

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

**EMISIONES PRODUCIDAS EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO.
EFECTOS SOBRE LOS TRABAJADORES DE ABORDO.
PROCESO DE COMBUSTIÓN.
PARÁMETROS INFLUYENTES EN LAS EMISIONES.
MODELOS DE CÁLCULO ENERGÉTICO EN EL TRANSPORTE
MARÍTIMO Y EN PUERTOS DE MAR.**



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES

- 1.1.- ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.
- 1.2.- LOS CONTAMINANTES
- 1.3.- LOS EFECTOS EN LA SALUD Y EL ECOSISTEMA
- 1.4.- EL PROCESO DE COMBUSTIÓN. EL OPERADOR.
- 1.5.- PARÁMETROS INFLUYENTES
- 1.6.- INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
- 1.7.- ZONAS DE CONTROL MEDIOAMBIENTAL

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO

- 2.1.- CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR
LA CONTAMINACIÓN POR BUQUES. ANEXO VI MARPOL
- 2.2.- METODOLOGIA BOTTON UP



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES

1.- ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. EMISIONES.

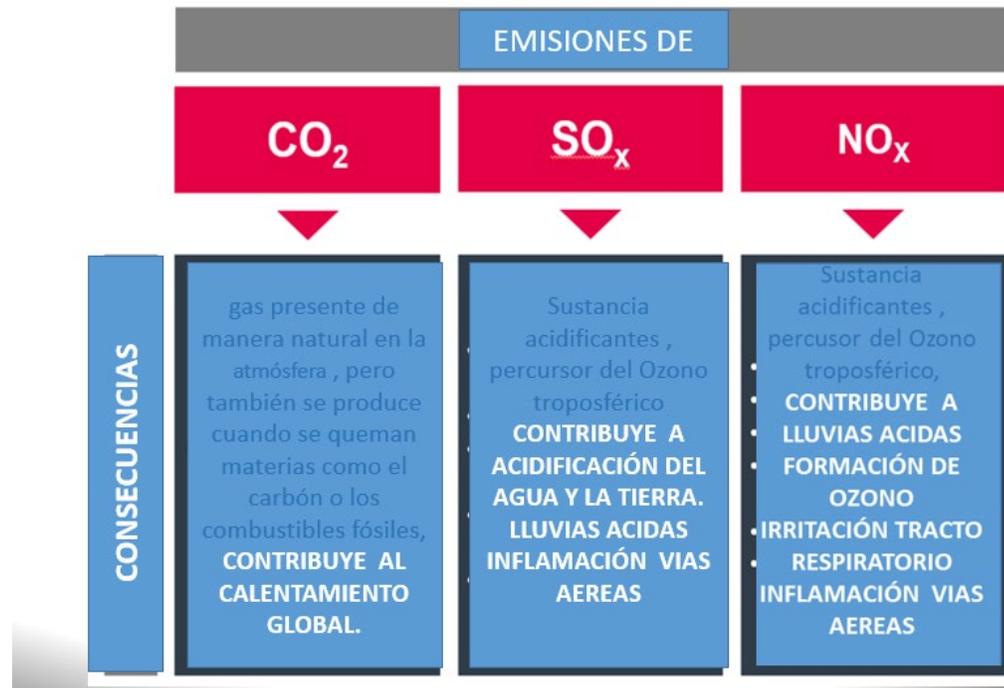
Focos antropogénicos de emisión primaria:

Focos fijos	Industriales	Procesos industriales/ PUERTOS
		Instalaciones fijas de combustión
	Domésticos	Instalaciones de calefacción
Focos móviles	Vehículos automóviles	
	Aeronaves	
	BUQUES	
Focos compuestos	Aglomeraciones industriales	
	Áreas urbanas	

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN
NO _x (NO y NO ₂)	Óxidos de nitrógeno expresados en masa de NO ₂
N ₂ O	Óxido nitroso
SO _x (SO y SO ₂)	Óxidos de azufre expresados en masa de SO ₂
CO	Monóxido de carbono
CO ₂ (no contaminante)	Dióxido de carbono

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES



Efectos sobre el ecosistema



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

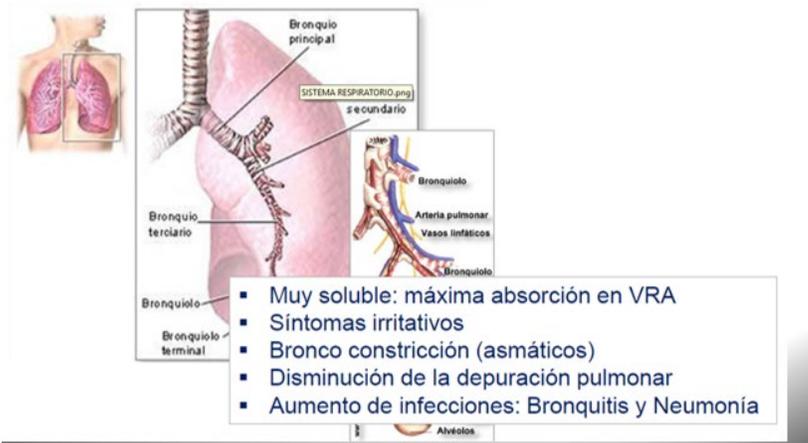
1.- LA EMISIONES

Efectos
sobre la
salud

Dióxido de azufre:

Opacidad en la córnea. Dificultad para respirar. Inflamación de las vías respiratorias. Irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas. Alteraciones psíquicas. Edema pulmonar. Paro cardíaco. Colapso circulatorio

→ Efectos en la salud SO_x



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

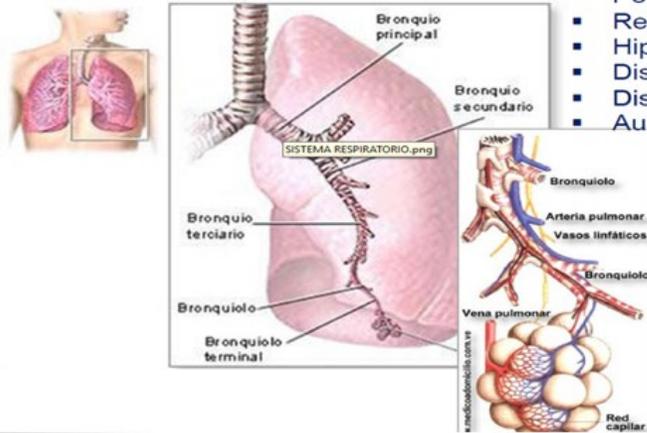
1.- LA EMISIONES

Efectos
sobre la
salud

Óxidos de nitrógeno:

Efectos sobre la salud: Problemas respiratorios.

→ Efectos en la salud NOx



- Poco soluble: llega a vías inferiores
- Reacciones inflamatorias
- Hipereactividad bronquial
- Disminución función pulmonar
- Disnea, tos, asma...
- Aumento infecciones respiratorias

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

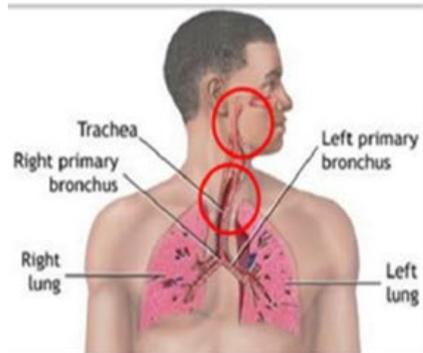
1.- LA EMISIONES

Efectos
sobre la
salud

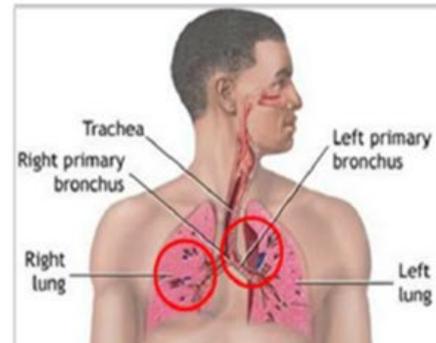
Material Particulado:

Problemas respiratorios.

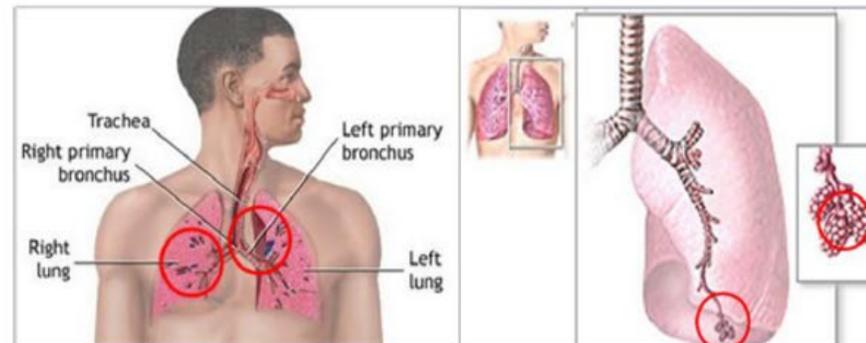
Además de los indicados, están las partículas ultrafinas, menor de 0,1 Unidades en micras, milésimas de milímetro, llegan al torrente respiratorio y órganos.



PM 10-PM 2,5 FRACCIÓN TORÁCICA
Laringe, faringe y tráquea



PM 2,5 GRUESO RESPIRABLE
Bronquios y bronquiolos



PM 2,5-PM 0,1 FINO
Bronquios, bronquiolos, alveolos

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES

Datos necesarios para el control de los impactos del clima en la salud y los ecosistemas

PRESIONES Y TEMPERATURAS EXTRAMAS
FENOMENOS METEOROLÓGICOS...NÚMEROSOS
VECTORES

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS
ALIMENTOS Y EL AGUAOTROS VECTORES

CRUZAR LO ANTERIOR CON

MULTITUD Y DIFERENTES REGISTROS Y
RESULTADOS SANITARIOS

MULTITUD Y DIFERENTES MONITOREOS EN LA
POBLACIÓN Y ECOSISTEMAS



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES

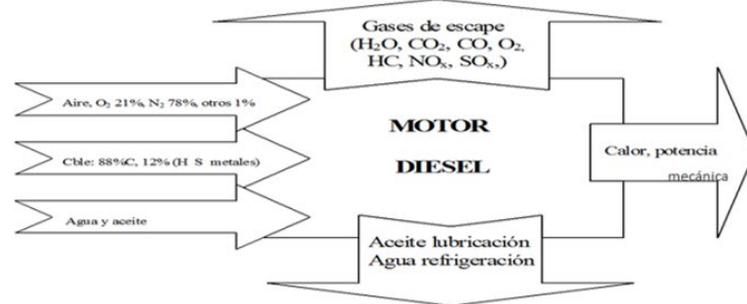
FORMACIÓN DE LAS EMISIONES EN EL PROCESO DE COMBUSTIÓN DE UN MOTOR

% DE CONTAMINANTES:

- a.- Tipo de accionamiento de cada motor:
 Motor encendido por chispa > CO
 Motor encendido por compresión > SO₂ (cble residuales), < CO (> Rend. Cbst).

- b.- Características del motor (Diseño);
 · Rendimiento térmico · Alta presión c.c · Alta T cc
 · Tiempo permanencia · Mezcla aire combustible
 · Carga de trabajo.

EL FLUIDO DE TRABAJO



ZONAS RICAS = +CO₂ +HC +MP +CARBONILLA -NO_x
 RAZÓN ESTEQUIOMÉTRICA TERMICOS COMBUSTIBLE NO_x COMBUSTIBLES
 ZONAS POBRES = -CO₂ -HC -MP -CARBONILLA +NO_x



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES

Parámetros influyentes en las emisiones de NO_x

DEPENDIENTES DELAIRE DE CARGA

EXCESO DE AIRE
TEMPERATURA
HUMEDAD

TEMPERATURA DEL AIRE DE BARRIDO $\downarrow T_{cc} = \downarrow NO_x$

HUMIDIFICACIÓN $> \psi \downarrow T_{cc} = \downarrow NO_x$

DEPENDIENTES DEL FLUIDO DE TRABAJO

ÍNDICE DE CETANO
CONTENIDO DE AZUFRE

EMULSIÓN DE AGUA
HUMIDIFICACIÓN
RETRASO AL ENCENDIDO $> RE = \downarrow NO_x$

PARÁMETROS DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL MOTOR

RETRASO A LA INYECCIÓN

$1 RI = \downarrow P \downarrow T_{cc} \downarrow T / = \downarrow NO_x = \uparrow G$

TIEMPO DE INYECCIÓN

$\downarrow TI = \downarrow NO_x = \uparrow G$

RELACIÓN DE COMPRESIÓN

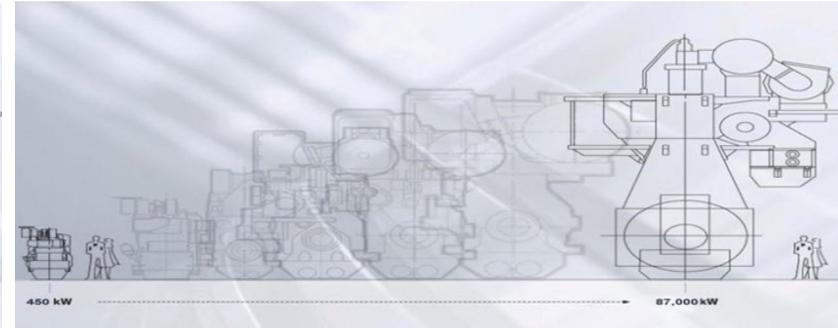
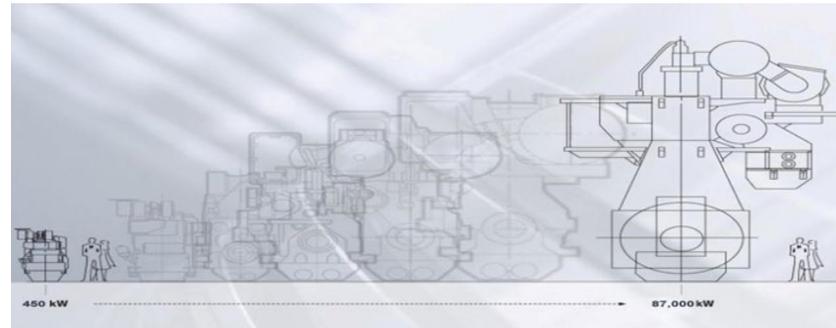
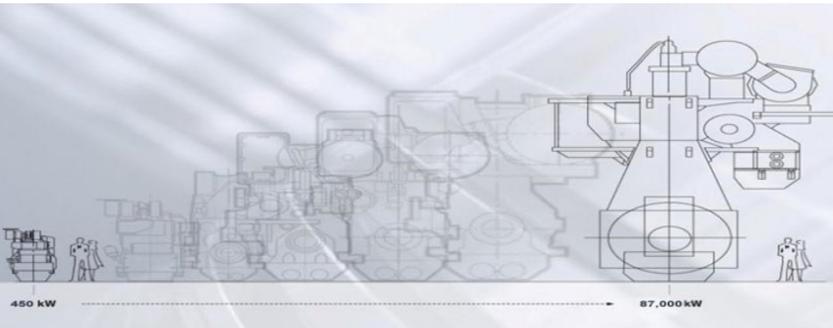
$\uparrow RC = \uparrow P_{max} \uparrow T_{cc} = \uparrow NO_x \uparrow Ren$

PRESIÓN DE COBUSTIÓN

$\downarrow P_{cob} = \downarrow T_{cc} = \downarrow NO_x \downarrow Ren$

INYECTORES Y TOBERAS

FORMA CÁMARA COMBUSTIÓN



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES

Investigación y Desarrollo de las casas Constructoras para reducir las emisiones

RETRASO A LA INYECCIÓN

SULZER

Common Rail, para motores de dos tiempos.

MENOR CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE

MAYOR DURABILIDAD DE LAS TOBERAS PULVERIZADORAS A ALTAS PRESIONES



TIEMPO DE INYECCIÓN

No se tiene conocimiento de que exista ninguna casa constructora que emplee únicamente el retraso en el comienzo de la inyección como único elemento de reducción de NO_x ya que es perjudicial para el rendimiento.

PRESIÓN DE COMBUSTIÓN

WARTSILA

Consigue regular P_{cb} y $\downarrow NO_x$ desde 15 a 10 g/kW-h \downarrow del G en un 4%.

INYECTORES Y TOBERAS

MAN B&W

Motores lentos, optimiza la tobera. $\downarrow NO_x$ 23% y $\uparrow G$ 1%

CATERPILLAR

Para motores de media velocidad, $\downarrow NO_x$ de 12 a 8 g/kW-h. Sin $\uparrow G$.

CONSUMO COMBUSTIBLE

SULZER

$\downarrow NO_x$ un 25% $\uparrow G$ del 1%, empleando el método combinado de $\uparrow RC$ y \uparrow retardo a la inyección.

MÉTODOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEPENDIENTES DEL AIRE DE CARGA

TEMPERATURA DEL AIRE DE BARRIDO WARTSILA NSD CONCEPTO MILLER

CATERPILLAR MOTOREN

HUMIDIFICACIÓN MAN B&W

MÉTODOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEPENDIENTES DEL FLUIDO DE TRABAJO

EMULSIÓN DE AGUA
HUMIDIFICACIÓN

WARTSILA NSD

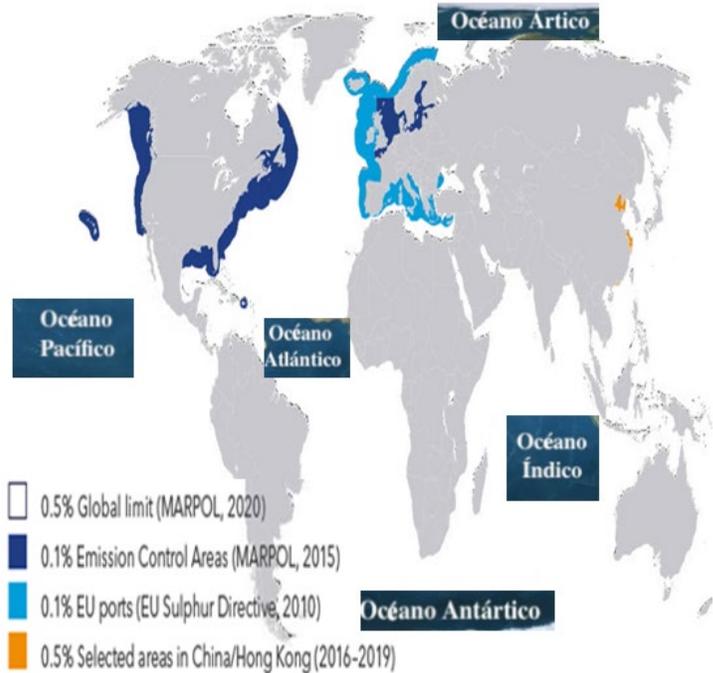
Motores de media velocidad.
Reducción de NO_x en 5 ó 6 g/kW-h.
Sin aumento de consumo combustible.

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES



las **SECAs** (**Sulphur Emission Control Areas**) son áreas donde las emisiones de azufre contaminantes producidas por la **quema de los combustibles marinos** están estrictamente controladas.



las **NECAs** (**Nitrogen Emission Control Areas**) son áreas donde las emisiones de óxidos de nitrógeno contaminantes generadas por la **quema de los combustibles marinos** están estrictamente controladas.

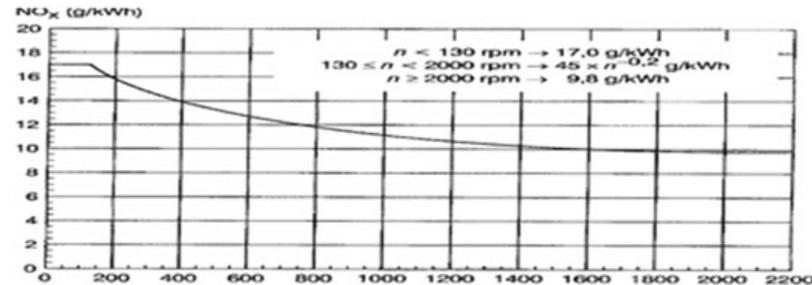
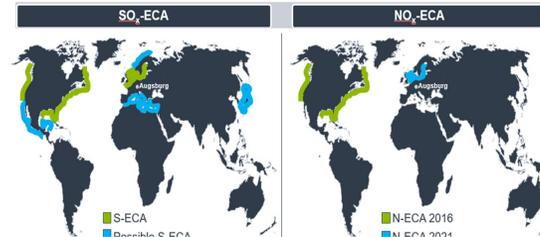


Gráfico de Emisiones máximas admisibles de NO_x en motores Diesel marinos. Donde n = velocidad de régimen del motor (revoluciones por minuto).

Regla 13: sobre el óxido de nitrógeno (NO_x)



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

1.- LA EMISIONES 2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO

TOP DOWN

- ▶ fuel consumption global
- ▶ Uncertainties
- ▶ Emission/carga factors cte

BOTTOM-UP

- ▶ Fuel consumption FOR EACH SITUATION
- ▶ Less uncertainties
- ▶ Carga/Emission factors FOR EACH SITUATION



Impacto global

Impacto local



El procedimiento empleado está basado en las metodologías propuestas por:
Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en 2013.
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en 2010

España aún no tiene publicado un inventario de emisiones contaminantes procedentes del transporte marítimo por la metodología bottom-up

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO

MÉTODO TOP DOWN

Emisiones_{gases efecto invernadero} = Consumo combustible x Factor de Emisión

Consumo combustible: Toneladas consumidas en el periodo estudiado

Factor de Emisión	(t-CO ₂ /t-Fuel)
DIÉSEL (MDO)	3.206000
GAS OIL LIGERO(MGO)	3.151040
COMBUSTIBLE RESIDUAL(RO)	3.114400
PROPANO	3.000000
BUTANO	3.030000
GAS NATURAL	2.750000

BUQUES

PUERTOS

MÉTODO BOTTOM-UP

$$E = MCR \times LF \times A \times EF$$

Automatic identification system (AIS)

Lloyd's database Fairplay

E = Emisiones totales procedentes del motor/es, g.

MCR = Potencia continua máxima, kW

LF = Factor de carga(-)

A = Tiempo de actividad, horas

EF = Factor de emisión, gkWh⁻¹

BUQUES

PUERTOS

Equipos de medida reales



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO

MÉTODO BOTTOM-UP



MAIN ENGINES EMISSIONS	AUXILIARY ENGINES EMISSIONS	SHAFT GENERATORS / MOTORS EMISSIONS	EFFICIENCY TECHNOLOGIES
$\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{MEij} \cdot SFC_{MEij} \cdot C_{PME} \right)$	$+ (P_{AE} \cdot C_{PAE} \cdot SFC_{PAE})$	$+ \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPT} P_{PTij} - \sum_{i=1}^{noff} f_{offij} \cdot P_{AEoffij} \right) C_{PAE} \cdot SFC_{PAE}$	$- \left(\sum_{i=1}^{noff} f_{offij} \cdot P_{offij} \cdot C_{PME} \cdot SFC_{PME} \right)$

MAIN ENGINES EMISSIONS	AUXILIARY ENGINES EMISSIONS	SHAFT GENERATORS / MOTORS EMISSIONS	EFFICIENCY TECHNOLOGIES
$\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{MEij} \cdot SFC_{MEij} \cdot C_{PME} \right)$	$+ (P_{AE} \cdot C_{PAE} \cdot SFC_{PAE})$	$+ \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPT} P_{PTij} - \sum_{i=1}^{noff} f_{offij} \cdot P_{AEoffij} \right) C_{PAE} \cdot SFC_{PAE}$	$- \left(\sum_{i=1}^{noff} f_{offij} \cdot P_{offij} \cdot C_{PME} \cdot SFC_{PME} \right)$

MAIN ENGINES EMISSIONS	AUXILIARY ENGINES EMISSIONS	SHAFT GENERATORS / MOTORS EMISSIONS	EFFICIENCY TECHNOLOGIES
$\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{MEij} \cdot SFC_{MEij} \cdot C_{PME} \right)$	$+ (P_{AE} \cdot C_{PAE} \cdot SFC_{PAE})$	$+ \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPT} P_{PTij} - \sum_{i=1}^{noff} f_{offij} \cdot P_{AEoffij} \right) C_{PAE} \cdot SFC_{PAE}$	$- \left(\sum_{i=1}^{noff} f_{offij} \cdot P_{offij} \cdot C_{PME} \cdot SFC_{PME} \right)$

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO BUQUES

MÉTODO BOTTOM-UP



PASO 1: DEFINIR UN AREA SOMETIDO A ESTUDIO

PASO 2: DEFINIR EL TRANSITO DE BUQUES

PASO 3:

Cálculo del **CONSUMO DE ENERGÍA** (MP) y (MA)

Cálculo de las **EMISIONES PRODUCIDAS** (MP) y (MA)





CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO BUQUES

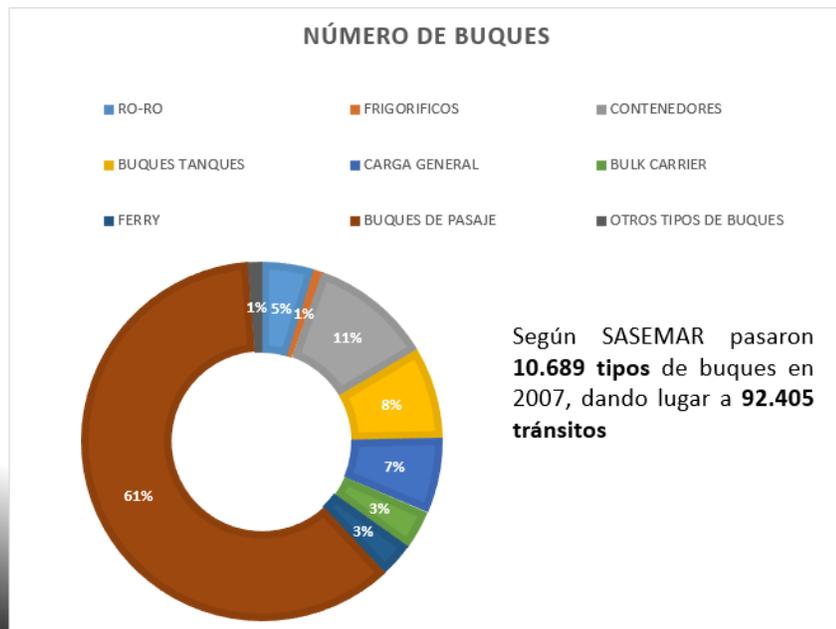
MÉTODO BOTTOM-UP

PASO 2: DEFINIR EL TRANSITO DE BUQUES

PASO 3:

Cálculo del CONSUMO DE ENERGÍA (MP) y (MA)
Cálculo de las EMISIONES PRODUCIDAS (MP) y (MA)

Tránsito de buques por el Estrecho de Gibraltar, por tipo de buque:



TIPO DE BUQUE	NÚMERO DE TRÁNSITOS
Bulk carrier	3.265
Carga general	6.257
Buque tanque	7.650
Contenedor	10.145
Ferry	2.871
Pasaje	56.077
Ro-Ro	4.258
Frigorífico	778
Resto	1.146
Total	92.405

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO

MÉTODO BOTTOM-UP

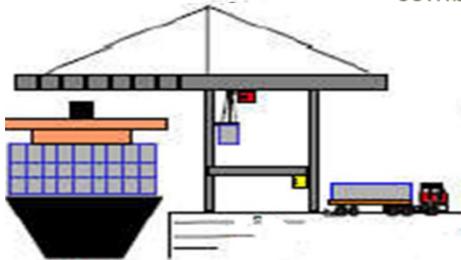
DATOS NECESARIOS PARA BUQUES
VARIABLE PARA CADA MODO
EMISIONES = $\Sigma (P \times LF \times EF \times T)$

- Número de viajes y características del barco (Potencia, FC y FE MMPP, Velocidad de crucero).
- Distancia Navegada
- Potencia y Factor de MMAA
- Factor de carga de los MMAA
- Fact. Ajuste a bajas cargas MMPP
- Tiempo en maniobra
- Tiempo atracado

ESTIMAR LAS EMISIONES DE LA MAQUINARIA
PARA MOVER LA CARGA EN PUERTO

$$E = Pop \times EF \times HP \times LF \times Act \times FCF$$

E = emisiones (toneladas)
Pop = población de equipo
EF = factor de emisión, (g/ ph o g / kWh)
HP = potencia nominal para el equipo
LF = factor de carga
Actividad horaria
FCF = factor de corrección de combustible.



Las variables fundamentales que pueden afectar al factor de emisión son:

El tipo de motor (SSD o MSD)

La carga del motor (%)

El tipo de combustible (RO, MD o MGO)

El estado de mantenimiento del motor (presión de inyección, sincronización, presión y temperatura del aire de carga, y estado de conservación de las toberas)

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

2.- LOS MODELOS DE CÁLCULO

MÉTODO BOTTOM-UP

CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN PARA ESTOS EQUIPOS

$$EF = ZH + (DR \times CH)$$

ZH = VALOR DE LAS EMISIONES DE UN EQUIPO EN CONDICIONES DE DISEÑO.

DR = tasa de deterioro.

CH = Horas trabajo/A

▶ RONGO DE DETERIORO

$$DR = (DF \times ZH) / CH$$

- ▶ DF = aumento porcentual de las emisiones al final de la vida útil (%)
- ▶ ZH = tasa de emisión cuando el motor es nuevo
- ▶ CH = Horas trabajo/A



CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

REFLESIÓN

- ¿Se va a continuar emitiendo pese a los avances tecnológicos?
- ¿Se debe continuar con la concienciación sobre las emisiones?
- ¿Se debería concienciar aún más a los operadores de M Térmicas?
- ¿Continuarán los efectos de la emisiones en los ecosistemas y salud?
- ¿Se avanza con las Regulaciones Medioambientales?
- ¿Se deberían establecer criterios específicos para los Inventarios?

INCERTIDUMBRES

CÓMO INFLUYE EL MANTENIMIENTO DE BUQUES EN LA CALIDAD DEL AIRE

vanesa.duran@uca.es