

ÍNDICE

Proyecto NOx

| | |
|--|-----------|
| 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 4 |
| 1.1. Antecedentes | |
| 1.2. Objetivos específicos | |
| 1.3. Selección de los buques | |
| 1.4. Tareas realizadas | |
| 1.5. Participantes | |
| 1.6. Financiación | |
| 2. EL ANÁLISIS DE LA REGLAMENTACIÓN | 7 |
| 2.1. Contexto general | |
| 2.2. La Normativa Internacional | |
| 2.3. Presente y futuro de la limitación de las distintas emisiones | |
| 2.3.1. Los compuestos de Carbono: CO ₂ | |
| 2.3.2. Los compuestos de Nitrógeno (NO _x) | |
| 2.3.3. Los compuestos de Azufre SO _x | |
| 2.3.4. Otras emisiones. Las partículas sólidas (PM) | |
| 3. LAS PRUEBAS EN BUQUES EXISTENTES | 16 |
| 3.1. Metodología aplicada | |
| 3.2. Equipamiento | |
| 3.3. Características de los buques analizados | |
| 3.4. Descripción de las pruebas | |
| 4. COMPARATIVA Y ANÁLISIS DE LOS DATOS. CONCLUSIONES | 20 |
| a) Niveles de emisión actuales | |
| b) Recomendaciones de funcionamiento y eficiencia energética | |
| c) Riesgos a futuro por limitaciones en emisiones | |
| d) Conclusiones y recomendaciones finales | |

1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.- ANTECEDENTES

El proyecto responde a una doble necesidad del sector pesquero español, la preocupación por la rentabilidad, amenazada por los altos precios del gasoil marino, y la necesidad de dar respuesta a la creciente sensibilidad medioambiental a todos los niveles, que se traduce en medidas para limitar la contaminación atmosférica con cambios en la normativa nacional e internacional, también costosos para el sector.

Las actuaciones se han centrado en el seguimiento de la situación específica de un segmento homogéneo de la flota pesquera española, incluyendo la medición de emisiones de gases en buques activos.



Aunque los acuerdos internacionales para limitar emisiones y luchar contra el cambio climático, hayan dejado de momento a un lado las precedentes de la navegación mundial, por la dificultad inherente a su cálculo y asignación por zonas y países, esta situación lógicamente evolucionará en un futuro próximo, obligando a los buques a adoptar mejoras medioambientales, que impliquen una reducción progresiva en las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera.

1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El proyecto se enmarca en la declaración de FEOPE denominada “Iniciativa Ahorro”, cuyo propósito general es concienciar a los profesionales del sector pesquero de la necesidad de gestionar y utilizar la energía de forma eficiente.

En la presentación inicial del mismo se enunciaban cinco objetivos más específicos y concretos, que también pueden considerarse como cumplidos:

- Evaluar la situación actual de la flota seleccionada en cuanto a contaminación por gases de escape en el marco de la normativa actual y futura.
- Detectar y evaluar las emisiones excesivas detectadas, y analizar sus causas.
- Estudiar posibles mejoras orientadas a corregir el exceso de emisiones en los casos críticos.
- Evaluación de los perfiles operativos de los diferentes tipos de buques y el efecto de las condiciones de trabajo sobre las emisiones contaminantes.
- Elaborar recomendaciones de futuro para el trabajo de la flota.

1.3.- SELECCIÓN DE LOS BUQUES

El criterio utilizado para selección de los buques a estudiar ha sido centrarse en las flotas con mayor exposición a las dos vertientes del problema: la contaminación atmosférica y las dificultades económicas de explotación debidas a la subida de los precios de los combustibles líquidos.

Por el área especialmente sensible en que operan se han elegido los buques de aguas comunitarias, –la zona del atlántico noroeste es ya candidata a Zona de Protección de Emisiones – y, dentro de estas flotas, los arrastreros, que son los que tienen un mayor consumo individual, y los que han visto disminuir su rentabilidad en mayor medida, al llegar a representar en los mismos la partida de combustible hasta un 50% de sus costes de explotación.

El proyecto se ha dirigido pues, a las flotas de arrastre que faenan en el área de NE-AFC (“GRAN SOL”), donde operan unos 100 buques, el Litoral Cantábrico Noroeste, que cuenta con 123 embarcaciones, y la costa de Portugal, zona para la que, en 2009, había un censo de 29 buques.

De cada una de estas flotas se ha seleccionado un número de buques representativo de las mismas, a los cuales se les realizan las mediciones objeto de este proyecto con el fin de obtener un diagnóstico general de la emisión de gases contaminantes de estas flotas. Así, tal como estaba previsto en el proyecto han participado un total de 14 arrastreros, 9 de Gran Sol, 1 de la Costa de Portugal y 4 de Litoral Cantábrico NO.

Se ha tratado de tener en cuenta también en la selección la representatividad de los mismos respecto al grueso de cada flota y que se trate de buques susceptibles de tener suficiente vida útil, por lo que sólo se han analizado buques de hasta 15 años y, dentro de que la participación de los armadores es totalmente voluntaria, se ha buscado en lo posible un equilibrio de edades puesto que la fecha de construcción del motor es importante en la problemática analizada.



1.4.- TAREAS REALIZADAS

En consonancia con los objetivos indicados, las tareas a realizar fueron repartidas en dos bloques:

- “Análisis de la legislación vigente y de los compromisos internacionales ya asumidos o en estudio, que pudieran llegar a afectar a la flota pesquera en relación con la limitación de las emisiones de motores diesel marinos”.
- “Mediciones a bordo, en una parte significativa de la flota seleccionada, siguiendo las recomendaciones y técnicas desarrolladas por el IMO, y haciendo un análisis general de las emisiones y condiciones funcionamiento de los motores”.

En los apartados siguientes se describe el desarrollo de los trabajos realizados en cada una de las tareas y las conclusiones obtenidas.

1.5.- PARTICIPANTES

El proyecto ha sido desarrollado por las organizaciones proponentes: La Federación Española de Organizaciones Pesqueras (Feope), que ha actuado además como coordinador, la empresa Electromecánica Naval e Industrial, S.A., (Emensa), cabeza de un grupo industrial muy involucrado en los temas de investigación en eficiencia energética, y la Cooperativa de Armadores del Puerto de Vigo (Arvi)



También se ha contado con la colaboración de los armadores y las tripulaciones de los 14 buques en los que se han realizado las pruebas y de la Confederación Española de Pesca (CEPESCA) que, aunque inició su actividad con posterioridad al comienzo del proyecto, ha contribuido también a la realización del mismo.

1.6.- FINANCIACIÓN

La financiación de los costes elegibles del proyecto ha corrido a cargo de la Secretaría General de Pesca Marítima, que aprobó el mismo al amparo de la convocatoria de subvenciones al desarrollo tecnológico pesquero y acuícola, según Orden de bases AP/2041/2007, y Orden de convocatoria APA/2861/2007 de 14 de septiembre.

2.- EL ANÁLISIS DE LA REGLAMENTACIÓN

El resultado del desarrollo de esta tarea ha sido un documento que recoge una descripción general de las distintas regulaciones, su origen, perspectivas y consecuencias, analizando los frentes más importantes para nuestros buques, y cuyo contenido se resume a continuación.

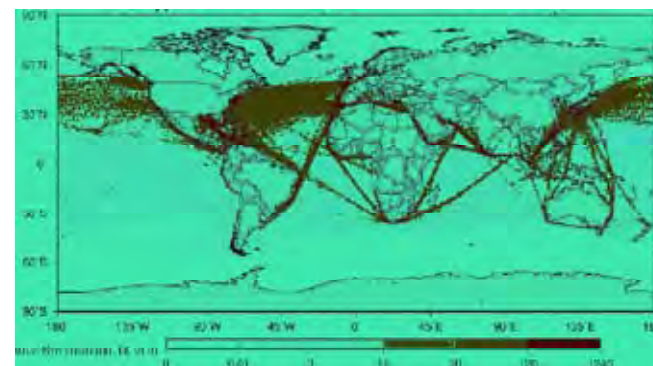
2.1.- CONTEXTO GENERAL

En casi todos los países existe una preocupación creciente por el aumento de la contaminación y sus consecuencias, que está llevando a la adopción de medidas de protección y control que afectan a casi todas las actividades industriales.

Sin embargo, el Protocolo de Kyoto cuyo objetivo –no alcanzado– era una reducción del 8% en las emisiones de los gases responsables del efecto invernadero para el año 2010, excluía del objetivo general de reducción al transporte aéreo y marítimo.

En el mismo se indicaba que: “Las Partes incluidas en el Anexo I procurarán limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, generadas por los combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional trabajando por conducto de la Organización de Aviación Civil Internacional y la Organización Marítima Internacional, respectivamente”. Consecuentemente no se fijaron para el transporte marítimo cuotas obligatorias de reducción de emisiones, pero se encargó a la OMI desarrollar normas a medio plazo.

La razón que justifica este tratamiento especial para la contaminación tanto atmosférica como marina, que generan todos los usuarios del mar (la navegación internacional, la de cabotaje, la pesca, los buques de servicios especiales o militares, y la náutica deportiva y de recreo), son los obstáculos específicos para su regulación y control, debidos principalmente a las dificultades que supone su cálculo y asignación por países, requisito necesario para la adopción de medidas, que a su vez deben tener carácter multilateral.



Al quedar la generación de normas en manos de foros internacionales, se producen choques entre la presión de los países más sensibilizados, que urgen a imponer limitaciones estrictas, y los países en desarrollo, que no aceptan fácilmente nada que implique un freno a su crecimiento.

En este tipo de organismos internacionales multilaterales, cada parte contratante lucha por defender sus intereses y ello incrementa la dificultad del trabajo y ralentiza las tareas, al tiempo que hace que las reglamentaciones resultantes sean complejas, al igual que el proceso de su aprobación y entrada en vigor. Además, la impaciencia de algunos países suele traducirse en la aparición de limitaciones unilaterales, con importantes consecuencias para la competitividad de las industrias de los países afectados.

2.2.- LA NORMATIVA INTERNACIONAL

El Organismo encargado de generar la normativa relacionada con la contaminación marina en general, y en particular de la procedente de las emisiones de gases por el transporte marítimo, es la Organización Marítima Internacional (OMI-IMO), que es una agencia especializada de la ONU con sede en Londres.

La actividad del IMO es mucho más amplia de lo que se refiere a la contaminación marina y así, esta institución ha realizado o gestiona más de 20 convenios internacionales relacionados con la navegación. La Unión Europea no es parte contratante, aunque interviene en sus actividades representando a los distintos países europeos, que son quienes ratifican los Convenios.

La Reglamentación del IMO es compleja y, parte de su normativa, actúa de forma indirecta, por ejemplo la que reglamenta la calidad y composición de los combustibles disponibles en los puertos o zonas de navegación específicas donde operan los buques. Otra forma de limitar emisiones es a través de los fabricantes de los motores marinos, exigiendo en las pruebas de banco que cumplan con determinadas restricciones, con independencia de quién llegará a ser el usuario final del motor.

Por otro lado están los compromisos internacionales del IMO o directamente de la ONU, que imponen topes o limitaciones a las emisiones de gases como el CO₂, que aunque por el momento no afecten a la navegación, pueden llegar a influir en el futuro en la actividad de gran parte de los buques pesqueros, al menos de los europeos.

Este mandato al IMO ha sido renovado por la ONU en sus últimas reuniones en Copenhague (2009) y Cancún (2010) en las que se ha valorado positivamente los progresos de la Organización, y se le ha encomendado que *“continúe sus esfuerzos en pro de la reducción o limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de la navegación internacional”*.

Los principales hitos de la normativa IMO sobre contaminación marina son los siguientes:

- El **Convenio internacional MARPOL** se aprobó en 1973, pero no llegó a entrar en vigor, hasta diez años después, en 1983, tras ser renegociado con el Protocolo de 1978. Actualmente lo han ratificado 150 países que suponen el 99,14% de la flota mundial.

Inicialmente tenía 5 anexos y se ocupaba solamente de la polución marina, originada a través de la carga de los buques (Anexos I a III), por las basuras (Anexo IV) y por la contaminación por aguas sucias (Anexo V). Sus normas son obligatorias en principio sólo para los buques de más de 400 GT, que son los únicos obligados a llevar certificados, aunque los países más importantes señalan unilateralmente umbrales más bajos, que en algún caso abarcan hasta los pequeños buques de recreo.

Las reglas que contienen estos Anexos influyen en el diseño y equipamiento de los buques, pero no directamente en las emisiones a la atmósfera.



Como novedad importante cabe citar aquí la Resolución MEPC.141(54), que modifica el Anexo I (que cubre la contaminación marina por la carga transportada) y que afectará al proyecto de los pesqueros con una capacidad de combustible igual o superior a 600 m³, que se construyan o transformen después del 1 de agosto de 2010, al obligarles a disponer de doble casco de tal forma que ningún tanque de combustible limite con el exterior.

- El **Anexo VI**, dedicado a la contaminación atmosférica, fue aprobado mediante protocolo de 1997 y entró en vigor en 2005. Ha sido suscrito hasta ahora solamente por 58 países que suman el 83,87% de la flota mundial y, para las emisiones de gases de escape de motores marinos, establece:
 - Límites a las emisiones de óxidos de azufre (SO_x) y de nitrógeno (NO_x) de los escapes de los buques (Regla 13)
 - Un límite mundial inicial del 4,5% en peso en el contenido de azufre del fuel-oil marino (Regla 18)
 - Posible establecimiento de Zonas de Control de emisiones de SO_x con límites inferiores (Regla 14)

- El **Código técnico sobre los NOx** es un documento del IMO, adoptado también en 1997, que concreta los conceptos técnicos necesarios para la aplicación de la normativa y para posibilitar reconocimientos y certificaciones. En particular se fijan las metodologías para la homologación de motores fabricados en serie –incorporando las definiciones de familias o grupos de motores–, y los procedimientos a seguir para mediciones y ensayos, tanto en banco de pruebas como a bordo de buques.
- La **Revisión de 2008 del Anexo VI y el código NOx**, suponen un endurecimiento de la reglamentación respecto al texto adoptado en 2005, y las nuevas normas están entrando en vigor a partir del 1 de Julio de 2010.
- El escaso margen de tiempo existente – 6 meses – entre la entrada en vigor del Anexo VI revisado, y la aplicación de nuevos procedimientos para fabricación de motores marinos, a partir del 1 de enero de 2011, ha obligado al IMO, a sacar una **Circular con directrices interinas** para regular estos procedimientos en ese intervalo.

Como se ha indicado, la UE, aunque publica de vez en cuando normativa o recomendaciones propias, no pertenece directamente al IMO, por lo que la transposición a la normativa española de estos acuerdos internacionales se hace mediante su publicación en el BOE.

En los anexos de esta parte del proyecto se recogen las versiones actualizadas (casi todas en castellano) de los distintos acuerdos generados por el IMO, como el Convenio MARPOL y sus respectivas revisiones, los Códigos técnicos NOx, y las diferentes certificaciones que ya son obligatorias o van a serlo en un futuro próximo.

2.3.- PRESENTE Y FUTURO DE LA LIMITACIÓN DE LAS DISTINTAS EMISIONES

Se ha revisado por separado el presente y previsiones de futuro de la reglamentación relativa a las principales emisiones de los motores diesel marinos y en particular las relativas a los compuestos de Carbono (CO₂, CO, HC), los de Nitrógeno (NOx) y los de azufre (SOx y sulfuros), así como las partículas (PM).

2.3.1.- Los compuestos de Carbono: CO₂

El CO₂ es el producto típico de la combustión de los hidrocarburos y aparece en una proporción del 9%, o sea algo más de 0,6 kg por kw/h producido, que es notablemente superior a su presencia natural en la atmósfera.

Aunque se manejan cifras dispares, según los estudios del IMO, la navegación es responsable del 3,35%, de las emisiones mundiales de CO₂ y en esta cifra el cabotaje y la pesca participarían con un 0,6%.

No hay muchos datos cuantitativos respecto a la pesca aunque estimaciones de expertos de la IEA calculan que las emisiones de CO₂ de la industria pesquera mundial eran



en 2007, de 20 millones de tdas., frente a los 1.000 millones del resto de la flota mundial, o sea aproximadamente un 2%.

Hay una gran dificultad inherente al cálculo ya se haga vía las estadísticas de ventas o tomas, como índice del consumo total de combustibles marinos, o estimando la actividad por zonas de la flota mundial como hace últimamente la

OMI, y más aún para realizar una asignación de las emisiones por zonas y países.

Como aspectos positivos para la pesca está el que usa preferentemente combustibles ligeros, cuyas emisiones son más limpias, y que el volumen total de emisiones debería estar en declive, dado el continuo y generalizado descenso que están sufriendo las principales flotas mundiales, especialmente las de gran altura, desde los años 80.

A pesar de la falta de consenso internacional para calcular y asignar las emisiones marinas es de esperar que en los próximos años aparezcan de una u otra forma limitaciones o topes multilaterales o unilaterales a la emisión de CO₂ por buques.

Es significativo al respecto recordar que el Consejo de la UE de 21-10-2009, dio un año de plazo a la OMI para lograr un acuerdo multilateral, que debería entrar en vigor en 2011. De no ser así, la UE iniciaría limitaciones unilaterales, y las propuestas iniciales prevén lograr para 2020 una reducción global de las emisiones de CO₂ del sector marítimo del 20% sobre los niveles de 2005.

También la Decisión 406/2009/CE indica que: “En el caso de que los Estados miembros no hayan adoptado, para el 31 de diciembre de 2011, ningún acuerdo internacional en el marco de la OMI, que incluya las emisiones marítimas internacionales en sus objetivos de reducción, o si la Comunidad no ha adoptado tal acuerdo en el marco de la CMNUCC, la Comisión debe presentar una propuesta para incluir las emisiones marítimas internacionales en los objetivos de reducción de la Comunidad con vistas a la entrada en vigor del pacto propuesto para 2013”.

La fecha de referencia que se pueda llegar a adoptar en una medida de este tipo, podría tener gran repercusión, ya que si se toma una fecha reciente, no se estaría valorando debidamente las reducciones de flota y los esfuerzos realizados para mejorar la eficiencia hechos en los últimos años.

2.3.2.- Los compuestos de Nitrógeno (NOx)

A las altas temperaturas que se alcanzan en las cámaras de combustión de los cilindros de los motores diesel, el nitrógeno –en condiciones normales inerte– se combina formando óxidos de nitrógeno que son una fuente importante de preocupación por sus efectos perjudiciales para la salud humana y para las plantas, y a los que se considera responsables de la lluvia ácida.

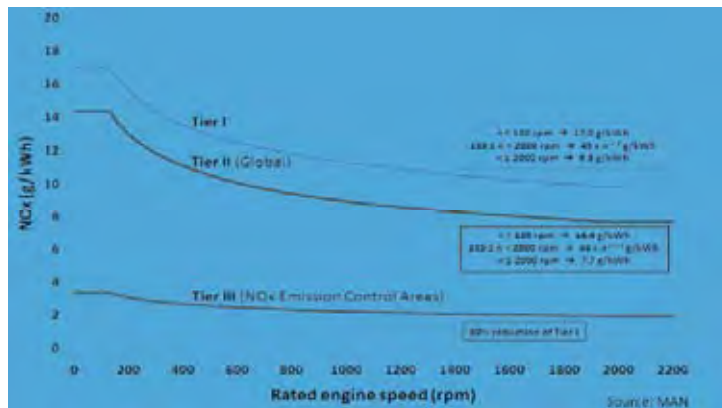
Un estudio de la UE estimaba las emisiones totales de NOx procedentes de buques en aguas de la UE en 3,6 millones de Tns., de las que 62.000, o sea un 2%, se asignaban a pesqueros.

Se calcula que 100°C de aumento en la temperatura de combustión, triplican el NOx producido, y por ello, pequeños desajustes en la sincronización o en la inyección de los motores marinos, conllevan una notable elevación en los niveles de NOx.

Consecuentemente, las revisiones y mejoras en el ajuste de las condiciones de trabajo de los motores – tarea desarrollada en la segunda parte del proyecto para los buques participantes - suelen tener un efecto aún mayor que en el caso del CO₂, y el IMO habla de variaciones de hasta un +/- 4%.

Las actuaciones del IMO para el control del NOx se han dirigido en este caso a mejorar el diseño de los motores marinos para lograr una combustión mejor y más uniforme, que evite los picos elevados de temperatura. Los primeros cambios entraron en vigor el año 2000, de forma que, desde esa fecha, los motores salen de fábrica certificados para los niveles máximos fijados.

Estos cambios de diseño perjudican el rendimiento de los motores diesel, estimándose que esas medidas iniciales han supuesto pérdidas globales de eficiencia de un 5%.



Con la aprobación de las modificaciones al Anexo VI, adoptadas por el IMO en 2008, la normativa que prohíbe el funcionamiento de motores diesel marinos instalados en buques que incumplan los máximos niveles admisibles queda como sigue:

Los requerimientos para el control de emisiones se aplican solo a los motores mayores de 130kW instalados en buques construidos con posterioridad al 1 de Enero de 2000 y a todos los que tuvieron una gran modificación tras esa fecha.

Los límites específicos de emisiones de NOx para tales motores son los siguientes:

- 17,0 g/kW para motores con una velocidad menor a 130 rpm
- 45,0 x n(0,2) g/kW para motores con velocidad 130 < n < 2000 rpm
- 9,8 g/kW para motores con velocidad mayor a 2000 rpm

Teniendo en cuenta que, la mayoría de las medidas implican modificaciones que afectan al diseño mismo de esos motores y que estas tardan años en incorporarse a la fase de fabricación, la OMI ha definido tres niveles (o Tiers) diferentes de exigencia, en función de las rpm y la situación (ver gráfico):

- **IMO Tier I:** Establece los niveles generales actuales máximos de NOx para motores a bordo de buques construidos entre 2000 y 2010, entre los 17 g/kw/h y los 9,8 g/kw/h, dependiendo de las revoluciones nominales.
- **IMO Tier II:** Establece igualmente niveles generales para los motores de barcos que se construyan a partir de 2011, en niveles que suponen reducciones entre el 15 y el 22% sobre los anteriores, es decir niveles absolutos entre los 14,4 g/kw/h y los 7,7 g/kw/h, dependiendo de las revoluciones nominales.
- **IMO Tier III:** Impone niveles máximos para buques construidos a partir de 2016, que suponen un 80% de reducción sobre los del nivel I, y que serán aplicables solamente si el buque está operando en una zona de control de las emisiones (ECA)

La modificación del Anexo VI establece también estándares y certificaciones para los motores fabricados con anterioridad al año 2000 que antes estaban libres.

Además, como se ha dicho, el pequeño margen de tiempo existente – 6 meses – entre la entrada en vigor del Anexo VI revisado, que se ha producido el 1 de Julio de 2010, y la aplicación de los procedimientos para fabricación de motores marinos, que será a partir del 1 de enero de 2011, ha obligado a la OMI, a sacar una circular con directrices interinas para regular los procedimientos en ese intervalo.

Otro documento de interés es el nuevo código NOx del IMO, cuya revisión fue adoptada en la misma fecha, que incluye una renovación completa del anterior código con los detalles técnicos en relación a las emisiones NOx, y la descripción de los nuevos métodos de análisis, medida y control, y que entró en vigor el 01-01-2010.

2.3.3.- Los compuestos de azufre SOx

Los óxidos y otros compuestos de azufre se producen por la combinación química del azufre contenido en los combustibles con el oxígeno o el hidrógeno, por lo que, la forma más segura y eficaz de combatir las emisiones de compuestos de azufre es sencillamente, limitar el contenido de este elemento en los combustibles que se suministran en los puertos.

La última normativa del IMO al respecto se recoge en la resolución MEPC.176(58) que contiene las modificaciones al Anexo VI y ha entrado en vigor a mediados de 2010. En ella, con carácter general, se reduce del 4,5% al 3,5% el tope de contenido de azufre en los combustibles marinos, con efectos desde el 1 de Enero de 2012, y posteriormente al 0,5% en 2020, aunque la factibilidad de este objetivo final se revisará en 2018.

Mientras tanto en las zonas SECAs (Áreas de emisión controlada de SOx), que pueden abarcar hasta 200 millas de las costas, la bajada es hasta el 1% en masa con efectos a partir del 1-7-2010, y a solamente el 0,10% desde el 01-01-2015

14

La norma simplifica también el proceso para el establecimiento de nuevas Zonas de Control de Emisiones (SEC) que, a partir de ahora, podrán serlo para varios tipos de emisiones a la vez, y podrán crearse a iniciativa de cualquier parte contratante afectada.

Las zonas de aguas europeas que entran en la categoría de Zonas de Control de Emisiones de Azufre (SECA) son por el momento el Mar Báltico, el Mar del Norte y



el Canal de la Mancha, aunque existen iniciativas de la Comisión para extender estas zonas al resto del Atlántico Nororiental y al Mediterráneo, lo que debe hacerse con arreglo al procedimiento previsto en el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL y podría suceder probablemente en 2014.

Estas medidas están teniendo una gran contestación por parte de la navegación de cabotaje afectada pues las refinerías, que son las encargadas de suministrar estos combustibles más puros en los puertos afectados, trasladan a los precios el costo de cumplir la normativa.

Un estudio de 2002 encargado por la Comisión sobre el coste de reducir el contenido de azufre en el gasoil en Europa, estimaba incrementos de entre 12 y 19 €/tda., para bajar hasta 0,2% y entre 14 y 21 €/tda., para llegar al 0,1%. Es de suponer que, las industrias y buques pesqueros que trabajan en zonas en las que se exigen estos niveles, están ya soportando un sobrecoste de este orden. Por otra parte y como contrapartida podría haber ganancias en mantenimiento del motor y menores averías.

Por otra parte en nuestro país, el R.D. 1088/2010 de 04-09-2010, en aplicación de la Directiva 2009/30/CE que se refiere a la introducción de combustibles ultra-bajos en azufre para navegación en estuarios y aguas interiores, fija para estos desde el 01-01-2011, unos límites 100 veces menores (0,01 g/kg)

15

Además y de forma incorrecta, esta norma extiende su aplicación a todo el suministro del denominado “Gasoleo B”, por lo que, de no corregirse la situación, a corto plazo la industria pesquera se verá obligada a soportar por esta causa, alzas adicionales del precio del combustible, que empeorarán su situación en cuanto a su competitividad internacional.

2.3.4.- Otras emisiones. Las partículas sólidas (PM)

Además de las emisiones anteriores, los motores lanzan a la atmósfera otros productos de los que los principales son el Ozono y las partículas sólidas. Las causas que producen el Ozono son bastante comunes con las que afectan a los NOx, por lo que se supone que la regulación de éstos contribuye también a reducir el ozono.

Respecto a las PM, el desarrollo de regulaciones en esta materia se ve más lejano, sin embargo, en algunas zonas de USA la regulación de la emisión de partículas se está considerando conjuntamente con los volúmenes de NOx, y se están empezando a incorporar en el diseño de motores, elementos para limitar este tipo de emisiones.

Esta nueva línea de limitaciones combinadas en zonas específicas que abre la nueva versión del Anexo VI, será la que probablemente se imponga en el futuro, en las nuevas regulaciones.

3.- LAS PRUEBAS EN BUQUES EXISTENTES

La segunda y principal tarea del proyecto ha sido la realización de pruebas a bordo de un grupo significativo de buques en servicio, con el objetivo de comprobar el grado de cumplimiento actual de la normativa de emisiones de gases y anticipar los problemas que pudieran presentarse en un futuro próximo con el probable endurecimiento de estas normas, así como de revisar las condiciones generales de funcionamiento de los buques estudiados, para buscar fórmulas que mejoren su eficiencia energética.

3.1.- METODOLOGÍA APLICADA

El Código Técnico NOx revisado, indica la conveniencia de hacer mediciones del contenido en NOx en las emisiones de buques en servicio y, a la vez que reconoce que es algo que resulta difícil de conseguir con precisión, proporciona indicaciones sobre metodología a seguir y establece requisitos prácticos para su realización, que han sido los utilizados en el proyecto.

De los tres métodos que propone el texto del IMO para hacer las medidas, se ha elegido el segundo ya que, el primero, no incluye mediciones directas y es solamente para los motores que ya tienen certificación EIAPP de fábrica por la fecha de fabricación o porque han sufrido modificaciones y ajustes importantes, lo que no se ajusta al presente caso.

En las pruebas a bordo efectuadas se ha seguido la metodología prescrita en dicho código, en el que viene incluida la descripción del método simplificado de medida a bordo del NOx, junto a una lista de la serie de parámetros que deben registrarse durante la realización de la prueba.

3.2.- EQUIPAMIENTO

Los principales equipos utilizados para las pruebas han sido los siguientes:

- Un Analizador de gases Testo 350XL Maritime, consistente en una unidad de control, un analizador de los productos de combustión (caja analizadora) y una sonda de muestreo.
- Un Torsiómetro Binsfeld Engineering Torque Trak TT9000, para medir la potencia desarrollada por el motor.

El segundo de los equipos no estaba previsto inicialmente pero, al comenzar la preparación de los protocolos de pruebas, se vio la conve-



niencia de disponer de una medición continua de la potencia en el eje durante éstas, por lo que se consideró que era fundamental incorporar un torsiómetro para obtener unos mejores resultados en el proyecto.

El resto de los datos necesarios como, presiones, temperaturas, velocidad del buque, etc., ha sido obtenido a partir de los aparatos que lleva instalados cada buque.



3.3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS BUQUES ANALIZADOS

Como estaba previsto se han realizado pruebas en un total de 14 buques arrastreros, 9 de Gran Sol, 4 de Litoral Cantábrico Noroeste y uno de la Costa de Portugal.

Se trata de buques de menos de 15 años construidos en distintas épocas, de forma que 5 son de los años 1995-7, 8 de 1998-9, y 4 de 2001-3. Por la fecha de construcción, estos cuatro últimos son los únicos que llevan ya motores homologados de fábrica para cumplir con el "Tier I" del IMO en cuanto a emisiones de NOx.

La flota es bastante homogénea, todos los buques son arrastreros por popa con rampa de dos cubiertas y la eslora entre perpendiculares oscila entre los 32 m., del más grande a los 22 del más pequeño. Las marcas de los motores son también diferentes y suponen una buena representación de las preferencias de los armadores de estas flotas: Así, 5 son ABC, 5 Caterpillar, 3 MAK, y 1 Yanmar. La gran mayoría (11), llevan hélice de paso variable en tobera, y el resto son de paso fijo.

Los puertos base se encuentran repartidos por las rías gallegas, y así las pruebas se han realizado en la ría de Vigo (7), en la de Pontevedra (3), y en la de Arosa (3). En

casi la totalidad de los casos se ha conseguido realizarlas con mar llana, y sólo en dos ocasiones ha sido necesario hacerlas con marejadilla.

3.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS

El objetivo principal de las pruebas era la determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno procedentes de la combustión en el motor principal, relacionando este dato con la composición de los gases de combustión, la temperatura de salida de los mismos, y sobre todo la potencia desarrollada por el motor.

Aprovechando todas las posibilidades del analizador se han tomado en paralelo mediciones de otros gases como el Oxígeno, el CO₂ y el CO. En cuanto al azufre no se consideró necesario hacer medición alguna pues solamente depende del contenido original de este elemento en el combustible y este dato es conocido.

Las mediciones fueron realizadas a lo largo de algo más de un año, desde principios de 2009 hasta Marzo de 2010, tras un retraso inicial en el comienzo, debido a la demora en el acopio del analizador de gases, ya que, para hacer la definición del modelo y longitud de la sonda fue necesario revisar primero los conductos de exhaustación de todos los buques programados.

También se produjeron retrasos por causas operativas de los armadores debidas a modificaciones en el calendario de actividad de los buques, principalmente por inmovilizaciones temporales, por lo que fue necesario a veces aprovechar pequeñas rutas entre puertos o paradas por problemas técnicos para hacer las pruebas.

Siguiendo el protocolo del código NO_x, una vez instalados a bordo los equipos de medida, se navegaba con un rumbo determinado variando la potencia del motor en todo el rango de funcionamiento para construir una curva potencia-velocidad completa. En los buques con hélice de paso variable esto se hacía simplemente va-



riando el paso de la hélice, mientras en los de paso fijo, se variaban las revoluciones del Motor.

Los datos registrados, fueron los incluidos en el protocolo, y son básicamente, el lugar de las pruebas, rumbo y situación del mar, las rpm de motor y hélice, la velocidad buque, los kW desarrollados en el eje, - mediante el torsiómetro instalado al efecto en el eje de cola -, las temperaturas de cilindros, la composición gases con los porcentajes de O₂ y CO₂, y las cantidades en ppm de NO_x y CO, así como la temperatura de los gases en el conducto general y a la salida de cada cilindro.

Para convertir las medidas obtenidas de concentración de NO_x de partes por millón (ppm) a gramos por hora (gr/h), se han seguido las indicaciones descritas en el código NO_x, de forma que:

Caudal másico del gas = $u \cdot \text{Concentración (ppm)} \cdot \text{Caudal másico de gases de escape}$ (Siendo $u = 0.001587$ en el caso de NO_x)

Comparando las mediciones realizadas, se han realizado graficas que permiten comprobar la influencia de la temperatura y el % de potencia al que se está trabajando.

Se ha planteado la dependencia de la formación de NO_x con la temperatura, tanto de los gases de escape como de cilindros, comprobándose que las concentraciones de NO_x aumentan claramente con la temperatura.



4.- COMPARATIVA Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES.

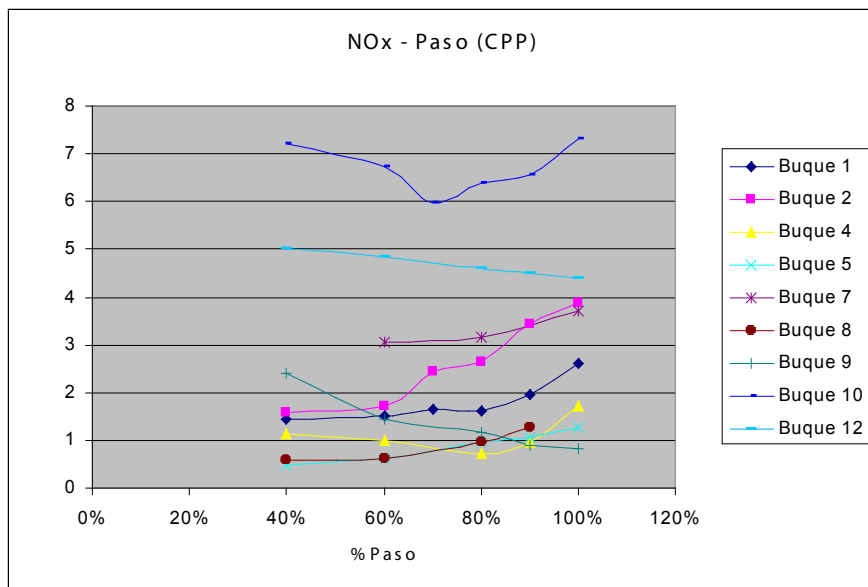
Los resultados de las pruebas en todos los buques están recogidos con detalle en la presentación del proyecto, recogiéndose aquí solamente un resumen. Puede considerarse que los objetivos que se pretendían han sido plenamente conseguidos de forma que esta experiencia quedará como un punto de referencia importante para futuras mediciones de emisiones de gases de escape, tanto en composición como en volumen, que puedan llegarse a realizar tanto por la administración como por las empresas, para fijar la evolución en el tiempo de las mismas.

A continuación se indican las conclusiones iniciales en cada uno de los terrenos:

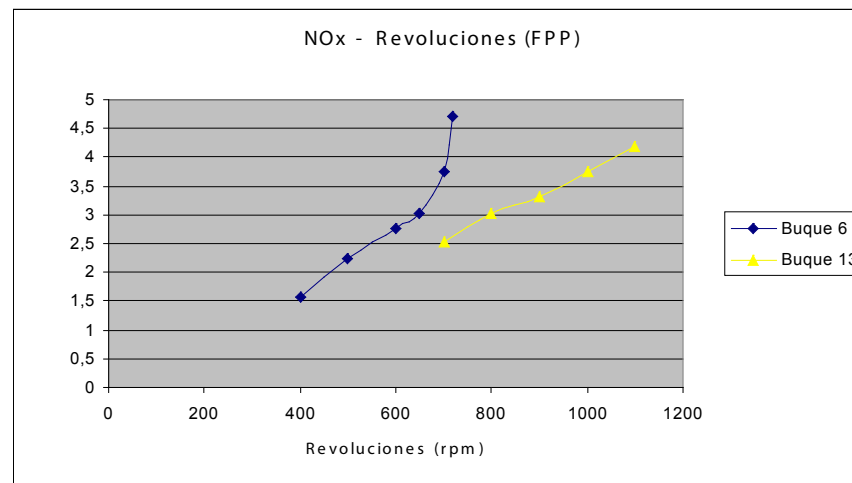
A) Niveles de emisión actuales

En primer lugar se puede afirmar que las emisiones de gases de la flota considerada pueden considerarse normales y cumplen ampliamente con las restricciones vigentes en cuanto a emisiones de óxidos de nitrógeno.

Los niveles obtenidos están muy por debajo de lo admisible con la normativa aplicable hoy para buques construidos a partir del 2000, que corresponde al nivel Tier I del IMO (hay que recordar que, al hacer la selección de los 14 barcos objeto de muestreo, se ha elegido intencionadamente una mezcla de buques anteriores y posteriores a esa fecha).



El único caso límite encontrado (buque 3), no puede considerarse representativo, sino más bien el resultado de pruebas realizadas en condiciones anómalas tras una reparación del motor, que afectaba a los inyectores.



En cuanto a la comparación entre instalaciones de hélices de paso fijo respecto a las de paso variable, se ha observado que las variaciones de producción de NOx a diferentes regímenes son menores en las instalaciones de paso variable, esto es debido a la mayor estabilidad de trabajo del motor, mientras que en las instalaciones de paso fijo hay un claro crecimiento de la producción de NOx con las revoluciones.

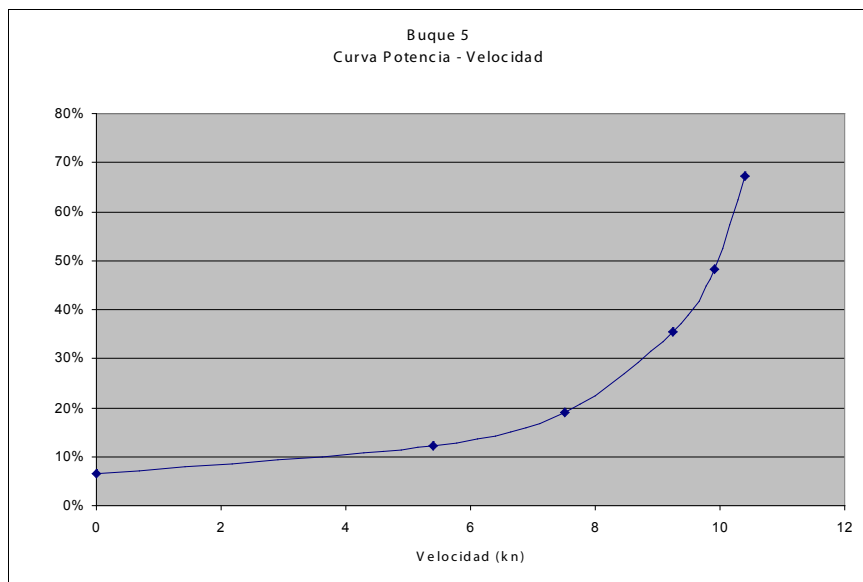
Como se ha dicho anteriormente, la mayoría de la flota de arrastre analizada trabaja con hélices de paso controlable, con lo que los motores trabajan con revoluciones nominales en todas las condiciones de trabajo. Este es un punto significativo al estimar las emisiones, ya que esta configuración beneficia a la hora de cumplir con los requerimientos de NOx, puesto que el motor trabaja más cerca de su punto óptimo. también es importante recordar que, por el momento, los barcos construidos antes del año 2000 no tienen obligación de cumplir con esta recomendación.

El nivel de emisiones de CO2 está también dentro de lo previsto, lo que puede considerarse normal, ya que el volumen producido de este gas prácticamente es sólo un reflejo de la cantidad de combustible que se ha quemado de forma correcta. Igualmente los bajos niveles de CO, han ratificado que la combustión era en general buena.

Como ya se ha indicado no se ha considerado necesario medir las emisiones de SO_x pues, el único origen posible del azufre está en el combustible, y todos los barcos probados consumen gasoil procedente de repostar en puertos comunitarios, donde el combustible que se vende tiene un bajo contenido de azufre, inferior al 0,1% en masa.

B) Recomendaciones de funcionamiento y eficiencia energética

Además de las recomendaciones –que ya se han hecho de forma individual a cada barco como resultado de las pruebas realizadas– para mejorar el funcionamiento general de la propulsión, especialmente relacionadas con posibles ajustes en el reglaje del motor, o prácticas de manejo a rectificar, hay otras recomendaciones de carácter general que pueden aplicarse a toda la flota considerada.



La primera conclusión general, en cuanto a eficiencia energética se refiere, es que el diseño de los buques es inadecuado para las velocidades que son habituales en las rutas al caladero.

Como puede verse en el gráfico de uno de los buques, estas velocidades se sitúan en la zona de máxima pendiente de la curva potencia/velocidad y por lo tanto fuera del rango económico de navegación del buque. Es decir, que prácticamente todos los buques trabajan a una velocidad excesiva para las formas del casco.

Las recomendaciones generales se pueden clasificar en cinco grupos:

- Reducir la velocidad en ruta
- Mejorar el trazado de las rutas
- Hacer maniobras más suaves
- Modificaciones y reformas en el motor
- Utilización de combustibles más refinados

Una reducción de la velocidad de ruta hace que se trabaje con menor potencia y por lo tanto que se reduzca el consumo de combustible, con la consiguiente repercusión tanto desde el punto de vista económico, como en la reducción de todos los tipos de emisiones y en particular del NO_x.



Sin embargo reducir excesivamente la potencia, tampoco es bueno, ya que hay que tener en cuenta que ello puede bajar notablemente el rendimiento del motor y aumentar el consumo específico. Por otra parte la mejora de las formas del casco, es difícil y costosa y, en cualquier caso, es algo que debe considerarse individualmente.

Una posibilidad indirecta pero real, para reducir el consumo es la optimización de rutas, que ha sido ya objeto de otros estudios dentro de la misma Iniciativa Ahorro, y cuya tecnología está disponible para su uso, y cuya utilidad ha sido demostrada en alguno de los buques de estas flotas.

Las maniobras bruscas incrementan de forma notable, aunque sea solo de forma instantánea, las emisiones de gases y en particular de NO_x, como puede detectarse por el humo que sale por el escape, y deben pues evitarse.

Las modificaciones y reformas en el motor son otro tema a considerar, especialmente cuando sean imprescindibles para cumplir con la normativa, lo que no es el caso por el momento.

En cuanto al combustible el problema no está tanto del lado de la flota como de las refinerías y la legislación nacional o comunitaria sobre los distintos productos.

C) Riesgos a futuro por limitaciones en emisiones

No es probable que en el IMO se alcance a corto plazo una normativa que suponga una exigencia real e importante de reducción de las emisiones de CO₂ para la flota mundial, sencillamente porque ello no va a ser aceptado por los países en desarrollo.



Es mucho más probable en cambio que se vayan adoptando posiciones unilaterales, para aplicación en zonas específicas, que sí podrían afectar tanto a la navegación como a la pesca que se realiza en las mismas, y, es claro, que el Atlántico Nororiental y el Mediterráneo son candidatos a estar entre ellas.

Como puede comprobarse de las citas reflejadas en el apartado 2.3.1., los órganos de gobierno de la UE están a favor de adoptar medidas de este tipo. Un ejemplo adicional lo tenemos en los siguientes párrafos de la posición europea para la fracasada cumbre de Copenhague en la que se indicaba que: “los objetivos de reducción total de las emisiones para el transporte marítimo internacional, que son coherentes con una vía de reducción mundial hacia el cumplimiento del objetivo de los 2° C, deberían posibilitar un acuerdo en 2010 y aprobado para 2011, que no genere distorsiones de la competencia ni fugas de carbono” y “los objetivos mundiales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte marítimo internacional deben ser establecidos por la CMNUCC en un -20 para el sector de transporte marítimo con respecto a los niveles de 2005 a más tardar en 2020 y aplicados a escala mundial garantizando condiciones equitativas.”

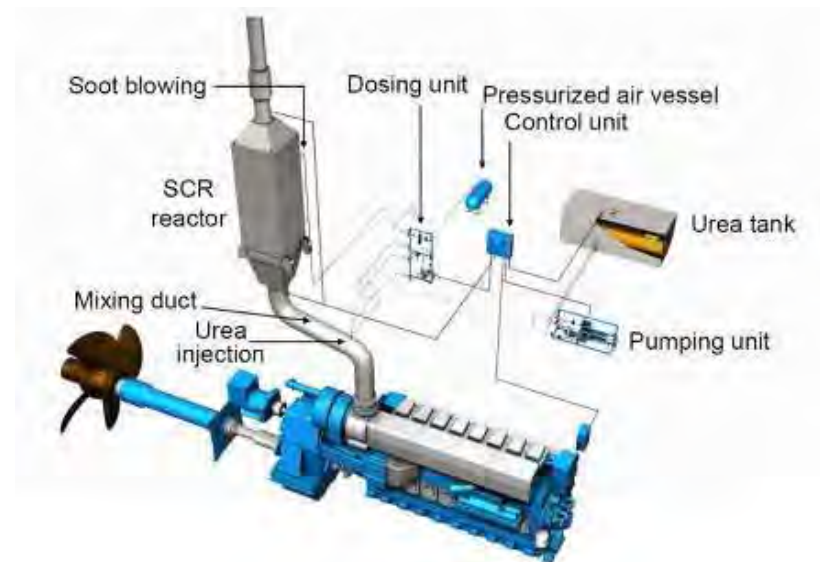
De adoptarse normativas de este tipo con carácter unilateral, para los buques de pesca los períodos de tiempo a seleccionar para medir los niveles de referencia serían claves para valorar el esfuerzo exigido, toda vez que las flotas europeas están sufriendo reducciones importantes en los últimos años.

En el caso del azufre, la entrada en vigor de la nueva normativa supone incrementos de coste para los productores comunitarios, ya que los mayores costes del refinado son repercutidos por las refinerías en el precio del gasoil, con la consiguiente desventaja competitiva con los productos de la pesca de otras zonas, que pueden seguir con-

sumiendo productos menos refinados y ser consiguientemente más baratos. Esta situación podría agravarse en 2015 cuando entren en vigor nuevas reducciones del contenido de azufre de los combustibles en zonas ECA, y sería aún mucho más grave para la pesca española si no se modifica el decreto citado que obliga ya desde 2011 a utilizar gasóleo ultra-bajo en azufre.

Por lo que se refiere al NO_x, la modificación del Anexo VI aprobada en 2008, impone unos nuevos niveles (Tier II), que suponen una reducción de entre el 15 y el 22% sobre el nivel actual, y que será aplicable a los motores fabricados a partir del 2011. Este es sin embargo un nivel que cumplen ya todos los buques analizados, a pesar de que ni siquiera les será de aplicación al no ser nuevos, por lo que la entrada en vigor de esa norma no supondrá previsiblemente ningún problema.

Otra cuestión sería que la normativa evolucionara en los próximos años hasta el punto de que se pretendiera obligar a buques con motores viejos a cumplir con el nivel “Tier III”, cuya aplicación está prevista - para zonas ECA (de NO_x) y buques nuevos -, a partir de 2016, y que supone unos niveles de reducción del 80% sobre el Tier I.



Llegado ese momento, las emisiones actuales no cumplirían con esa norma a no ser que se implantaran nuevos procedimientos externos para reducir NO_x, incorporando equipamientos adicionales tales como los que se muestran en la figura, y que se describen con más detalle en el informe final.

D) Conclusiones y recomendaciones finales

La conclusión final del proyecto es que el cumplimiento actual de la normativa en materia de emisiones en la flota estudiada es bueno, y que tenemos todavía un colchón suficiente para soportar un endurecimiento de las reglas dentro de ciertos límites, sin tener que recurrir a actuaciones extraordinarias.



26

Se hacen también dos recomendaciones finales:

1. Es necesario **redoblar los esfuerzos para lograr una cada vez mayor eficiencia energética en los buques pesqueros existentes** a través de los dos caminos conocidos:

- Mejorar la gestión energética y racionalizar la operación de los buques.
- Incorporación progresiva de nuevas tecnologías de ahorro energético por segmentos y en buques específicos.

Es necesario recordar que cada litro de combustible ahorrado mejora la economía de las empresas y reduce el CO₂ vertido a la atmósfera.

2. Hay que **preparar una estrategia para enfrentar la futura evolución legislativa** que se traducirá sin duda en severas restricciones a las emisiones de gases de las flotas y, para limitar el impacto de las mismas, sería conveniente documentar estimaciones de la evolución histórica de las emisiones de la flota pesquera.

Los resultados mostrarían sin ninguna duda que, entre reducciones de flota, limitaciones de actividad, y mejoras tecnológicas y operativas ya introducidas, el sector pesquero presenta una muy favorable trayectoria en cuanto a la evolución de sus emisiones de gases a la atmósfera.

Proyecto NO_x

Nº DE IDENTIFICACIÓN EXPEDIENTE: ORDEN APA I+D 2007