

## NOUS LÍMITS D'EMISSIONS CONTAMINANTS EN EL TRANSPORT MARÍTIM

\* **Francesc Xavier, Martínez de Osés**, \*\* **Marcel·la Castells i Sanabra**

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques  
Pla de Palau, 18  
08003 - Barcelona, España  
Phone: +34 93 401 79 20  
Pàgina web: <http://www.upc.edu/cen>

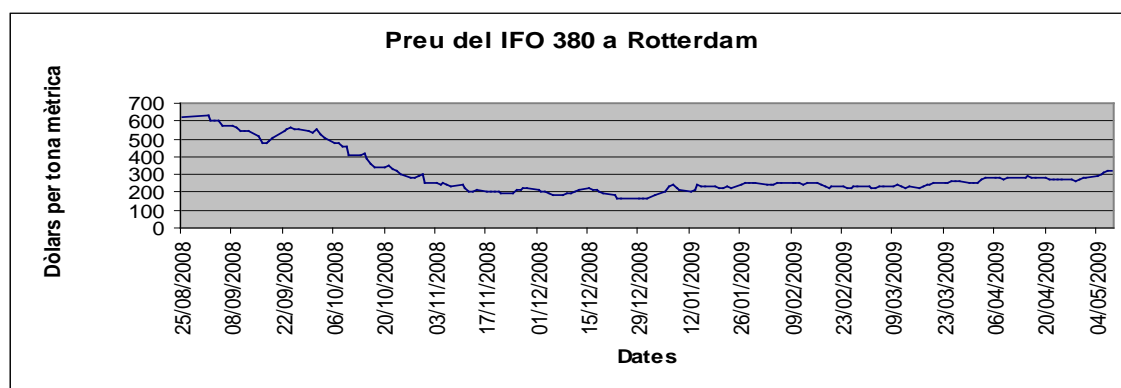
[fmartinez@cen.upc.edu](mailto:fmartinez@cen.upc.edu) \*, [mcastells@cen.upc.edu](mailto:mcastells@cen.upc.edu)\*\*

**Tema/es del congrés:** Territori, mobilitat i logística  
**Tòpic/s transversals:** Tecnologies per la sostenibilitat

### RESUM

El Llibre Blanc del Transport, de la Comissió Europea (COM (2001) 370 final), indicava en el seu moment, que per moure una tona de càrrega en un quilòmetre, un vaixell portacontenidors petit (1.300 TEU's), precisava de fins a deu vegades menys energia que un camió. Emetent per tant una quantitat d'emissions contaminants menor. No obstant això, els motors de combustió interna utilitzats als medis de transport, (essent en el cas dels vaixells el motor dièsel en un 94% de casos), no només emeten CO<sub>2</sub>, sinó que el vano de gasos contaminants i tòxics per la salut humana, és molt més ampli, destacant els òxids de sofre i els òxids de nitrogen, els quals no només afecten al medi sinó també a l'obra antropogènica.

Solucions per reduir l'emissió d'aquests contaminants n'hi ha, com la utilització de combustibles amb menor contingut de sofre, però això suposa un cost superior (recordem que al mes de Juny de 2008, la tona de IFO 380 a Fujairah va arribar als 607 \$, mentre que el preu del Marine Diesel Oil va lliscar els 1270 \$). La Cambra de Navegació Internacional (ICS), va anunciar que l'efecte disparador de les emissions de CO<sub>2</sub>, pel procés químic de edució del contingut de sofre. Estimant-ne que serien necessaris uns 127.000 milions de dòlars en un període de 15 anys per aconseguir condicionar les refineries en el món i un cost en emissions de CO<sub>2</sub> que equivaldria a un augment del 11% o al voltant de 133 milions de tones.



Gràfica amb l'evolució del preu del combustible intermedi IFO 380, usat a bord per la propulsió, en dòlars per tona mètrica. Font pròpia basat en dades de [www.bunkerworld.com](http://www.bunkerworld.com).

Una altra via és la “neteja” posterior dels gasos d'escapament. Com l'anomena't *waste gases scrubbing*, a preus del voltant de 160\$ por kW de potència de màquina instal·lat i un cost de manteniment del 3% anual. Però en les actuals circumstàncies econòmiques, estem preparats per assumir-ho?.

## INTRODUCCIÓ

L'estratègia de desenvolupament sostenible, plantejada per la Unió Europea, s'adreça eminentment a aconseguir un millor equilibri modal i una reducció de l'impacte de les emissions contaminants en tots els medis de transport, mitjançant una optimització de la seva utilització i millora tecnològica.

Les emissions per part del transport marítim, estan regulades pel Conveni MARPOL en el seu annexa VI,<sup>1</sup> apart de la normativa específica europea. Ambdues s'adrecen a la contenció dels òxids de sofre i de nitrogen, per a garantir la sostenibilitat del transport marítim, ja que és en aquest tipus de contaminants, on els motors marins tenen una menor eficiència, no per ells mateixos, sinó per la qualitat dels combustibles utilitzats.

En relació al transport per carretera, el Parlament Europeu va adoptar les mesures Euro V i Euro VI,<sup>2</sup> que incrementen les exigències en quant als límits en les emissions dels vehicles pesants, principalment en les partícules microscòpiques (PM) i els òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>). Concretament la normativa Euro V entrarà en vigor al mes de setembre d'aquest any 2009, establint una reducció del 80% en els límits d'emissió de les PM, mesura que davant la tendència dels motors diesel d'utilitzar majors pressions d'injecció per millorar el rendiment, suposa tenir que muntar filtres als col·lectors d'escapament, per poder complir amb els esmentats límits. La normativa Euro VI, entrarà en vigor a l'any 2014 i establirà límits més estrictes per a reduir els òxids de nitrogen fins a un 68% respecte dels nivells actuals.

En el cas dels vaixells, no ha hagut una tradició de directives europees a l'estil de las del transport per carretera, per estar el primer considerat como un medi de transport més sostenible que el terrestre. Al voltant dels anys noranta, s'ha començat a prendre consciència d'altres consideracions i si bé les prestacions dels vaixells han continuat essent las dels vehicles més eficients en la relació de tona-quilòmetre, si ens referim a la seva eficiència energètica, però ja no és tan òbvia la seva bondat mediambiental. En aquest sentit, hem comentat les mesures de la IMO a nivell internacional, però també hem d'esmentar a nivell europeu la Directiva 2005/33/EC<sup>3</sup>.

En el món marítim, a diferència d'altres àmbits, els programes d'observació i control d'emissions estan en ple desenvolupament, i és per això que la contaminació generada pels vaixells en navegació, no està essent de moment atribuïda a cap país determinat. Això és degut a la dificultat que existeix per determinar a quin país s'ha d'assignar, ja que existeix una gran diferència entre els llocs de compra del combustible i els emplaçaments on les corresponents emissions es produeixen posteriorment. Aquestes emissions s'estan deixant de banda en programes internacionals como l'actual *Protocol de Kyoto*, el *UNFCCC*<sup>4</sup> europeu, i el *IPCC*<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> L'Annexe VI del Conveni MARPOL 73/78, també conegut com Protocol de 1997, va ser aprovat el 26 de setembre de 1997 i va entrar en vigor el 19 de maig de 2005.

<sup>2</sup> Precedides per les Directives 98/69/EC per turismes, 98/69/EC per vehicles de càrrega lleugers, i 1999/96/EC per vehicles de càrrega pesats

<sup>3</sup> La Directiva EU 2005/33/EC va entrar en vigor l'11 d'agost de 2005.

<sup>4</sup> UNFCCC, United National Convention on Climate Change.

<sup>5</sup> IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change.

## PROBLEMÀTICA

D'entre tots els medis de transport, el marítim és el responsable de les majors quantitats d'emissions de SO<sub>2</sub> a l'atmosfera, situació que només serà compensada, mitjançant la utilització de combustibles amb un contingut menor de sofre o l'ús de sistemes de neteja dels gasos d'escapament. No obstant, hem d'aclarir que el transport marítim només contribueix entre el 6% i el 12% de les emissions antropogèniques globals<sup>6</sup>.

Però les emissions de SO<sub>2</sub> són particularment altes en el transport marítim i això és degut al contingut originari de sofre en els combustibles d'ús marí com el usualment utilitzat IFO 380. En general aquests combustibles tenen un major contingut de sofre, quant més gran és la seva viscositat; podent establir un valor mitjà de 2,7 % (i màxim del 4,5%), mentre que en el cas del gasoil utilitzat al transport terrestre, s'ha limitat des de l'any 2005 al 0,005% (50 ppm) i fins al 0,001% (10 ppm) durant l'any 2008.

Segons estudis com el *Stern review on the economics of Climate Change* d'octubre de 2006, a l'any 2005, les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels sectors del transport, suposaven un 14% del total global, considerant que fins a l'any 2050, aquest participació no variaria, essent el sector de la carretera el major contribuïdor amb el 10,6%, l'aeri amb el 1,8% i el marítim el 1,6%. Concretament el mateix informe, en el cas dels òxids de sofre, les emissions del sector marítim oscil·larien entre el 6% i el 12% dels aproximadament 55,2 a 68 milions de tones d'emissions sulfuroses d'origen antropogènic.

L'investigador Noruec Øyvind Endresen, estimava en els seus estudis, que entre els anys vint i l'any 2002, les emissions d'òxids de sofre del transport marítim, s'havien multiplicat per 3,3; però el volum de mercaderies mogut per aquest medi, s'havia multiplicat per 18. El càlcul es basava en la consideració d'un contingut de sofre en els combustibles del voltant del 2,7% per a fuels pesants i del 0,5% pels més lleugers; prenent com a base que per cada quilogram de sofre cremat (present als combustibles), es generava una proporció de 2 kg de SO<sub>2</sub>.

Respecte de les emissions de NO<sub>x</sub>, a l'any 2000 a Europa, només el 44% de les mateixes eren atribuïbles al transport per carretera i el 36% al transport marítim<sup>7</sup>. També el transport per carretera, és responsable de la major part d'emissions de CO<sub>2</sub>, contribuint amb un 91,7% dels gasos d'efecte hivernacle a la Unió Europea. Si s'introdueix el transport marítim de curta distància, donada la dificultat d'incloure el transport internacional oceànic, en el detall de les emissions de CO<sub>2</sub> a Europa, el primer contribueix amb només el 6% de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, lo que justifica l'interès de Brussel·les, per promocionar-lo com alternativa, enfront al de carretera.

---

<sup>6</sup> Chengfeng, W. et al. *The costs and benefits of reducing SO<sub>2</sub> emissions from ships in the US West Coastal waters*. Transportation Research Part D 12 (2007). pp. 577-588.

<sup>7</sup> TERM. Transport and Environment Reporting Mechanism. European Environment Agency. (2002).



**Imatge del Ro/Pax “Zurbarán” d’Acciona-Trasmediterranea, com exemple de vaixell de transbord rodat amb capacitat per a passatgers, en el port de Barcelona. Font [www.merchantships.info](http://www.merchantships.info).**

És per això que el balanç d'emissions del transport per carretera, és menys positiu que en el cas del transport marítim. Entenent així el declarat suport administratiu a les cadenes de transport intermodals, amb trams marítics basats en el transport marítim de curta distància, com a forma d’aconseguir la major sostenibilitat de les accions de mobilitat dins d’Europa. Hem de considerar addicionalment, els costos derivats de la congestió, accidentabilitat i soroll, en tots aquests casos el transport marítim incorre en una taxa menor en tots ells i és per això, que es considera la millor alternativa <sup>8</sup>.

Una altra consideració, és la incorporació progressiva fins fa uns anys, dels vaixells d’alta velocitat en els tràfics de curta distància i entre estrets i arxipèlags. Aquests són una alternativa real al transport per carretera de passatgers i mercaderies d’alt valor, no obstant, les altes potències requerides per assolir l’alta velocitat, suposen unes taxes de consum importants i per tant d’emissions contaminants derivades.

## **SOLUCIONS PER REDUIR L’IMPACTA AMBIENTAL**

Des de 1979, han existit varis acords i convenis internacionals en matèria de política medi ambiental, però cap d’ells feia referència a les emissions de vaixells. El *The Convention on Long-range Transboundary Air pollution* de 1979<sup>9</sup>, va ser el primer aprovat. Posteriorment del Tractat de Gènova de 1979, van sorgir els protocols de Helsinki 1985, Sofia 1988, Gènova 1991, Oslo 1994, Aarhus 1998 i Göteborg 1999. De la Convenció de Viena de 1985 van sorgir a la vegada el Protocol de Montreal de 1992; i de la Conferència de Río de 1992, el Protocol de Kyoto de 1997.

No va ser fins l’aparició de l’OSPAR de 1992, el NSC de 1984, i el MARPOL 73/78, al seu Annex VI, quan es va tractar directament la problemàtica de la contaminació de l’aire per part del sector marítim.

L’actual Directiva 2005/33/EC, té per objectiu el reduir l’impacta de les emissions dels vaixells en quant als SO<sub>2</sub> o SO<sub>x</sub> i el de les partícules PM en quant a l’acidificació del

<sup>8</sup> Comissió europea. *The White Paper on Transport: towards 2010. Time to decide*. Brussel·les (2001).

<sup>9</sup> *The Convention on Long-range Transboundary Air pollution* 1979, va entrar en vigor al 1983.

medi ambient i en el seu efecte a la salut humana. Concretament els límits establerts en el contingut de diòxid de sofre dels combustibles marins s'estableix així:

- Límit del 1,5% m/m en els combustibles marins usats per tots els vaixells en navegació per les zones del Mar Bàltic, el Mar del Nord i el Canal de la Mànega, en línia amb els límits de sofre establerts a l'Annexa VI del conveni MARPOL, i d'acord amb les àrees denominades SECAs (Sulphur Emission Control Area);
- Un límit del 0,1% m/m en els combustibles marins lleugers utilitzats per vaixells a port i per vaixells en aigües interiors<sup>10</sup>.

Aquests límits no s'aplicaran en el cas de que els països membre, prenguin altres mesures utilitzant noves tecnologies per reduir les emissions, amb els mateixos resultats.

Directiva	Entrada en vigor	Contingut màxim de S (% m/m)	Aplicable a
EU 93/12/EEC	01/10/1994	0,2	-Aigües territorials <sup>11</sup> -Gasoils, incloent gasoils marins
EU 1999/32/EU	01/07/2000	0,2	-Aigües territorials -Gasoils, incloent gasoils marins
EU 2005/33/EC	19/04/2006	1,5	-En àrees SECAs i per vaixells de passatge -Combustibles pesants marins
	01/01/2010	0,1	-Vaixells en aigües interiors i en navegació atracats a ports de la U.E. <sup>12</sup> -Combustibles pesants marins

**Directives relacionades amb el contingut de sofre en els combustibles marins. Font elaboració pròpia a partir del Monitoring Programme on air pollution from sea-going vessels (MOPSEA).**

L'Associació d'armadors BIMCO, proposa inclús una diferència addicional dins de les SECA's, oscil·lant entre l'1% i el 0,2% de sofre, però deixant-ho a criteri de la IMO. Alguns exemples són els ports del Sud de Califòrnia on s'està exigint ja combustibles amb un contingut màxim de sofre del 0,1 %, o les mesures d'algunes navilieres com MAERSK-Sealand o Evergreen; d'utilitzar combustibles lleugers, més nets quan entren a l'interior de la franja de les 24 milles nàutiques.

Respecte als òxids de nitrogen, partint d'una situació actual, anomenada Nivell 1, establert a l'Annexa VI del MARPOL, que s'exigeix als motors construïts a partir de l'any 2000 en funció de la seva velocitat de gir i que posteriorment aniria endurint-se:

Velocitat del motor – n (rpm)	N < 130	130 ≤ n < 2000	N ≥ 2000
Valor límit (g/kW)	17,0	45 * n <sup>-0,2</sup>	9,8

**Límits de les emissions de NO<sub>x</sub> per vaixells en navegació segons l'Annexa VI del Conveni MARPOL. Font: elaboració pròpia a partir del Monitoring Programme on air pollution from sea.**

Els límits per les emissions de NO<sub>x</sub> s'apliquen a tot vaixell major de 400GT i a qualsevol plataforma de perforació, fixa, mòbil o de qualsevol mena. Els requeriments pel control d'emissions, s'apliquen a tot motor que desenvolupi una potència major de 130kW instal·lats en vaixells construïts després del 1 de gener del 2000 i a qualsevol motor que hagi estat transformat a una conversió major després del 1 de gener del 2000.

<sup>10</sup> Mesura prevista que entri en vigor a partir de l'any 2010.

<sup>11</sup> Les aigües territorials inclouen les zones marítimes fins les 12 milles nàutiques des de la línia de base, així com les aigües interiors.

<sup>12</sup> Temps mínim d'estada de dues hores.

Els nivells d'exigència posteriors són els següents:

Nivell 2: Implantació al 2011. S'ha de poder complir mitjançant modificacions de projecte en el motor. La reducció oscil·laria entre 2 i 3,5 g/kWh (entre un 15,5% i un 21,8% respecte del Nivell 1).

Nivell 3: Aplicació al 2016, inclouria reduccions d'entre un 40% i el 85% respecte al Nivell 1. Suposa un impacte significatiu en el rendiment del motor. Aquests nivells de reduccions només es poden aconseguir mitjançant la instal·lació de nous equips.

## CONCLUSIONS

El sector del transport marítim, està endarrerit encara respecte al terrestre en quant a les prestacions mediambientals no tant dels seus Motors sinó dels combustibles utilitzats. La normativa internacional està aconseguint poc a poc una futura equiparació que només s'aconseguirà plenament amb la utilització de combustibles més nets.

No obstant el vaixell segueix essent el medi de transport més eficient energèticament que la resta de modes, i per tant una opció dins del transport per poder aproximar-se a les exigències del futur protocol de Kyoto.

La recerca ha de permetre no només incidir en aquest aspecte., sinó en el de la propulsió amb energies alternatives, que ja s'està utilitzant total o parcialment com la eòlica, la solar o d'altres en el futur.

## Referències

1. International Maritime Organization. Annex VI to MARPOL Convention. (2005).
2. Martínez de Osés, F.X et Castells, M. Heavy weather in European short sea shipping: Its influence on selected routes. **61**, 165-176 (2008).
3. Martínez de Osés, F.X et Castells, M. The external cost of speed at sea: An analysis based on selected short sea shipping routes. *WMU Journal of maritime affairs* **8**, 25-43 (2009).
4. MOPSEA Project. Monitoring Programme on air pollution from sea-going vessels. Administració Belga (2007).