

**CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LAS  
EMISIONES DE GASES EN BUQUES (NODRIZA)**

**ANIBAL E. OLIER AGUILAR**

**WILSON E. ALVAREZ LARA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**DIRECCIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARTAGENA DE INDIAS**

**JUNIO DE 2009**

**CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LAS  
EMISIONES DE GASES EN BUQUES (NODRIZA)**

**ANIBAL E. OLIER AGUILAR**

**WILSON E. ALVAREZ LARA**

Monografía de grado para otorgar el título de  
Ingeniero Mecánico

**DIRECTOR**

**JUSTO RAMOS MADRID**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**DIRECCIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARTAGENA DE INDIAS**

**JUNIO DE 2009**

## **REGLAMENTO ACADÉMICO**

### **(ARTICULO 107)**

**La institución se reserva el derecho de la propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de indias D.T. y C., Junio 10 del 2009

Cartagena de indias D.T. y C., Junio 10 del 2009

Señores:

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Facultad de Ingenierías

Ciudad de Cartagena

Respetados señores:

Tengo el agrado de presentar a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada “**CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LAS EMISIONES DE GASES EN BUQUES (NODRIZA)**” desarrollada por los estudiantes Anibal Emilio Olier Aguilar y Wilson Emilo Alvarez Lara.

Al respecto me permito comunicar que he dirigido el citado trabajo el cual considero de gran importancia y utilidad.

Atentamente,

---

Justo Ramos Madrid

DIRECTOR DE MONOGRAFIA

Cartagena de indias D.T. y C., Junio 10 del 2009

Señores:

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Facultad de Ingenierías

Ciudad de Cartagena

Respetados señores:

Por medio de la presente nos dirigimos a ustedes con el objeto de presentarles a su consideración, estudio y aprobación de la monografía “**CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LAS EMISIONES DE GASES EN BUQUES (NODRIZA)**” por requisito para optar por el título de Ingeniero mecánico.

Atentamente,

---

Anibal Emilio Olier Aguilar

c.c 1047380936 de Cartagena

---

Wilson Emilio Álvarez Lara

c.c 1047381024 de Cartagena

## AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D.T y C.

Nosotros ANIBAL EMILIO OLIER AGUILAR identificado con cedula de ciudadanía 1047380936 de Cartagena y WILSON EMILIO ÁLVAREZ LARA identificado con cedula de ciudadanía 1047381024 de Cartagena autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de nuestro trabajo de grado y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

---

Anibal Emilio Olier Aguilar

c.c 1047380936 de Cartagena

---

Wilson Emilio Álvarez Lara

c.c 1047381024 de Cartagena

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero en este trabajo expresar mi más profundo agradecimiento a mis profesores, quienes en sus incansables enseñanzas dentro de un apostolado docente, supieron motivar en mí el deseo del aprendizaje investigativo a la ingeniería mecánica y que hoy me regocijo en mi intelectualidad por lo aprendido.

Agradezco también de manera especial al profesor Justo Ramos Madrid quien ha tenido la suficiente disposición y paciencia para orientarme en este trabajo. A mis padres quienes en su innegable voluntad se comprometieron a asistirme en mis temporadas de estudios a mantenerme vivo el amor que me lleno de requisitos para nunca defraudarlos.

A Dios quien en su ilimitada sabiduría me hizo comprender el compromiso que he adquirido con mi familia con mi sociedad y con mi país para poder desarrollarme mejor por lo aprendido.

**ANIBAL EMILIO OLIER AGUILAR**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco y dedico este trabajo a...

**A mi madre** por regalarme la oportunidad de vivir, por su amor y apoyo incondicional y por ser esa persona que me incluye en sus oraciones y pide por la fuerza que necesito para luchar por lo que quiero y no dejarme derrumbar.

**A mi padre** por ser esa persona que llena cada uno de los días de mi vida con sus palabras llenas de experiencia, y por sobre todo ser mi modelo a seguir.

**A mis hermanas** por ser mi compañía, y un brazo de fortaleza en mi vida, que con sus acciones me hace sentir orgulloso de ellas.

A los Ingenieros y también docentes Justo Ramos Madrid y Bienvenido Sarria López por sus asesorías metodológicas, sus valiosos y acertados aportes, pero sobre todo por su paciencia y su tiempo; sin su acompañamiento no hubiera sido posible alcanzar este logro.

.

WILSON EMILIO ÁLVAREZ LARA

## RESUMEN

**TITULO:** CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR LAS EMISIONES DE GASES EN BUQUES (NODRIZA)

**AUTORES:** ANIBAL E. OLIER AGUILAR

WILSON E. ALVAREZ LARA

**OBJETIVO:** Caracterizar el impacto ambiental causado por las emisiones de gases en buques, analizando sus componentes, recopilando las normas que regulan sus emisiones tanto a nivel nacional como internacional, estimando de forma analítica sus cantidades, y los métodos empleados para la mitigación del impacto de estos gases en el medio.

**METODOLOGÍA:** Se realizó una breve explicación sobre el combustible Diesel en buques, con el fin de mostrar algunas características y descripciones de este, además, se muestran los compuestos del Diesel marino dejando así una forma clara de su constitución. Luego, se procedió de una forma exhaustiva a investigar basados en fuentes bibliográficas tales como libros, resoluciones, normas, convenios internacionales y paginas de internet sobre cuáles son los gases contaminantes presentes en la combustión de los motores Diesel, destacando los problemas que estos causan en el medio ambiente y en los seres vivos, las normas y reglas tanto nacionales como internacionales que controlan y reducen estas emisiones, las nuevas tendencias y tecnologías usadas para reducir estos gases contaminantes. Se hacen cálculos de la estimación de las emisiones con los parámetros de explotación del buque.

**RESULTADOS:** Se genera un documento el cual contiene recopilado toda la información con respecto a la contaminación atmosférica causado por las emisiones de gases de los buques, dando a conocer las normas que existen a nivel nacional sobre los niveles permitidos de estos gases, convenios internacionales, con cada una de sus reglas descritas y mostradas de manera sustentada. Se muestran las principales tecnologías diseñadas, fabricadas y comprobadas, que en algunos casos son distribuidas en el mundo para reducir los niveles de gases contaminantes en las emisiones de los motores Diesel. Se da a conocer las posiciones y tendencias de algunos países alrededor del mundo frente a la problemática medioambiental expuesta. Se muestra de una forma analítica los valores de las emisiones presentes en la combustión del motor del Buque (Nodriza).

**DIRECTOR: JUSTO RAMOS MADRID**

**Ingeniero Mecánico**

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar el impacto ambiental causado por las emisiones de gases en buques, analizando sus componentes, recopilando las normas que regulan sus emisiones tanto a nivel nacional como internacional, estimando de forma analítica sus cantidades, y los métodos empleados para la mitigación del impacto de estos gases en el medio.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Efectuar estudio bibliográfico sobre los gases contaminantes emitidos durante la combustión en buques y los problemas específicos de cada gas.
2. Compendiar las normas nacionales e internacionales que regulan las concentraciones máximas permisibles.
3. Recopilar las tecnologías y métodos actuales para reducir el impacto por gases contaminantes.
4. Estimar los valores potenciales de emisión de contaminantes para los parámetros de explotación del buque.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	21
<b>1. DIESEL MARINO</b> .....	23
1.1 Compuestos del diesel marino.....	23
1.1.1 Hidrocarburos.....	23
<b>2. TIPOS DE GASES CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN LA COMBUSTION Y SUS   CONSECUENCIAS</b> .....	27
2.1 El Monóxido de Carbono.....	27
2.1.1 Problemas medioambientales y de salud por causa del monóxido de carbono.....	29
2.2 El Dióxido de Carbono .....	31
2.2.1 Efectos del Dióxido de carbono en el medio ambiente.....	36
2.3 Los Óxidos de Nitrógeno.....	38
2.3.1 Problemas medioambientales y de salud por causa de los NOx.....	41
2.4 Los Óxidos de Azufre .....	45
2.4.1 Dióxido de Azufre .....	45
2.4.1.1 Problemas que causa el Dióxido de Azufre .....	47
2.5 Partículas Totales en Suspensión (PST).....	49
2.5.1 Efectos sobre la salud.....	49
2.6 PM10.....	50
2.6.1 Efectos en la Salud.....	50
<b>3. NORMATIVIDAD AMBIENTAL</b> .....	53
3.1 Normas de calidad del aire.....	53
3.1.1 Concentraciones máximas permisibles .....	53
3.2 Ecuación UCA (unidades de contaminación atmosférica).....	55
3.2.1 Factores de corrección a usar en la ecuación de definición de UCA.....	56
3.2.2 Clasificación de las empresas de acuerdo al valor UCA obtenido.....	57
<b>4. TECNOLOGÍA Y MÉTODOS PARA REDUCIR IMPACTO POR GASES   CONTAMINANTES</b> .....	60

4.1 Tecnología para reducir CO, HC y PM.....	60
4.1.1.1 Sistema Modular CRT (Tratamiento de Reducción Catalítica).....	60
4.1.1.2 Funcionamiento del sistema modular CRT .....	61
4.1.1.3 CRT con filtro de metal sinterizado.....	64
4.2 Tecnología para reducir CO <sub>2</sub> .....	66
4.3 Tecnología para reducir NO <sub>x</sub> .....	67
4.3.1 Tecnología SCR (Reducción Catalítica Selectiva).....	67
4.3.2 Convertidor catalítico NO <sub>x</sub> .....	68
4.4 Tecnología para reducir Dióxido de Azufre.....	68
4.4.1 La tecnología de Precombustión.....	70
4.4.2 Las tecnologías durante la combustión.....	70
4.4.3 Las tecnologías de postcombustión.....	70
4.5 Tecnología para reducir Material Particulado.....	71
4.5.1 Filtro para Material Particulado.....	71
4.5.1.1 Funcionamiento .....	72

<b>5. TENDENCIAS MUNDIALES PARA DISMINUIR EMISIONES DE GASES EN BUQUES.....</b>	<b>73</b>
5.1 Unión Europea.....	73
5.1.1 Medidas preventivas Aplicadas .....	73
5.2 Tokio.....	75
5.3 España.....	77
5.4 Acuerdo de los Países firmantes del Protocolo de Kioto.....	78

<b>6. CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR LOS BUQUES (MARPOL 73/78).....</b>	<b>79</b>
6.1 Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (Anexo VI).....	81
6.1.1 Generalidades .....	82
6.1.1.1 Regla 1: Ámbito de Aplicación .....	82
6.1.1.2 Regla 2: Definiciones.....	82
6.1.1.3 Regla 3: Excepciones generales.....	86
6.1.1.4 Regla 4: Equivalentes.....	86
6.1.2 Reconocimiento, certificación y medios de control.....	87
6.1.2.1 Regla 5: Reconocimientos e inspecciones.....	87
6.1.2.2 Regla 6: Expedición del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica.....	90
6.1.2.3 Regla 7: Expedición del certificado por otro Gobierno.....	91
6.1.2.4 Regla 8: Modelo del certificado.....	92
6.1.2.5 Regla 9: Duración y validez del certificado.....	93
6.1.2.6 Regla 10: Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto.....	95

6.1.2.7	Regla 11: Detección de transgresiones y cumplimiento.....	96
6.1.3	Prescripciones para el control de las emisiones de los buques.....	98
6.1.3.1	Regla 12: Sustancias que agotan la capa de ozono.....	98
6.1.3.2	Regla 13: Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ).....	99
6.1.3.3	Regla 14: Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> ).....	102
6.1.3.3.1	Prescripciones generales.....	102
6.1.3.3.2	Prescripciones aplicables en las zonas de control de las emisiones de SO <sub>x</sub> .....	102
6.1.3.4	Regla 15: Compuestos Orgánicos Volátiles.....	105
6.1.3.5	Regla 16: Incineración a bordo.....	107
6.1.3.6	Regla 17: Instalaciones de recepción.....	110
6.1.3.7	Regla 18: Calidad del fueloil.....	111
6.1.3.8	Regla 19: Prescripciones aplicables a las plataformas y a las torres de perforación.....	115
<b>7.</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA LAS MEDICIONES DE GASES CONTAMINANTES.....</b>	<b>117</b>
<b>8.</b>	<b>CÁLCULOS DE EMISIONES CONTAMINANTES PARA LOS BUQUES (NODRIZA)</b>	
	.....	<b>123</b>
8.1	Calculo de emisión CO <sub>2</sub> .....	124
8.2	Cálculo de emisión CO.....	125
8.3	Cálculo de emisión NO <sub>x</sub> .....	126
8.4	Cálculo de emisión SO <sub>x</sub> .....	126
8.5	Cálculo de PM10.....	127
<b>9.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>132</b>
	Bibliografía.....	134
	Anexos.....	138

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Hidrocarburos Saturados.....	25
Tabla 2. Hidrocarburos Etilénicos.....	25
Tabla 3. Hidrocarburos más importantes de la serie Aromática.....	26
Tabla 4. Índice de Calidad de Aire (AQI) para CO .....	31
Tabla 5. Diferentes tipos de estado de oxidación del Nitrógeno.....	38
Tabla 6. Concentración y efecto del dióxido de azufre.....	48
Tabla 7. Índice de Calidad de Aire (AQI) para PM10.....	52
Tabla 8. Concentraciones máximas permisibles.....	54
Tabla 9. Concentración y tiempo de exposición para los niveles de prevención, alerta y emergencia.....	55
Tabla 10. Factores de corrección a usar en la ecuación de definición de UCA.....	57
Tabla 11. Clasificación de las empresas de acuerdo al valor UCA obtenido.....	58
Tabla 12. Factor de emisión para motores Diesel.....	124



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Despiece Sistema Modular CRT.....	61
Figura 2. Comparación de emisiones CO, HC y PM.....	62
Figura 3. Emisiones anuales sin y con sistema CRT.....	63
Figura 4. Esquema del proceso convertidor del sistema CRT.....	64
Figura 5. JETFILTER.....	65
Figura 6. Maquina utilizada para almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....	66
Figura 7. Esquema SCR abordado con Urea.....	67
Figura 8. Corte de un convertidor Catalítico.....	69
Figura 9. Partes del Cat® Diesel Particulate Filter Retrofit Kit .....	71
Figura 10. Esquema del funcionamiento del Convertidor catalítico.....	72
Figura 11. Analizador de gases TESTO 350-S .....	117
Figura 12. Unidad de Control.....	118
Figura 13. Conexiones/interfaces de la Unidad de Control.....	118
Figura 14. Analizador de productos de la combustión.....	119
Figura 15. Analizador de productos de la combustión.....	120

**Figura 16. Conexiones/interfaces del analizador.....120**

**Figura 17. Sonda de productos de la combustión.....121**

**Figura 18. Alineación de la sonda.....122**

**Figura 19. Motor del buque (Nodriza).....123**

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Modelo de CERTIFICADO INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (IAPP).....	136
Anexo B. Norma Euro V.....	142
Anexo C. Art. 1 Protocolo de Montreal.....	148

## ÍNDICE DE FORMULAS

	Pág.
Fórmula 1. Ecuación UCA (Unidades de Contaminación Atmosférica).....	56
Fórmula 2. Ecuación general para el cálculo de emisiones.....	124
Fórmula 3. Conversión lb/h a ppm de CO <sub>2</sub> .....	128
Fórmula 4. Conversión lb/h a ppm de CO.....	128
Fórmula 5. Conversión lb/h a ppm de NO <sub>x</sub> .....	129
Fórmula 6. Conversión lb/h a ppm de SO <sub>x</sub> .....	129
Fórmula 7. Conversión lb/h a g/ft <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub> .....	129

## INTRODUCCIÓN

En nuestro mundo moderno, en el afán de crear bienes de productos para hacerlos competitivos en el mercado global se condicionan los países a adquirir maquinarias con motores DIESEL que por su proceso de combustión están contaminando de manera significativa nuestro medio ambiente. En Colombia, que se encuentra bañada por dos océanos, Atlántico y Pacífico y abierta al mundo, flotas mercantes internacionales saturan su atmósfera con gases contaminantes producto de la combustión de los motores DIESEL que poseen los Buques que circulan en sus aguas como es el caso de los CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y Material Particulado. Estas emisiones de gases están afectando la vida del hombre, fauna y flora de nuestro planeta.

Hoy existen normas nacionales y reglas internacionales que buscan reducir los índices de los gases contaminantes que emanan los Buques que navegan en nuestras aguas.

Las nuevas tecnologías y tendencias mundiales buscan formas que controlen y reduzcan estas emisiones que causan el envenenamiento del aire y la destrucción de nuestra atmósfera, para tratar de evitar efectos letales como: Destrucción de la capa de ozono, calentamiento global (efecto invernadero), lluvias ácidas y otros problemas que afectan directamente la salud de los seres vivos.

En nuestro trabajo se mostrará cada uno de estos gases contaminantes, el efecto que produce en el medio ambiente y en la salud de los seres vivos, las nuevas tecnologías y tendencias mundiales que existen para reducir los niveles de estos gases, además se

darán a conocer las normas nacionales existentes y reglas internacionales vigentes que buscan controlar y reducir los niveles de gases contaminantes en las emisiones de los motores de los buques. A demás se estimaran los cálculos de las emisiones de gases contaminantes de los motores de los buques.

## **1. DIESEL MARINO**

El diesel marino se clasifica como un líquido inflamable clase II de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association), la cual sostiene que es una mezcla de hidrocarburos formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo tales como destilación atmosférica y ruptura catalítica. Está diseñado para utilizarse especialmente como combustible en motores tipo diesel de embarcaciones marinas o fluviales. También puede usarse para generar energía mecánica y eléctrica, y en quemadores de hornos, secadores y calderas. No es recomendable su uso en vehículos automotores por el impacto ambiental de sus emisiones.<sup>1</sup> Esto nos da a entender un poco sobre la importancia de la necesidad de reducir las emisiones causadas por este combustible y analizar a fondo los impactos que trae esta en el medio ambiente y en los seres vivos.

Para entender y conocer la formación y el origen del Diesel Marino debemos tener claro su constitución conformada por Hidrocarburos.

### **2.1 COMPUESTOS DEL DIESEL MARINO**

#### **2.1.1 Hidrocarburos**

Los hidrocarburos son conocidos también como carburos de hidrógeno, estas son sustancias que resultan de la combinación del carburo con el hidrogeno. Se debe tener

---

<sup>1</sup> <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=216&conID=37375>

en cuenta que estas no son mezclas entre carburos e hidrógenos, sino son combinaciones químicas entre ambos formando así materias con características propias independientes de los cuerpos que originalmente son.

Los hidrocarburos están constituidos por dos series, la primera serie es la de los alifáticos conformada por los grupos de hidrocarburos saturados (ver tabla 1), etilénicos (ver tabla 2) y acetilénicos, y la segunda serie es la de los aromáticos (ver tabla 3).

La serie grasa o alifática es el grupo más importante para nuestro estudio, ya que de esto está constituido el combustible líquido.

De este grupo se distinguen los hidrocarburos saturados, de estos el más importante es el metano, conocido también como grisú, gas de los pantanos, se encuentra en las minas de carbón y pozos petroleros, estos hidrocarburos son utilizados en mayor frecuencia para los combustibles líquidos tales como el Diesel y la gasolina.



NOMBRE	Fórmula	Punto de ebullic.	Estado
Metano . . . . .	$CH_4$	- 163°	Gaseoso
Etano . . . . .	$C_2H_6$	- 92°	
Propano . . . . .	$C_3H_8$	- 45°	
Butanos (*) . . . . .	$C_4H_{10}$	+ 1°	
Pentanos . . . . .	$C_5H_{12}$	+ 37°	Líquido fácilmente vaporizable
Exanos . . . . .	$C_6H_{14}$	69°	
Eptanos . . . . .	$C_7H_{16}$	98°	
Octanos . . . . .	$C_8H_{18}$	125°	
Nonanos . . . . .	$C_9H_{20}$	150°	Líquido
Decanos . . . . .	$C_{10}H_{22}$	173°	
Undecanos . . . . .	$C_{11}H_{24}$	195°	
Duodecanos . . . . .	$C_{12}H_{26}$	214°	
Tridecanos . . . . .	$C_{13}H_{28}$	234°	Sólido
Tetradecanos . . . . .	$C_{14}H_{30}$	254°	
Superiores . . . . .	$C_nH_{2n+2}$		

**Tabla 1. Hidrocarburos Saturados<sup>2</sup>**

NOMBRE	Fórmula	Punto de ebullic.	Estado
Etileno . . . . .	$C_2H_4$	- 103°	Gas
Propileno . . . . .	$C_3H_6$	-	
Butileno . . . . .	$C_4H_8$	+ 3°	
Amilenos . . . . .	$C_5H_{10}$	+ 40°	Líquido
Etilenos . . . . .	$C_6H_{12}$	70°	
Epitelenos . . . . .	$C_7H_{14}$	101°	
Octilenos . . . . .	$C_8H_{16}$	120°	
Nonilenos . . . . .	$C_9H_{18}$	136°	
Diamilenos . . . . .	$C_{10}H_{20}$	160°	
Etc. . . . .	-	-	
Cetenos . . . . .	$C_{16}H_{32}$	275°	Sólido
Cerotenos . . . . .	$C_{27}H_{54}$	-	
Superiores . . . . .	$C_nH_{2n}$	-	

**Tabla 2. Hidrocarburos Etilénicos<sup>3</sup>**

<sup>2</sup> MOTORES DIESEL MARINOS Y ESTACIONARIOS, Pedro Miranda, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona 1977, pag. 366

<sup>3</sup> Idem

Por último, en la serie alifática están los hidrocarburos acetilénicos, los cuales no serán analizados en esta investigación debido a que este grupo tiene secundaria importancia en el estudio de los combustibles ordinarios en motores Diesel.

La otra serie de los hidrocarburos es la llamada aromática, teniendo este nombre debido al particular olor de sus componentes. A continuación se muestra una tabla que presenta los hidrocarburos más importantes de la serie aromática.

NOMBRE	Fórmula	Punto de ebullic.	Estado
Benzol .....	$C_6 H_6$	80°	Líquidos
Toluol .....	$C_7 H_8$	110°	
Xilol .....	$C_8 H_{10}$	140°	
Trementina.....	$C_{10} H_{18}$	156°	
Naftalina.....	$C_{10} H_8$	218°	Sólidos
Metilnaftalina.....	$C_{11} H_{10}$	242°	
Difenilo .....	$C_{12} H_{10}$	254°	
Fluoreno .....	$C_{13} H_{10}$	295°	
Antraceno .....	$C_{14} H_{10}$	360°	
Metilantraceno .....	$C_{15} H_{12}$	Sobre 360°	

**Tabla 3. Hidrocarburos más importantes de la serie Aromática<sup>4</sup>**

Los hidrocarburos de esta serie aromática no conforman en gran parte la constitución de los petróleos naturales, estos solo están en pequeñas proporciones en los combustibles que se queman en los motores.

<sup>4</sup> Ibidem pag. 369

## 2. TIPOS DE GASES CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN LA COMBUSTIÓN Y SUS CONSECUENCIAS

### 2.1 EL MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido, este es un gas inflamable y muy toxico para los humanos y para cualquier otro ser vive que necesite oxigeno para respirar. Su fórmula es CO lo que demuestra que tiene un solo átomo de carbono y un solo átomo de oxigeno.

La concentración promedio de CO en la troposfera de la tierra es de alrededor 100 ppb (partículas por miles de millones, lo que quiere decir que cien moléculas de cada mil millones de moléculas de aire son de monóxido de carbono) aunque aire particularmente limpio pueden presentar concentraciones inferiores a 50 ppb. <sup>5</sup>

El monóxido de carbono es producido por:

- Falta de oxigeno en la combustión lo que evita que se produzca CO<sub>2</sub>.
- Como fuentes naturales de producción de monóxido de carbono en la atmosfera terrestre tenemos a los volcanes y los incendios forestales. Los gases volcánicos contienen entre 0.01 y un 2% de monóxido de carbono. <sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> [http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical\\_science/chemistry/carbon\\_monoxide.sp.html&edu=high](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical_science/chemistry/carbon_monoxide.sp.html&edu=high)

<sup>6</sup> Idem

La altas concentraciones y exposición de tiempos largos con monóxido de carbono puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, la cual es la molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, que en presencia de CO se transforma en Carboxihemoglobina y no puede realizar esa función. Por lo tanto “concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.”<sup>7</sup>

Lo que deja ver que este es un gas muy peligroso para la salud de los seres humanos y nosotros mismos somos los encargados de producirlo, debido a la gran cantidad de la utilización de automóviles y otros vehículos de transporte no solo terrestres también marítimos, que por culpa de motores en mal estado y con muy poco mantenimiento hacen combustiones incompletas generando este gas como consecuencia.

La concentración de CO en la atmosfera es una de las más altas con respecto a los otros agentes contaminantes, cada día aumenta estas concentraciones y las personas no buscan soluciones necesarias y eficaces. Los niveles que alcanza, en una zona urbana típica, son de alrededor de 10 ppm (partículas por millón), cerca de 100 veces más que en toda la atmósfera terrestre. En zonas con demasiado tráfico, los niveles de CO pueden llegar hasta 50 ppm. La principal fuente de CO producida por el hombre corresponde a ciertos procesos industriales, junto a la quema de combustible fósil y biomasa.

---

<sup>7</sup> Idem

En los Estados Unidos, alrededor de 2/3 de las emisiones de monóxido de carbono provienen de los automóviles. Los científicos calculan que la producción total anual de este gas, por parte de los seres humanos y de la naturaleza, es de dos a cinco miles de millones de toneladas.<sup>8</sup> Esto es una clara muestra que los seres humanos somos los principales responsables de las altas concentraciones de monóxido de carbono en la atmosfera.

Como el monóxido de carbono es un compuesto en el cual su vida útil como CO es menor al tiempo que se requiere para que se mezcle por completo en la troposfera antes de oxidarse y convertirse en CO<sub>2</sub>, el CO presenta grandes concentraciones en los lugares cercanos donde se produce y se libera a la atmósfera y pocas o más bien nulas concentraciones en los lugares donde se destruye o es transformado en la atmosfera, lo que lleva como consecuencia a que las medidas mundiales que se tienen, sirvan como ayuda para localizar los lugares de producción y eliminación de este gas.

El monóxido de carbono sirve a demás como ayuda indirecta a atrapar algunos gases de invernaderos que se encuentran en la troposfera, reaccionando con otros compuestos que destruyen el metano y el ozono trayendo como consecuencia elevaciones de concentraciones de estos gases de invernadero.

### **2.1.1 Problemas medioambientales y de salud por causa del monóxido de carbono**

El monóxido de carbono es un gas que no afecta a las plantas ni materiales expuestos a él

---

<sup>8</sup> Idem

ya que este es relativamente no reactivo, pero para los humanos y otros seres vivos que respiran oxígeno si es perjudicial ya que es sumamente tóxico.

La hemoglobina, que es la proteína de la sangre que lleva oxígeno de los pulmones a las células del cuerpo, es 200 veces más propensa a unirse al monóxido de carbono que al oxígeno, lo que significa que es posible que la hemoglobina de alguien que respira CO en exceso se sature con este gas, imposibilitando la entrega de oxígeno a las células.<sup>9</sup>

La inhalación de CO en gran cantidad podría llevarnos a la muerte con facilidad ya que con deficiencia de oxígeno en nuestras células y cerebros no podemos vivir esta es una de las razones por las que cuando inhalamos gases de escape de un motor de combustión determinado en un recinto cerrado o con poca ventilación sentimos sensación de ahogo o cuando estamos cerca del humo de un incendio ocurre lo mismo, ya que ante la falta de oxígeno, o exceso de carbono, al quemarse algo, la combustión produce monóxido de carbono en vez de dióxido de carbono produciendo así deficiencia de oxígeno a nuestras células por culpa de la presencia del CO en la hemoglobina.

Con relación a la concentración y tiempo de exposición del CO, ver tabla 4:

---

<sup>9</sup> Idem

Valores AQI	Descripción de la Calidad de Aire	Problemas que Causa a la Salud
0 -50	Buena	Ninguno
51-100*	Moderada	Ninguno
101-150	Insalubre para grupos sensibles.	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina, deben limitar esforzarse fuertemente y evitar las fuentes de CO como el tráfico pesado de automóviles.
151 - 200	Insalubre	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina, deben limitar esforzarse fuertemente y evitar las fuentes de CO como el tráfico pesado de automóviles.
201 - 300	Muy insalubre	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina, deben evitar esforzarse y las fuentes de CO como el tráfico pesado de automóviles.
301 - 500	Peligroso	Personas con enfermedades cardiovasculares como angina, deben evitar esforzarse y las fuentes de CO como el tráfico pesado de automóviles. El resto de la población debe limitar esforzarse.

\* Un AQI de 100 para monóxido de carbono corresponde a un nivel de CO de 9 partes por millón (promediado por 8 horas)

**Tabla 4. Índice de Calidad de Aire (AQI) para CO <sup>10</sup>**

## 2.2 EL DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono a temperatura y presión normal es un gas incoloro y no inflamable.

El dióxido de carbono no constituye gran parte en la atmósfera como el nitrógeno ni el oxígeno pero es un ingrediente muy importante en ésta. La fórmula del dióxido de carbono es CO<sub>2</sub>, lo que indica que está formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno.

---

<sup>10</sup> [http://www.airinfonow.com/espanol/html/ed\\_co.html](http://www.airinfonow.com/espanol/html/ed_co.html)

El dióxido de carbono es un gas que no afecta directamente la salud de los seres humanos ni de ningún otro ser vivo en concentraciones normales, este gas sirve como fuente de alimentación para las plantas verdes, que con el proceso de fotosíntesis se convierte en oxígeno. Este gas es producido por la combustión completa del carbono, o sea, entre mas concentración tenga, mejor es la combustión, pero se debe tener en cuenta que el aumento desproporcionado de este gas en el medio ambiente tiene grandes consecuencias como lo es el efecto invernadero causante de la variación climática y el calentamiento del globo terráqueo.

El dióxido de carbono se encuentra en nuestra atmósfera, este es un importante gas invernadero ya que es el encargado de atrapar el calor en la tierra hasta cierto punto, sin este gas la Tierra fuera excesivamente fría, pero si se tiene grandes concentraciones de este gas en la atmósfera el efecto de atrapar el calor en la tierra sería aún mayor, como lo que está sucediendo en la Tierra actualmente, las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera por culpa de las emisiones de gases están ocasionando que la Tierra sufra diferentes cambios climáticos drásticamente, ocasionando el efecto invernadero el cual aumenta la temperatura terrestre trayendo serias consecuencias como: derretimiento de los polos glaciares, lo que ocasiona un significativo aumento en el nivel del agua mundial, muertes en seres vivos por aumentos desmesurados de temperatura, incendios forestales lo que destruye la vegetación y por consiguiente reduce la capacidad para transformar el CO<sub>2</sub> en oxígeno.



El dióxido de carbono es el cuarto componente más abundante en aire seco, con concentraciones de 380 ppmv (partículas por millón por volumen) en la atmósfera. Los científicos calculan que antes de la actividad industrial de los seres humanos, las concentraciones de CO<sub>2</sub> eran de aproximadamente 270 ppmv. Los niveles de dióxido de carbono en nuestra atmósfera se han elevado cerca de un 40% desde el comienzo de la industrialización.<sup>11</sup>

Lo que ratifica el hecho que por culpa de las emisiones de gases de motores de combustión, fábricas e industria han ocasionado este significativo aumento en los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, el mundo cada vez está más industrializado y más globalizado, se necesitan cada vez más motores que nos transporten, industrias que quemem combustible para utilizarlo en un proceso determinado, no podemos ir en contra de las necesidades que enfrente nuestro mundo consumidor y capitalista, pero si podemos controlar estas emisiones utilizando energías menos contaminantes, rediseñando nuestras máquinas, elaborando medidas de control y monitoreo del estado de las máquinas, tenemos que empezar a hacer algo ya y preocuparnos por nuestro futuro si no más tarde nuestro presente será invivible y todo lo que conocemos hoy tal vez no exista en el mañana.

---

<sup>11</sup> [http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical\\_science/chemistry/carbon\\_dioxide.sp.html&edu=high](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical_science/chemistry/carbon_dioxide.sp.html&edu=high)

Debemos tener en cuenta que además del dióxido de carbono emanado de las emisiones de gases de las industrias la naturaleza misma también es una fuente importante de fabricación del  $\text{CO}_2$ , los gases volcánicos, los fuegos desmesurados ocurrido naturalmente, un proceso tan común y tan indispensable en todos los seres vivos como lo es la respiración en el momento de que se exhala, es también causa de formación de  $\text{CO}_2$  en el cual este se produce como consecuencia de la liberación de energía de los alimentos consumidos, además este gas se produce por las prácticas agrícolas en donde se quema fuego descontroladamente, todas estas actividades que ocurren diariamente en nuestro mundo se le suman a las altas concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera lo que nos obliga aún más a controlar este gas en los procesos en los cuales podemos intervenir y mejorar.

Existen procesos bioquímicos que en combinación con el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ayudan a convertir el  $\text{CO}_2$  en carbohidratos como lo son los azúcares y además emiten oxígeno como un producto derivado, a esto se le conoce como la fotosíntesis y es producida por las plantas y algunos microbios. Motivo por el cual en lugares selváticos y donde existen estos organismos fotosintéticos, también encontrados en el océano, tienen una gran importancia ya que estos sirven como enormes almacenes de carbono los cuales eliminan el dióxido de carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis. Este es uno de los principales motivos de entidades dedicadas a la conservación de los árboles, bosques y selvas, ya que nuestro bienestar como seres humanos depende intrínsecamente de la continuidad y supervivencia de estas zonas naturales. Estudios realizados sostienen que la primera atmósfera de la Tierra contenía niveles mucho más altos de  $\text{CO}_2$  y casi nada de

oxígeno; el surgimiento de organismos fotosintéticos condujo a un aumento del oxígeno, lo cual permitió el desarrollo de criaturas como nosotros, que respiramos oxígeno.<sup>12</sup>

Podemos tener en cuenta que una ayuda al problema serían más cultivos de estas zonas en el mundo, pero como todos saben los espacios rurales son cada vez más abrumados y disminuido por espacios urbanos que debido a las civilización y el crecimiento demográfico se hace necesario su instalación, por este motivo las nuevas tecnologías de producir energía de una forma ecológica y métodos de reducción de CO<sub>2</sub> en las emisiones de gases de los motores de combustión se hace extremadamente necesario para la conservación de nuestro medio ambiente.

La combustión, cuando se hace de forma incompleta debido a una cantidad de oxígeno limitada o a un exceso de carbono, produce también lo que se conoce como monóxido de carbono (CO), que también es un peligroso contaminante que cuando se oxida se convierte en CO<sub>2</sub>.

Además de ser producido el dióxido de carbono por los motores de combustión este también se encuentra en nuestro mundo de manera natural, y se utiliza para cumplir funciones inventadas por el hombre tales como: latas presurizadas de CO<sub>2</sub> que se utilizan para inflar las llantas de bicicleta y chaleco salvavidas, para darle energía a las pelotas de

---

<sup>12</sup> Idem

pintura, burbujas que se encuentran en las bebidas gasificadas como gaseosas, extintores contra incendio aprovechando sus propiedades ya que este es un gas que no es inflamable. Además, este gas también es liberado por la levadura durante el proceso de fermentación brindándole a la cerveza la espuma y otras bebidas alcohólicas como la champaña, de aspecto burbujeante.

El dióxido de carbono sólido y congelado se denomina “hielo seco”, el dióxido de carbono líquido solo se forma en presiones altas superiores a la presión atmosférica cinco veces, por tal motivo el CO<sub>2</sub> en estado sólido a nivel del mar no se derrite o sea no pasa a su estado sólido sino que pasa a su estado gaseoso en un proceso llamado sublimación.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) está ubicado en la tropósfera la cual es la capa de la atmosfera más cercana a la Tierra con una cantidad de 350 ppm (partes por millón).

### **2.2.1 Efectos del Dióxido de carbono en el medio ambiente**

El aumento del contenido de dióxido de carbono que se verifica actualmente es un componente del cambio climático global, y posiblemente el mejor documentado. Desde mediados del siglo XIX hasta hoy, el aumento ha sido de 80 ppm.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Idem

Esto muestra una vez más el gran aumento de concentración de dióxido de carbono que se ha tenido en la Tierra en tan solo 200 años teniendo en cuenta que en esa época obviamente no había la misma industrialización que existe ahora por lo que conlleva a grandes aumentos de partes por millón (ppm) de CO<sub>2</sub> en cortos periodos de tiempo en esta época industrializada.

Debemos tener en cuenta que este no es un gas tóxico debido a su concentración natural en la atmósfera y además, que nosotros también lo fabricamos, por eso no deja de ser uno de los gases más peligrosos para el medio ambiente, ya que la concentración exagerada de éste en la atmósfera está trayendo serias consecuencias en el medio ambiente como los es el efecto de atrapamiento del calor, conocido como efecto invernadero, que es uno de los problemas más grave que está viviendo la Tierra actualmente debido a las elevadas temperaturas que tiene que soportar nuestro planeta y todas las formas de vida que habitan en él, esto está causando un aumento significativo del nivel del agua oceánica como consecuencia del derretimiento de los glaciares ocasionado por las altas temperaturas, desórdenes climáticos que conllevan a desastres naturales provenientes de tormentas y/o huracanes, incendios forestales que está acabando con la poca vegetación que nos queda, por esta razón se deben tomar medidas y apoyar, nosotros como Ingenieros Mecánicos, la creación de nuevas ideas y soluciones que ayuden a disminuir este tipo de gases en las emisiones del los motores de combustión.

## 2.3 LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Existen muchos tipos de óxidos de nitrógeno los cuales varían dependiendo del estado de oxidación del Nitrógeno como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Estado de oxidación	Fórmula	$\Delta H_f^\circ$ a 298K (KJ/mol)	Comentario
+1	$N_2O$	82.0	Gas incoloro; usado como anestésico dental
+2	NO	90.3	Gas incoloro; contaminante del aire
+3	$N_2O_3$	83.7	Gas café rojizo
+4	$NO_2$	33.2	Gas café naranja; venenoso y contaminante del aire
+4	$N_2O_4$	9.16	Líquido incoloro a amarillo
+5	$N_2O_5$	11.3	Sólido incoloro, volátil

**Tabla 5. Diferentes tipos de estado de oxidación del Nitrógeno** <sup>14</sup>

Podemos apreciar en la tabla que muchos de los diferentes estados de oxidación del Nitrógeno tienen diferentes funciones y características respectivas, por ejemplo el  $N_2O$  es usado en la medicina como un anestésico dental, otros como NO y  $NO_2$  son causantes de contaminación en el medio ambiente, pero generalmente sólo se detectan tres en la atmósfera: el óxido nitroso, el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno, conocido este conjunto como NOx.

---

<sup>14</sup> <http://www.textoscientificos.com/node/610>

Estos existen en la atmósfera naturalmente y además son emitidos por las actividades humanas. Así, casi todo el óxido nitroso atmosférico proviene de fuentes naturales debido a la actividad de las bacterias en el suelo. El óxido nítrico proviene de fuentes naturales en un 80% debido a la actividad bacteriana del suelo y el restante 20 % tiene su origen principalmente en la combustión. Casi todo el dióxido de nitrógeno atmosférico es de origen humano, debido a la combustión.<sup>15</sup> Lo que indica que los motores de combustión tienen una alta responsabilidad en la producción de estos gases conocidos como NOx.

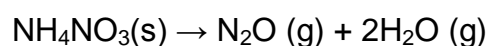
Existen diferentes tipos de funciones y propiedades de los óxidos de nitrógeno las cuales son utilizadas por las personas con un fin determinado, estos no son tan comunes como los otros compuestos del nitrógeno pero los podemos encontrar en muchas ocasiones. El N<sub>2</sub>O tiene propiedades anestésicas y se utiliza en la odontología como vimos anteriormente, el NO<sub>2</sub> se utiliza para la fabricación del ácido nítrico, el N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> se utiliza constantemente como oxidante para los combustibles de los cohetes, el NO es el más importante ya que tiene un papel muy importante en la vida de los seres humanos ya que es el encargado de mantener la presión en la sangre, ayuda al sistema inmunológico para la eliminación de organismos extraños, y sirve para mantener la memoria a largo plazo. “En 1996, los científicos descubrieron que la hemoglobina transporta NO así como O<sub>2</sub>.

---

<sup>15</sup> <http://www.medio-ambiente.info/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=346>

El NO disminuye el espesor de las paredes de los vasos sanguíneos, facilitando el transporte de oxígeno a los tejidos circundantes. <sup>16</sup> Esto quiere decir que él NO tiene una gran labor en el funcionamiento de nuestro organismo.

El óxido nitroso o conocido también como monóxido de dinitrogeno, cuya fórmula es N<sub>2</sub>O (g) puede conseguirse en el laboratorio a partir de una reacción química de desproporción, con temperaturas que están entre 200 °C y 260 °C y la descomposición de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(s):



El átomo de N en el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> está en el estado de oxidación -3 y en el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> el estado de oxidación del N es de +5. En el N<sub>2</sub>O ambos átomos de N están en estado de oxidación +1. La disminución en el estado de oxidación de un átomo de N es compensada exactamente por el aumento en el estado de oxidación del otro, lo cual permite ajustar muy fácilmente la ecuación redox. <sup>17</sup>

El óxido nítrico o conocido también como monóxido de nitrógeno cuya fórmula es NO(g), se obtiene de dos formas: la primera es la comercial mediante la oxidación catalítica del NH<sub>3</sub>, la segunda es normalmente la no deseada, esta viene de los procesos de combustión a altas temperaturas como los que ocurren en los motores de combustión y las plantas de energía eléctrica, el NO de esta forma se produce como resultado de la combinación del combustible con el oxígeno del aire para producir una alta temperatura. El N<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub> del aire caliente se combinan y reaccionan para formar NO(g) como se puede

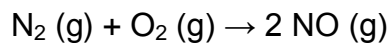
---

<sup>16</sup> <http://www.textoscientificos.com/node/610>

<sup>17</sup> Idem



ver a continuación:



### **2.3.1 Problemas medioambientales y de salud por causa de los NOx**

#### **EL SMOG FOTOQUÍMICO**

La palabra Smog viene de la lengua inglesa y se dio por primera vez en Londres, esta quiere decir nube de contaminación, la cual representaba una situación ambiental que se presentaba en esa ciudad en donde una combinación de humo que en inglés es smoke y niebla que es fog, causaba disminución en la visibilidad y producía mortales riesgos para la salud. Estas situaciones se asocian con la industria pesada tanto así que ahora esta nube es llamada nube de contaminación industrial.

Este efecto en el aire es ayudado por la acción de la luz solar que actúa sobre los productos de combustión haciéndolos reaccionar, estas reacciones químicas se llaman reacciones fotoquímicas y la nube de contaminación formada por dichas reacciones es la nube de contaminación fotoquímica.

La nube de contaminación fotoquímica es producida a través de los procesos de combustión a temperaturas altas como los que se pueden observar en los motores Diesel mencionados anteriormente. Otros productos encontrados en los escapes son hidrocarburos causados por la incombustión e hidrocarburos parcialmente oxidados, los

cuales son los materiales principales para producir la nube fotoquímica de contaminación.

En esta nube de contaminación se encuentran una serie de gases y sustancias tales como NO, NO<sub>2</sub>, ozono y una gran variedad de compuestos orgánicos producto de los hidrocarburos presentes en el Diesel.

Existen distintas sustancias que son perjudiciales para la salud encontradas en la nube de contaminación, entre estas tenemos:

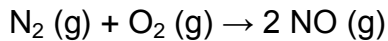
- El ozono el cual es muy reactivo y es en gran parte el responsable de las dificultades respiratorias que experimentan las personas durante la exposición a la nube de contaminación.
- El nitrato de peroxacetilo (NPA), otra sustancia perjudicial, esta es un potente lacrimógeno, por lo tanto, ocasiona la formación de lágrimas en los ojos.

Todos estos componentes encontrados en la nube de contaminación fotoquímica a demás de causar problemas en la salud humana, afectan a la naturaleza causando daños importantes en las cosechas y el deterioro de objetos de goma. Se conoce también otro efecto de la nube de contaminación que es llamado aire marrón brumoso causante de reducir notablemente la visibilidad.

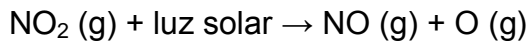
Los estudios realizados por químicos han demostrado que la nube de contaminación es causada por la reacción de los gases de combustión con la acción de la luz solar sobre

ellos, estas reacciones serán explicadas brevemente a continuación para tener un concepto claro de la formación y el origen químico de estas:

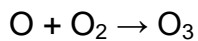
Primeramente el NO expulsado por los gases de escape de los motores es el principal ingrediente debido a la reacción entre  $N_2$  y  $O_2$



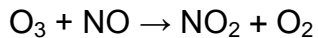
El NO (g) luego se convierte en  $NO_2$  (g), en ese momento reacciona por medio de la actuación de la luz solar



Luego se forma el ozono:



El NO se convierte rápidamente en  $NO_2$  cuando reacciona con  $O_3$ :



Se puede entender que los compuestos orgánicos especialmente los hidrocarburos sin quemar de los escapes de los motores de combustión causan un camino de conversión de NO a  $NO_2$  lo cual es esencial para la formación de la nube de contaminación.

Todos estos compuestos y gases como los hidrocarburos producto de la incombustión, Óxidos de Nitrógeno, los rayos ultravioleta y compuestos en la atmosfera son los causantes de la formación del smog fotoquímico que trae graves consecuencia para la naturaleza y para la salud de los seres vivos.

## LLUVIA ÁCIDA

Los óxidos de nitrógeno además de ocasionar afecciones respiratorias cuando hacen combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog anteriormente mencionados y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos que caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida, que no necesariamente está cerca del lugar de contaminación.

Estos ácidos ocasionan que las nubes se vuelvan acidas y en el momento de producirse la lluvia ésta se vuelve enormemente más ácida que la lluvia natural, trayendo como consecuencia efectos de corrosión en los metales, grandes problemas en la naturaleza debido a que los suelos se vuelven ácidos, acabando con los nutrientes vegetales, los metales como mercurio y el cadmio, se activan, produciendo contaminación. Debido a la acidificación de las aguas de ríos y lagos; se da muerte a muchos seres vivos que habitan estos lugares.

Por culpa de estas lluvias ácidas causadas por los óxidos de nitrógeno, grandes áreas llenas de vida se convierten en zonas enfermas, con ríos sin vida, suelos infértiles y destrucción de masas forestales.

Esta no solo afecta a la naturaleza, también al caer sobre los monumentos los afecta, disuelve la piedra caliza, destruyendo de esta manera aceleradamente el patrimonio cultural y artístico.

Los óxidos de nitrógeno pueden viajar largas distancias antes de caer en forma de lluvia lejos de su lugar de origen, causando una serie de problemas ambientales y económicos por causa de sus efectos destructivos que tiene sobre la vida de los seres vivos y la durabilidad de todas las estructuras y máquinas hechas con metales vulnerables a la corrosión.

## **2.4 LOS ÓXIDOS DE AZUFRE**

Los Óxidos de azufre, usualmente se refiere como SO<sub>x</sub>, incluyen SO, S<sub>2</sub>O, S<sub>n</sub>O, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, y SO<sub>4</sub>, de los cuales SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub> son de particular importancia en los procesos de combustión. El SO<sub>2</sub> es mas importante producido a temperaturas muy altas, mientras que SO<sub>3</sub> es el menos importante producido a temperaturas menores. Debido a que la mayoría de los procesos de combustión ocurren en altas temperaturas, el SO<sub>2</sub> es la forma más predominante de SO<sub>x</sub> emitidos por los sistemas que contienen azufre.<sup>18</sup> De todos estos tipos de óxidos de azufre que existen, en nuestra investigación analizaremos el SO<sub>2</sub> debido a que este ocurre principalmente en los procesos de combustión que son característicos por las altas temperaturas producidas.

### **2.4.1 Dióxido de azufre**

El dióxido de azufre cuya fórmula es SO<sub>2</sub>, es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que con el tiempo y en contacto con el aire

---

<sup>18</sup> THE JOHN ZINK COMBUSTION HANDBOOK, CHARLES E. BAUKAL, John Zink Company, LLC Tulsa, Oklahoma, Editorial CRS Press LLC, 2001, pág. 219

y la humedad se convierte en trióxido de azufre. La velocidad de esta reacción en condiciones normales es baja. En agua se disuelve formando una disolución ácida. Puede ser concebido como el anhídrido de un hipotético ácido sulfuroso  $H_2SO_3$ . Esto en analogía a lo que pasa con el ácido carbónico es inestable en disoluciones ácidas pero forma sales, los sulfitos y bisulfitos. El dióxido de azufre es un intermedio importante en la producción del ácido sulfúrico. Se forma en la combustión de azufre elemental o sulfuros (p. ej. la pirita  $FeS_2$ , la blenda (ambos  $ZnS$ ), la galena  $PbS$ , etc.) Luego es oxidado en una segunda etapa al trióxido de azufre ( $SO_3$ ) que puede ser transformado directamente en el ácido sulfúrico. Como catalizador se empleaba antiguamente platino que ha sido sustituido en los sistemas más modernos por pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ) Para su síntesis en el laboratorio es a menudo más conveniente añadir ácido sobre sulfito. El dióxido de azufre tiene propiedades desinfectantes.<sup>19</sup>

A menudo se supone que todo el azufre en una combustión será convertido en  $SO_2$ , que luego serán expulsado con los gases de combustión. El azufre puede provenir de los combustibles o de las materias primas utilizadas en el proceso de producción. Como combustibles petróleo pesado y el carbón suelen contener cantidades significativas de azufre, mientras que los combustibles gaseosos como el gas natural tienden a contener poco o nada de azufre.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Anh%C3%ADrido\\_sulfuroso](http://es.wikipedia.org/wiki/Anh%C3%ADrido_sulfuroso)

<sup>20</sup> THE JOHN ZINK COMBUSTION HANDBOOK, CHARLES E. BAUKAL, John Zink Company, LLC Tulsa, Oklahoma, Editorial CRS Press LLC, 2001, pag. 219

### 2.4.1.1 Problemas que causa el Dióxido de azufre

Este gas es considerado contaminante ya que tiene diferentes consecuencias en el ambiente al ser expulsado a la atmósfera, causa asfixie en el sistema respiratorio de los seres humanos y animales, es perjudicial además para las plantas verdes que son más sensibles al  $\text{SO}_2$  que las personas y los animales. Por otra parte el  $\text{SO}_2$  en presencia del agua se puede producir ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) o lo que se conoce como lluvia ácida y al caer sobre la tierra es la causante de grandes efectos como la corrosión.

La exposición a  $\text{SO}_2$  produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria. El  $\text{SO}_2$  puede transformarse en otros productos, tales como partículas finas de sulfato ( $\text{SO}_4$ ) y niebla de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Se ha visto que bajo la combinación de partículas y  $\text{SO}_4$ , suele deteriorar la salud en enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias. En individuos asmáticos puede producir bronco-constricción (bronco-espasmos).<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> <http://www.lareserva.com/home/comment/reply/248>

La siguiente tabla muestra los efectos que causan las diferentes concentraciones de dióxido de azufre:

CONCENTRACIÓN	EFFECTOS
25 mg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	creciente frecuencia de afecciones de las vías respiratorias profundas, s.UN-ECE, 1984)
225 mg/m <sup>3</sup> (promedio anual)	creciente frecuencia de síntomas respiratorios; disminución de la función pulmonar en niños de 5 años, s.UN-ECE, 1984
200 mg/m <sup>3</sup> (máx. diario, 30 min)	significativo incremento de casos de falso Krupp en niños, s.AFRL, 1987
200 mg/m <sup>3</sup> (valores de 24h)	aumento de la mortalidad entre personas mayores, s.AFRL, 1987
1,3 mg/m <sup>3</sup> (40 min)	estenosis de las vías respiratorias en asmáticos; s.AFRL, 1987
53,3 mg/m <sup>3</sup> (10-30 min)	fuertes irritaciones, muy desagradables; s.DFG, 1988
133,2 mg/m <sup>3</sup> (60 min)	intensa irritación de las mucosas, neumorragia y edema pulmonar, espasmo de glotis con riesgo de asfixia, s.DFG, 1988

**Tabla 6. Concentración y efecto del dióxido de azufre <sup>22</sup>**

---

<sup>22</sup> <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol323.htm>



## **2.5 PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN (PST)**

El material particulado se refiere a partículas presentes en la atmósfera, proveniente de muy diversas fuentes, por generación natural o de origen antropogénico. El tamaño de las mismas es muy variado y abarca desde 0.001 a 500 micrómetros. Las partículas con un tamaño menor a 0.1 micrómetros muestran un comportamiento similar al de los gases. Las comprendidas entre 1  $\mu\text{m}$  y 20 micrómetros, tienden a seguir el movimiento del gas que las transporta y las mayores a 20 micrómetros poseen velocidades de asentamiento significativas.<sup>23</sup>

El tiempo de permanencia en la atmósfera y la distancia a que llegue el material particulado depende de su tamaño y de su densidad. Las partículas pequeñas y muy livianas son capaces de permanecer hasta varias semanas en la atmósfera y transportarse grandes distancias, mientras que las de mayor tamaño sedimentan rápidamente.

### **2.5.1 Efectos sobre la salud**

El material particulado puede tener múltiples efectos sobre la salud, dependiendo del tamaño de las partículas, de su composición y de la vulnerabilidad de la población expuesta. El material particulado que ingresa a los pulmones puede tener múltiples efectos sobre el aparato respiratorio, agravar enfermedades respiratorias o cardiovasculares, alterar el sistema inmunológico, producir daños al tejido pulmonar, cáncer, etc.

---

<sup>23</sup> [http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com\\_glossary&func=view&Itemid=120&catid=53&term=Part%EDculas+Totales+en+Suspensi%F3n+\(TPS\).-](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_glossary&func=view&Itemid=120&catid=53&term=Part%EDculas+Totales+en+Suspensi%F3n+(TPS).-)

Los niños y ancianos, más aquellos individuos con enfermedades respiratorias y/o cardiovasculares crónicas, constituyen la población más sensible a sus efectos.

## **2.6 PM10**

Se denomina PM10 a pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento ó polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).<sup>24</sup>

Emisores de PM10

1. La contaminación generada por la combustión de medios de transportes.
2. La industria, construcción y comercio
3. Quema agrícola

### **2.6.1 Efectos en la Salud**

Las PM10 al ser inhaladas y al penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano, causan efectos adversos a la salud de las personas específicamente a la salud

---

<sup>24</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/PM10>

respiratoria. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuesta de elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que causan cáncer).

El exponerse a partículas conduce al incremento de uso de medicamentos y más visitas al doctor o a la sala de emergencias. Para efectos en la salud se incluyen los siguientes:

- Tos, resollo, dificultad para respirar
- Agrava el asma
- Daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida)
- Muerte prematura en individuos con enfermedades existente del corazón y del pulmón.

Con relación a la concentración de material particulado, identificamos los siguientes problemas que genera en la salud:

Valores AQI  (Índice de calidad del aire)	Descripción de la Calidad del Aire	Problemas en la Salud*
		PM10
0-50	Buena	Ninguno
51-100**	Moderada	Ninguno
101-150	Insalubre para grupos sensitivos	Personas con enfermedades de las vías respiratorias deben limitar esfuerzos al aire libre.
151-200	Insalubre	Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre prologadamente
201-300	Muy Insalubre	Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre prologadamente
301-500	Peligroso	Todos deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre. Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben permanecer en casa.

\* PM cuenta con dos conjuntos de declaraciones de advertencia los cuales corresponden a los dos tipos de PM que son medidos: • Partículas de hasta 2.5 micrometros en diametro (PM<sub>2.5</sub>)  
• Partículas de hasta 10 micrometros en diametro (PM<sub>10</sub>) \*\* • Un AQI de 100 para PM<sub>2.5</sub> corresponde a un nivel de 40 PM<sub>2.5</sub> microgramos por metro cúbico (Promediado por 24 horas).  
• Un AQI de 100 para PM10 corresponde a un nivel de 150 PM10 microgramos por metro cubico (promediado por 24 horas).

**Tabla 7. Índice de Calidad de Aire (AQI) para PM10 <sup>25</sup>**

<sup>25</sup> [http://www.airinonow.org/espanol/html/ed\\_particulate.html](http://www.airinonow.org/espanol/html/ed_particulate.html)

### **3. NORMATIVIDAD AMBIENTAL**

#### **3.1 Normas de Calidad del Aire**

La *Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión* para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, según la Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la RESOLUCIÓN 0601 DE 2006 el 4 de abril.<sup>26</sup>

##### **3.1.1 Concentraciones máximas permisibles**

La tabla que se presenta a continuación muestra las concentraciones máximas permisibles de cada uno de los gases contaminantes generados en el proceso de combustión:

---

<sup>26</sup> <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19983>

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		horas 150	24 horas
SO2	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO2	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1 hora
CO	ppm (mg/m3)	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota: mg/m3 o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : a las condiciones de 298,15°K y 101,325 KPa. (25°C y 760 mm Hg).

**Tabla 8. Concentraciones máximas permisibles <sup>27</sup>**

Por otra parte, en la siguiente tabla podemos observar los niveles de prevención, alerta y emergencia que se deben tener en cuenta de acuerdo a las concentraciones de cada gas y su tiempo de exposición.

---

<sup>27</sup> RESOLUCIÓN 0601 del 2006 el 4 de abril de la República de Colombia

<b>Contaminante</b>	<b>Tiempo de Exposición</b>	<b>Unidades</b>	<b>Prevención</b>	<b>Alerta</b>	<b>Emergencia</b>
PST	24 horas	µg/m <sup>3</sup>	375 µg/m <sup>3</sup>	625 µg/m <sup>3</sup>	875 µg/m <sup>3</sup>
PM10	24 horas	µg/m <sup>3</sup>	300 µg/m <sup>3</sup>	400 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	24 horas	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.191 (500)	0.382 (1.000)	0.612 (1.600)
NO <sub>2</sub>	1 hora	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.212 (400 )	0.425 ( 800)	1.064 (2.000)
O <sub>3</sub>	1 hora	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.178 (350 )	0.356 (700)	0.509 (1.000)
CO	8 horas	ppm (mg/m <sup>3</sup> )	14.9 (17)	29.7 (34)	40,2 (46)

Nota: mg/m<sup>3</sup> o µg/m<sup>3</sup>: a las condiciones de 298,15°K y 101,325 KPa. (25°C y 760 mm Hg).

**Tabla 9. Concentración y tiempo de exposición para los niveles de prevención, alerta y emergencia <sup>28</sup>**

### 3.2 Ecuación UCA (Unidades de Contaminación Atmosférica)

Existe una ecuación para clasificar a las empresas según el nivel de gases contaminantes que esta este presentando.

El DAMA (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente), resolución 775 del 16 de abril del 2000 adopta una metodología para clasificar las empresas según el nivel de contaminación emitido a la atmósfera.

---

<sup>28</sup> Idem

Se cuantifica mediante el número de unidades de contaminación atmosférica (UCA) definido como:

$$UCA = \frac{\sum_{i=1}^n E_{MP,i}}{N_{MP}} + f_{MP} + \frac{\sum_{i=1}^n E_{SOx,i}}{N_{SOx}} + f_{SOx} + \frac{\sum_{i=1}^n E_{NOx,i}}{N_{NOx}} + f_{NOx}$$

$E_{MP,i}$  Concentración de emisiones de material particulado expresado como partículas suspendidas totales de la fuente  $i$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$E_{SOx,i}$  Concentración de emisiones de SOx expresado como SO<sub>2</sub> de la fuente  $i$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$E_{NOx,i}$  Concentración de emisiones de NOx expresado como NO<sub>2</sub> de la fuente  $i$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$n$  Número total de fuentes de emisiones atmosféricas dentro de la empresa

$N_{MP}$  Valor máximo permisible establecido por la normativa vigente para el contaminante dado. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$f_{MP}$  Factor de corrección cuyo valor depende de la fracción  $\sum E_{j,i}/N_i$  para cada contaminante.

### **Formula 1. Ecuación UCA (Unidades de Contaminación Atmosférica)<sup>29</sup>**

#### **3.2.1 Factores de corrección a usar en la ecuación de definición de UCA**

La siguiente tabla muestra los valores de factor de corrección que se deben emplear en la fórmula UCA dependiendo del resultado obtenido entre el cociente de los valores reales y permisibles de gases contaminantes:

---

<sup>29</sup> DAMA, resolución 775 del 16 de abril del 2000



Material particulado		SOx		NOx	
Valor de $\Sigma EMP, i/NMP$	fMP	Valor de $\Sigma ESOx, i /NSOx$	fSOx	Valor de $\Sigma ENOx, i/NNOx$	fNOx
<0.25	0	<0.50	0	<0.25	0
$\geq 0.25$	1	$\geq 0.50$	1	$\geq 0.25$	1
$\geq 0.50$	2	$\geq 1.00$	2	$\geq 0.50$	2
$\geq 0.75$	3			$\geq 1.00$	3
$\geq 1.00$	4				

**Tabla 10. Factores de corrección a usar en la ecuación de definición de UCA <sup>30</sup>**

### 3.2.2 Clasificación de las empresas de acuerdo al valor UCA obtenido

Las empresas se pueden clasificar de acuerdo al grado de significancia del aporte de contaminantes en: nivel bajo, medio, alto o muy alto (ver tabla 9), y es determinado según el resultando de la ecuación UCA.

---

<sup>30</sup> Idem

UCA	Grado de significancia del aporte contaminante	Frecuencia de monitoreo [Años]
<2.5	Bajo	5
≥2.5	Medio	3
≥5.0	Alto	1
>7.0	Muy alto	½

**Tabla 11. Clasificación de las empresas de acuerdo al valor UCA obtenido <sup>31</sup>**

A continuación se mostrará un ejemplo para calcular el UCA de una empresa determinada utilizando la formula y tablas anteriormente mencionadas:

Supongamos que una empresa pequeña posee un quemador de horno para cocinar los alimentos que esta vende a sus clientes. Se realizan mediciones a la salida de los gases de escape y se obtienen los siguientes valores de gases contaminantes:

$$PST = 295 \mu\text{g}/\text{m}^3 = \sum_{i=1}^n E_{MP,i}$$

$$SO_2 = 255 \mu\text{g}/\text{m}^3 = \sum_{i=1}^n E_{SOx,i}$$

$$NO_2 = 183 \mu\text{g}/\text{m}^3 = \sum_{i=1}^n E_{NOx,i}$$

---

<sup>31</sup> Idem

Como la empresa posee un solo equipo emisor de gases de combustión el valor de n es igual a 1. Ahora bien, observando la tabla 8 determinamos los valores máximos permisibles para estos gases:

$$PST = 300 \mu\text{g}/\text{m}^3 = N_{MP}$$

$$\text{SO}_2 = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3 = N_{\text{SO}_x}$$

$$\text{NO}_2 = 150 \mu\text{g}/\text{m}^3 = N_{\text{NO}_x}$$

Luego, de la tabla 9 calculamos el factor de corrección para cada gas contaminante:

$$\frac{\sum_{i=1}^n E_{MP,i}}{N_{MP}} = \frac{295 \mu\text{g} / \text{m}^3}{300 \mu\text{g} / \text{m}^3} = 0.98; \quad \text{El factor es } f_{MP} = 3$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n E_{\text{SO}_x,i}}{N_{\text{SO}_x}} = \frac{255 \mu\text{g} / \text{m}^3}{250 \mu\text{g} / \text{m}^3} = 1.20; \quad \text{El factor es } f_{\text{SO}_x} = 2$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n E_{\text{NO}_x,i}}{N_{\text{NO}_x}} = \frac{183 \mu\text{g} / \text{m}^3}{150 \mu\text{g} / \text{m}^3} = 1.22; \quad \text{El factor es } f_{\text{NO}_x} = 3$$

Reemplazamos estos valores en la ecuación de la UCA (Fórmula 1) y obtenemos el siguiente resultado:

$$UCA = \frac{\sum_{i=1}^n E_{MP,i}}{N_{MP}} + f_{MP} + \frac{\sum_{i=1}^n E_{\text{SO}_x,i}}{N_{\text{SO}_x}} + f_{\text{SO}_x} + \frac{\sum_{i=1}^n E_{\text{NO}_x,i}}{N_{\text{NO}_x}} + f_{\text{NO}_x}$$

$$UCA = 0.98 + 3 + 1.20 + 2 + 1.22 + 3$$

$$UCA = 11.4$$

Este valor nos indica que la empresa de alimentos se encuentra en un nivel de aporte de contaminantes MUY ALTO según la tabla 10, por lo tanto se deben establecer medidas para reducir estos efectos contaminantes del medio ambiente y además, se le deben realizar monitoreos cada 6 meses al equipo quemador para verificar el estado de emisión en que se encuentre.

#### **4. TECNOLOGÍA Y MÉTODOS PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR GASES CONTAMINANTES**

Existen en el mundo diferentes tecnologías o métodos, hechos con el fin de reducir los gases contaminantes producidos por los motores. A continuación mostraremos cada una de las tecnologías o implementos que se podría utilizar en los motores de los buques con en fin de reducir su impacto ambiental.

##### **4.1 Tecnología para reducir CO, HC Y PM**

###### **4.1.1 SISTEMA MODULAR CRT (Tratamiento de reducción catalítica)**

Utilizando el sistema modular CRT las emisiones contaminantes se pueden reducir en un 90%. Las emisiones resultantes son tan bajas que difícilmente pueden ser detectadas utilizando las técnicas modernas de medición de emisiones. El motor diesel, que es una planta motriz muy experimentada y económica en su explotación, se vuelve mucho más

respetuosa con el medio ambiente gracias al sistema modular CRT que consiste en un filtro de partículas precedido por un convertidor catalítico de oxidación.<sup>32</sup>

Todo el sistema – convertidor catalítico y filtro – está integrado en el cuerpo del silenciador de escape, fabricado en acero inoxidable. En la figura 1 podemos apreciar la estructura del sistema viendo así su conformación:



**Figura 1. Despiece Sistema Modular CRT<sup>33</sup>**

#### **4.1.1.1 Funcionamiento del sistema modular CRT**

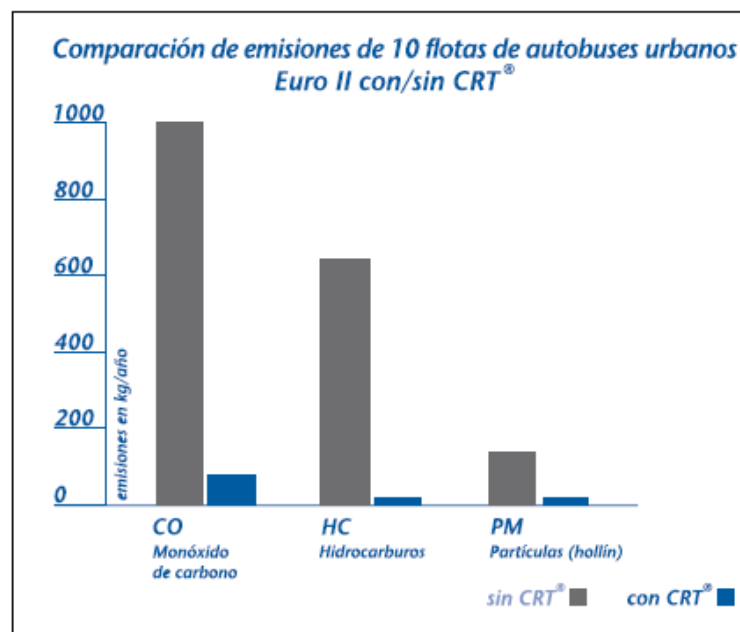
Un convertidor catalítico de oxidación altamente eficiente está ubicado antes de un filtro de partículas. El convertidor catalítico oxida los hidrocarburos, el monóxido de carbono y el monóxido de nitrógeno, transformándolo en dióxido de nitrógeno. Las partículas del

---

<sup>32</sup> <http://www.talsa.cl/protalsa.pdf>

<sup>33</sup> Idem

escape atrapadas por el filtro son continuamente sometidas a combustión por el dióxido de nitrógeno que se ha formado en el convertidor catalítico. Este convertidor está ajustado para limitar el exceso de dióxido de nitrógeno necesario para la combustión. La emisión de óxido de nitrógeno del motor se reduce ligeramente. El sistema modular CRT no requiere ningún tipo de ayuda externa para su regeneración. Trabaja con seguridad, con muy bajo mantenimiento.<sup>34</sup>



**Figura 2. Comparación de emisiones CO, HC y PM**<sup>35</sup>

En la figura 2 podemos identificar las grandes reducciones de agentes contaminantes tales como monóxido de carbono, Hidrocarburos y partículas demostrando así la eficiencia de esta tecnología.

<sup>34</sup> Idem

<sup>35</sup> Idem

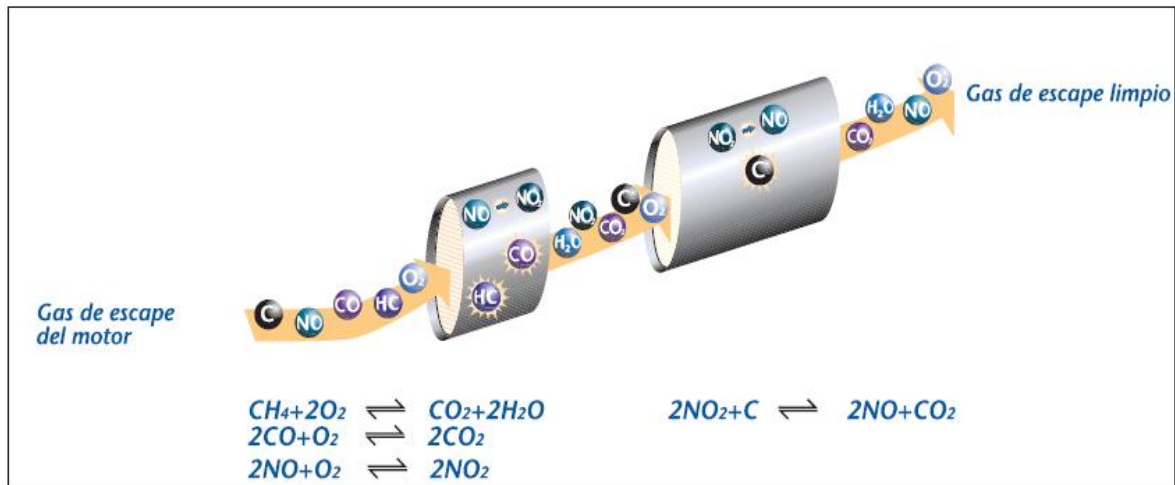
<b>Emisiones por año sin sistema CRT<sup>®</sup></b>	
	CO = 80,8 kg/año
	HC = 56,5 kg/año
	PM = 11,4 kg/año
<b>Total sin CRT<sup>®</sup> :</b>	<b>148,7 kg/año</b>
<b>Emisiones por año con sistema CRT<sup>®</sup></b>	
	CO = 1,7 kg/año
	HC = 0,8 kg/año
	PM = 1,1 kg/año
<b>Total con CRT<sup>®</sup> :</b>	<b>3,6 kg/año</b>

**Figura 3. Emisiones anuales sin y con sistema CRT <sup>36</sup>**

En la figura 3. Podemos ver la gran reducción que se tiene en los agentes contaminantes, el cual es de 145.1kg al año.

---

<sup>36</sup> Idem



**Figura 4. Esquema del proceso convertidor del sistema CRT <sup>37</sup>**

En la figura 4 podemos ver de un modo esquemático como los gases contaminantes por medio del convertidor catalítico y filtros, son convertidos en gases mucho menos contaminantes.

#### 4.1.1.2 CRT con filtro de metal sinterizado

El CRT esta equipado con un filtro de metal sinterizado, aumentando así la cantidad y la cantidad de filtrado de las partículas y gases que pasan a través de el.

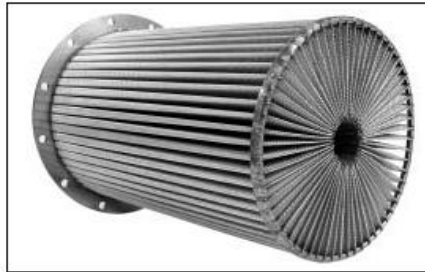
Gracias a su diseño y al material empleado, el filtro de metal sinterizado tiene importantes ventajas sobre otros conceptos de filtro utilizados anteriormente. El uso de un diseño modular, con varios módulos para cada filtro, permite construir filtros de cualquier forma o perfil. En un futuro, HJS ofrecerá sistemas con superficies de filtrado desde 1,8 hasta 8,5 m<sup>2</sup>. Hermann J. Schulte, propietario y director general de HJS Fahrzeugtechnik recibió el

<sup>37</sup> Idem



Premio Medio Ambiente 2003 de la Fundación Alemana del Medio Ambiente por este concepto de filtro.<sup>38</sup>

### **JETFILTER:**



**Figura 5. JETFILTER<sup>39</sup>**

En la figura 5 podemos ver al filtro de metal sinterizado y a continuación sus ventajas:

### **Ventajas:**

- Grado de efectividad de filtrado del 99%
- Óptima alimentación y dosificación del gas
- Baja contrapresión del gas de escape
- Alta capacidad de almacenamiento de cenizas
- Construcción modular y compacta
- Fácil adaptación a diferentes espacios disponibles
- Fácil limpieza
- Encapsulado económico
- Fácil reciclaje
- Bajos costos de limpieza y mantenimiento

---

<sup>38</sup> Idem

<sup>39</sup> Idem

## 4.2 Tecnología para reducir CO<sub>2</sub>

David Keith, científico que estudia el cambio climático en la Universidad de Calgary, y su equipo de investigación, están trabajando para capturar directamente del aire el dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero, de manera eficiente, y usando tecnología bastante convencional. En su estudio, han mostrado que es posible reducir el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del aire, principal contribuyente al calentamiento global, empleando una máquina relativamente simple que puede capturarlo en cualquier lugar del planeta. Keith y su equipo han mostrado que podrían capturar CO<sub>2</sub> directamente del aire con menos de 100 kilovatios-hora de electricidad por tonelada de dióxido de carbono. La torre que montaron logró capturar el equivalente de aproximadamente 20 toneladas de CO<sub>2</sub> por año en un solo metro cuadrado de material absorbente. Esto equivale a la cantidad media de emisiones que una persona produce cada año en América del Norte.



**Figura 6. Máquina utilizada para almacenamiento de CO<sub>2</sub>** <sup>40</sup>

En la figura 8. Podemos apreciar la máquina utilizada para el almacenamiento del CO<sub>2</sub> tomado directamente del aire.

---

<sup>40</sup> <http://www.amazings.com/ciencia/noticias/191108b.html>

## 4.3 Tecnología para reducir NOx

### 4.3.1 Tecnología SCR (Reducción Catalítica Selectiva)

La tecnología SCR a bordo se propone como el sistema más prometedor para luchar contra la contaminación de NOx proveniente de los motores Diesel y de mezcla pobre.

Diesel y de mezcla pobre.

- Inversión segura cumple las norma EURO V (la podemos ver en el anexo B). No requiere mantenimiento ni afecta a los intervalos de revisión y reduce el consumo de combustible
- Menor sensibilidad a la presencia de azufre
- Catalizadores soportados en carbón con distintas cargas de vanadio alta actividad a menores temperaturas.<sup>41</sup>

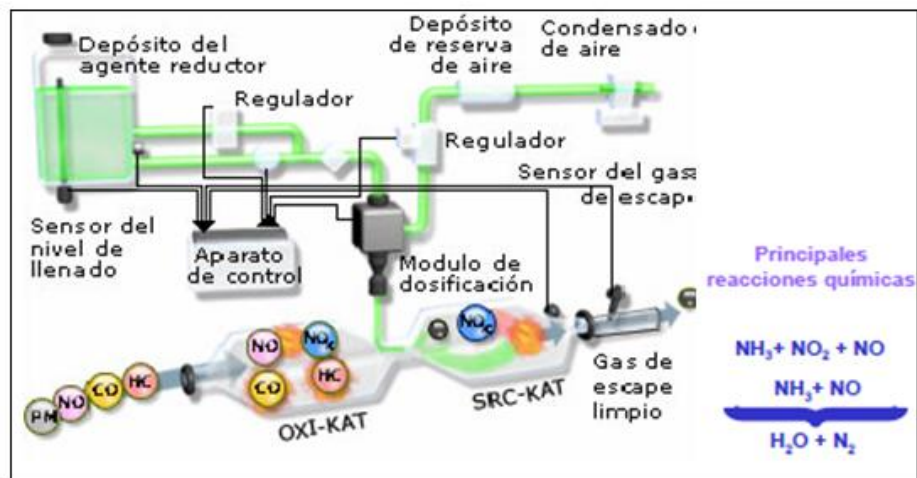


Figura 7. Esquema SCR abordo con Urea<sup>42</sup>

<sup>41</sup> [http://www.icb.csic.es/fileadmin/grupos/CombustionValorizacion/Poster\\_Arquimedes\\_SRC.pdf](http://www.icb.csic.es/fileadmin/grupos/CombustionValorizacion/Poster_Arquimedes_SRC.pdf)

<sup>42</sup> Idem

Como se puede apreciar de la figura 9 el sistema SCR es un convertidor catalítico el cual por medio de reacciones químicas convierte los NOx en agua y nitrógeno.

El catalizador junto con el dosificador de urea resultan ser las piezas claves del sistema SCR a bordo de vehículos. Los catalizadores que generalmente se han utilizado para la SCR en fuentes estacionarias, basados en óxidos metálicos, presentan la desventaja de ser activos fuera del rango de temperaturas de operación del motor y un fuerte envenenamiento por la presencia de azufre en el combustible. Por ésta razón se propone a los catalizadores basados en carbón como posibles candidatos para esta aplicación.<sup>43</sup>

#### **4.3.2 Convertidor catalítico NOx**

Es un dispositivo que forma parte del sistema de control de emisiones del vehículo, ayuda a disminuir casi a cero los elementos nocivos de los gases de escape de un vehículo. Consta de un panel (preferentemente de cerámica) con incrustaciones de partículas de metales preciosos (platino, paladio y rodio), las emisiones contaminantes reaccionan con los metales preciosos y el calor, transformándose a sí mismos en agua, bióxido de carbono y otros compuestos inofensivos. El catalizador requiere de calor de combustión (aprox. 260°C) para activarse o “desactivarse” y a través de las reacciones químicas que se producen en su interior añade calor al sistema de escape.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Idem

<sup>44</sup> <http://www.todomonografias.com/automocion-y-mecanica-del-automovil/convertidor-catalitico/>

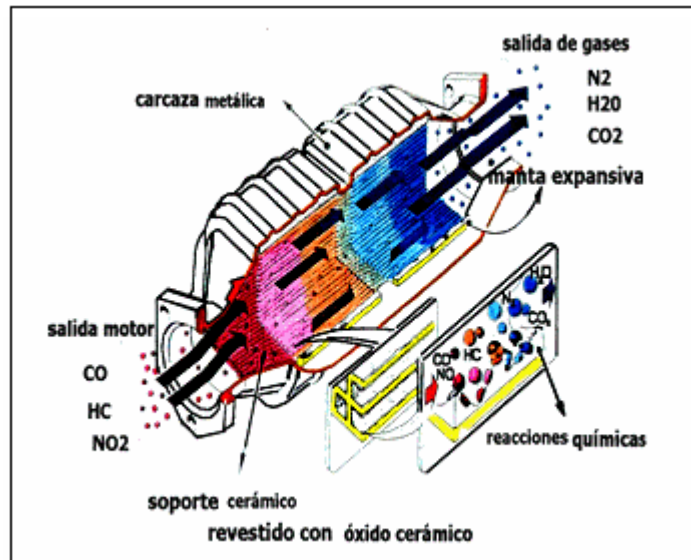


Figura 8. Corte de un convertidor Catalítico <sup>45</sup>

En la figura 10 podemos observar el convertidor catalítico el cual por medio de reacciones químicas convierte el CO, HC y NO<sub>2</sub> que sale de los gases de combustión del motor en H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, y N<sub>2</sub>.

El convertidor utiliza dos tipos de catalizadores, uno de reducción y otro de oxidación. Ambos consisten de una estructura cerámica cubierta con metal normalmente platino, rodio y paladio. La idea es crear una estructura que esponje al máximo la superficie del catalizador contra el flujo de gases de escape, minimizando también la cantidad de catalizador requerido ya que es muy costoso.

<sup>45</sup> <http://www.todomonografias.com/images/2006/11/7437.gif>

## **4.4 Tecnología para reducir Dioxido de Azufre**

Las tecnologías utilizadas se caracterizan de pendiendo de su localización en el proceso de combustión y se divide conforme a esto en tres categorías:

### **4.4.1 La tecnología de Precombustión**

Estas están constituidas por procesos físicos, como son los lavados los cuales se elimina los compuestos más solubles como los sulfatos y los procesos químicos, en los cuales se eliminan los compuestos orgánicos de azufre. “En un proceso convencional se puede llegar a eliminar hasta un 50% del azufre pirítico y un 30% del azufre total.”<sup>47</sup>

### **4.4.2 Las tecnologías durante la combustión**

Comprende fundamentalmente la utilización de un lecho fluidizado donde se queman partículas de carbón en un lecho móvil formado por partículas finas de dolomita o carbonato cálcico y el  $\text{SO}_2$  es retenido junto con la escoria como sulfato. Desde la década de los ochenta, las unidades comerciales trabajan a alta presión (1200-1500 kPa), obteniendo una mayor eficacia en la combustión y utilizan dolomita en lugar del carbonato cálcico.<sup>48</sup>

### **4.4.3 Las tecnologías de postcombustión**

La gran mayoría de estas tecnologías consisten en la absorción del dióxido de azufre a través de reacciones ácido-base sobre diferentes materiales húmedos o secos. La inyección de dolomita o carbonato cálcico sin humedad da lugar a óxidos, sulfitos y

---

<sup>47</sup> <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias1998/A3-079.pdf>

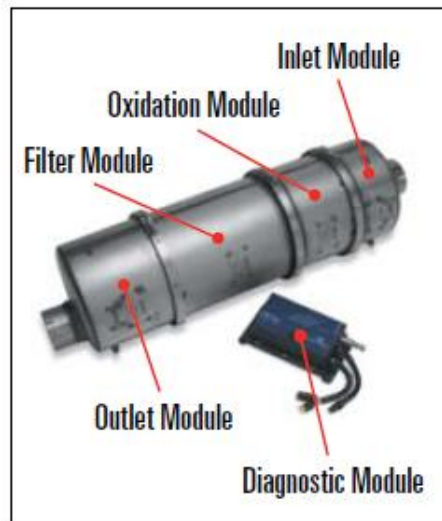
<sup>48</sup> Idem

sulfatos que son recolectados en precipitadores electrostáticos o ciclones, la eficacia de estos procesos no supera el 50% en la eliminación de los óxidos de azufre y existe el problema adicional del aumento de cenizas volantes en salida.

## 4.5 Tecnología para reducir Material Particulado

### 4.5.1 Filtro para Material Particulado

Un completo kit de readaptación que se compone de un filtro, un módulo de diagnóstico y un kit de instalación. El kit de instalación es utilizado para instalar el módulo de diagnóstico e incluye conexiones relacionadas.<sup>49</sup>



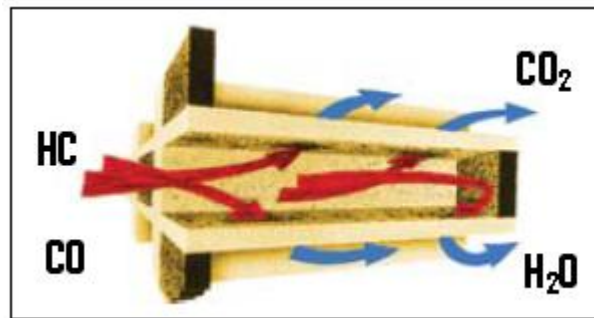
**Figura 9. Partes del Cat® Diesel Particulate Filter Retrofit Kit<sup>50</sup>**

<sup>49</sup> <http://www.cat.com/cda/files/333622/9/PEHJ0175.pdf>

<sup>50</sup> Idem

Este es un filtro hecho por CATERPILLAR en el cual es instalado en la salida de los gases de escape atrapando así partículas tóxicas, monóxido de carbono e hidrocarburos los cuales reaccionan y se convierten en agua y dióxido de carbono.

#### 4.5.1.1 Funcionamiento



**Figura 10. Esquema del funcionamiento del Convertidor catalítico** <sup>51</sup>

Una serie de canales bloqueados alternativamente fuerzan de los gases de escape a través de flujo paredes del canal, donde las partículas son físicamente capturadas y químicas reacciones tienen lugar. Monóxido de carbono y los hidrocarburos son convertidos en dióxido de carbono y agua.

La contrapresión es reducida a través de un proceso de regeneración pasiva que elimina automáticamente el exceso de partículas. <sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Idem

<sup>52</sup> Idem



## **5. TENDENCIAS MUNDIALES PARA DISMINUIR EMISIONES DE GASES EN BUQUES**

### **5.1 Unión Europea**

La Unión Europea en el 2002 dio a conocer los problemas medioambientales y de salud causados por las emisiones atmosféricas de los buques de navegación marítima y definió objetivos, acciones y recomendaciones con el fin de reducir esas emisiones durante los próximos diez años, por lo tanto lanzó un comunicado el cual consistió en una estrategia para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de navegación marítima.<sup>53</sup>

#### **5.1.1 Medidas preventivas Aplicadas**

A escala internacional, el anexo VI del Convenio Marpol (adoptado por la Organización Marítima Internacional en 1997, pero que aún no ha entrado en vigor) establece normas sobre la prevención de la contaminación del aire provocada por los buques. Por su parte, el Protocolo de Kioto insta a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques.<sup>54</sup>

En este comunicado se obliga a la Comisión a adoptar y a acatar medidas en el ámbito de las emisiones de los buques:

1. Directiva 2001/81/CE sobre límites nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos : exige a la Comisión que notifique la contribución de

---

<sup>53</sup> Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, COM (2002) 595 final, v volumen I.

<sup>54</sup> <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28131.htm>

las emisiones del tráfico marítimo a la acidificación, a la eutrofización y a la formación de ozono en el suelo.

2. Directiva 1999/32/CE relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos : fija los límites de azufre de los gasóleos para buques utilizados en las aguas territoriales comunitarias.
3. Directiva 1994/63/CE sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio [Diario Oficial L 365 de 31.12.1994]: la Comisión debe reflexionar sobre la ampliación de su ámbito de aplicación a la carga y descarga de buques.
4. Reglamento (CE) n° 2037/2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono : prohíbe la utilización y la comercialización de halones en la Unión.
5. Programa Aire puro para Europa: combate todas las fuentes de emisiones atmosféricas.
6. Sexto programa de acción en materia de medio ambiente : su objetivo es alcanzar unos niveles de calidad del aire que no tengan efectos inaceptables en la salud humana ni en el medio ambiente y estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero para evitar las variaciones artificiales del clima.<sup>55</sup>

En cada una de estas medidas se puede apreciar la seriedad y compromiso que tiene la Unión Europea con la reducción de las emisiones en los buques. Controlando por medio de límites permisibles los niveles de acidez, reduciendo el contenido de azufre en los

---

<sup>55</sup> Idem

combustibles que abastecen a los buques, disminuyendo las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y además restringiendo el uso de sustancias que agotan la capa de ozono que son ajenas a las producidas por los buques.

## **5.2 Tokio**

(FNM) El gobierno de la ciudad de Tokio iniciará esfuerzos en el actual año 2009, para estimular a los grandes barcos fondeados en la bahía de Tokio, a apagar sus motores, en un intento por eliminar la emisión de dióxido de carbono y gases contaminantes.

Los buques fondeados mantienen normalmente sus motores en marcha para asegurar energía suficiente para las necesidades de a bordo (sistemas de iluminación, aire acondicionado, etc).

El gobierno municipal planea ahora proveer dicha alimentación desde tierra.

Existen recomendaciones para que todos los ómnibus en tránsito en rutas regulares de todo el país, detengan sus motores mientras esperan que los semáforos les den paso. En Tokio, se anima a los conductores a que sigan el ejemplo. Pero la medida no se aplica a los buques.

La provisión de energía para buques fondeados se ha convertido en uno de los objetivos del plan de gobierno, que procura reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, de acuerdo con las previsiones del Protocolo de Kyoto.

El gobierno de la ciudad de Tokio propone comenzar a proporcionar energía a los buques, a partir de 2011. Para ello planea comenzar este año la construcción de una planta de transmisión en el muelle Hinode, en el distrito de Minato.

La provisión de energía desde tierra estará inicialmente restringida a buques de cabotaje (de bandera nacional), tales como cargueros, grandes transbordadores y buques de turismo local, que consumen grandes cantidades de energía. Caen bajo esta categoría, unas 4.000 embarcaciones al año.

De acuerdo con la autoridad portuaria, cada año ingresan a la Bahía de Tokio, alrededor de 25.000 barcos de cabotaje, y cerca de 6.5000 de bandera extranjera. Los buques dejan frecuentemente sus máquinas en marcha mientras están fondeados para generar electricidad.

Esta práctica genera la emisión de grandes volúmenes de CO<sub>2</sub>, así como producción de lluvia ácida, generada por el uso de combustibles con altos contenidos de azufre. También se libera óxido nitroso, una de las sustancias causantes del “smog”.

Mediciones efectuadas indican que las concentraciones de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes aéreos en la Bahía de Tokio han resultado entre un 20 y 30% superiores a las del promedio de los 23 barrios de esa ciudad capital.

El gobierno está investigando los efectos del futuro cambio, y efectuando pruebas al respecto. También se analiza el posible otorgamiento de subsidios a los buques, para la adquisición del equipamiento necesario para la recepción de energía provista desde tierra.

Los cálculos del ministerio de Transporte indican que si los barcos de cabotaje detuvieran sus motores en la zona portuaria, las emisiones de CO2 se reducirían en un millón de toneladas anuales, cerca de la mitad de lo que se genera actualmente. Este cálculo incluye la producción en tierra destinada a la alimentación de los barcos fondeados.

La adopción de este tipo de medidas, ya ha comenzado también en otras latitudes. El gobierno de la ciudad de Los Ángeles, ya está proveyendo energía desde tierra a los grandes buques portacontenedores y de otros tipos fondeados en la Bahía de Los Ángeles.<sup>56</sup>

### **5.3 España**

El Protocolo de Kioto (PK) exige la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero generadas en el transporte marítimo internacional delegando esta exigencia en la Organización Marítima Internacional. Exigencia que deberá cumplirse a partir de 2013. Es decir, después del primer periodo de cumplimiento del citado Protocolo, 2008/2012.<sup>57</sup> Dada la importancia técnico-económica de esta nueva exigencia para el diseño y operación de Buques, la Delegación Territorial de Madrid de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid, han decidido organizar un Seminario sobre las consecuencias del PK en las industrias marítimas.

---

<sup>56</sup>[http://www.nuestromar.org/noticias/ecologia\\_y\\_medioambiente\\_012009\\_21362\\_tokyo\\_quiere\\_que\\_lo\\_buques\\_fondeados\\_apague](http://www.nuestromar.org/noticias/ecologia_y_medioambiente_012009_21362_tokyo_quiere_que_lo_buques_fondeados_apague)

<sup>57</sup> Protocolo de Kioto, Art. 2.2, 2008

Seminario fundamentado en el Proyecto Europeo Synergy 4.1041/D/02-007 "Methodologies for the implementation of the Kyoto flexible mechanisms - CDM (Clean Development Mechanism)" y en desarrollos Posteriores.

### **5.3 Acuerdo de los Países firmantes del Protocolo de Kioto**

El grupo de trabajo de los países firmantes del Protocolo de Kioto aprobó el 4 de abril del 2008 en Bangkok a explorar vías para reducir las emisiones de gases causantes del efecto invernadero en aviones y barcos, en el marco de una reunión organizada por la ONU para negociar un nuevo acuerdo contra el cambio climático.

La medida defendida por la Unión Europea (UE) y Noruega tuvo una acogida desigual entre los 1.200 delegados de 163 naciones que desde el lunes debaten en la capital tailandesa bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático.

Las emisiones de gases contaminantes en el sector de la aviación civil y del transporte marítimo, que representan entre un 5 y un 8 por ciento del total de las emulsiones que causan el efecto invernadero, no están incluidas en el Protocolo de Kioto y, sin embargo, "crecen con rapidez y es necesario tenerlas en cuenta", afirmaron fuentes de la delegación de la Comisión Europea (CE).<sup>58</sup>

---

<sup>58</sup> [http://www.adn.es/tecnologia/cambio\\_climatico/20080404/NWS-2563-Kioto-emisiones.html](http://www.adn.es/tecnologia/cambio_climatico/20080404/NWS-2563-Kioto-emisiones.html)

## **Acuerdo pendiente**

El consenso alcanzado por la mesa de trabajo encargada de revisar el cumplimiento de los acuerdos de Kioto no es tan ambicioso como hubiera deseado la UE, pero al menos supera las reticencias de las naciones emergentes y les arranca el compromiso de estudiar la opción.

No ocurre lo mismo con el otro grupo de trabajo en las reuniones de Bangkok, el que debe diseñar el calendario de negociaciones de un acuerdo más agresivo y completo que el de Kioto para que entre en efecto en 2012, cuyas discrepancias han obligado a retrasar la clausura.

La sesión plenaria de hoy comenzó con un retraso de más de cuatro horas debido a las posiciones encontradas ante las obligaciones que cada país está dispuesto a asumir para frenar el aumento de las temperaturas en el planeta.

## **6. CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR LOS BUQUES (MARPOL 73/78)**

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, también llamado Convenio MARPOL, es el instrumento jurídico internacional encargado de prevenir la contaminación del medio marino producida por buques ya sea en el normal transcurso de sus actividades económicas o por accidentes marítimos.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> <http://www.derechomaritimo.info/pagina/marpol.htm>

La Conferencia internacional sobre contaminación del mar, 1973, convocada por la OMI y celebrada del 8 de octubre al 2 de noviembre de 1973, aprobó el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973. La misma Conferencia aprobó también los protocolos I (Disposiciones para formular los informes sobre sucesos relacionados con sustancias perjudiciales) y II (Arbitraje). El Convenio se modificó ulteriormente mediante el Protocolo de 1978, que fue aprobado por la Conferencia internacional sobre seguridad de los buques tanque y prevención de la contaminación, convocada por la OMI y celebrada del 6 al 17 de febrero de 1978. El Convenio, modificado por el Protocolo de 1978, se conoce con el nombre de “Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978” o, de manera abreviada, “MARPOL 73/78”. Los seis anexos del Convenio contienen las reglas aplicables a las diversas fuentes de la contaminación ocasionada por los buques.<sup>60</sup>

Este convenio tiene como fin por medio de diferentes reglas reducir y minimizar al máximo los diferentes tipos de contaminaciones que producen los buques tanto en el océano como en la atmosfera a nivel mundial. Presentado y propuesto así por VI anexos:

Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos.

Anexo II – Reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.

Anexo III – Reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos.

---

<sup>60</sup> MARPOL 73/78, International Maritime Organization (IMO), ALBERT EMBANKMENT, London SE1 7SR, Editorial Bookcraft (Bath) Ltd. 2002, pag. iii



Anexo IV – Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques.

Anexo V – Reglas para prevenir la contaminación por las basuras de los buques.

Anexo VI – Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

Este Ultimo Anexo se dará a conocer con profundidad en nuestro estudio debido a que este toca mas a fondo nuestros intereses investigativos.

### **6.1 Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (Anexo VI).**

Estas reglas han sido abaladas y convenidas por la representación máxima de la marítima internacional. Pero este Protocolo todavía no ha sido aceptado por un número suficiente de Estados para que entre en vigor.

El Anexo VI figura en el Anexo del Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978, que fue adoptado por la Conferencia internacional de las Partes en el MARPOL 73/78 en septiembre de 1997. De conformidad con lo dispuesto en su artículo 6, dicho Protocolo entrará en vigor 12 meses después de la fecha en que por lo menos 15 Estados, cuyas flotas mercantes combinadas representen no menos del 50% del tonelaje bruto de la marina mercante mundial, hayan expresado su consentimiento en obligarse por él. Al 21 de septiembre de 2001, había tres Estados Contratantes.<sup>61</sup>

---

<sup>61</sup> Ibidem pag. viii

## **6.1.1 Generalidades**

### **6.1.1.1 Regla 1: Ámbito de Aplicación**

Todos estos requisitos y compromisos deberán ser aplicados a todos los buques a excepción de que se proponga otra cosa en las reglas 3, 5, 6, 13, 15, 18 y 19 de este anexo.

### **6.1.1.2 Regla 2: Definiciones**

A los efectos del presente anexo:

- 1) Por cuya construcción se halle en una fase equivalente se entiende la fase en que:  
comienza la construcción que puede identificarse como propia de un buque concreto; y  
ha comenzado el montaje del buque de que se trate, utilizando al menos 50 toneladas del total estimado del material estructural o un 1% de dicho total, si este segundo valor es menor.
  
- 2) Por alimentación continua se entiende el proceso mediante el cual se alimenta de desechos una cámara de combustión sin intervención humana, estando el incinerador en condiciones de funcionamiento normal, con la temperatura de trabajo de la cámara de combustión entre 850 °C y 1200 °C.

- 3) Por emisión se entiende toda liberación a la atmósfera o al mar por los buques de sustancias sometidas a control en virtud del presente anexo.
- 4) Por nuevas instalaciones, en relación con la regla 12 del presente anexo, se entiende la instalación en un buque de sistemas y equipo, incluidas las nuevas unidades portátiles de extinción de incendios, aislamiento u otros materiales después de la fecha en que el presente anexo entre en vigor.
- 5) Por Código Técnico sobre los NOx se entiende el Código técnico relativo a las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos, aprobado mediante la resolución 2 de la Conferencia, con las enmiendas que introduzca la Organización, a condición de que dichas enmiendas se aprueben y entren en vigor de conformidad con lo dispuesto en el artículo 16 del Convenio acerca de los procedimientos de enmienda aplicables a un apéndice de un anexo.
- 6) Por sustancias que agotan la capa de ozono se entiende las sustancias controladas definidas en el párrafo 4 del artículo 1 del Protocolo de Montreal (se encuentra en el anexo Anexo c.) relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, de 1987, que figuran en los anexos A, B, C y E de dicho Protocolo, en vigor en el momento de aplicar o interpretar el presente anexo.

A bordo de los buques puede haber, sin que esta lista sea exhaustiva, las siguientes sustancias que agotan la capa de ozono:

Halón 1211 Bromoclorodifluorometano

Halón 1301 Bromotrifluorometano

Halón 2402 1,2-Dibromo-,1,2,2-tetrafluoroetano

(También denominado Halón 114B2)

CFC-11 Triclorofluorometano

CFC-12 Diclorodifluorometano

CFC-113 1,1,2-Tricloro-1,2,2-trifluoroetano

CFC-114 1,2-Dicloro-,1,2,2-tetrafluoroetano

CFC-115 Cloropentafluoroetano

- 7) Por fangos oleosos se entiende todo fango proveniente de los separadores de combustible o aceite lubricante, los desechos de aceite lubricante de las máquinas principales o auxiliares y los desechos oleosos de los separadores de aguas de sentina, el equipo filtrador de hidrocarburos o las bandejas de goteo. <sup>62</sup>
- 8) Por incineración a bordo se entiende la incineración de desechos u otras materias a bordo de un buque si dichos desechos u otras materias se han producido durante la explotación normal de dicho buque.
- 9) Por incinerador de a bordo se entiende la instalación proyectada con la finalidad principal de incinerar a bordo.
- 10) Por buque construido se entiende todo buque cuya quilla haya sido colocada o cuya construcción se halle en una fase equivalente.

---

<sup>62</sup> Ibidem pag. 434

11) Por zona de control de las emisiones de SOx se entiende una zona en la que es necesario adoptar medidas especiales de carácter obligatorio para prevenir, reducir y contener la contaminación atmosférica por SOx y sus consiguientes efectos negativos en zonas terrestres y marítimas. Son zonas de control de las emisiones de SOx las enumeradas en la regla 14 del presente anexo.

12) Por buque tanque se entiende un petrolero definido en el párrafo 4) de la regla 1 del Anexo I el cual sostiene que: Un petrolero es todo buque construido o adaptado para transportar principalmente hidrocarburos a granel en sus espacios de carga; este término comprende los buques de carga combinados y “buques tanque quimiqueros”<sup>63</sup> o un buque tanque quimiquero definido en el párrafo 1) de la regla 1 del Anexo II el cual sostiene que: es un buque construido o adaptado para transportar principalmente sustancias nocivas líquidas a granel; en este término se incluyen los petroleros.<sup>64</sup>

13) Por Protocolo de 1997 se entiende el Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978.

---

<sup>63</sup> Ibidem pag. 47

<sup>64</sup> Ibidem pag. 265

### **6.1.1.3 Regla 3: Excepciones generales**

Las reglas del presente anexo no se aplicarán:

- 1) A las emisiones necesarias para proteger la seguridad del buque o salvar vidas en el mar.
- 2) A las emisiones resultantes de averías sufridas por un buque o por su equipo.

Siempre que después de producirse la avería o de descubrirse la emisión se hayan tomado todas las precauciones razonables para prevenir o reducir al mínimo tal emisión; y salvo que el propietario o el capitán hayan actuado ya sea con la intención de causar la avería, o con imprudencia temeraria y a sabiendas de que probablemente se produciría una avería.

### **6.1.1.4 Regla 4: Equivalentes**

- 1) La Administración podrá autorizar a bordo de un buque accesorios, materiales, dispositivos o aparatos en lugar de los prescritos en el presente anexo, si tales accesorios, materiales, dispositivos o aparatos son por lo menos tan eficaces como los prescritos en el presente anexo.
- 2) La Administración que autorice accesorios, materiales, dispositivos o aparatos en lugar de los prescritos en el presente anexo comunicará a la Organización los pormenores de los mismos a fin de que ésta los notifique a las Partes en el

presente Convenio para su información y para que tomen las medidas que puedan resultar oportunas.

## **6.1.2 Reconocimiento, certificación y medios de control**

### **6.1.2.1 Regla 5: Reconocimientos e inspecciones**

- 1) Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 y todas las torres de perforación y otras plataformas, fijas o flotantes, serán objeto de los reconocimientos que se especifican a continuación:
  - a) Un reconocimiento inicial antes de que el buque entre en servicio o de que se expida por primera vez el certificado prescrito en la regla 6 del presente anexo. Este reconocimiento se realizará de modo que garantice que el equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones y los materiales cumplen plenamente las prescripciones aplicables del presente anexo;
  - b) Reconocimientos periódicos a intervalos especificados por la Administración, pero que no excederán de cinco años, los cuales se realizaran de modo que garanticen que el equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones y los materiales cumplen plenamente las prescripciones del presente anexo; y
  - c) Un reconocimiento intermedio, como mínimo, durante el periodo de validez del certificado, que se realizará de modo que garantice que el equipo y las

instalaciones cumplen plenamente las prescripciones del presente anexo y están en buen estado de funcionamiento. Cuando se efectuó solamente un reconocimiento intermedio durante uno de los periodos de validez del certificado, y cuando el periodo de validez del certificado sea superior a dos años y medio, dicho reconocimiento se efectuará no más de seis meses antes ni más de seis meses después de transcurrida la mitad del periodo de validez del certificado. Estos reconocimientos intermedios se consignarán en el certificado expedido en virtud de la regla 6 del presente anexo.

- 3) En el caso de los buques de arqueo bruto inferior a 400, podrá establecer las medidas pertinentes para que se cumplan las disposiciones aplicables del presente anexo.
  
- 4) El reconocimiento de buques, por lo que respecta a la aplicación de lo prescrito en el presente anexo, será realizado por funcionarios de la Administración. No obstante, la Administración podrá confiar los reconocimientos a inspectores nombrados al efecto o a organizaciones reconocidas por ella. Tales organizaciones cumplirán las directrices aprobadas por la Organización. En todos los casos, la Administración interesada garantizará plenamente la integridad y eficacia del reconocimiento.



- 5) El reconocimiento de los motores y del equipo, para determinar si cumplen lo dispuesto en la regla 13 del presente anexo, se realizará de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NOx.
  
- 6) La Administración tomará disposiciones para que, durante el periodo de validez del certificado, se realicen inspecciones fuera de programa. Tales inspecciones garantizarán que el equipo continúa siendo satisfactorio en todos los aspectos para el servicio al que está destinado. Podrán efectuar las inspecciones funcionarios del propio servicio de la Administración, inspectores nombrados a tal efecto, organizaciones reconocidas, u otras Partes a petición de la Administración. Cuando la Administración, en virtud de lo dispuesto en el párrafo 1) de la presente regla, preceptuó la realización de reconocimientos anuales obligatorios, no serán obligatorias las mencionadas inspecciones fuera de programa.
  
- 7) Cuando el inspector nombrado o la organización reconocida dictaminen que el estado del equipo no corresponde en lo esencial con los pormenores del certificado, el inspector o la organización harán que se tomen medidas correctivas y, a su debido tiempo, notificarán esto a la Administración. Si no se toman dichas medidas correctivas, la Administración retirará el certificado. Cuando el buque se encuentre en un puerto de otra Parte, también se dará notificación inmediata a las autoridades competentes del Estado rector del puerto. Cuando un funcionario de la Administración, un inspector nombrado o una organización reconocida hayan

informado con la oportuna notificación a las autoridades competentes del Estado rector del puerto, el gobierno de dicho Estado prestará al funcionario, inspector u organización mencionados toda la asistencia necesaria para el cumplimiento de las obligaciones impuestas por la presente regla.

- 8) Se mantendrá el equipo de modo que se ajuste a las disposiciones del presente anexo y no se efectuará ningún cambio del equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones o los materiales que fueron objeto del reconocimiento, sin la autorización expresa de la Administración. Se permitirá la simple sustitución de dicho equipo o accesorios por equipo y accesorios que se ajusten a las disposiciones del presente anexo.
- 9) Siempre que un buque sufra un accidente o que se descubra algún defecto que afecte considerablemente a la eficacia o la integridad del equipo al que se aplique el presente anexo, el capitán o el propietario del buque informarán lo antes posible a la Administración, al inspector nombrado o a la organización reconocida, encargados de expedir el certificado pertinente.

#### **6.1.2.2 Regla 6: Expedición del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica**

- 1) Se expedirá un Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica, tras un reconocimiento efectuado de conformidad con las disposiciones de la regla 5 del presente anexo:

- a) A todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400, que realice viajes a puertos o terminales mar adentro sometidos a la jurisdicción de otras Partes; y
  - b) A las plataformas y torres de perforación que realicen viajes a aguas sometidas a la soberanía o jurisdicción de otras Partes en el Protocolo de 1997.
- 2) A los buques construidos antes de la fecha de entrada en vigor del Protocolo de 1997 se les expedirá un Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica conforme a lo dispuesto en el párrafo 1) de la presente regla, en la primera entrada programada en dique seco posterior a la entrada en vigor del presente anexo, a más tardar, y en ningún caso más de tres años después de la entrada en vigor del Protocolo de 1997.
- 3) Tal certificado será expedido por la Administración o por cualquier persona u organización debidamente autorizada por ella. En cualquier caso, la Administración asume la total responsabilidad del certificado.

#### **6.1.2.3 Regla 7: Expedición del certificado por otro Gobierno**

- 1) El Gobierno de una Parte en el Protocolo de 1997 podrá, a requerimiento de la Administración, hacer que un buque sea objeto de reconocimiento y, si estima que

cumple las disposiciones del presente anexo, expedir o autorizar la expedición a ese buque de un Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica, de conformidad con el presente anexo.

- 2) Se remitirá lo antes posible a la Administración que haya pedido el reconocimiento una copia del certificado y otra del informe relativo al reconocimiento.
- 3) Se hará constar en el certificado que ha sido expedido a petición de la Administración y éste tendrá la misma fuerza y gozará del mismo reconocimiento que el expedido en virtud de la regla 6 del presente anexo.
- 4) No se expedirá el Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica a ningún buque con derecho a enarbolar el pabellón de un Estado que no sea Parte en el Protocolo de 1997.

#### **6.1.2.4 Regla 8: Modelo del certificado**

El Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica (IAPP) se redactará en un idioma oficial del país que lo expide conforme al modelo que está en el *Anexo A*. Si el idioma utilizado no es el español, el francés o el inglés, el texto incluirá una traducción a uno de estos tres idiomas.

#### **6.1.2.5 Regla 9: Duración y validez del certificado**

- 1) El Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica se expedirá para un periodo que especificará la Administración y que no excederá de cinco años contados a partir de la fecha de expedición.
- 2) No se permitirá prórroga alguna del periodo de validez de cinco años del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica, salvo que sea conforme a lo dispuesto en el párrafo 3).
- 3) Si en la fecha de expiración del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica el buque no se encuentra en un puerto del Estado cuyo pabellón tenga derecho a enarbolar o en el que haya de ser objeto de reconocimiento, la Administración podrá prorrogar la validez del certificado por un periodo que no exceda de Cinco meses. Esa prórroga sólo se concederá con el fin de que el buque pueda seguir su viaje y llegar al Estado cuyo pabellón tiene derecho a enarbolar o en el que haya de ser objeto de reconocimiento, y aun así sólo en caso de que se estime oportuno y razonable hacerlo. El buque al que se haya concedido tal prórroga no estará autorizado, cuando llegue al Estado cuyo pabellón tenga derecho a enarbolar o al puerto en que haya de ser objeto de reconocimiento, a salir de ese puerto o Estado sin haber obtenido previamente un nuevo Certificado Internacional de prevención de la contaminación atmosférica.

- 4) El Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica perderá su validez en cualquiera de las circunstancias siguientes:
- a) Si las inspecciones y reconocimientos no se han efectuado dentro de los plazos especificados en la regla 5 del presente anexo;
  - b) Si se efectúan reformas considerables del equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones o los materiales a los cuales se aplica el presente anexo sin autorización expresa de la Administración, salvo que se trate de la simple sustitución de tal equipo o accesorios por equipo o accesorios que se ajusten a las prescripciones del presente anexo. A los efectos de la regla 13, el concepto de reforma considerable incluirá todo cambio o ajuste del sistema, los accesorios o la instalación de un motor diesel como resultado de los cuales dicho motor deje de cumplir los límites relativos a la emisión de óxidos de nitrógeno que le corresponden; o
  - c) Cuando el buque cambie su pabellón por el de otro Estado. Solo se expedirá un nuevo certificado cuando el Gobierno que lo expida se haya cerciorado plenamente de que el buque cumple Todo lo prescrito en la regla 5 del presente anexo. En el caso de un cambio de pabellón entre Partes, el Gobierno de la Parte cuyo pabellón tenía antes derecho a enarbolar el buque transmitirá lo antes posible a la Administración de la otra parte, previa petición de ésta cursada en un plazo de tres meses después de efectuado el cambio, una copia del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica que llevaba el buque antes del cambio y, si están disponibles, copias de los informes de los reconocimientos pertinentes.

#### **6.1.2.6 Regla 10: Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto**

- 1) Un buque que se encuentre en un puerto o en un terminal mar adentro sometido a la jurisdicción de otra Parte en el Protocolo de 1997 podrá ser objeto de una inspección por funcionarios debidamente autorizados por dicha Parte en lo que respecta a las prescripciones operacionales del presente anexo, si existen motivos fundados para pensar que el capitán o la tripulación no están familiarizados con los procedimientos esenciales de a bordo relativos a la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.
- 2) En las circunstancias indicadas en el párrafo 1) de la presente regla, la parte interesada tomará medidas para garantizar que el buque no se haga a la mar hasta que la situación se haya remediado conforme a lo prescrito en el presente anexo.
- 3) Los procedimientos relativos a la supervisión por el Estado rector del puerto prescritos en el artículo 5 del presente Convenio se aplicarán a la presente regla.
- 4) Nada de lo dispuesto en la presente regla se interpretará como una limitación de los derechos y obligaciones de una Parte que supervise las prescripciones operacionales específicamente previstas en el presente Convenio.

### **7.1.2.7 Regla 11: Detección de transgresiones y cumplimiento**

- 1) Las Partes en el presente anexo cooperarán en toda gestión que conduzca a la detección de las transgresiones y al cumplimiento de las disposiciones del mismo utilizando cualquier medida apropiada y practicable de detección y de vigilancia ambiental, los procedimientos adecuados de notificación y el acopio de pruebas.
- 2) Todo buque al que se aplique el presente anexo puede ser objeto de inspección, en cualquier puerto o terminal mar adentro de una parte, por los funcionarios que nombre o autorice dicha Parte a fin de verificar si el buque ha emitido alguna de las sustancias a las que se aplica el presente anexo transgrediendo lo dispuesto en el mismo. Si la inspección indica que hubo transgresión del presente anexo se enviará informe a la Administración para que tome las medidas oportunas.
- 3) Cualquier Parte facilitará a la Administración pruebas, si las hubiere, de que un buque ha emitido alguna de las sustancias a las que se aplica el presente anexo, transgrediendo lo dispuesto en el mismo. Cuando sea posible, la autoridad competente de dicha Parte notificará al capitán del buque la transgresión que se le imputa.
- 4) Al recibir tales pruebas, la Administración investigará el asunto y podrá solicitar de la otra Parte que le facilite más o mejores pruebas de la presunta transgresión. Si la Administración estima que hay pruebas suficientes para incoar un procedimiento



respecto a la presunta transgresión, hará que se inicie tal procedimiento lo antes posible de conformidad con su legislación. Esa Administración informará inmediatamente a la Parte que haya notificado la presunta transgresión, y a la Organización, de las medidas que se hayan tomado.

- 5) Toda Parte podrá asimismo proceder a la inspección de un buque al que sea de aplicación el presente anexo cuando el buque entre en los puertos o terminales mar adentro bajo su jurisdicción, si ha recibido de cualquier otra Parte una solicitud de investigación junto con pruebas suficientes de que ese buque ha emitido en cualquier lugar alguna de las sustancias a las que se aplica el presente anexo transgrediendo lo dispuesto en el mismo. El informe de la investigación se transmitirá tanto a la Parte que la solicitó como a la administración, a fin de que puedan tomarse las medidas oportunas con arreglo al presente Convenio.
  
- 6) Las normas de derecho internacional relativas a la prevención, reducción y control de la contaminación del medio marino causada por los buques, incluidas las relativas a ejecución y garantías, que estén en vigor en el momento de la aplicación o interpretación del presente anexo se aplicarán *mutatis mutandis* a las reglas y normas establecidas en el mismo.

### **6.1.3 Prescripciones para el control de las emisiones de los buques**

#### **6.1.3.1 Regla 12: Sustancias que agotan la capa de ozono**

- 1) A reserva de lo dispuesto en la regla 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 el arrumbamiento de sistemas o equipo, excepto la liberación de cantidades mínimas durante la recuperación o el 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 las Partes en el Protocolo de 1997.
  
- 2) Se prohibirán en todos los buques las instalaciones nuevas que contengan sustancias que agotan la capa de ozono, salvo las instalaciones nuevas que contengan hidroclorofluorocarbonos (HCFC), que se permitirán hasta el 1 de enero del año 2020.
  
- 3) Las sustancias a que se hace referencia en la presente regla y el equipo que contenga dichas sustancias se depositarán en instalaciones de recepción adecuadas cuando se retiren del buque.<sup>65</sup>

---

<sup>65</sup> Ibidem pag. 443

### 6.1.3.2 Regla 13: Óxidos de nitrógeno (NOx)

1) a) La presente regla se aplicará:

- i) A todo motor diesel con una potencia de salida superior a 130 kW, instalado a bordo de un buque construido el 1 de enero del año 2000 o posteriormente; y
- ii) A todo motor diesel con una potencia de salida superior a 130 kW, que haya sido objeto de una transformación importante el 1 de enero del año 2000 o posteriormente.

b) La presente regla no se aplicará:

- i) A los motores diesel de emergencia, a los motores instalados a bordo de botes salvavidas ni a ningún dispositivo o equipo previsto para ser utilizado únicamente en caso de emergencia; ni
  - ii) A los motores instalados a bordo de buques que estén solamente 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 estén sometidos a otra medida de control de los NOx establecida por la Administración.
- c) No obstante lo dispuesto en el apartado a) del presente párrafo, la Administración podrá permitir que la presente regla no se aplique a los motores diesel que se instalen en los buques construidos antes de la fecha de entrada en vigor del

presente protocolo o en los buques que sean objeto de una transformación importante antes de esa fecha, a condición de que estos estén exclusivamente dedicados a realizar viajes hacia puertos o terminales mar adentro situados en el Estado cuyo pabellón están autorizados a enarbolar.

2) a) A los efectos de la presente regla, por transformación importante se entenderá la modificación de un motor mediante la cual:

i) Se sustituye el motor por un motor nuevo construido el 1 de enero del año 2000 o posteriormente, o

ii) Se realiza una modificación apreciable del motor, según se define ésta en el Código Técnico sobre los NOx,<sup>66</sup> o

iii) Se aumenta la velocidad de régimen máxima continua del motor en más de un 10%.

c) La emisión de NOx resultante de las modificaciones a las que se hace referencia en el apartado a) del presente párrafo se documentará de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NOx con miras a su aprobación por la Administración.

3) a) A reserva de lo dispuesto en la regla 3 del presente anexo, se prohíbe el funcionamiento de todo motor diesel al que se aplique la presente regla, a menos

---

<sup>66</sup> Resolución 2 de la Conferencia MARPOL de 1997: Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos

que la emisión de óxidos de nitrógeno (calculada en forma de emisión total ponderada de NO<sub>2</sub>) del motor se encuentre dentro de los límites que figuran a continuación:

- i) 17,0 g/kW h si n es inferior a 130 rpm
- ii)  $45,06 \times n^{(-0.2)}$  g/kW h si n es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2 000 rpm
- iii) 9,8 g/kW h si n es igual o superior a 2 000 rpm donde n = velocidad de régimen del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal).

Cuando se use combustible compuesto por mezclas de hidrocarburos derivados del refinado de petróleo, los procedimientos de ensayo y los métodos de medición se ajustarán a lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, teniendo en cuenta los ciclos de ensayo y los factores de ponderación que se indican en el apéndice II del presente anexo.

b) No obstante lo dispuesto en el apartado a) del presente párrafo, se permite el funcionamiento de un motor diesel si:

- i) El motor consta de un sistema de limpieza de los gases de escape, aprobado por la Administración de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, destinado a reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> del buque a los límites especificados en el apartado a), como mínimo; o
- ii) Se utiliza cualquier otro método equivalente, aprobado por la Administración teniendo en cuenta las directrices pertinentes que elabore la Organización, con

objeto de reducir las emisiones de NOx del buque a los límites especificados en el apartado a) del presente párrafo, como mínimo.

### **6.1.3.3 Regla 14: Óxidos de azufre (SOx)**

#### **6.1.3.3.1 Prescripciones generales**

- 1) El contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo de los buques no excederá del 4,5% masa/masa.
- 2) El contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques se vigilará teniendo en cuenta las directrices que elabore la Organización.<sup>67</sup>

#### **6.1.3.3.2 Prescripciones aplicables en las zonas de control de las emisiones de SOx**

- 3) A los efectos de la presente regla las zonas de control de las emisiones de SOx incluirán:
  - a) La zona del mar Báltico definida en el apartado 1) b) de la regla 10 del Anexo I; y
  - b) Cualquier otra zona marítima o portuaria designada por la Organización de conformidad con los criterios y procedimientos para

---

<sup>67</sup> Resolución MEPC.82(43) Directrices para la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques, aprobada el 1 de julio de 1999.

La designación de zonas de control de las emisiones de SO<sub>x</sub>, en lo que respecta a la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

4) Mientras los buques se encuentren dentro de una zona de control de las emisiones de SO<sub>x</sub>, cumplirán al menos una de las siguientes condiciones:

- a) El contenido de azufre del fueloil que se utiliza a bordo de los buques en una zona de control de las emisiones de SO<sub>x</sub> no excede del 1,5% masa/masa;
- b) Se utiliza un sistema de limpieza de los gases de escape, aprobado por la Administración teniendo en cuenta las directrices que elabore la Organización, para reducir la cantidad total de las emisiones de óxidos de azufre del buque, incluidas las de los motores propulsores principales y auxiliares, a 6,0 g de SO<sub>x</sub>/kW h o menos, calculada en forma de emisión total ponderada de dióxido de azufre. Los flujos de desechos procedentes de la utilización de dicho equipo no se descargarán en puertos cerrados ni en estuarios, a menos que se pueda demostrar de forma detallada con documentos que tales flujos de desechos no tienen un efecto negativo en los ecosistemas de esos puertos y estuarios, basándose en los criterios notificados por las autoridades del Estado rector del puerto a la Organización. La

Organización notificará esos criterios a todas las Partes en el Convenio; o

c) se utiliza cualquier otro método o tecnología verificable y que se pueda hacer aplicar para reducir las emisiones de SO<sub>x</sub> a un nivel equivalente al que se indica en el apartado.

d) Esos métodos deberán estar aprobados por la Administración teniendo en cuenta las directrices que elabore la Organización.

5) El proveedor demostrará mediante la pertinente documentación, según lo prescrito en la regla 18 del presente anexo, el contenido de azufre del fueloil mencionado en el párrafo 1) y en el apartado 4) a) de la presente regla.

6) En los buques que utilicen fueloil de distintos tipos para cumplir lo prescrito en el apartado 4) a) de la presente regla, se preverá tiempo suficiente para limpiar todos los combustibles que tengan un contenido de azufre superior al 1,5% masa/masa del sistema de distribución de fueloil, antes de entrar en una zona de control de las emisiones de SO<sub>x</sub>. Se indicarán en el libro registro prescrito por la Administración el volumen de fueloil con bajo contenido de azufre (igual o inferior al 1,5 %) de cada tanque, así como la fecha, la hora y la situación del buque cuando se llevó a cabo dicha operación.

7) Durante los doce meses siguientes a la entrada en vigor del presente Protocolo, o de una enmienda al presente Protocolo por la que se designe una zona específica de control de las emisiones de SO<sub>x</sub> en virtud de lo dispuesto en el apartado 3) b)



de la presente regla, los buques que penetren en una zona de control de las emisiones de SO<sub>x</sub> mencionada en el apartado 3) a) de la presente regla o designada en virtud de lo dispuesto en el apartado 3) b) de la presente regla, estarán exentos de las prescripciones de los párrafos 4) y 6) de la presente regla y de las prescripciones del párrafo 5) de la presente regla en lo que respecta al apartado 4) a) de la misma.

#### **6.1.3.4 Regla 15: Compuestos Orgánicos Volátiles**

- 1) Si las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de los buques tanque se reglamentan en los puertos o terminales sometidos a la jurisdicción de una Parte en el Protocolo de 1997, dicha reglamentación será conforme a lo dispuesto en la presente regla.
  
- 2) Toda Parte en el Protocolo de 1997 que designe puertos o terminales sometidos a su jurisdicción en que se vayan a reglamentar las emisiones de COV enviará 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 la emisión de vapores y la fecha de entrada en vigor de dicho control. La notificación se enviará por lo menos seis meses antes de dicha fecha de entrada en vigor.

- 3) El Gobierno de una Parte en el Protocolo de 1997 que designe puertos o terminales en los que se vayan a reglamentar las emisiones de COV procedentes de los buques tanque, garantizará que en los puertos y terminales designados existen sistemas de control de la emisión de vapores aprobados por él teniendo en cuenta las normas de seguridad elaboradas por la Organización y que tales sistemas funcionan en condiciones de seguridad y de modo que el buque no sufra una demora innecesaria.
  
- 4) La Organización distribuirá una lista de los puertos y terminales designados por las Partes en el Protocolo de 1997 a los demás Estados Miembros de la Organización, a efectos de información.
  
- 5) Todo buque tanque que pueda ser objeto de un control de la emisión de vapores conforme a lo dispuesto en el párrafo 2) de la presente regla estará provisto de un sistema de recogida de vapores aprobado por la Administración teniendo en cuenta las normas de seguridad elaboradas por la Organización, que se utilizará durante el embarque de las cargas pertinentes. Los terminales que hayan instalado sistemas de control de la emisión de vapores de conformidad con la presente regla podrán aceptar a los buques tanque existentes que no estén equipados con un sistema de recogida de vapores durante un periodo de tres años después de la fecha de entrada en vigor a que se hace referencia en el párrafo 2).

- 6) Esta regla se aplicará solamente a los gaseros cuando el tipo de sistema de carga y de contención permita la retención sin riesgos a bordo de los COV que no contienen metano o su retorno sin riesgos a tierra.

#### **6.1.3.5 Regla 16: Incineración a bordo**

- 1) A reserva de lo dispuesto en el párrafo 5), la incineración a bordo se permitirá solamente en un incinerador de a bordo.
- 2) a) Con la salvedad de lo dispuesto en el apartado b) del presente párrafo, todo incinerador que se instale a bordo de un buque a partir del 1 de enero del año 2000 cumplirá lo dispuesto en el apéndice IV del presente anexo. Cada incinerador será aprobado por la Administración teniendo en cuenta las especificaciones normalizadas para los incineradores de a bordo elaboradas por la Organización.
- b) La Administración podrá permitir que se exima de la aplicación del apartado a) del presente párrafo a todo incinerador que se instale a bordo de un buque antes de la fecha de entrada en vigor del Protocolo de 1997, a condición de que el buque esté dedicado solamente a realizar viajes en aguas sometidas a la soberanía o jurisdicción del Estado cuyo pabellón está autorizado a enarbolar.

- 3) Nada de lo dispuesto en la presente regla afecta a la prohibición establecida en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, 1972, enmendado, y su Protocolo de 1996, ni a otras prescripciones de dicho Convenio.
- 4) Se prohíbe la incineración a bordo de las siguientes sustancias:
- a) Residuos de las cargas enumeradas en los Anexos I, II y III del presente Convenio y los correspondientes materiales de embalaje o envase contaminados;
  - b) Difenilos policlorados (PCB);
  - c) Las basuras, según se definen éstas en el Anexo V del presente Convenio, que contengan metales pesados en concentraciones que no sean meras trazas; y
  - d) Productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados.
- 5) La incineración a bordo de lodos de aguas residuales y fangos de hidrocarburos producidos durante la explotación normal del buque también se podrá realizar en la planta generadora o caldera principal o auxiliar, aunque en este caso no se llevará a cabo dentro de puertos o estuarios.

- 6) Se prohíbe la incineración a bordo de cloruros de polivinilo (PVC), salvo en los incineradores de a bordo para los que haya expedido un certificado de homologación de la OMI.
- 7) Todos los buques provistos de incineradores sujetos a lo dispuesto en la presente regla tendrán un manual de instrucciones del fabricante que especifique cómo hacer funcionar el incinerador dentro de los límites establecidos en el párrafo 2) del apéndice IV del presente anexo.
- 8) El personal encargado del funcionamiento de un incinerador recibirá formación al respecto y podrá seguir las instrucciones dadas en el manual del fabricante.
- 9) Será necesario vigilar en todo momento la temperatura de salida del gas de combustión y no se echarán desechos en un incinerador de alimentación continua cuando la temperatura esté por debajo de la temperatura mínima permitida de 850<sup>0</sup>C. Por lo que respecta a los incineradores de a bordo de carga discontinua, la unidad se proyectará de modo que en la cámara de combustión la temperatura alcance 600 <sup>0</sup>C en los cinco minutos siguientes al encendido.
- 10) Nada de lo dispuesto en la presente regla impide desarrollar, instalar y utilizar otros dispositivos de tratamiento térmico de desechos a bordo que satisfagan las prescripciones de la presente regla o las superen.

#### **6.1.3.6 Regla 17: Instalaciones de recepción**

1. Los Gobiernos de las Partes en el Protocolo de 1997 se comprometen a garantizar la provisión de instalaciones adecuadas que se ajusten a:
  - a) las necesidades de los buques que utilicen sus puertos de reparaciones para la recepción de sustancias que agotan la capa de ozono y el equipo que contiene dichas sustancias cuando éstos se retiren de los buques;
  - b) las necesidades de los buques que utilicen sus puertos, terminales o puertos de reparaciones para la recepción de los residuos de la limpieza de los gases de escape procedentes de un sistema de limpieza de los gases de escape aprobado, cuando la descarga en el medio marino de tales residuos no esté permitida en virtud de la regla 14 del presente anexo; sin causar demoras innecesarias a los buques; y
  - c) la necesidad de medios de desguace para la recepción de sustancias que agotan la capa de ozono y del equipo que contiene tales sustancias cuando éstos se retiran de los buques.
- 2) Cada Parte en el Protocolo de 1997 notificará a la Organización, para que ésta lo comunique a sus Miembros, todos los casos en que las instalaciones provistas en

cumplimiento de la presente regla no estén disponibles o en que se considere que son insuficientes.

#### **6.1.3.7 Regla 18: Calidad del fueloil**

1) El fueloil para combustible que se entregue y utilice a bordo de los buques a los que se aplique el presente anexo se ajustará a las siguientes prescripciones:

a) A excepción de lo estipulado en el apartado b):

i) Estará compuesto por mezclas de hidrocarburos derivados del refinado de petróleo.

Esto no excluirá la posibilidad de incorporar pequeñas cantidades de aditivos con objeto de mejorar algunos aspectos de rendimiento;

iii) no contendrá ningún ácido inorgánico;

iv) no contendrá ninguna sustancia añadida ni desecho químico que:

1) comprometa la seguridad de los buques o afecte negativamente al rendimiento de los motores, o

2) sea perjudicial para el personal, o

3) contribuya en general a aumentar la contaminación atmosférica; y

b) el fueloil para combustible obtenido por métodos distintos del refinado de petróleo no deberá:

- i) tener un contenido de azufre superior al estipulado en la regla 14 del presente anexo;
  - ii) ser causa de que el motor supere los límites de emisión de NOx estipulados en el apartado 3) a) de la regla 13 del presente anexo;
  - iii) contener ningún ácido inorgánico;
  - iv) 1) comprometer la seguridad de los buques ni afectar negativamente al rendimiento de las máquinas;
  - 2) ser perjudicial para el personal, ni
  - 3) contribuir en general a aumentar la contaminación atmosférica.
- 2) La presente regla no se aplica al carbón en su forma sólida ni a los combustibles nucleares.
- 3) En todo buque al que se apliquen las reglas 5 y 6 del presente anexo, los pormenores relativos al fueloil para combustible entregado y utilizado a bordo se registrarán en una nota de entrega de combustible que contendrá.
- 4) La nota de entrega de combustible se conservará a bordo, en un lugar que permita inspeccionarla fácilmente en cualquier momento razonable. Se conservará durante un periodo de tres años a partir de la fecha en que se efectuó la entrega del combustible a bordo.



- 5) a) La autoridad competente del Gobierno de una Parte en el Protocolo de 1997 podrá inspeccionar las notas de entrega de combustible a bordo de cualquier buque al que se aplique el presente anexo mientras el buque esté en uno de sus puertos o terminales mar adentro, podrá sacar copia de cada nota de entrega de combustible y podrá pedir al capitán o a la persona que esté a cargo del buque que certifique que cada una de esas copias es una copia auténtica de la correspondiente nota de entrega de combustible. La autoridad competente podrá verificar también el contenido de cada nota mediante consulta con el puerto en el que fue expedida.
- b) Cuando, en virtud del presente párrafo, la autoridad competente inspeccione las notas de entrega de combustible y saque copias certificadas, lo hará con la mayor diligencia posible y sin causar demoras innecesarias al buque.
- 6) La nota de entrega de combustible irá acompañada de una muestra representativa del fueloil entregado, teniendo en cuenta las directrices que elabore la Organización. La muestra será sellada y firmada por el representante del proveedor y por el capitán o el oficial encargado de la operación de toma de combustible al concluirse ésta, y se conservará en el buque hasta que el fueloil se haya consumido en gran parte, y en cualquier caso durante un periodo no inferior a doce meses contados desde la fecha de entrega.
- 7) Las Partes en el Protocolo de 1997 se comprometen a hacer que las autoridades competentes designadas por ellas:

- a) mantengan un registro de los proveedores locales de combustible líquido;
- b) exijan a los proveedores locales que faciliten la nota de entrega de combustible y la muestra prescritas en la presente regla con la certificación del proveedor de que el combustible se ajusta a lo prescrito en las reglas 14 y 18 del presente anexo;
- c) exijan a los proveedores de combustible que conserven copias de las notas de entrega de combustible facilitadas a los buques durante tres años, como mínimo, de modo que el Estado rector del puerto pueda inspeccionarlas y verificarlas si es necesario;
- d) tomen las medidas pertinentes contra los proveedores de combustible que hayan entregado combustible que no se ajuste a lo indicado en la nota de entrega de combustible;
- e) informen a la Administración de los casos en que un buque haya recibido combustible que no se ajusta a lo prescrito en las reglas 14 ó 18 del presente anexo; y
- f) informen a la Organización, para que ésta lo comunique a las Partes en el Protocolo de 1997, de todos los casos en que un proveedor de combustible no haya cumplido lo prescrito en las reglas 14 ó 18 del presente anexo.

- 8) Por lo que respecta a las inspecciones por el Estado rector del puerto realizadas por las Partes en el Protocolo de 1977, las Partes se comprometen además a:
- a) informar a la Parte o al Estado que no sea Parte, bajo cuya jurisdicción se haya expedido la nota de entrega de combustible, de los casos de entrega de combustible no reglamentario, aportando todos los datos pertinentes; y
  - b) asegurarse de que se toman las medidas correctivas apropiadas para hacer que el combustible no reglamentario descubierto se ajuste a lo prescrito.

#### **6.1.3.8 Regla 19: Prescripciones aplicables a las plataformas y a las torres de perforación**

- 1) A reserva de lo dispuesto en los párrafos 2) y 3) de la presente regla, las plataformas y las torres de perforación, fijas o flotantes, cumplirán las prescripciones del presente anexo.
- 2) Las emisiones resultantes directamente de la exploración, la explotación y el consiguiente tratamiento mar adentro de los recursos minerales de los fondos marinos quedan exentas del cumplimiento de las prescripciones del presente anexo, de conformidad con el inciso 3) b) ii) del artículo 2 del presente Convenio.  
Tales emisiones incluyen:

- a) las emisiones procedentes de la incineración de sustancias resultantes única y directamente de la exploración, la explotación y el consiguiente tratamiento mar adentro de los recursos de los fondos marinos, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la combustión de hidrocarburos en antorcha y la quema de sedimentos de perforación, lodos o fluidos de estimulación durante las operaciones de terminación y ensayo de los pozos, y la combustión en antorcha debida a circunstancias excepcionales;
  - b) el desprendimiento de gases y compuestos volátiles presentes en los fluidos y sedimentos de perforación;
  - c) las emisiones relacionadas única y directamente con el tratamiento, la manipulación o el almacenamiento de minerales de los fondos marinos; y
  - d) las emisiones de los motores diesel dedicados exclusivamente a la exploración, la explotación y el consiguiente tratamiento mar adentro de los recursos minerales de los fondos marinos.
- 3) Las prescripciones de la regla 18 del presente anexo no se aplicarán a la utilización de los hidrocarburos que se producen y utilizan ulteriormente *in situ* como combustible, cuando así lo apruebe la Administración.

## 7. PROCEDIMIENTO PARA LAS MEDICIONES DE GASES CONTAMINANTES

- 1) Las mediciones de los gases se hace con el analizador de productos de la combustión, para nuestro procedimiento utilizaremos el analizador Testo 350 – S mostrado en el figura 11:



**Figura 11. Analizador de gases TESTO 350-S <sup>87</sup>**

El testo 350-S mostrado en la figura 11, es un sistema de medición portátil para el análisis profesional de productos de la combustión. Este sistema de medición se compone de la unidad de control y el analizador de productos de la combustión (instrumento de medición).

---

<sup>87</sup> Manual de instrucciones TESTO, Unidad de Control Testo 350-S en combinación con el Analizador de Productos de la Combustión Testo 350-S/-XL, 2006

El analizador está conformado por:

a. Unidad de Control mostrada en la figura 12:



**Figura 12. Unidad de Control** <sup>88</sup>

La unidad de control mostrada en la figura 12, se usa para controlar, leer y programar el analizador.

b. Conexiones/interfaces de la unidad de control mostradas en la figura 13:



**Figura 13. Conexiones/interfaces de la Unidad de Control** <sup>89</sup>

<sup>88</sup> Idem

<sup>89</sup> Idem

c. Analizador de productos de la combustión se mostrado en la figura 14:



**Figura 14. Analizador de productos de la combustión <sup>90</sup>**

El analizador de productos de la combustión mostrado en la figura 14 sirve para hacer las lectoras de los gases.

d. Indicadores de LED de estado del analizador mostrado en la figura 15:

---

<sup>90</sup> Idem



Los LEDs de estado indican el estado del analizador de productos de la combustión:

Estado	Indicación
<b>Alimentación (LED ①):</b>	
Conexión a red	verde/fijo
Funcionamiento mediante batería (batería completamente cargada)	verde/parpadeante
Funcionamiento mediante batería (carga baja)	rojo/parpadeante
Recarga de la batería, instrumento	off
<b>Modo (LED ②):</b>	
Medición	verde/fijo
Aire fresco/cero	verde/parpadeante
Error	rojo/parpadeante
<b>Recarga de la batería (LED ③):</b>	
Recarga de las baterías (recarga rápida)	verde/parpadeante
Batería llena, carga de compensación	verde/fijo

**Figura 15. Analizador de productos de la combustión <sup>91</sup>**

Los LEDs de estado de la figura 15 indican el estado del analizador de productos de la combustión.

e. Conexiones/interfaces del analizador mostrado en la figura 16:



- ① Zócalo para conexión a red (110/230 V 50/60 Hz)
- ② Datos: Interfaces para componentes del sistema (Bus de datos Testo)
- ③ Entrada de aire para dilución (opción de ampliación del rango de medición de CO)
- ④ Alarma/disparador: Interface para señal de alarma/disparador
- ⑤ Zócalo para sonda de temperatura ambiente (TA)/Temperatura T2
- ⑥ Zócalo para sonda de temperatura de los productos de la combustión (TH)/Temperatura T1
- ⑦ Conexiones para gases (p.ej. sonda de productos de la combustión, tubo Pitot)

**Figura 16. Conexiones/interfaces del analizador <sup>92</sup>**

<sup>91</sup> Idem

<sup>92</sup> Idem



Las conexiones/interfaces del analizador sirven para conectar las diferentes entradas enumeradas en la figura 16.

f. Sonda de producto de la combustión mostrada en la figura 17:



**Figura 17. Sonda de productos de la combustión <sup>93</sup>**

La sonda de producto de la combustión mostrada en la figura 17 es el dispositivo utilizado para la recepción de los gases de combustión en el escape del motor.

### **Uso del Analizador Testo 350 – s**

El analizador puede realizar las siguientes tareas o aplicaciones:

- Mantenimiento/configuración de plantas de combustión industriales (sistemas de procesos, plantas energéticas)
- Comprobación de emisiones y verificación del cumplimiento de las normativas vigentes sobre emisiones durante la instalación/mantenimiento de calderas/hornos en el sector industrial.
- Mediciones en turbinas/motores de gas de cualquier tipo

El analizador no es apto para el uso:

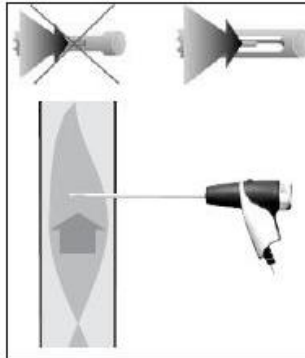
- En mediciones en continuo.
- Como un aparato de seguridad (alarma).

---

<sup>93</sup> Idem

2) Para hacer las mediciones se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- a. Que el motor al que se le va hacer las mediciones de los gases esté a su plena marcha, con el fin de obtener resultados de condiciones normales de trabajo.
- b. Configurar la unidad de control con datos tales como: idioma, fecha y hora, combustible, visualización de pantalla e impresora, antes de hacer la medición.
- c. Se debe tener en cuenta en el momento de hacer la medición la alineación de la sonda de productos de la combustión como se muestra en la figura 18:



**Figura 18. Alineación de la sonda**

Como se puede apreciar en la figura 18 la dirección del vástago debe de ser perpendicular al flujo de la emisión para que este pase correctamente a través del termopar.

d. Se espera a que el analizador detecte la emisión y la analice esto se confirma con el LED 2 (mostrado en la figura 15) que esté de color verde. El análisis debe durar un promedio de 3 minutos.

e. Luego de que el analizador haya hecho el análisis se da la opción imprimir en la unidad de control.

f. Luego de tener la impresión de los niveles de contaminantes analizados se tomarán las medidas necesarias al respecto.

## 8. CÁLCULOS DE EMISIONES CONTAMINANTES PARA LOS BUQUES (NODRIZA)

Antes de empezar hacer los cálculos debemos de tener presente que el Tipo de motor que se encuentra en los buques (Nodriza) es CATERPILLAR C12 RATING A de 340 BHP 1800 rpm como lo podemos apreciar en la figura 19 con sus datos técnicos y su consumo de combustible:

**C12**

**RATINGS AND FUEL CONSUMPTION**


	mhp	bhp	bkW	rpm	U.S. g/h	l/hr	EPA regs.	EU regs.
A	345	340	254	1800	16.6	62.9	T2C	IW/CC2
B	390	385	287	1800	18.6	70.4	T2C	IW/CC2
C	460	454	339	2100	22.0	83.1	T2C	IW/CC2
C	497	490	366	2300	24.0	91.0	NC	RCD
D	578	570	425	2300	27.9	105.8	NC	RCD
E	609	600	448	2300	29.3	111.0	NC	RCD

	LE	H	WE
min.	62 in/1574 mm	39.5 in/1005 mm	38.1 in/969 mm
max.	62 in/1574 mm	39.5 in/1005 mm	38.1 in/969 mm

**In-line 6, 4-Stroke-Cycle Diesel**

Aspiration	TA	
Bore x Stroke	5.1 x 5.9 in	130 x 150 mm
Displacement	732 cu in	12 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Engine dry weight (approx)	2588 lb	1174 kg



Click image for larger view  
of the Cat C12 Propulsion Engine

Figura 19. Motor del Buque (Nodriza) <sup>94</sup>

<sup>94</sup> <http://marine.cat.com/cda/layout?f=200499&m=214803&x=7>

Por otra parte se tiene la ecuación general para el cálculo de emisiones la podemos ver en la fórmula 2 a continuación:

$$E = A \times EF \times (1-ER/100)$$

**Formula 2. Ecuación general para El calculo de emisiones <sup>96</sup>**

Donde:

- E = emisión;
- A = Tasa de Actividad; (Medida de rendimiento o consumo)
- EF = Factor de emisión
- ER= Eficiencia de reducción de emisiones, %

### 8.1 Calculo de emisión CO<sub>2</sub>

- Primeros obtenemos el valor EF en la tabla 12 para Diesel y emisión CO<sub>2</sub>:

Pollutant	Gasoline Fuel (SCC 2-02-003-01, 2-03-003-01)		Diesel Fuel (SCC 2-02-001-02, 2-03-001-01)		EMISSION FACTOR RATING
	Emission Factor (lb/hp-hr) (power output)	Emission Factor (lb/MMBtu) (fuel input)	Emission Factor (lb/hp-hr) (power output)	Emission Factor (lb/MMBtu) (fuel input)	
NO <sub>x</sub>	0.011	1.63	0.031	4.41	D
CO	6.96 E-03 <sup>d</sup>	0.99 <sup>d</sup>	6.68 E-03	0.95	D
SO <sub>x</sub>	5.91 E-04	0.084	2.05 E-03	0.29	D
PM-10 <sup>b</sup>	7.21 E-04	0.10	2.20 E-03	0.31	D
CO <sub>2</sub> <sup>c</sup>	1.08	154	1.15	164	B
Aldehydes	4.85 E-04	0.07	4.63 E-04	0.07	D
TOC					
Exhaust	0.015	2.10	2.47 E-03	0.35	D
Evaporative	6.61 E-04	0.09	0.00	0.00	E
Crankcase	4.85 E-03	0.69	4.41 E-05	0.01	E
Refueling	1.08 E-03	0.15	0.00	0.00	E

a Referencias 2,5-6,9-14. Cuando sea necesario, un promedio de frenado el consumo específico de combustible (BSFC) de 7,000 Btu/hp-hr fue usado para convertir de lb/MMBtu a lb/hp-hr. A convertir de lb/hp-hr a kg/kwhr, multiplicado por 0.608. A convertir de lb/MMBtu a ng/J, multiplicado por 430. SCC = Fuente código de clasificación. TOC = total de compuestos orgánicos.

b PM-10 = partículas inferior o igual a 10:μm diámetro aerodinámico. Todas las partículas es asumido como # 1 :μm en tamaño.

c Asumir el 99% de conversión de carbono en los combustibles a las emisiones de CO<sub>2</sub> con 87% de peso de carbono en Diesel, el 86% de peso de carbono en la gasolina, el promedio de BSFC de 7,000 Btu/hp-hr, diesel poder calorífico de 19,300 Btu/lb, y gasolina poder calorífico de 20,300 Btu/lb.

d en vez de 0.439 lb/hp-hr (Potencia de salida) y 62.7 lb/mmBtu (combustible de entrada), los correctos factores de emisión son los valores 6.96 E-03 lb/hp-hr (Potencia de salida) and 0.99 lb/mmBtu (combustible de entrada), respectivamente. Esta es una corrección de la redacción. **Marzo 24, 2009**

**Tabla 12. Factor de emisión para motores Diesel y a Gasolina<sup>97</sup>**

<sup>96</sup> Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42)

<sup>97</sup> Sección 3.3 - Gasoline and Diesel Industrial Engines, Tabla 3.3-1 del Manual EPA -42.

Tenemos que:

$$EF= 1.15 \text{ lb/hp.h}$$

- Para el valor de (A) que sería el consumo del motor tenemos en la figura 19:

$$A= 340 \text{ hp}$$

- Para el valor de ER, consideramos que no hay eficiencia de reducción de emisiones ya que no existe en el motor de los Buques (Nodriza) un dispositivo o tecnología que reduzca ningún tipo de emisión, por lo tanto:

- $ER=0$

Ahora hallamos la emisión  $CO_2$  reemplazando los valores respectivos en la formula 2:

$$E_{CO_2} = A \times EF \times (1-ER/100) = (340 \text{ hp}) \times (1.15 \text{ lb/hp.h}) \times (1-0/100)$$

$$E_{CO_2} = (340 \text{ hp}) \times (1.15 \text{ lb/hp.h}) \times (1)$$

$$E_{CO_2} = 391 \text{ lb/h}$$

## 8.2 Calculo de emisión CO

- Se busca el EF en la Tabla 12 para Diesel y emisión CO:

Tenemos que:

$$EF= 6.68 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}$$

- Para el valor de (A) que sería el consumo del motor tenemos en la figura 19:

$$A= 340 \text{ hp}$$

- Para el valor de ER, consideramos que no hay eficiencia de reducción de emisiones ya que no existe en el motor de los Buques (Nodriza) un dispositivo o tecnología que reduzca ningún tipo de emisión, por lo tanto:

- $ER=0$

Ahora hallamos la emisión  $CO_2$  reemplazando los valores respectivos en la formula 2:

$$E_{CO} = A \times EF \times (1-ER/100) = (340 \text{ hp}) \times (6.68 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}) \times (1-0/100)$$

$$E_{CO} = (340 \text{ hp}) \times (6.68 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}) \times (1)$$

$$E_{CO} = 2.27 \text{ lb/h}$$

### 8.3 Calculo de NO<sub>x</sub>

- Se busca el EF en la Tabla 12 para Diesel y emisión NO<sub>x</sub>:

Tenemos que:

$$EF = 0.031 \text{ lb/hp.h}$$

- Para el valor de (A) que sería el consumo del motor tenemos en la figura 19:

$$A = 340 \text{ hp}$$

- Para el valor de ER, consideramos que no hay eficiencia de reducción de emisiones ya que no existe en el motor de los Buques (Nodriza) un dispositivo o tecnología que reduzca ningún tipo de emisión, por lo tanto:

- **ER=0**

Ahora hallamos la emisión CO<sub>2</sub> reemplazando los valores respectivos en la formula 2:

$$E_{NOx} = A \times EF \times (1 - ER/100) = (340 \text{ hp}) \times (0.031 \text{ lb/hp.h}) \times (1 - 0/100)$$

$$E_{NOx} = (340 \text{ hp}) \times (0.031 \text{ lb/hp.h}) \times (1)$$

$$E_{NOx} = 10.54 \text{ lb/h}$$

### 8.4 Calculo de SO<sub>x</sub>

- Se busca el EF en la Tabla 12 para Diesel y emisión SO<sub>x</sub>:

Tenemos que:

$$EF = 2.05 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}$$

- Para el valor de (A) que sería el consumo del motor tenemos en la figura 19:

$$A = 340 \text{ hp}$$

- Para el valor de ER, consideramos que no hay eficiencia de reducción de emisiones ya que no existe en el motor de los Buques (Nodriza) un dispositivo o tecnología que reduzca ningún tipo de emisión, por lo tanto:

- **ER=0**

Ahora hallamos la emisión CO<sub>2</sub> reemplazando los valores respectivos en la formula 2:

$$E_{SOx} = A \times EF \times (1-ER/100) = (340 \text{ hp}) \times (2.05 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}) \times (1-0/100)$$

$$E_{SOx} = (340 \text{ hp}) \times (2.05 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}) \times (1)$$

$$E_{SOx} = 0.697 \text{ lb/h}$$

### 8.5 Calculo de PM10

- Se busca el EF en la Tabla 12 para Diesel y PM10:

Tenemos que:

$$EF = 2.20 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}$$

- Para el valor de (A) que sería el consumo del motor tenemos en la figura 19:

$$A = 340 \text{ hp}$$

- Para el valor de ER, consideramos que no hay eficiencia de reducción de emisiones ya que no existe en el motor de los Buques (Nodriza) un dispositivo o tecnología que reduzca ningún tipo de emisión, por lo tanto:

- **ER=0**

Ahora hallamos la emisión CO<sub>2</sub> reemplazando los valores respectivos en la formula 2:

$$E_{SO2} = A \times EF \times (1-ER/100) = (340 \text{ hp}) \times (2.20 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}) \times (1-0/100)$$

$$E_{SO2} = (340 \text{ hp}) \times (2.20 \times 10^{-3} \text{ lb/hp.h}) \times (1)$$

$$E_{PM10} = 0.748 \text{ lb/h}$$

Los Valores obtenidos anteriormente para cada emisión son:

$$E_{CO_2} = 391 \text{ lb/h}$$

$$E_{CO} = 2.27 \text{ lb/h}$$

$$E_{NO_x} = 10.54 \text{ lb/h}$$

$$E_{SO_x} = 0.697 \text{ lb/h}$$

$$E_{PM_{10}} = 0.748 \text{ lb/h}$$

Luego se necesita convertir estos valores a ppm excepto PM10 que se convertirá a  $\text{g/m}^3$  para compararlos con la tabla 8 de valores permisibles, para esto se tienen las siguientes formulas 3, 4, 5, 6,7 de conversión:

Para CO2:

$$\text{lb/h} = \text{PPM} \times \frac{0.0749 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times \text{DSCFM} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{20}{29.95}$$

**Formula 3. Conversión lb/h a ppm de CO<sub>2</sub><sup>98</sup>**

Para CO:

$$\text{lb/h} = \text{PPM} \times \frac{0.0749 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times \text{DSCFM} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{20}{29.95}$$

**Fórmula 4. Conversión lb/h a ppm de CO<sup>99</sup>**

---

<sup>98</sup>AIR CALCULATIONS AND CONVERSIONS GUIDE, AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION, 1994

<sup>99</sup>Idem



Para NO<sub>x</sub>:

$$lb/h = PPM \times \frac{0.0749 lb}{ft^3} \times DSCFM \times \frac{60 \text{ min}}{h} \times \frac{50}{29.95}$$

**Fórmula 5. Conversión lb/h a ppm de NO<sub>x</sub><sup>100</sup>**

Para SO<sub>x</sub>:

$$lb/h = PPM \times \frac{0.0749 lb}{ft^3} \times DSCFM \times \frac{60 \text{ min}}{h} \times \frac{64}{29.95}$$

**Fórmula 6. Conversión lb/h a ppm de SO<sub>x</sub><sup>101</sup>**

Para PM<sub>10</sub>:

$$lb/h = g/ft^3 \times \frac{lb}{7000 gr} \times DSCFM \times \frac{60 \text{ min}}{h}$$

**Fórmula 7. Conversión lb/h a g/ft<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub><sup>102</sup>**

El termino DSCFM (Dry cubic feet per minute at standard conditions) ó ft<sup>3</sup> secos por minuto en condiciones estándar de emisión, por lo tanto lo calculamos de una manera teórica e ideal suponiendo que la cantidad de gases totales que se generan en cada cilindro de los pistones del motor se expulsan en la misma cantidad sin considerar ningún tipo de pérdidas producidas en el proceso de combustión:

---

<sup>100</sup>Idem

<sup>101</sup>dem

<sup>102</sup>Idem

De la figura 19 tenemos que el desplazamiento del motor es de  $12L = 0.42 \text{ ft}^3$  y las revoluciones es de 1800rpm multiplicando estos dos valores obtenemos el DSCFM por lo tanto:

$DSCFM = 0.42 \text{ ft}^3 \times 1800 \text{ rpm} = 756 \text{ DSCFM}$  reemplazando este valor en las formulas anteriormente mostradas tenemos:

- Para  $CO_2$  reemplazando los valores en la fórmula 3 tenemos:

$$3911 \text{ lb/h} = PPM_{CO_2} \times \frac{0.0749 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times 756 \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{46}{29.95} = 5218.14$$

$$PPM_{CO_2} = 0.075$$

- Para  $CO$  reemplazando los valores en la fórmula 4 tenemos:

$$2.27 \text{ lb/h} = PPM_{CO_2} \times \frac{0.0749 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times 756 \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{52}{29.95} = 5898.7$$

$$PPM_{CO_2} = 0.0003$$

- Para  $NO_x$  reemplazando los valores en la fórmula 5 tenemos:

$$10.54 \text{ lb/h} = PPM_{NO_x} \times \frac{0.0749 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times 756 \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{50}{29.95} = 5671.9$$

$$PPM_{NO_x} = 0.0018$$

- Para  $SO_x$  reemplazando los valores en la fórmula 6 tenemos:

$$0.697 \text{ lb/h} = PPM_{SOx} \times \frac{0.0749 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times 756 \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{64}{29.95} = 217437.6$$

$$PPM_{SOx} = 0.0000032$$

- Para PM10 reemplazando los valores en la fórmula 7 tenemos:

$$0,748 \text{ lb/h} = g / \text{ft}^3 \times \frac{\text{lb}}{7000 \text{ gr}} \times 756 \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} = 6,48$$

$$g / \text{ft}^3_{PM10} = 0.115 \text{ g} / \text{ft}^3 = 3.84 \text{ g} / \text{m}^3$$

Resultados:

Como se pudo observar ninguno de los valores calculador analíticamente sobre pasan los niveles permisible estipulados en la tabla 8, lo que nos lleva la conclusión de que teóricamente el motor CATERPILLAR C12 RATING A de 340 BHP utilizado en el buque tipo Nodriza se encuentra bajos los niveles permisibles de emisión adoptado por la RESOLUCIÓN 0601 del 2006 el 4 de abril de la República de Colombia.

## 9. CONCLUSIONES

Se deja claro los principales componentes del Diesel Marino que con ayuda de reacciones térmicas y químicas en el proceso de combustión, son los causantes del surgimiento de los gases contaminantes. De manera precisa y concisa se presentaron cada uno de los gases que intervienen en el proceso de combustión de los motores Diesel destacando cuales son los no contaminantes y cuáles son los contaminantes, de estos últimos se destacó las consecuencias que estos causan en el medio ambiente y los problemas que generan en la salud de los seres vivos, con el fin de advertir, enseñar y crear conciencia sobre el daño enorme que estos gases están haciendo en nuestro mundo.

Se presentaron las normas vigentes que rigen en Colombia sobre los niveles permisibles según el DAMA en la resolución 775 del 2000, por medio de la ecuación UCA y Tablas sustentadas con valores avalados por DAMA se puede saber en qué grado de contaminación se encuentra un motor y por medio de los límites permisibles de gases contaminantes tomar correcciones correspondientes en cada caso. Se mostraron los avances tecnológicos y las posiciones positivas que adoptan algunos países y empresas frente a esta problemática dando a conocer que si existen países y personas preocupadas seriamente sobre la contaminación de las emisiones de los motores Diesel de los buques.

De manera explicativa y descriptiva se presenta el convenio de MARPOL que hace la unión europea, con cada una de las reglas del anexo IV de este convenio el cual se dedica

única y exclusivamente a prevenir y reducir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

Se muestra el equipo necesario para medir estos gases contaminantes teniendo en cuenta que es el mismo Analizador de Gases que se encuentra actualmente en la Universidad Tecnológica de Bolívar. Describiendo cada uno de los pasos elementales para hacer la medición.

Hicimos los cálculos necesarios para mostrar de una forma analítica cada una de las emisiones presentes en los Buques (Nodriza).

Con la realización de este trabajo se pudo mostrar de una manera descriptiva como las emisiones de los gases de los motores Diesel de los buques (Nodriza) afectan a el medio ambiente y perjudican la salud de los seres vivos, del mismo modo se muestra la forma como es posible reducir los niveles de gases contaminantes con las tecnologías necesarias y herramientas apropiadas para su análisis, cumpliendo con las normas y reglas establecidas tanto nacional como internacionalmente. Esto nos deja claro que existen posiciones positivas mundiales frente a la problemática de la contaminación atmosférica y nos motiva a contribuir y hacer parte en la construcción de un futuro ecológico, menos contaminado y comprometido con el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- MOTOR DIESEL OPERACIÓN, PRUEBA Y EVALUACIÓN, Dr. Roymond G. Wasdyke, Gerald D. Snyder, Editorial Limusa S.A, 1986
- MOTORES DIESEL MARINOS Y ESTACIONARIOS, Pedro Miranda, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona 1977.
- MANUAL DEL INGENIERO MECANICO, Baumeister y Marks, Primera Edición, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México 1978.
- THE JOHN ZINK COMBUSTION HANDBOOK, CHARLES E. BAUKAL, John Zink Company, LLC Tulsa, Oklahoma, Editorial CRS Press LLC, 2001, pag. 219
- DIPLOMADO USO RACIONAL DE LA ENERGÍA, Módulo: Combustión y Combustibles Impacto Ambiental de los Productos de la Combustión, Juan Fajardo Cuadro, ME, M.Sc.
- DAMA, resolución 775 del 16 de abril del 2000
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, COM (2002) 595 final, v volumen I.
- MARPOL 73/78, International Maritime Organization (IMO), ALBERT EMBANKMENT, London SE1 7SR, Editorial Bookcraft (Bath) Ltd. 2002.
- Resolución 2 de la Conferencia MARPOL de 1997: Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos.

- Resolución MEPC.82(43) Directrices para la vigilancia del contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques, aprobada el 1 de julio de 1999.
- Manual de instrucciones TESTO, Unidad de Control Testo 350-S en combinación con el Analizador de Productos de la Combustión Testo 350-S/-XL, 2006
- Resolución 80195 de Ministerio de Minas de Colombia, Febrero 9 de 1999 e ISO 8217
- Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42)
- ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES, Julio 2003
- Sección 3.3 - Gasoline and Diesel Industrial Engines, Tabla 3.3-1 del Manual EPA - 42

#### Sitios Web:

- <http://www.biodisol.com/medio-ambiente/tipos-de-gases-producidos-en-la-combustion-y-sus-consecuencias-energias-renovables-contaminantes-medio-ambiente-efecto-invernadero/>
- [http://www.ubp.edu.ar/todoambiente/salud/contaminacion\\_aire.html](http://www.ubp.edu.ar/todoambiente/salud/contaminacion_aire.html)
- <http://www.prodigyweb.net.mx/degcorp/utomoc/Oxigeno.htm>
- [http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical\\_science/chemistry/utomo\\_dioxide.sp.html&edu=high](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical_science/chemistry/utomo_dioxide.sp.html&edu=high)

- <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/convertir-el-dioxido-de-carbono-en-gasolina-sera-posible-en-2016>
- <http://www.lenntech.com/utomoc/tabla-peiodica/n.htm>
- <http://www.medio-ambiente.info/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=346>
- [http://www.pucpr.edu/facultad/itorres/utomoc\\_ambiental/Di%C3%B3xido%20de%20azufre.pdf](http://www.pucpr.edu/facultad/itorres/utomoc_ambiental/Di%C3%B3xido%20de%20azufre.pdf)
- [http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical\\_science/chemistry/utomo\\_monoxi\\_de.sp.html&edu=high](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical_science/chemistry/utomo_monoxi_de.sp.html&edu=high)
- <http://www.textoscientificos.com/utomoc/hidrocarburos>
- <http://www.textoscientificos.com/node/610>
- <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28131.htm>
- <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28098.htm>
- <http://www.lenntech.com/utomoc/tabla-peiodica/H.htm>
- [http://www.atmosfera.cl/HTML/utomocion\\_a/nubes2.htm](http://www.atmosfera.cl/HTML/utomocion_a/nubes2.htm)
- <http://www.ecologismo.com/2008/08/12/gases-del-efecto-invernadero-vapor-de-agua-h2o/#more-520>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Vapor\\_de\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Vapor_de_agua)
- <http://www.biodisol.com/medio-ambiente/tipos-de-gases-producidos-en-la-combustion-y-sus-consecuencias-energias-renovables-contaminantes-medio-ambiente-efecto-invernadero/>



- <http://www.invdes.com.mx/anteriores/Julio2000/htm/conthidr.html>
- <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=216&conID=37375>
- <http://www.amazings.com/ciencia/noticias/191108b.html>
- <http://www.todomonografias.com/images/2006/11/7437.gif>
- <http://www.todomonografias.com/utomoci3n-y-mecanica-del-automovil/convertidor-catalitico/>
- [http://www.icb.csic.es/fileadmin/grupos/CombustionValorizacion/Poster\\_Arquimedes\\_SRC.pdf](http://www.icb.csic.es/fileadmin/grupos/CombustionValorizacion/Poster_Arquimedes_SRC.pdf)
- <http://www.cat.com/cda/files/333622/9/PEHJ0175.pdf>
- <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19983>
- <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21969>
- [http://www.airinfonow.com/espanol/html/ed\\_co.html](http://www.airinfonow.com/espanol/html/ed_co.html)
- [http://www.airinfonow.org/espanol/html/ed\\_particulate.html](http://www.airinfonow.org/espanol/html/ed_particulate.html)
- <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias1998/A3-079.pdf>
- <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol323.htm>
- <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28131.htm>
- <http://www.derechomaritimo.info/pagina/marpol.htm>
- <http://marine.cat.com/cda/layout?f=200499&m=214803&x=7>

## ANEXOS

### Anexo A. Modelo de CERTIFICADO INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (IAPP)

#### CERTIFICADO INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Expedido en virtud de lo dispuesto en el Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978, (en adelante llamado "el Convenio"), con la autoridad conferida por el Gobierno de:

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

por .....

*(título oficial completo de la persona u organización competente autorizada en virtud de lo dispuesto en el Convenio)*

Nombre del buque	Número o letras distintivos	Número IMO	Puerto de matrícula	Arqueo bruto

Tipo de buque:  buque tanque  
 otro tipo

SE CERTIFICA:

1. que el buque ha sido objeto de reconocimiento, de conformidad con lo dispuesto en la [regla 5 del Anexo VI del Convenio](#); y
2. que el reconocimiento ha puesto de manifiesto que el equipo, los sistemas, los accesorios, las instalaciones y los materiales cumplen plenamente las prescripciones aplicables del Anexo VI del Convenio.

El presente certificado es válido hasta el ..... a condición de que se realicen los reconocimientos prescritos en la regla 5 del Anexo VI del Convenio.

Expedido en .....

*(lugar de expedición del certificado)*

el .....

*(fecha de expedición)*

.....  
*(firma del funcionario debidamente autorizado)*

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

### REFRENDO DE RECONOCIMIENTOS ANUALES E INTERMEDIOS

SE CERTIFICA que en el reconocimiento efectuado de conformidad con lo prescrito en la [regla 5 del Anexo VI](#) del Convenio, se ha comprobado que el buque cumple las disposiciones pertinentes del Convenio.

Reconocimiento anual: Firmado .....  
*(firma del funcionario debidamente autorizado)*

Lugar .....

Fecha .....

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

Reconocimiento anual\*/intermedio\*: Firmado .....  
*(firma del funcionario debidamente autorizado)*

Lugar .....

Fecha .....

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

Reconocimiento anual\*/intermedio\*: Firmado .....  
*(firma del funcionario debidamente autorizado)*

Lugar .....

Fecha .....

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

Reconocimiento anual: Firmado .....  
*(firma del funcionario debidamente autorizado)*

Lugar .....

Fecha .....

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

\* Téchese según proceda.

**SUPLEMENTO DEL CERTIFICADO INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (CERTIFICADO IAPP)**

**CUADERNILLO DE CONSTRUCCIÓN Y EQUIPO**

Conforme a lo dispuesto en el Anexo VI del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978, (en adelante llamado "el Convenio").

*Notas:*

- 1 El presente cuadernillo acompañará permanentemente al Certificado IAPP. El Certificado IAPP estará disponible a bordo del buque en todo momento.
- 2 Cuando el idioma utilizado en el cuadernillo original no sea el español, el francés o el inglés, se incluirá en el texto una traducción a uno de estos idiomas.
- 3 En las casillas se pondrá una cruz (x) si la respuesta es "sí" o "aplicable" y un guión (-) si la respuesta es "no" o "no aplicable", según corresponda.
- 4 A menos que se indique lo contrario, las reglas mencionadas en el presente cuadernillo son las reglas del Anexo VI del Convenio y las resoluciones o circulares son las aprobadas por la Organización Marítima Internacional.

**1 Pormenores del buque**

- 1.1 Nombre del buque .....
- 1.2 Número o letras distintivos .....
- 1.3 Número IMO .....
- 1.4 Puerto de matrícula .....
- 1.5 Arqueo bruto .....
- 1.6 Fecha en que se colocó la quilla o en que el buque se hallaba en una fase equivalente de construcción.....
- 1.7 Fecha en que comenzó la transformación importante del motor (si procede) (regla 13): .....



## 2 Control de las emisiones de los buques

### 2.1 Sustancias que agotan la capa de ozono (regla 12)

2.1.1 Los siguientes sistemas y equipos de extinción de incendios que contienen halones pueden continuar en servicio:.....

Sistema/equipo	Ubicación a bordo

2.1.2 Los siguientes sistemas y equipos que contienen CFC pueden continuar en servicio:.....

Sistema/equipo	Ubicación a bordo

2.1.3 Los siguientes sistemas que contienen hidroclorofluorocarbonos (HCFC) instalados antes del 1 de enero del año 2020, pueden continuar en servicio: .....

Sistema/equipo	Ubicación a bordo

### 2.2 Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) (regla 13)

2.2.1 Los siguientes motores diesel con una potencia de salida superior a 130 kW, instalados en un buque construido el 1 de enero del año 2000 o posteriormente, se ajustan a las normas sobre emisiones del apartado 3) a) de la regla 13 de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los  $NO_x$  .....

Fabricante y modelo	Número de serie	Utilización	Potencia de salida (kW)	Velocidad de régimen (rpm)

2.2.2 Los siguientes motores diesel, con una potencia de salida superior a 130 kW, que han sido objeto de una transformación importante, según la definición del párrafo 2) de la regla 13, el 1 de enero del año 2000 o posteriormente, se ajustan a las normas sobre emisiones del apartado 3) a) de la regla 13, de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> .....

Fabricante y modelo	Número de serie	Utilización	Potencia de salida (kW)	Velocidad de régimen (rpm)

2.2.3 Los siguientes motores diesel, con una potencia de salida superior a 130 kW e instalados en un buque construido el 1 de enero del año 2000 o posteriormente, o con una potencia de salida superior a 130 kW y que hayan sido objeto de una transformación importante según la definición del párrafo 2) de la regla 13, el 1 de enero del año 2000 o posteriormente, están dotados de un sistema de limpieza de los gases de escape o de otros métodos equivalentes, de conformidad con el párrafo 3) de la regla 13 y con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> .....

Fabricante y modelo	Número de serie	Utilización	Potencia de salida (kW)	Velocidad de régimen (rpm)

2.2.4 Los siguientes motores diesel, indicados en 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3 *supra* están dotados de dispositivos de vigilancia y registro de las emisiones de NO<sub>x</sub>, de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> .....

Fabricante y modelo	Número de serie	Utilización	Potencia de salida (kW)	Velocidad de régimen (rpm)

**2.3 Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) (regla 14)**

2.3.1 Cuando se explota el buque dentro de una zona de control de las emisiones de SO<sub>x</sub> especificada en el párrafo 3) de la regla 14, éste utiliza:

- .1 fueloil con un contenido de azufre que no excede del 1,5% masa/masa, según consta en las notas de entrega de combustible; o .....
- .2 un sistema aprobado de limpieza de los gases de escape para reducir las emisiones de SO<sub>x</sub> a menos de 6,0 g de SO<sub>x</sub>/kW h; o .....
- .3 otra técnica aprobada para reducir las emisiones de SO<sub>x</sub> a menos de 6,0 g de SO<sub>x</sub>/kW h .....

**2.4 Compuestos orgánicos volátiles (COV) (regla 15)**

2.4.1 El buque tanque cuenta con un sistema de recogida del vapor, instalado y aprobado de conformidad con la circular MSC/Circ.585.....

**2.5 El buque tiene un incinerador:**

- .1 que cumple lo prescrito en la resolución MEPC.76(40) enmendada .....
- .2 instalado antes del 1 de enero del año 2000 que no cumple lo prescrito en la resolución MEPC.76(40) enmendada.....

SE CERTIFICA que el presente cuadernillo es correcto en todos los aspectos

Expedido en .....  
(lugar de expedición del cuadernillo)

.....  
(fecha de expedición)

.....  
(firma del funcionario  
autorizado que expida el cuadernillo)

(sello o estampilla  
de la autoridad)

## Anexo B. Norma Euro 5

Emisiones procedentes de los coches Diésel:

- monóxido de carbono: 500 mg/km;
- partículas: 5 mg/km (o una reducción del 80 % de las emisiones respecto de la norma Euro 4);
- óxidos de nitrógeno (NOx): 180 mg/km (o una reducción del 20 % de las emisiones respecto de la norma Euro 4);
- emisiones combinadas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno: 230 mg/km.

Emisiones procedentes de los coches de gasolina o que funcionan con gas natural o con GLP:

- monóxido de carbono: 1 000 mg/km;
- hidrocarburos no metanos: 68 mg/km;
- hidrocarburos totales: 100 mg/km;
- óxidos de nitrógeno (NOx): 60 mg/km (o una reducción del 25 % de las emisiones respecto de la norma Euro 4);
- partículas (únicamente para los coches de gasolina de inyección directa que funcionan con combustión pobre): 5 mg/km (introducción de un límite que no existía en la norma Euro 4).

En lo que respecta a las camionetas y otros vehículos comerciales ligeros destinados al transporte de mercancías, el Reglamento incluye tres categorías de valores límite de las emisiones en función de la masa de referencia del vehículo: inferiores a 1 305 kg, entre 1 305 kg y 1 760 kg, y superiores a 1 760 kg. Los límites aplicables a esta última categoría valen también para los vehículos destinados al transporte de mercancías (categoría N2).<sup>94</sup>

---

<sup>94</sup> <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28186.htm>



## **Anexo C. Art. 1 Protocolo de Montreal**

### ARTICULO 1: DEFINICIONES

4. Por "sustancia controlada" se entiende una sustancia enumerada en el anexo A al presente Protocolo, bien se presente aisladamente o en una mezcla. Sin embargo, no se considerará sustancia controlada cualquier sustancia o mezcla de ese tipo que se encuentre en un producto manufacturado, salvo si se trata de un contenedor utilizado para el transporte o almacenamiento de la sustancia enumerada en el anexo.

### ANEXO A: SUSTANCIAS CONTROLADAS

Grupo Sustancia Potencial de Agotamiento del ozono\*

#### Grupo I

CFCL3 CFC-11 1,0  
CF2CL2 CFC-12 1,0  
C2F3CL3 CFC-113 0,8  
C2F4CL2 CFC-114 1,0  
C2F5CL CFC-115 0,6

#### Grupo II

CF2BRCL (halon-1211) 3,0  
CF3BR (halon-1301) 10,0  
C2F4BR2 (halon-2402)

\*(Se determinara posteriormente)

Estos valores de potencial de agotamiento del ozono son estimaciones basadas en los conocimientos actuales y serán objeto de revisión y examen periódicos.

FIRMANTES:

EN TESTIMONIO DE LO CUAL LOS INFRASCRITOS DEBIDAMENTE AUTORIZADOS A ESE EFECTO HAN FIRMADO EL PRESENTE PROTOCOLO.

HECHO EN MONTREAL, EL DIECISÉIS DE SEPTIEMBRE DE MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y SIETE.

