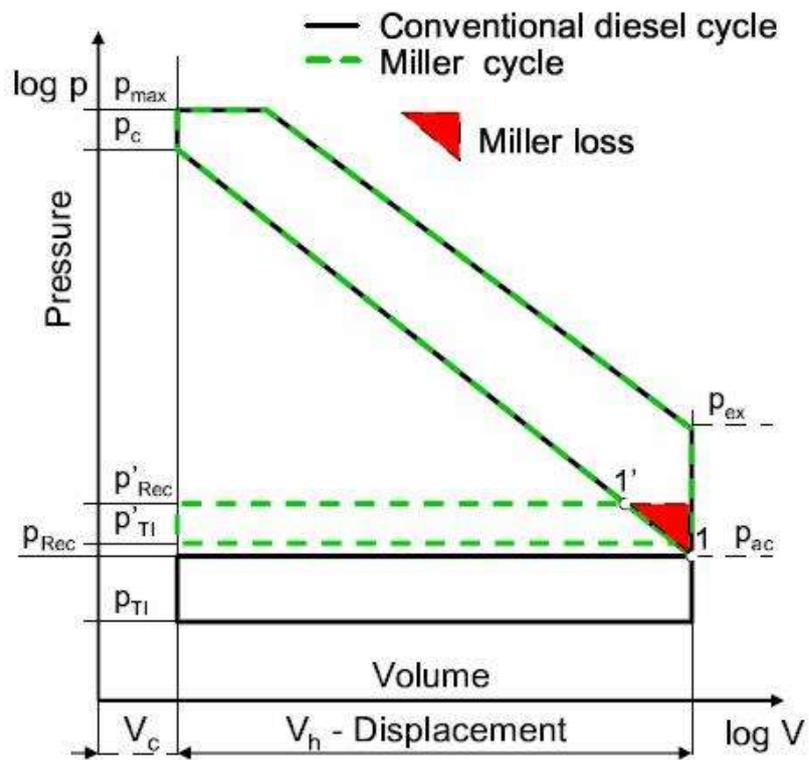


Ilustración 7: Diagrama ciclo norma vs ciclo Miller. Fuente: http://www.technicalcourses.net/porta/es/blog/blog_entrada.php?entrada_id=47

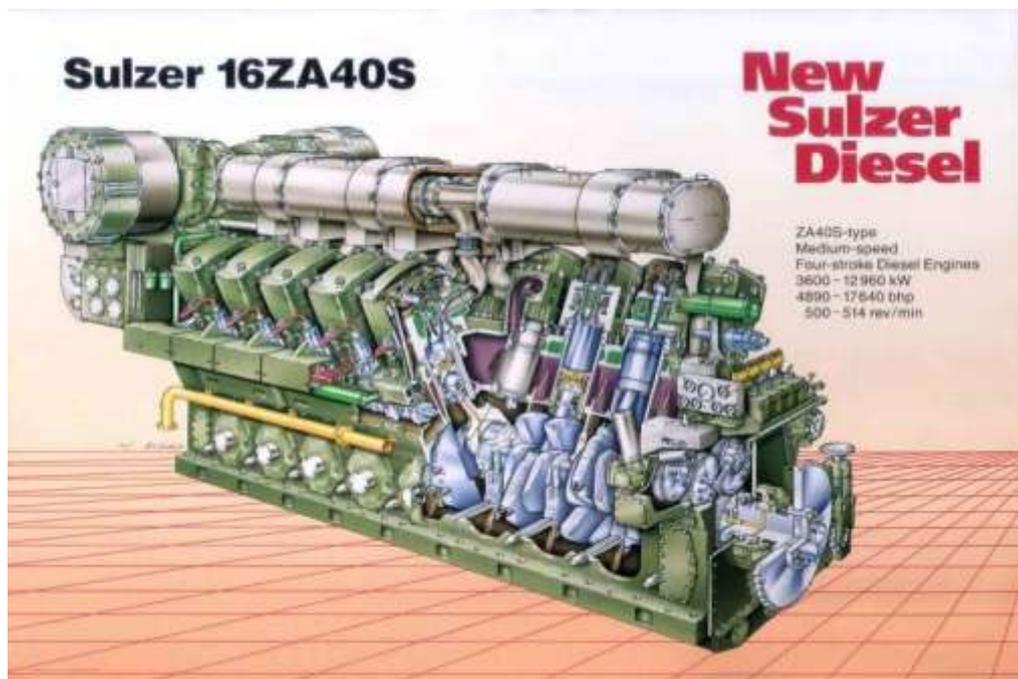


Ilustración 8: Motor Sulzer 16ZA40S. Fuente: <http://www.smokstak.com/forum/showthread.php?t=64835>

MEDIDAS SECUNDARIAS:

Aunque es posible reducir gran parte de los óxidos de nitrógeno con medidas primarias, también se utilizan medidas secundarias. La medida secundaria más utilizada para reducir los óxidos de nitrógeno es la SCR (Selective Catalytic Reduction o en español Reducción Catalítica Selectiva). Este sistema se basa en la inyección de amoníaco o urea (compuesto utilizado llamado AdBlue) a los gases de escape. Este compuesto reacciona con los óxidos de nitrógeno produciendo nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son contaminantes para el medio ambiente. Se llaman catalíticos, a diferencia de los SNCR, reducción no catalítica selectiva, porque emplean catalizadores con el fin de acelerar la velocidad de la reacción química.

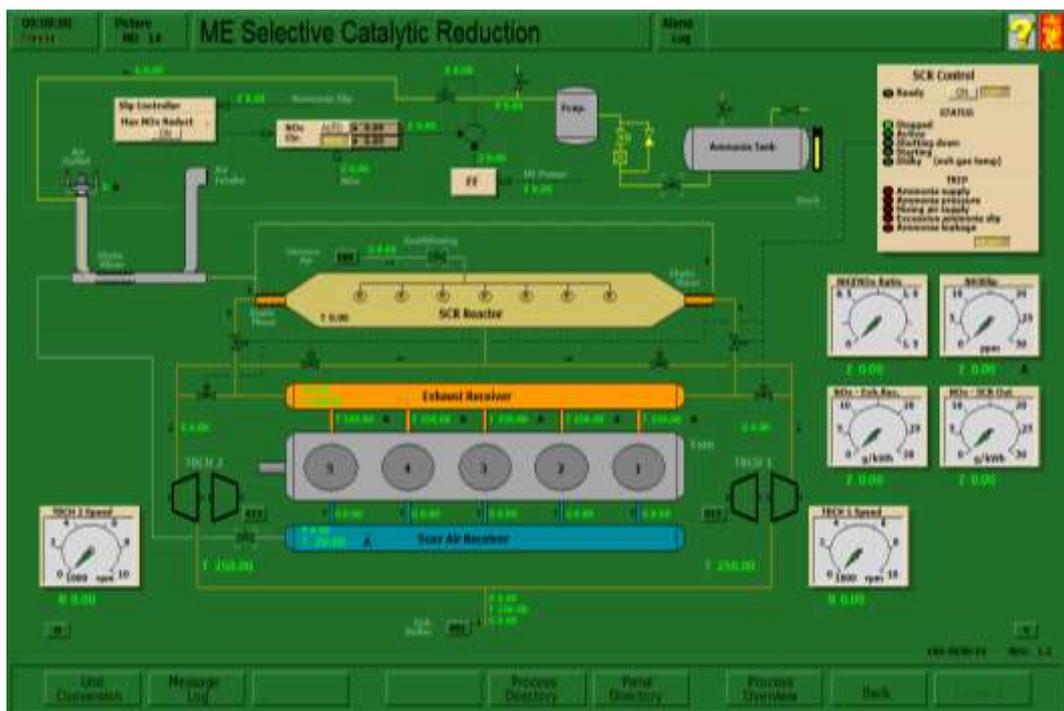


Ilustración 9: Esquema sistema SCR. Fuente: Simulador MC-90

Para reducir los óxidos de azufre, existen unos equipos llamados desulfuradores, cuyo funcionamiento es similar a los SCR. Se basa en inyectar una sustancia que reaccione químicamente con el gas contaminante y el compuesto

químico formado sea un gas nocivo o un sólido que precipite en un recipiente habilitado para ello.

Al contrario de lo que se hace con los óxidos de nitrógeno, con los óxidos de azufre se suelen emplear medidas secundarias ya que de la otra forma, al utilizar medidas primarias, aumenta la dificultad y el precio al reducir estas emisiones

7. PROBLEMAS CAUSADOS POR ALGUNAS EMISIONES

Eutrofización de aguas

La eutrofización es una de las graves consecuencias provocada por la contaminación de las aguas en mares, ríos, lagos, embalses, etc., cada vez más extendida debido a la actividad del hombre sobre este recurso.

Este proceso está provocado por un enriquecimiento excesivo de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, que hace crecer en abundancia plantas y organismos. Como consecuencia, se crean aguas con mucha vegetación y otros organismos que, durante su crecimiento y su putrefacción, aportan importantes cantidades de materia orgánica, con lo que agotan el oxígeno del agua y que llevan a la ausencia de vida en ella. Tiene como principales características el mal olor, la ausencia de peces y, en general, poca calidad de las aguas. El resultado final de este proceso resulta un ecosistema casi destruido.

Los aportes adicionales de nutrientes, fósforo y nitrógeno, a las aguas proceden principalmente de zonas urbanas, de ciertas instalaciones industriales y del creciente uso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura.

En este tipo de zonas, si el fenómeno no es excesivamente grave, encontraremos especies vegetales y animales como barbos, carpas, etc. adaptadas a aguas pobres en oxígeno, mientras que la flora y fauna características de aguas bien oxigenadas, oligotróficas, habrán desaparecido, como el caso de animales como la trucha.

En la mayoría de los ecosistemas de agua dulce el factor limitante es el fósforo y, en nuestro caso, en los de agua salada, el factor limitante es el nitrógeno. En el caso de este último, hay que contar, además de la vertidos urbanos y

agrícolas, con una elevada proporción de alrededor del 30% que llega a través de la contaminación atmosférica, que afecta especialmente a los mares.

Durante muchos años, una de las principales fuentes de fosfato han sido los jabones y detergentes. Durante los años 60 y 70 se empleaba en su composición un compuesto fosforado que suponía entre el 60 y 65% en peso del producto. Hoy en día, algunos países prohíben los detergentes con más de 0,5% de fósforo.

Las medidas encaminadas hacia la reducción de esta contaminación son básicamente la reducción de las emisiones líquidas y gaseosas de las distintas actividades humanas. En el caso de aguas de consumo urbano, contar con depuradoras dotadas de tratamientos biológicos y químicos que eliminen el fósforo y el nitrógeno. En cuanto a la industria, reducir las emisiones de NOx y amoníaco y, en el caso de la agricultura, el uso adecuado de fertilizantes y productos fitotóxicos y, en general, siendo más consiente con el medio ambiente. (Revista Ambientum 2016)

Por otra parte, se puede eliminar o limitar los nutrientes en el agua, por ejemplo, en el caso del fosforo, se pueden utilizar coagulantes a base de compuestos limosos de aluminio y hierro que hacen precipitar a los fosfatos. Posteriormente, se separa este precipitado en una unidad de sedimentación donde se almacena con el resto de lodos generados por el proceso de tratamiento de aguas residuales.

Otra forma de eliminar el fosforo en exceso es mediante el uso de microorganismos, los cuales absorben este exceso y lo almacenas en las células en forma de poli fosfatos. El fósforo puede también eliminarse mediante el paso del agua en estanques de tratamiento biológico, donde la mayoría se adsorbe y precipita en forma de materia orgánica en el fondo de los estanques.

Finalmente, existe es un método innovador que ha sido evaluado recientemente como medida alternativa de control del crecimiento de algas, la radiación ultrasónica.

Este estudio utilizó algas verde azuladas naturales suspendidas en los tubos de ensayo que se trataron con un limpiador ultrasónico con potencia de entrada de 120 Vatios y 28 Hz de frecuencia, a distintos tiempos de exposición como 0, 3, 5, 10, 15 y 30 segundos. Los resultados muestran que esta irradiación colapsa las vacuolas de gas de las algas verde-azuladas inhibiendo su capacidad de realizar la fotosíntesis y por lo tanto su crecimiento, con tiempos de exposición de 3 segundos.

La potencia y frecuencia de la radiación son los factores determinantes para la efectividad de este método, ya que cambiando los valores de estos factores puede variar el resultado final del proceso. El proceso de inhibición de la fotosíntesis es además un proceso irreversible que impide la proliferación de las algas verde azuladas bajo las condiciones naturales del lago.

Otros experimentos demuestran que esta radiación hacia las algas verde azuladas no provoca la liberación de elementos tóxicos al agua ni al medio ambiente. Por lo que es por esto, que este método se aplica actualmente en piscinas, lagos, estanques, embalses, etc., para destruir y controlar el crecimiento de algas sin generar impactos medioambientales. (Lenntech 2016)



Ilustración 10: Antes y después de la eutrofización. Fuente: <http://www.iagua.es/blogs/antonio-guillen/lago-de-sanabria-situacion-actual-y-proceso-de-eutrofizacion>

Acidificación de los océanos

La acidificación del océano es una de las graves consecuencias ocasionadas por el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera. Recientemente, se ha demostrado que la quema de combustible, ya sea petróleo, carbón o gas, al liberar cantidades importantes de CO_2 , transforma rápidamente la química básica de los océanos, lo que hace que el agua sea más ácida. Trayendo consigo un problema que afecta a la vida marina en todo el mundo, y que dentro de unas décadas muchos ecosistemas marinos pueden ser dañados o destruidos.

El proceso de acidificación de los océanos se produce de la misma manera que el dióxido de carbono, procedente de la quema de combustibles fósiles, se acumula en la atmósfera y causa el calentamiento global. Este también se acumula en los océanos, donde cambia la química del agua. Cuando el dióxido de carbono entra en el océano, este reacciona con el agua de mar formando ácido carbónico. Un estudio demuestra que desde hace más de 150 años, el mar ha absorbido aproximadamente una cuarta parte de todo el dióxido de carbono proveniente de combustibles fósiles, lo cual es equivalente a 500 mil millones de toneladas. Por lo tanto, la media de acidez de los océanos ha aumentado un 30 %.

El principal problema debido al aumento de la acidez de los océanos es que se reduce la disponibilidad de carbonato, una molécula que es utilizada por millones de especies marinas para formar sus conchas, caparazones y esqueletos. Se ha demostrado que en muchas de las especies estudiadas sus caparazones eran más débiles y su crecimiento más lento. Si el nivel de acidez se eleva, el agua del océano se vuelve corrosiva, lo que hace que se disuelvan las conchas de estas especies. La capacidad de desarrollo del organismo afectado estaría en peligro y a largo plazo lo llevaría a la extinción. La acidificación del océano podría resultar un problema casi irreversible, perjudicando no sólo importantes mariscos comerciales, como las langostas, los cangrejos y los mejillones, sino también a las especies claves en las redes tróficas marinas.

Los impactos en la cadena alimenticia pueden afectar a peces, aves y mamíferos marinos que se alimenten de estas especies. Existen evidencias de que la acidificación ya está afectando la vida marina por todo el mundo. Por ejemplo, las ostras del Pacífico no se han reproducido con éxito en su hábitat natural desde 2004 y en una isla de la costa de Washington las algas suplantaron a los mejillones en una zona intermareal. En la otra punta del planeta, una especie de coral en la Gran Barrera de Coral de Australia registró un descenso del 14 % en la calcificación desde 1990 y en la Antártida el peso corporal de una especie de plancton es de un 30 a un 35 % menor de lo que ha sido históricamente. Si los niveles de emisiones de dióxido de carbono no se reducen de manera drástica, los resultados de este estrés se multiplicarán y la vida marina seguirá desapareciendo.

Los científicos prevén que el promedio de la acidez de los océanos se duplicará para finales del siglo si no disminuimos la velocidad a la que quemamos los combustibles fósiles. Los científicos predicen que el Ártico será corrosivo para algunos organismos con caparazón o concha dentro de unas décadas, y a mediados de siglo la Antártida. Se espera que la acidificación de los océanos ponga en riesgo la pesca comercial mundialmente, por lo que, también amenazaría una de las principales fuentes de alimentos para millones de personas. Además, esto supondría la eliminación de cientos de empleos relacionados con este sector, por ejemplo, en Estados Unidos el turismo relacionado con los océanos, la recreación y la pesca generan más de 2 millones de empleos. Muchos tipos de mariscos se verán afectados directamente, lo que repercutirá en los peces que se alimentan de ellos. Por ejemplo, los terópodos, caracoles marinos pequeños que son particularmente sensibles al aumento de la acidez, representan el 60 % de la dieta de los salmones jóvenes rosados de Alaska. Esto podría afectar a las dietas más arriba en la cadena alimenticia, pues una baja en la población de salmón resultaría en menos pescado sobre nuestras mesas.

Por otra parte, los arrecifes de coral serán especialmente afectados por la acidificación del océano. A medida que aumente la acidez de los océanos, los

arrecifes de corales se corroerán más rápidamente de lo que pueden crecer, por lo tanto se teme que las estructuras de los arrecifes desaparecerán por todo el mundo, haciendo desaparecer toda la flora y fauna relacionado con este ecosistema. Los científicos predicen que para el momento en que las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono lleguen a 560 partes por millón (ppm), un nivel accesible para mediados de siglo ya que estamos llegando a 400 ppm, los arrecifes de coral dejarán de crecer, e incluso comenzarán a disolverse. Las áreas que dependen de arrecifes saludables para la alimentación de la gente, la protección del litoral, el turismo y otras industrias lucrativas, se verán profundamente afectadas por su pérdida.

La principal solución es evitar emitir grandes cantidades de dióxido de carbono y adoptar una cultura energética que invierta en la eficiencia y acelere el desarrollo de las fuentes de energía renovable. También se puede ayudar a defender los océanos asegurándose de que sus ecosistemas estén completamente sanos. (Verde 2016)

Por otra parte, se ha investigado un método a pequeña escala que acelera la erosión natural de minerales de carbonatos o piedra caliza, y al estar ésta triturada reacciona con el dióxido de carbono formando una solución que hace consumir o absorber el CO₂, además de añadir la alcalinidad necesaria al océano para ayudar a amortiguar los efectos de la acidificación. (mar 2016)

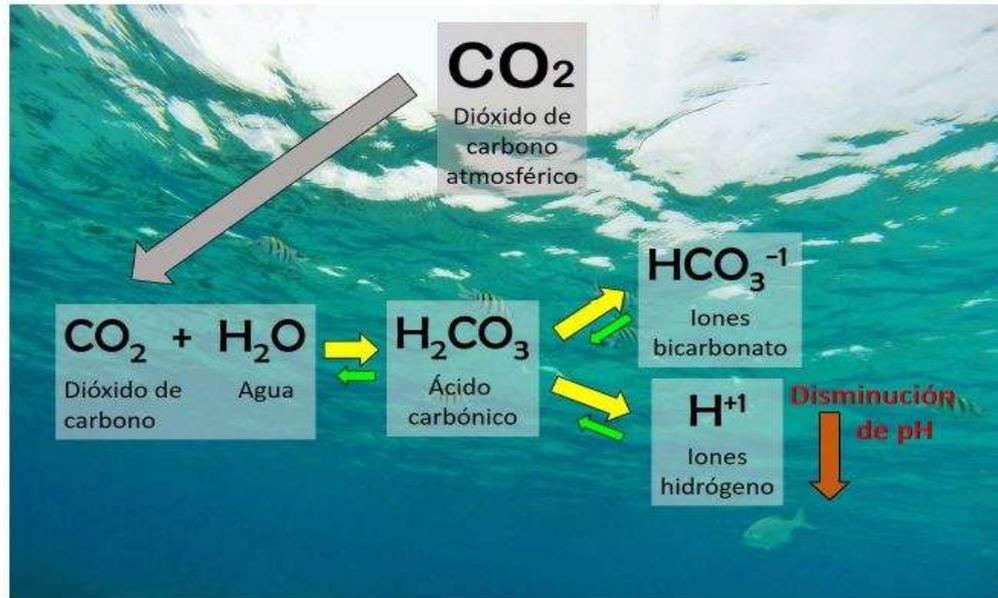


Ilustración 11: Esquema de la acidificación. Fuente: <http://sla.org.ec/potenciales-impactos-de-la-acidificacion-oceanica/>

8. CONCENTRACIONES

Las concentraciones de estas emisiones más importantes varían según el combustible que se use en los diferentes buques, las cuales se ven reflejadas en la siguiente gráfica: (Vila 2015)

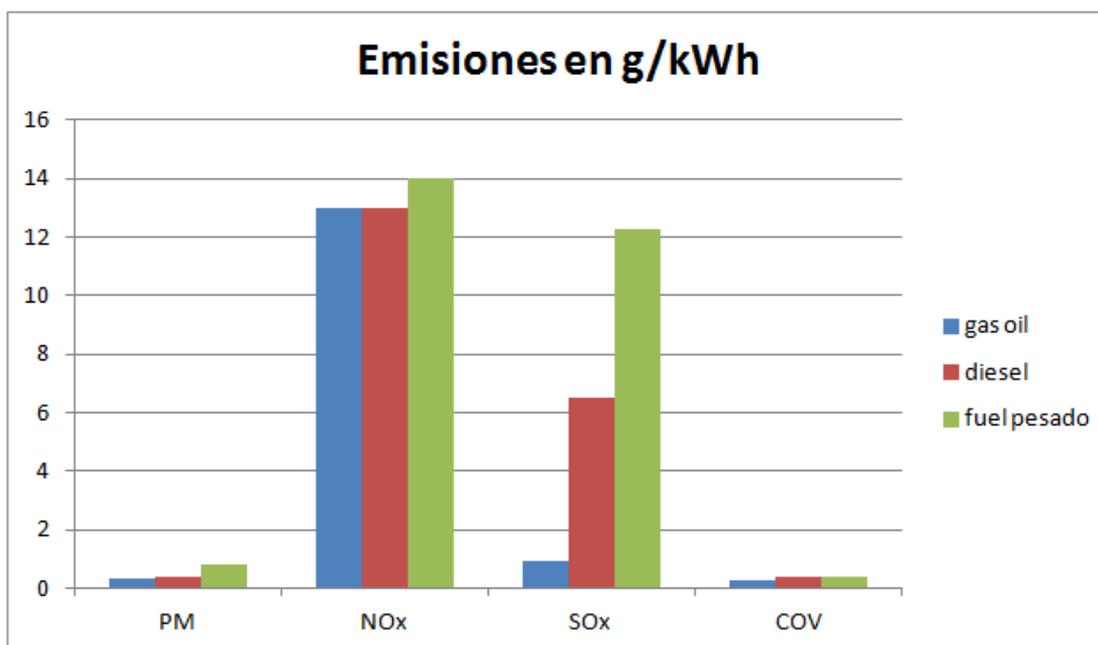


Ilustración 12: Emisiones de los buques. Fuente: <http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf>

Se puede observar en la gráfica que las partículas en suspensión y los compuestos orgánicos volátiles tienen una concentración relativamente baja, mientras que los óxidos de nitrógeno suelen ser altos en los tres tipos de combustibles, ya que el nitrógeno viene ya añadido en el aire necesario para realizar la combustión. Por otra parte, el contenido en azufre va disminuyendo a medida que se refina el combustible, siendo muchísimo más elevada la concentración de óxidos de azufre emitidos en el fuel pesado que en el gas oil.

9. TIPOS DE GASES EMITIDOS

Los gases emitidos por un motor de combustión interna los podemos dividir, principalmente, en dos grupos: los inofensivos y los contaminantes.

Por una parte, como gases inofensivos, tenemos el **nitrógeno**, que es un gas inerte presente en el aire en una concentración del 79%, pero, debido a las altas temperaturas producidas en el motor, el nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno.

Como elemento imprescindible para la combustión tenemos el **oxígeno**, el cual se encuentra en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado pobre o demasiado rica, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces del hidrocarburo, con lo cual será expulsado con el resto de los gases de la combustión.

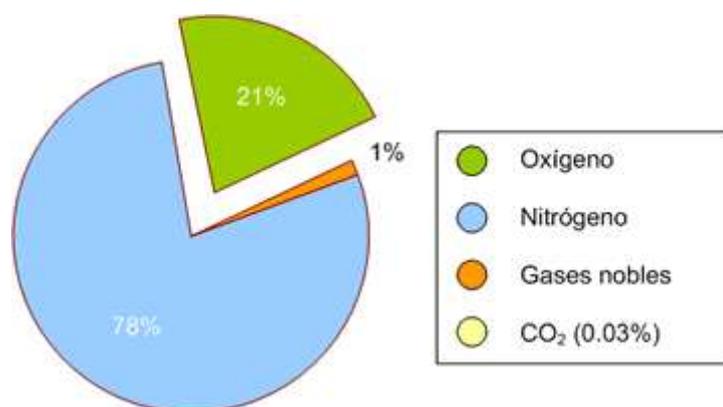


Ilustración 13: Esquema composición del aire. Fuente: <http://acivro.blogspot.com.es/2009/05/la-atmosfera-la-atmosfera-es-una-capa.html>

El **vapor de agua** se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno.

El **dióxido de carbono** producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas, producido por la fotosíntesis. Cuanto mayor es la concentración de dióxido de carbono, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento

desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (efecto invernadero).



Ilustración 14: Esquema efecto invernadero. Fuente: <https://pedrojhernandez.com/tag/gases-de-efecto-invernadero/>

Por otra parte, como gases contaminantes, tenemos el **monóxido de carbono**, el cual en concentraciones superiores al 0,3% en volumen puede resultar mortal. La falta de oxígeno en la combustión facilita que se produzca el monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono.

En cuanto a los **hidrocarburos**, dependiendo de su estructura molecular, provocan diferentes efectos nocivos sobre el ser humano, por ejemplo, en el caso del benceno, este es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provocará irritaciones de piel, ojos y vías respiratorias; si su concentración es muy alta, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El benceno es uno de los principales causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de aldehídos y fenoles. La presencia simultánea de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico (¡Cuidemos el planeta! 2016), de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos. Los óxidos de nitrógeno no sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del

aire producen ácidos nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación. (Tipos de gases 2016)

10. ANEXO VI - MARPOL

En el Anexo VI vienen una serie de reglas que regulan los límites de las emisiones de óxidos de azufre (SOx) y de óxidos de nitrógeno (NOx) de los escapes de los buques y se prohíben las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono; para las áreas de control de emisiones designadas se establecen límites más estrictos en relación con la emisión de NOx, SOx y de materias particuladas. En dicho Anexo se regula también la incineración a bordo, así como las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de los buques tanque. En un capítulo adoptado en 2011 se establecen medidas técnicas y operacionales obligatorias de eficiencia energética encaminadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques. (OMI 2016) (BOE 2010)

El anexo VI lo podemos dividir en tres capítulos, el primero de Generalidades, donde vienen ámbito de aplicación, definiciones, excepciones, etc., luego tenemos el Capítulo II, de reconocimientos, certificación y medios de control, y por último, el Capítulo III donde vienen recogidas todas aquellas reglas que regulan las emisiones de los buques, las principales son las siguientes:

Regla 12: Sustancias que agotan la capa de ozono.

Regla 13: Óxidos de nitrógeno (NOx).

Regla 14: Óxidos de azufre (SOx) y Materia Particulada.

Regla 15: Compuestos orgánicos volátiles (COV).

10.1. Regla 12: Sustancias que agotan la capa de ozono.

1. La presente regla no se aplica al equipo permanentemente sellado que no tenga conexiones de carga de refrigerante ni componentes potencialmente desmontables que contengan sustancias que agotan la capa de ozono.

2. A reserva de lo dispuesto en la regla 3.3, se prohíbe toda emisión deliberada de sustancias que agotan la capa de ozono. Las emisiones deliberadas incluyen las que se producen durante el mantenimiento, la revisión, la reparación o la eliminación de sistemas o equipo, pero no la liberación de cantidades mínima durante la recuperación o reciclaje de una sustancia que agota la capa de ozono. Las emisiones debidas a fugas de una sustancia que agota la capa de ozono, independientemente de que las fugas sean o no deliberadas, podrán ser reglamentadas por partes.
 - 3.1. se prohibirán las instalaciones que contengan sustancias que agotan la capa de ozono que no sean hidroclorofluorocarbonos:
 1. en los buques construidos el 19 de mayo de 2005 o posteriormente; o
 2. en los buques construidos antes del 19 de mayo de 2005, si la fecha contractual de entrega del equipo al buque es el 19 de mayo de 2005 o posteriormente, o en ausencia de una fecha contractual de entrega, si el equipo se entrega de hecho al buque el 19 de mayo de 2005 o posteriormente.

 - 3.2. se prohibirán las instalaciones que contengan hidroclorofluorocarbonos:

1. en los buques construidos el 1 de enero de 2020 o posteriormente; o
 2. en los buques construidos antes del 1 de enero de 2020, si la fecha contractual de entrega del equipo al buque es el 1 de enero de 2020 o posteriormente, o en ausencia de una fecha contractual de entrega, si el equipo se entrega al buque el 1 de enero de 2020 o posteriormente.
-
4. las sustancias a que se hace referencia en la presente regla y el equipo que contenga dichas sustancias se depositaran en instalaciones de recepción adecuadas cuando se retiren del buque.
-
5. todos los buques regidos por la regla 6.1 deberán mantener una lista del equipo que contenga sustancias que agoten la capa de ozono.
-
6. todos los buques regidos por la regla 6.1 que dispongan de sistemas recargables que contengan sustancias que agotan la capa de ozono estarán provistos de un libro registro de dichas sustancias. Ese libro registro podrá formar parte del diario de navegación o de un sistema de registro electrónico aprobado por la Administración.
-
7. el registro de las sustancias que agotan la capa de ozono estará expresado en términos de masa (kg) de la sustancia y se efectuara sin demora, en cada ocasión, con respecto a las siguientes actividades:
 1. Recarga, plena o parcial, del equipo que contenga sustancias que agotan la capa de ozono:
 2. Reparación o mantenimiento del equipo que contenga sustancias que agotan la capa de ozono;

3. Descarga a la atmosfera de sustancias que agotan la capa de ozono:
 - 3.1. Deliberada; y
 - 3.2. No deliberada:
4. Descarga de sustancias que agotan la capa de ozono en instalaciones de recepción situadas en tierra; y
5. Suministro al buque de sustancias que agotan la capa de ozono. (España 2016)

10.2. Regla 13: Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Ámbito de aplicación

1.1. La presente regla se aplicara:

1. A todo motor diésel marino con una potencia de salida superior a 130 kW instalado en un buque; y
2. A todo motor diésel marino con una potencia de salida superior a 130kW que haya sido objeto de una transformación importante el 1 de enero de 2000 o posteriormente, salvo cuando haya quedado demostrado, de manera satisfactoria a juicio de la Administración, que tal motor constituye una sustitución idéntica del motor al que sustituye y no está contemplado en el apartado 1.1.1 de la presente regla.

1.2. La presente regla no se aplicara:

1. A los motores diésel marinos destinados a ser utilizados solamente en caso de emergencia, o únicamente para accionar dispositivos o equipos destinados a ser utilizados solamente en caso de emergencia a bordo del buque en que estén instalados, ni a los motores diésel marinos instalados en botes salvavidas destinados a ser utilizados únicamente en caso de emergencia; ni
2. A los motores diésel marinos instalados en buques que estén exclusivamente dedicados a realizar viajes dentro de las aguas sometidas a la soberanía o jurisdicción del Estado cuyo pabellón están autorizados a enarbolar, a condición de que tales motores están sometidos a otra medida de control de los NO_x establecida por la Administración.

1.3. No obstante lo dispuesto en el apartado 1.1 del presente párrafo, la Administración podrá permitir que la presente regla no se aplique a los motores diésel marinos que se instalen en los buques construidos antes del 19 de mayo de 2005 ni a los motores diésel marinos que sean objeto de una transformación importante antes de esa fecha, a condición de que los buques en que vayan instalados los motores estén exclusivamente dedicados a realizar viajes hacia puertos o terminales mar adentro situados en el Estado cuyo pabellón tienen derecho a enarbolar.

Transformación importante

2.1. A los efectos de la presente regla, por *transformación importante* se entenderá la modificación, el 1 de enero de 2000 o posteriormente, de un motor diésel marino que no haya sido certificado según las normas estipuladas en los párrafos 3, 4 o 5.1.1 de la presente regla mediante la cual:

1. Se sustituya el motor por un motor diésel marino o se instale un motor diésel marino adicional, o
2. Se realice una modificación apreciable del motor, según se define esta en el Código Técnico sobre los NOx revisado de 2008, o
3. Se aumente el régimen nominal máximo continuo del motor en más de un 10% con respecto al régimen nominal máximo continuo indicado en la certificación original del motor.

2.2. En el caso de una transformación importante que suponga la sustitución de un motor diésel marino por un motor diésel marino no idéntico o la instalación de un motor diésel marino adicional, se aplicaran las normas estipuladas en la presente regla que estén en vigor en el momento de la sustitución o adición del motor. Por lo que se respecta únicamente a los motores de sustitución, si el 1 de enero de 2016 o posteriormente no es

posible que dicho motor de sustitución se ajuste a las normas indicadas en el apartado 5.1.1 de la presente regla (nivel III), ese motor de sustitución habrá de ajustarse a las normas indicadas en el párrafo 4 de la presente regla (nivel II). La Organización elaborara directrices para establecer criterios que sirvan para determinar los casos en que no sea posible que un motor de sustitución se ajuste a las normas indicadas en el apartado 5.1.1 de la presente regla.

2.3. Por lo que se respecta a los motores diésel marinos mencionados en los apartados 2.1.2 o 2.1.3, esos motores habrán de ajustarse a las normas siguientes:

1. En el caso de los buques construidos antes del 1 de enero de 2000, se aplicaran las normas estipuladas en el párrafo 3 de la presente regla; y
2. En el caso de los buques construidos el 1 de enero de 2000 o posteriormente, se aplicaran las normas que estén en vigor en el momento de construirse del buque.

Nivel I o Tier I

3. A reserva de lo dispuesto en la regla 3 del presente anexo, se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino instalado en un buque construido el 1 de enero de 2000 o posteriormente antes del 1 de enero de 2011, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO₂) emitidos por el motor se encuentre dentro de los límites que figuran a continuación, siendo n el régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal):

1. 17 g/kWh si n es inferior a 130 rpm;
2. $45 \cdot n^{(-0,2)}$ g/kWh si n es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm;
3. 9,8 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.

Nivel II o Tier II

4. A reserva de lo dispuesto en la regla 3 del presente anexo, se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino instalado en un buque construido el 1 de enero de 2011 o posteriormente, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO₂) emitidos por el motor se encuentre dentro de los límites que figuran a continuación, siendo n el régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal):
 1. 14,4 g/kWh si n es inferior a 130 rpm;
 2. $44 \cdot n^{(-0,23)}$ g/kWh si n es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm;
 3. 7,7 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.

Nivel III o Tier III

- 5.1. A reserva de lo dispuesto en la regla 3 del presente anexo, se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino instalado en un buque construido el 1 de enero de 2016 o posteriormente:
 1. Está prohibido, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO₂) emitidos por el motor se encuentre dentro de los límites que figuran a continuación, siendo n el régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal):
 - 1.1. 3,4 g/kWh si n es inferior a 130 rpm;
 - 1.2. $9 \cdot n^{(-0,2)}$ g/kWh si n es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm;
 - 1.3. 2,0 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.

2. Está sujeto a las normas indicadas en el apartado 5.1.1 del presente párrafo si el buque está operando en una zona de control de las emisiones designada en virtud del párrafo 6 de la presente regla; y
3. Está sujeto a las normas indicadas en el párrafo 4 de la presente regla si el buque está operando en una zona de control de las emisiones designada en virtud del párrafo 6 de la presente regla.

5.2. A reserva del examen establecido en el párrafo 10 de la presente regla, las normas indicadas en el apartado 5.1.1 de la presente regla no se aplicaran:

1. A los motores diésel marinos instalados en buques de eslora (L), según se define ésta en la regla 1.19 del Anexo I del presente Convenio, inferior a 24m que estén específicamente proyectados, y se utilicen exclusivamente, para fines recreativos; ni
2. A los motores diésel marino instalados en buques con una potencia combinada de propulsión del motor diésel, según la placa de identificación, inferior a 750 kW si se demuestra de manera satisfactoria a juicio de la Administración que el buque no puede cumplir las normas estipuladas en el apartado 5.1.1 de la presente regla debido a limitaciones de proyecto o construcción del buque.

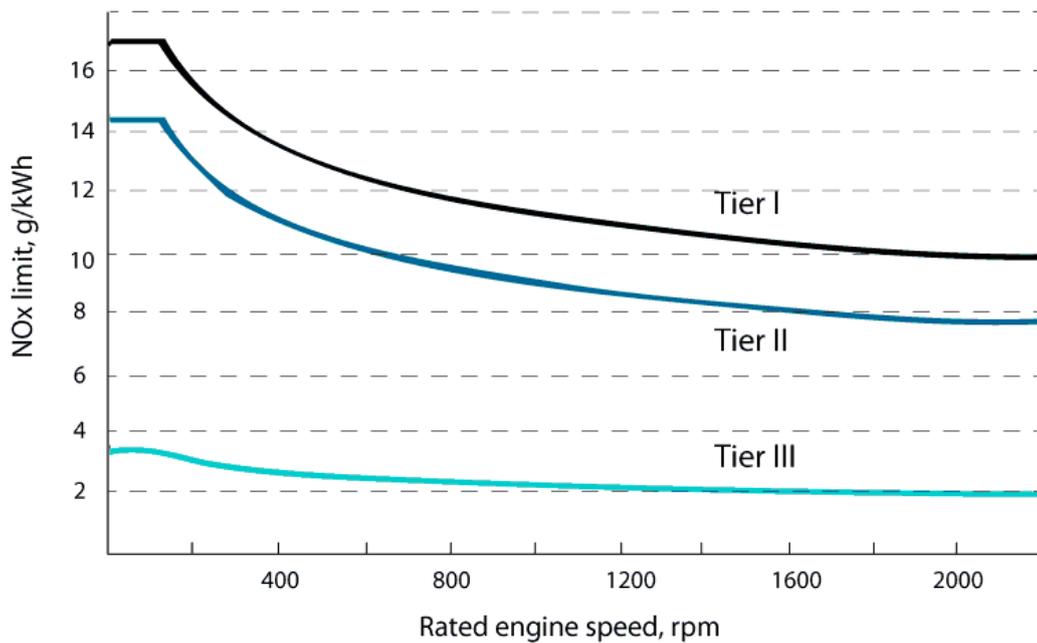


Ilustración 15: Tabla Tier. Fuente: <http://www.airclim.org/imo-marpol-convention>

Zona de control de las emisiones

6. A los efectos de la presente regla, una zona de control de las emisiones será cualquier zona marítima, incluida toda zona portuaria, designada por la Organización de conformidad con los criterios y procedimientos indicados en el apéndice III del presente anexo.

Motores diésel marinos instalados en buques construidos antes del 1 de enero de 2000

- 7.1. no obstante lo dispuesto en el apartado 1.1.1 de la presente regla, los motores diésel marinos con una potencia de salida superior a 5000kW y una cilindrada igual o superior a 90 litros instalados en buques construidos el 1 de enero de 1990 o posteriormente, pero antes del 1 de enero de 2000, cumplirán los límites de emisión indicados en el apartado 7.4 del presente párrafo, siempre que la Administración de una Parte haya certificado d un método

aprobado para ese motor y lo haya notificado a la Organización. El cumplimiento de lo dispuesto en el presente párrafo se demostrara mediante uno de los procedimientos siguientes:

1. Instalación del método aprobado certificado que haya sido confirmado mediante un reconocimiento en el que se haya utilizado el procedimiento de verificación especificado en el expediente de método aprobado, incluido la debida anotación de la presencia del método aprobado en el Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica del buque; o
2. Certificación del motor en la que se confirme que el motor funciona dentro de los límites establecidos en los párrafos 3, 4 o 5.1.1 de la presente regla, y a la debida anotación de la certificación del motor en el Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica del buque.

7.2. El apartado 7.1 se aplicara a más tardar en el primer reconocimiento de renovación que se realice, como mínimo, 12 meses después de haberse depositado la notificación indicada en el apartado 7.1. Si el propietario de un buque en el que vaya a instalarse un método aprobado puede demostrar, de manera satisfactoria a juicio de la Administración, que el método aprobado no estaba disponible comercialmente a pesar de haber hecho todo lo posible por obtenerlo, ese método aprobado se instalara en el buque a mas tardar en el primer reconocimiento anual de ese buque que corresponda realizar después de que el método aprobado esté disponible comercialmente.

7.3. Por lo que respecta a los motores diésel marinos con una potencia de salida superior a 5000kW y una cilindrada igual o superior a 90 litros instalados en buques construidos el 1 de enero de 1990 o posteriormente, pero antes del 1 de enero de 2000, en el Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica correspondiente a un motor diésel marino al que se aplique lo dispuesto en el apartado 7.1 de la presente regla se indicara que se

ha aplicado un método aprobado con arreglo a lo dispuesto en el apartado 7.1.1 de la presente regla o que el motor se ha certificado con arreglo a lo dispuesto en el apartado 7.1.2 o que no existe todavía un método aprobado o que el método aprobado no está todavía disponible comercialmente, tal y como se describe en el apartado 7.2 de la presente regla.

7.4. A reserva de lo dispuesto en la regla del presente anexo, se prohíbe el funcionamiento de todo motor diésel marino descrito en el apartado 7.1, a menos que la cantidad de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO₂) emitidos por el motor se encuentre dentro de los límites que figuran a continuación, siendo n el régimen nominal del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal):

1. 17,0 g/kWh si n es inferior a 130 rpm;
2. $45 \cdot n^{(-0,2)}$ g/kWh si n es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm;
3. 9,8 g/kWh si n es igual o superior a 2000 rpm.

7.5. La certificación de un método aprobado se realizara de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 7 del Código Técnico sobre los NOx revisado de 2008 e incluirá la verificación:

1. Por el proyectista del motor diésel marino de referencia al que se aplique el método aprobado de que el efecto calculado del método aprobado no reducirá la potencia del motor en más de un 1,0%, no aumentara el consumo del combustible en más de un 2,0%, calculado de conformidad con el ciclo de pruebas correspondiente estipulado en el Código Técnico sobre los NOx revisado de 2008, ni tendrá un efecto adverso en la durabilidad o fiabilidad del motor; y
2. De que el coste del método aprobado no es excesivo, lo cual se determina comparando la cantidad de NOx reducida por el método aprobado para

cumplir la norma establecida en el apartado 7.4 del presente párrafo con el coste de adquirir e instalar dicho método aprobado.

Certificación

8. La certificación, las pruebas y los procedimientos de medición correspondientes a las normas estipuladas en la presente regla se recogen en el Código Técnico sobre los NOx revisado de 2008.

9. Los procedimientos para determinar las emisiones de NOx especificadas en el Código Técnico sobre los NOx revisado de 2008 tienen por objeto ser representativos del funcionamiento normal del motor. Los dispositivos manipuladores y las estrategias irracionales de control de emisiones van en contra de éste propósito y no están permitidos. La presente regla no prohíbe el uso de dispositivos de control auxiliares que se utilicen para proteger el motor y/o su equipo auxiliar en caso de condiciones de funcionamiento que pudieran ocasionar daños o averías o para facilitar el arranque del motor.

Examen

10. La Organización efectuará un examen, que se iniciará en 2012 y se completará a más tardar en 2013, de los avances tecnológicos que se hayan producido, a fin de implantar las normas indicadas en el apartado 5.1.1 de la presente regla y, de ser necesario, ajustará los plazos establecidos en ese apartado.

En lo comentado anteriormente en la regla, los controles de nivel III sólo se aplican a buques específicos mientras navegan en las zonas de control de las emisiones (ECA) establecidas para limitar las emisiones de NOx; fuera de dichas

zonas se aplican controles de nivel II. En conformidad con lo prescrito en la regla 13.5.2, no sería necesario que en determinados buques pequeños se instalen motores de nivel III. Sin embargo, todo motor diésel marino que se instale en un buque construido a partir del 1 de enero de 2016 y que navegue en la ECA de Norteamérica y del mar Caribe de los Estados Unidos deberá cumplir lo dispuesto en las normas de nivel III sobre las emisiones de NOx. (OMI, Óxidos de nitrógeno (NOx) – Regla 13 2016)

Por otra parte, en la siguiente imagen se puede apreciar claramente las Áreas de Control de Emisiones de óxidos de Nitrógeno (NECAs), las cuales son las costas de Estados Unidos y Canadá y la zona del Caribe e islas Vírgenes:

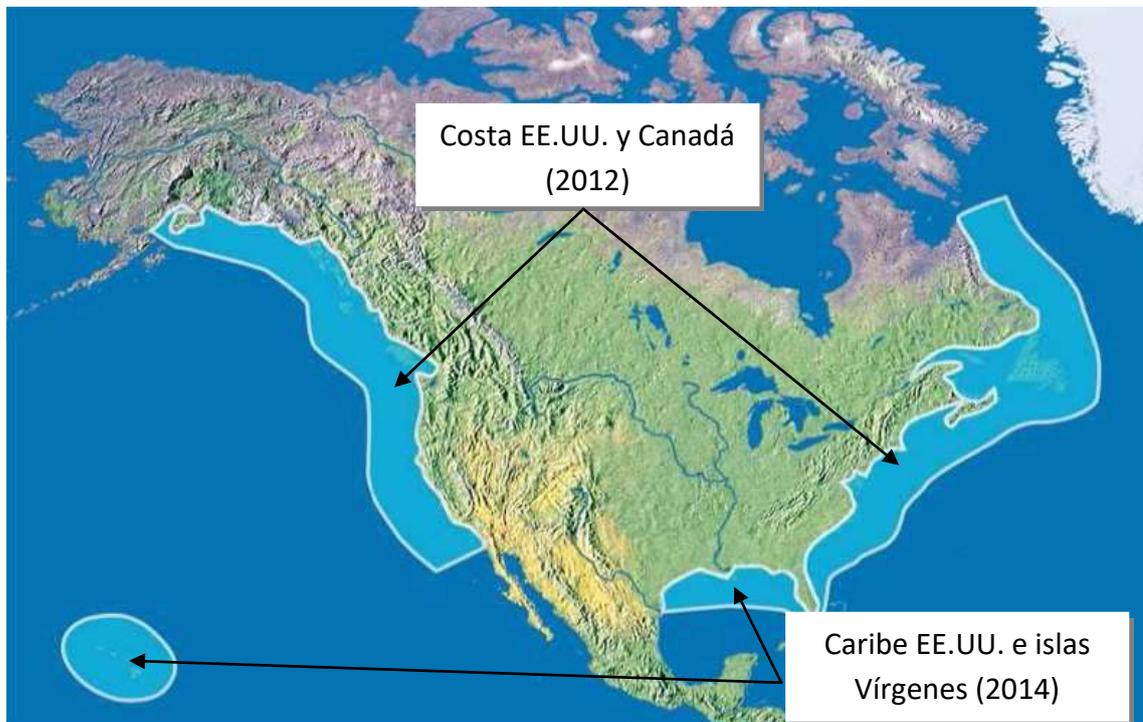


Ilustración 16: NECAs. Fuente: <http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf>

10.3. Regla 14: Óxidos de azufre (SO_x) y Materia Particulada (MP)

Prescripciones generales

1. El contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo de los buques no excederá los siguientes límites:
 1. 4,50% masa/masa antes del 1 de enero de 2012;
 2. 3,50% masa/masa el 1 de enero de 2012 y posteriormente; y
 3. 0,50% masa/masa el 1 de enero de 2020 y posteriormente.
2. El contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques se vigilara teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización.

Prescripciones aplicables en las zonas de control de las emisiones

3. A los efectos de la presente regla, las zonas de control de las emisiones incluirán:
 1. La zona del mar Báltico definida en la regla 1.11.2 del Anexo I, la zona del mar del Norte definida en el apartado 1) f) de la regla 5 del Anexo V; y
 2. Cualquier otra zona marítima, incluidas las portuarias, designadas por la Organización de conformidad con los criterios y procedimientos indicados en el apéndice III del presente anexo.
4. mientras los buques operen dentro de las zonas de control de las emisiones, el contenido de azufre del fueloil utilizado a bordo no excederá los siguientes límites:
 1. 1,50% masa/masa antes del 1 de julio de 2010;

2. 1,00% masa/masa el 1 de julio de 2010 y posteriormente; y
 3. 0,10% masa/masa el 1 de julio de 2015 y posteriormente.
-
5. el proveedor demostrara mediante la pertinente documentación, según lo prescrito en la regla 18 del presente anexo, el contenido de azufre fueloil mencionado en los párrafos 1 y 4 de la presente regla.

 6. En los buques que utilicen fueloil de distintos tipos para cumplir lo prescrito en el párrafo 4 de la presente regla y que entren o salgan de una zona de control de las emisiones indicada en el párrafo 3 de la presente regla se llevara un procedimiento por escrito que muestre cómo se debe realizar el cambio de fueloil, a fin de prever el tiempo suficiente para limpiar el sistema de distribución de combustible de todo fueloil con un contenido de azufre superior al especificado en el párrafo 4 de la presente regla, antes de entrar en una zona de control de las emisiones. Se anotar en el libro registro prescrito por la Administración el volumen de fueloil con bajo contenido en azufre de cada tanque, así como la fecha, la hora y la situación del buque, cuando se lleve a cabo una operación de cambio del fueloil antes de entrar en una zona de control de la emisiones o se inicie tal operación al salir de ella.

 7. Durante los doce meses siguientes a una enmienda por la que se designe una zona específica de control de las emisiones en virtud de lo dispuesto en el apartado 3.2 de la presente regla, los buques que penetren en dicha zona de control de las emisiones estarán exentos del cumplimiento de las prescripciones de los párrafos 4 y 6 de la presente regla y de las prescripciones de párrafo 5 de la presente regla en lo que respecta al párrafo 4 de la misma.

Examen de la norma

8. Antes de 2018 se llevara a cabo un examen de la norma especificada en el apartado 1.3 de la presente regla, con objeto de determinar la disponibilidad de fueloil a fin de cumplir la norma del fueloil que figura en dicho párrafo, y en él se tendrán en cuenta los elementos siguientes:
 1. El estado de la oferta y la demanda mundial de fueloil para cumplir lo indicado en el apartado 1.3 de la presente regla, en el momento en que se realice el examen;
 2. Un análisis de las tendencias en los mercados de fueloil; y
 3. Cualquier otra cuestión pertinente.

9. La Organización constituirá un grupo de expertos integrado por representantes con los conocimientos oportunos sobre el mercado del fueloil y los distintos aspectos marítimos, ambientales, científicos y jurídicos, para que se lleve a cabo el examen mencionado en el párrafo 8 de la presente regla. El grupo de expertos elaborara la información pertinente para que las Partes puedan decidir con conocimiento de causa.

10. Las Partes, basándose en la información elaborada por el grupo de expertos, podrán decidir si es posible que los buques se ajusten a la fecha que se especifica en el apartado 1.3 de la presente regla. Si se decide que ello no es posible, la norma indicada en ese apartado entrara en vigor el 1 de enero de 2025.

Fuera de una ECA establecida para limitar las emisiones de SOx y de materia particulada	En una ECA establecida para limitar las emisiones de SOx y de materia particulada
4,50% masa/masa antes del 1 de enero de 2012	1,50% masa/masa antes del 1 de julio de 2010
3,50% masa/masa a partir del 1 de enero de 2012	1,00% masa/masa a partir del 1 de julio de 2010
0,50% masa/masa a partir del 1 de enero de 2020*	0,10% masa/masa a partir del 1 de enero de 2015

* En función del resultado de la revisión, que se celebrará en 2018, en relación con la disponibilidad de fueloil reglamentario, pudiendo esta fecha postergarse hasta el 1 de enero de 2025.

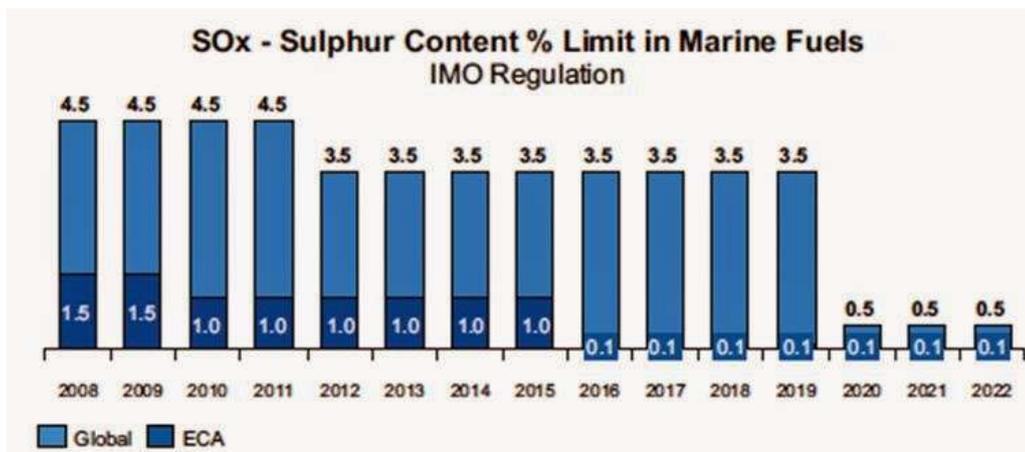


Ilustración 17: Regulaciones Óxidos de Azufre. Fuente: <http://maquinasdebarcos.blogspot.com.es/2014/05/gas-natural-liquido-Ing-como.html>

Por otra parte, las Áreas de Control de Emisiones para óxidos de Azufre (SECAs) establecidas son las siguientes:

1. Zona del mar Báltico – definida en el Anexo I del Convenio MARPOL (solamente para los SOx);
2. Zona del Mar del Norte – definida en el Anexo V del Convenio MARPOL (solamente para los SOx);
3. Zona de Norteamérica (que entró en vigor el 1 de agosto de 2012) – definida en el apéndice VII del Anexo VI del Convenio MARPOL (SOx, NOx y PM); y
4. Zona del mar Caribe de los Estados Unidos (que entró en vigor el 1 de enero de 2014) – definida en el Apéndice VII del Anexo VI del Convenio MARPOL (SOx, NOx y PM).

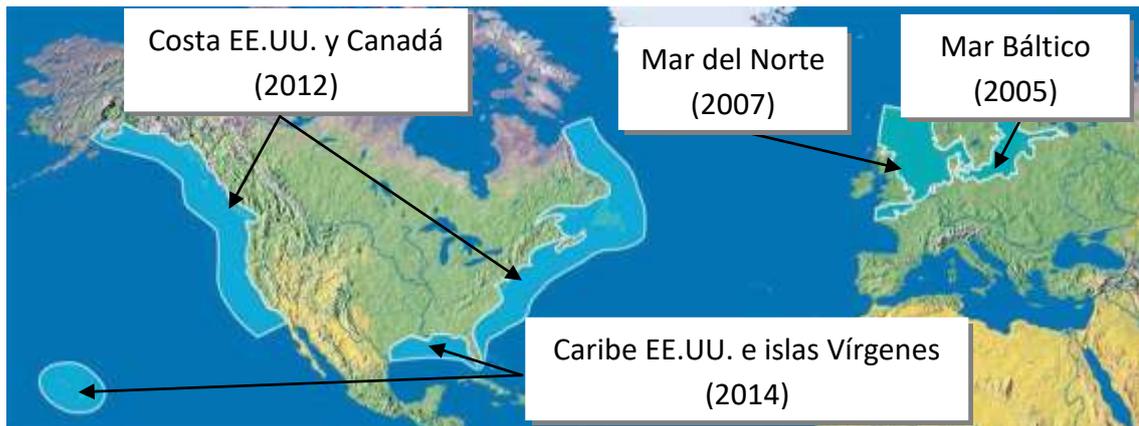


Ilustración 18: SECAs. Fuente: <http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf>

La mayoría de los buques que navegan tanto fuera como dentro de estas ECA utilizarán, por lo tanto, diferentes tipos de fueloil para así cumplir los límites respectivos. En estos casos, antes de entrar en una ECA, se deberá haber cambiado totalmente el fueloil para así utilizar el fueloil reglamentario que corresponda a la ECA en cuestión, en virtud de lo dispuesto en la regla 14.6, al tiempo que se deberá haber aplicado a bordo un procedimiento por escrito que muestre cómo se realiza esto. Del mismo modo, la operación de cambio de fueloil reglamentario correspondiente a una determinada ECA, no comenzará sino hasta después de haber salido de la ECA de que se trate. Al realizar cada operación de cambio se registrarán las cantidades, que se lleven a bordo, de fueloil reglamentario de la ECA de que se trate, así como la fecha, la hora y la situación del buque, ya sea al finalizar el cambio de fueloil antes entrar en una ECA o al comenzar la operación de cambio después de haber salido de la ECA. Estos datos se anotarán en el libro de registro prescrito por el Estado abanderamiento, y a falta de toda prescripción específica a este respecto, las anotaciones se podrán hacer, por ejemplo, en el libro registro de hidrocarburos del buque que se dispone en el Anexo I. (OMI, Óxidos de azufre (SOx) – Regla 14 2016)

10.4. Regla 15: Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

1. Si las emisiones de COV procedentes de un buque tanque se reglamentan en un puerto o puertos o en una terminal o terminales sometidos a la jurisdicción de una Parte, dicha reglamentación se ajustara a lo dispuesto en la presente regla.
2. Toda Parte que adopte una reglamentación para los buques tanque en relación con las emisiones de COV enviara una notificación a la Organización en la que se indicará el tamaño de los buques que se han de controlar, las cargas que requieren el empleo de sistemas de control de las emisiones de vapores y la fecha de entrada en vigor de dicho control. La notificación se enviara por lo menos seis meses antes de la fecha de entrada en vigor.
3. Toda Parte que designe puertos o terminales en los que se vayan a reglamentar las emisiones de COV procedentes de los buques tanques garantizara que en los puertos y terminales designados existen sistemas de control de la emisión de vapores aprobados por dicha Parte, teniendo en cuenta las normas de seguridad elaboradas al efecto por la Organización, y que tales sistemas funcionan en condiciones de seguridad y de modo que ningún buque sufra una demora innecesaria.
4. La Organización distribuirá una lista de los puertos y terminales designados por las Partes a las demás Partes y otros Estados Miembros de la Organización, a efectos de información,

5. Todo buque tanque a cual se le aplique el párrafo 1 de la presente regla estará provisto de un sistema de recogida de las emisiones de vapores aprobado por la Administración teniendo en cuenta las normas de seguridad elaboradas al efecto por la Organización, el cual se utilizara durante el embarque de las cargas pertinentes. Todo puerto o terminal que haya instalado sistemas de control de las emisiones de vapores de conformidad con la presente regla podrá aceptar buques tanque que no estén equipados con un sistema de recogida de vapores durante un periodo de tres años a partir de la fecha de entrada en vigor a que se hace referencia en el párrafo 2 de la presente regla.

6. Todo buque tanque que transporte petróleo crudo dispondrá a bordo de un plan de gestión de los COV aprobado por la Administración, que deberá aplicar. Dicho plan se elaborara teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización. El plan será específico para cada buque y, como mínimo:
 1. Contendrá procedimientos escritos para reducir al mínimo las emisiones de COV durante la carga, la travesía y la descarga;
 2. Tendrá en cuenta los COV adicionales generados por el lavado con crudos;
 3. Incluirá el nombre de la persona responsable de su ejecución; y
 4. En los buques dedicados a viajes internacionales, estará redactado en el idioma de trabajo del capitán y los oficiales y, si el idioma de trabajo del capitán y los oficiales no es el español, el francés ni el inglés, irá acompañado de una traducción a uno de estos idiomas.

7. Esta regla se aplicara también a los gaseros solo en caso de que los sistemas de embarque y contención de la carga sean de un tipo que permita la retención sin riesgos a bordo de los COV que no contengan metano o el retorno sin riesgos de éstos a tierra.

APÉNDICE III

Criterios y procedimientos para la designación de zonas de control de las emisiones (Reglas 13.6 y 14.3)

1. Objetivos

1.1. El presente apéndice tiene por objeto proporcionar a las Partes los criterios y procedimientos para formular y presentar propuestas de designación de zonas de control de las emisiones y exponer los factores que debe tener en cuenta la Organización al evaluar dichas propuestas.

1.2. Las emisiones de NO_x, SO_x y materia particulada procedentes de los buques de navegación marítima contribuyen a las concentraciones ambiente de contaminación atmosférica en las ciudades y las zonas costeras de todo el mundo. Entre los efectos perjudiciales para la salud de los seres humanos y el medio ambiente asociados a la contaminación atmosférica se encuentran la mortalidad prematura, las enfermedades cardiopulmonares, el cáncer de pulmón, las afecciones respiratorias crónicas, la acidificación y la eutrofización.

1.3. La Organización considerara la adaptación de una zona de control de las emisiones cuando se demuestre que es necesario para prevenir, reducir y controlar las emisiones de NO_x, SO_x y materia particulada, o los tres tipos de emisiones (en adelante, "emisiones"), procedentes de los buques.

2. Proceso para la designación de zonas de control de las emisiones

2.1. Solo las Partes podrán proponer a la Organización la designación de una zona de control de las emisiones de NO_x o SO_x y materia particulada, o

de los tres tipos de emisiones. Cuando dos o más Partes comparten el interés por una zona particular, dichas Partes deberían formular una propuesta conjunta.

- 2.2. Toda propuesta para designar una zona dada como zona de control de emisiones debería presentarse a la OMI de conformidad con las reglas y procedimientos establecidos por la Organización.

3. Criterios para la designación de una zona de control de las emisiones

- 3.1. Toda propuesta incluirá lo siguiente:
1. Una clara delimitación de la zona propuesta para la aplicación, junto con una carta de referencia en donde se indique dicha zona;
 2. El tipo o tipos de emisiones cuyo control se propone (a saber, NO_x o SO_x y materia particulada, o los tres tipos de emisiones);
 3. Una descripción de las poblaciones humanas y de las zonas ambientales que corren el riesgo de sufrir los efectos de las emisiones de los buques;
 4. Una evaluación que demuestre que las emisiones de los buques que operan en la zona propuesta para la aplicación contribuyen a las concentraciones ambientales de contaminación atmosférica o a los efectos negativos para el medio ambiente. Dicha evaluación incluirá una descripción de los efectos de las emisiones de que se trate en la salud de los seres humanos y el medio ambiente, tales como los efectos perjudiciales en los ecosistemas terrestres y acuáticos, las zonas de productividad natural, los hábitat críticos, la calidad del agua, la salud de los seres humanos y, si es el caso, en las zonas de importancia cultural y científica. Se indicaran las fuentes de los datos manejados, así como las metodologías utilizadas;
 5. La información relativa a las condiciones meteorológicas de la zona propuesta para la aplicación en relación con las poblaciones humanas y

las zonas ambientales que puedan verse afectadas, en particular los vientos dominantes, o las condiciones topográficas, geológicas, oceanográficas, morfológicas o de la otra índole que contribuyan a las concentraciones ambientales de la contaminación atmosférica o los efectos perjudiciales al medio ambiente;

6. La naturaleza del tráfico marítimo en la zona de control de las emisiones propuesta, incluidas las características y densidad de dicho tráfico;
7. Una descripción de las medidas de control adoptadas por la Parte o Partes proponentes respecto de las fuentes terrestres de emisiones de NOx, SOx y materia particulada que afectan a las poblaciones humanas y las zonas ambientales en peligro, y que están en vigor y se aplican, junto con las que se estén examinando con miras a su adopción en relación con lo dispuesto en las reglas 13 y 14 del Anexo VI; y
8. Los costos relativos de reducir las emisiones procedentes de los buques por comparación con los de las medidas de control en tierra, y las repercusiones económicas en el transporte marítimo internacional.

- 3.2. Los límites geográficos de la zona de control de las emisiones se basarán en los criterios pertinentes antes mencionados, incluidas las emisiones y deposiciones procedentes de los buques que naveguen en la zona propuesta, las características y densidad del tráfico y el régimen de vientos.

4. Procedimientos para la evaluación y adopción de zonas de control de las emisiones por la Organización

- 4.1. La Organización examinará toda propuesta que le presenten una o varias Partes.

4.2. Al evaluar la propuesta, la Organización tendrá en cuenta los criterios que se han de incluir en cada propuesta que se presente para su aprobación, según se indican en la sección 3 anterior.

4.3. La designación de una zona de control de las emisiones se realizara por medio de una enmienda del presente anexo, que se examinara, adoptara y hará entrar en vigor de conformidad con lo dispuesto en el artículo 16 del presente Convenio.

5. Funcionamiento de las zonas de control de las emisiones

5.1. Se recomienda a las Partes cuyos buques navegan en la zona que tengan a bien comunicar a la Organización todo asunto de interés relativo al funcionamiento de la zona.

ANEXO

Como forma de aclarar algunos conceptos mencionados durante el trabajo, y evitar perder el hilo de este, he creado este anexo que explica lo comentado:

Categorías de los motores

Según la EPA, los motores diésel marinos sujetos a las normas de emisión se dividen en tres categorías:

- **Categoría 1:** para los motores diésel marinos de hasta 7 litros (1,85 galones aproximadamente) de capacidad por cilindro.
- **Categoría 2:** para los motores diésel marinos de una capacidad de entre 7 y 30 litros (de 1,85 a 7,93 galones aproximadamente) por cilindro.
- **Categoría 3:** son los motores diésel marinos cuya capacidad por cilindro superan los 30 litros (7,93 galones aproximadamente). (MARINO DIESEL NORMATIVA DE EMISIONES 2015)

Grandes lagos

Los Grandes Lagos son un grupo de cinco lagos situados en el norte de los Estados Unidos y en el sur de Canadá. Estos lagos están conectados entre sí y con salida al Océano Atlántico a través del río San Lorenzo, en el golfo con el mismo nombre.

Estos lagos sirven como una importante vía para el transporte de mercancías, ya que son considerados como mares cerrados debido a que, además de ser el mayor grupo de lagos de agua dulce del planeta, cubren un área de 244.160 km², superficie similar a la del Reino Unido.

Los cinco Grandes Lagos, viéndolos de oeste a este, son los siguientes:

- El Lago Superior es el mayor y más profundo con una superficie de 82.000 km².
- El Lago Michigan es el segundo en cuanto al volumen, con una superficie de 58.000 km².
- El Lago Huron es el segundo en cuanto a superficie con área de 60.000 km².
- El Lago Erie es el menor en cuanto al volumen cuya superficie es de 25.700 km² aproximadamente.
- Y finalmente, el Lago Ontario, el menor en cuanto a superficie con un área de 18.960 km². (Wikipedia, Grandes Lagos (América del Norte) 2016)



Ilustración 19: Grandes Lagos. Fuente: <http://rafaelcondill.blogspot.com.es/2013/06/1038-los-minoicos-en-los-grandes-lagos.html>

CONCLUSIONES

Una vez concluido este trabajo, he llegado a la conclusión o conclusiones de que si no se reducen drásticamente las emisiones más perjudiciales de los buques y demás industrias, siendo éstos los óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y materia particulada; y por otra parte, el dióxido de carbono, siendo éste un porcentaje mucho menor al resto de emisiones, se acabarían muchos de los ecosistemas que hay en la tierra, como ya he comentado en este trabajo, llevándose consigo miles de animales u organismos a un punto en que su existencia peligraría, teniendo consecuencias sobre las demás especies que se alimentan de ellos.

De no ser así, aunque ya hay métodos o sistemas que hacen reducir estas emisiones, además de reglas y áreas donde se permite un máximo de emisiones, habría que buscar otra manera, mucho más limpia y que respete el medio ambiente, de impulsar los buques, reemplazando así, los actuales sistemas utilizados que emplean combustibles fósiles como fuente para producir energía. De esta manera, aunque económicamente no resulte “económicamente” viable de antemano, se evitarían muchos, por no decir todos, de los problemas ya producidos en el medio ambiente y sobre la salud humana.

En definitiva, se tendrían que tomar medidas que se implanten lo antes posible para evitar consecuencias irreversibles sobre el planeta y la vida en él.

BIBLIOGRAFÍA

- ¡Cuidemos el planeta!* 2016. <http://cuidemos-el-planeta.blogspot.com.es/2010/11/que-es-el-smog-fotoquimico.html>.
- BOE. 15 de Noviembre de 2010. <https://www.boe.es/boe/dias/2010/11/15/pdfs/BOE-A-2010-17458.pdf> (último acceso: 2016).
- BOE, Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. <http://www.boe.es>. abril de 2016. <https://www.boe.es> (último acceso: 2016).
- Control de emisiones en motores marinos y métodos para su reducción.* 2016. <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2013/03/contro-de-emisiones-en-motores-marinos.html>.
- Díaz, Jose Vicente. *Experiencias Astronómicas*. s.f. <https://josevicentediaz.wordpress.com/teledeteccion/aerosoles-atmosfericos/> (último acceso: 2016).
- Domínguez, Ignacio López. *Diario Expansion.com*. 2016. <http://www.expansion.com/diccionario-economico/tier-ii.html>.
- EPA. *Diesel Boats and Ships*. 2016. <https://www3.epa.gov/otaq/marine.htm#content>.
- . *EPA en Español*. 2016. <https://espanol.epa.gov/espanol/implementacion-de-las-leyes-y-normas-sobre-el-aire>.
- EPA, Agencia Protección Ambiental EE.UU. *epa.gov*. 2016. <https://espanol.epa.gov/>.
- Fundación para la Salud Geoambiental*. s.f. <http://www.saludgeoambiental.org/material-particulado> (último acceso: 2016).
- García, Rober. *Ingeniero Marino*. 2016. <https://ingenieromarino.wordpress.com/2014/09/17/26o-normativatecnologias-y-modificaciones-para-reducir-las-emisiones-de-sox-y-nox-a-la-atmosfera/>.
- . *Ingeniero Marino*. 2014. <https://ingenieromarino.wordpress.com/2014/09/17/26o-normativatecnologias-y-modificaciones-para-reducir-las-emisiones-de-sox-y-nox-a-la-atmosfera/>.
- Gobierno de Canarias, GOBCAN. *El Agua en Canarias*. 2016. <http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/aguas/aguacanarial.html> (último acceso: Mayo de 2016).
- Lenntech. *Posibles soluciones para los problemas de eutrofización de las aguas*. 2016. <http://www.lenntech.es/eutrofizacion-de-las-aguas/soluciones-eutrofizacion.htm>.

- «Manual para una Flota Limpia.» s.f. http://www.unep.org/tnt-unep/toolkit_esp/ToolkitTextBook.pdf (último acceso: 2016).
- mar, Vista al. *Posible tratamiento para combatir la acidificación de los océanos*. 2016. <https://www.vistaalmar.es/medio-ambiente/cambio-climatico/1456-posible-tratamiento-combatir-acidificacion-oceanos.html>.
- Marino diesel normativa de emisiones*. 2016. <http://ventacomprararato.com/Marino-diesel-normativa-de-emisiones/>.
- MARINO DIESEL NORMATIVA DE EMISIONES*. 2015. <http://ventacomprararato.com/Marino-diesel-normativa-de-emisiones/>.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. 2016. http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/compuestos_organicos_volatiles.aspx#.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *PRTR-España*. s.f. <http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html> (último acceso: 2016).
- . *PRTR-España*. s.f. <http://www.prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html> (último acceso: 2016).
- OMI. 2016. [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx).
- . *Convenio MARPOL*. 2016. [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx).
- . *Óxidos de azufre (SOx) – Regla 14*. 2016. [http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx).
- . *Óxidos de nitrógeno (NOx) – Regla 13*. 2016. [http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx).
- Revista Ambientum*. 2016. http://www.ambientum.com/revista/2001_36/2001_36_AGUAS/EUTR1.htm.
- Tecnología Marítima*. 2013. <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2013/03/control-de-emisiones-en-motores-marinos.html>.
- «Tipos de gases.» 2016. http://www.as-sl.com/pdf/tipos_gases.pdf.

Verde, La Onda. «Acidificación de los océanos.» 2016.

<http://www.laondaverde.org/laondaverde/oceans/files/oceanacidification.pdf>.

Vila, Jordi. «Ventajas de la utilización del Gas.» 22 de Enero de 2015.

<http://www.eic.cat/gfe/docs/15783.pdf> (último acceso: 2016).

Wikipedia. *Grandes Lagos (América del Norte)*. 2016.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Grandes_Lagos_\(Am%C3%A9rica_del_Norte\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Grandes_Lagos_(Am%C3%A9rica_del_Norte)).

—. *Grandes Lagos (América del Norte)*. 2016.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Grandes_Lagos_\(Am%C3%A9rica_del_Norte\)#Batimetr.C3.ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Grandes_Lagos_(Am%C3%A9rica_del_Norte)#Batimetr%C3.ADa).