

## **CALCULATION OF THE CARBON FOOTPRINT IN MEDITERRANEAN PORTS: RESULTS OF THE CLIMEPORT PROJECT**

Cloquell Ballester, V.; Cloquell Ballester, V.; Santamarina Siurana, C.;  
Siurana Vicent, M.

Universitat Politècnica de València

This paper aims to describe the work undertaken in the field of the fight against climate change and the calculation of the carbon footprint within the framework of the Climeport project. This project has been led by the Valencia port authority and co-funded by the European Regional Development Fund and the MED programme. The project has developed in several countries of the Mediterranean area the main ports of the Mediterranean, committed these, particularly in the fight against climate change. It proposes the identification and assessment of emissions of GEI's of the different ports, in order to combat global climate change being the main object of the work, the development of a methodology for the identification and assessment of GHG emissions, providing a common framework to all authorities port of the participating ports in the your carbon footprint project, which allow them to evaluate your initial situation with regard to the emissions of effect greenhouse (GHG).

**Keywords:** *GHG; Carbon footprint; Ports; Climeport*

## **CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN PUERTOS DEL MEDITERRÁNEO: RESULTADOS DEL PROYECTO CLIMEPORT**

La presente comunicación tiene como objeto describir los trabajos realizados, en el ámbito de la lucha contra el Cambio Climático y el Cálculo de la Huella de Carbono dentro del marco del Proyecto Climeport. Este proyecto ha sido liderado por la Autoridad Portuaria de Valencia y cofinanciado por el Fondo Europeo de desarrollo Regional y el Programa MED. El proyecto se ha desarrollado en varios países del área mediterránea, en particular por los principales puertos del mediterráneo, comprometidos estos, en la lucha contra el cambio climático. En el mismo se propone la identificación y evaluación de las emisiones de GEI's de los diferentes puertos, con el fin de luchar contra el cambio climático global siendo el objeto principal del trabajo el desarrollo de una Metodología para la identificación y evaluación de las emisiones de GEIS, proporcionando un marco común a todas las autoridades Portuarias de los Puertos participantes en el proyecto de su huella de carbono, que les permita evaluar su situación inicial en relación con las emisiones de efecto invernadero (GEI).

**Palabras clave:** *GEIS; Huella carbono; Puertos; Climeport*

Correspondencia: vacloque@dpi.upv.es

## 1. Introducción

El puerto de Valencia está ubicado en la ciudad de Valencia. La superficie total del puerto en el año 2011 fue de 5.456.000 m<sup>2</sup>, de los cuales 832.000 m<sup>2</sup> se destinaron a viales y ferrocarril. La superficie de flotación es de 4.180.000m<sup>2</sup>. Actualmente, el Puerto de Valencia ofrece 10.429 m de línea de atraque distribuidos en quince muelles. Es el puerto comercial líder del Mediterráneo occidental en términos de volumen de mercancías containerizadas. Asimismo, el Puerto de Valencia acoge un flujo regular de pasajeros de las Islas Baleares e Italia, así como un notable mercado de cruceros (Memoria Ambiental Climeport, 2011). Considerando los consumos eléctricos (emisiones indirectas), combustible (emisiones directas), transportes (personal y carga) y buques, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes anuales son de aproximadamente 170.000 T (Memoria del proyecto Climeport, 2012).

Siendo así, se hace necesario llevar a cabo medidas destinadas a aminorar en la medida de lo posible las emisiones de gases de efecto invernadero. El cambio climático se ha convertido en uno de los mayores retos actuales para los puertos y está considerado como el factor determinante dentro de las agendas de desarrollo sostenible de cada uno de ellos (Revkin et al., 2009; Bunse et al., 2011). Así, el gran crecimiento de los puertos obliga a las Autoridades Portuarias a trabajar en pos de tornar sus actividades medioambientales sostenibles, integrándolas a lo largo de toda la cadena logística en el concepto de desarrollo sostenible. Los puertos, conjuntamente con la colaboración de todos los integrantes de la cadena logística, deben participar en la reducción de sus emisiones de GEI's, focalizando sus acciones sobre: la reducción de emisiones de GEI's de los buques y emisiones derivadas de la operatividad de las terminales portuarias; minimizar las emisiones asociadas al transporte innovando en los propios vehículos y sus fuentes de energía, así como mejorando su eficiencia.

Cómo reducir dichas emisiones de GEI's provocadas por el sector de transporte marítimo ha sido, por más de 15 años, sujeto de debate internacional por Naciones Unidas en el marco del cambio climático (Haites, 2009).

A lo largo del presente documento se detallará la metodología empleada para la evaluación de emisiones de GEI's con objetivo de determinar la situación actual del puerto y de aquellos aspectos ambientales concernientes al cambio climático. A su vez, se procederá a la evaluación de la huella de carbono, que incluye las acciones conducentes a la armonización de la información y recopilación de datos de la anterior fase. La huella de carbono consiste en la estimación del total de emisiones de GEI's asociadas a un producto a lo largo de su cadena de suministro (EPLCA, 2007). Es un indicador relativamente nuevo, pero ha alcanzado una popularidad notable, tanto dentro de la comunidad científica como en los criterios de decisión, así como en los consumidores (Carballo y Sebastián, 2008). Así, se sentarán las bases para realizar una recopilación de datos de forma homogénea, que permitirá la realización de medidas cuantitativas objetivas de los aspectos relacionados con las emisiones de GEI's de los demás puertos implicados en el proyecto Climeport (Algeciras, Marsella, Pireo, Luka Koper y Livorno).

## 2. Metodologías

En el proyecto Climeport se estudian de manera detallada todos los procesos y actividades de los puertos y zonas adyacentes de Valencia, Pireo, Marsella, Livorno, Luka Koper y Algeciras, que generan de manera directa e indirecta emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera, en el marco de la normativa vigente y lo dispuesto por el Ministerio de España. Debido a la gran extensión del citado proyecto, en el presente documento se va a proceder a relatar los métodos de cálculo de emisiones resumidos

referentes a actividades, transporte y buques, en el puerto de Valencia. Siendo así, se omitirán las tablas y datos que no considerados imprescindibles en la redacción del mismo, pero que pueden ser consultados en la documentación del proyecto Climeport. Se ha considerado estudiar en mayor profundidad los citados tres procesos pues son los que mayor carga de emisión generan en el cómputo global.

## 2.1. Cálculo de la huella de carbono por actividades en el Puerto de Valencia

Como paso previo a la obtención de los datos de consumo, se identificarán y clasificarán las actividades portuarias, tanto orientadas al negocio (desarrolladas en su mayoría por compañías concesionarias) como las orientadas a los servicios portuarios (llevadas a cabo por las autoridades portuarias).

Una vez definidas y clasificadas, se realizan los inventarios de consumos por empresa concesionaria y actividad portuaria. Dichos inventarios recopilan datos respecto a consumos de electricidad, gasoil y gas natural, para cada una de las actividades portuarias y sus respectivos operadores, que serán utilizados posteriormente para obtener las emisiones de GEI's.

Gracias a la elaboración del Proyecto ECOPORTS (Darbra et al., 2004), realizado a partir de los estudios -ESPO Environmental Questionnaire 1996 (ECO-information, 1999) y ESPO Environmental Survey, 2003- ha sido posible identificar la clave de los aspectos medioambientales en los puertos. Son los siguientes:

- Emisiones al aire (gases, partículas sólidas).
- Vertidos al agua.
- Ruido (lo que provoca un gran impacto a la población y a la fauna).
- Desarrollo del puerto, en cuanto a la ocupación del mar y de la tierra.
- Degradación del hábitat natural.

La importancia de dichos aspectos está ligada a las características del puerto en cuestión, es decir, su localización, actividades, tamaño, etc.

El sumatorio del inventario de consumos de actividades orientadas al negocio, orientadas a los servicios y el resto de actividades, quedará de la siguiente manera, pudiendo acceder al desglose completo de actividades en la memoria del Proyecto Climeport:

**Tabla 1. Sumatorio de consumos por actividades**

	Electricidad (Kwh)	Combustible Gasóleo (lts)	Gas Natural (Kwh)
∑Actividades orientadas al negocio (gestionadas por concesionarias)	33.863.189	13.855.278	42.678.242
∑ Actividades orientadas a los servicios	8.836.555	621.625	0
∑ inventario de consumos del resto de actividades	1.765.939	0	0

En la tabla siguiente se presentan las emisiones de GEI expresadas como total de CO<sub>2</sub> equivalente por actividad, donde se ha procedido a su desglose en función de las dos fracciones principales estudiadas: electricidad y combustible:

**Tabla 2. Consumos de actividades desglosadas por fracción**

Clasificación actividades	Emisiones de GEI's actividades portuarias					
	Total	%	Total	%	Total	%

	emisiones GEI electricidad (Tm CO <sub>2</sub> e)		emisiones GEI combustible (Tm CO <sub>2</sub> e)		emisiones GEI (Tm CO <sub>2</sub> e)	
1. Actividades concesionarias	13.999,84	81,9 3	47.127,00	97,4 9	61.126,84	93,4 2
2. Actividades servicios portuarios	2.408,18	14,0 9	1.214,35	2,51	3.622,53	5,54
3. Resto de actividades	678,59	3,98	0,00	0,00	678,59	1,04
Total	17.086,61	100	48.341,35	100	65.427,97	100

## 2.2. Cálculo de la huella de carbono por tráfico rodado

Basándose en los datos económicos del Puerto de Valencia, se alcanza a identificar el volumen de mercancías transportadas. Además, a la hora de determinar el volumen de tráfico de vehículos pesados, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Distancias:** distancias recorridas desde los accesos al recinto portuario hasta las terminales destino de carga y descarga.
- **Destinos:** se ha desglosado el tráfico de mercancías, especialmente la que circula en contenedores, en las 4 principales terminales de contenedores. Se han medido las distancias que recorre un camión desde el acceso sur del puerto a cada una de ellas y se le ha añadido de 0,5 a 1 km de recorrido en el interior para maniobras.

Para profundizar en el consumo derivado del transporte y cuantificar las variables de una manera más eficaz, se llevó a cabo una encuesta en Bélgica, Francia y Reino Unido por medio de Internet (Cornélis et al., 2010), de cuya información se ha valido el presente documento.

El resto de mercancías (no containerizadas, vehículos), se calcula su destino con un valor promedio de la distancia.

**Tabla 3. Relación de distancias y recorridos**

Terminales	Km totales IDA + VUELTA
Acceso a TCV: 7,2 Km (ida) + 0,5 Km (recorrido interior)	15,4
Acceso a MSC: 2,4 Km (ida) + 1 Km (recorrido interior)	6,8
Acceso a MARVALSA: 3,8 Km (ida) + 0,5 Km (recorrido interior)	8,6
Acceso a Terminales del Turia: 7,2 Km (ida) + 0,5 Km (recorrido interior)	15,4
Acceso a otros destinos: (valor promedio estimado 9,94 Km)	9,94

Con el objetivo de evaluar el número de vehículos pesados que realizan estos recorridos se han obtenido datos de volumen de mercancías movidas por cada concesionaria en el puerto de Valencia.

- **Mercancía containerizada:** el dato de mercancías transportadas obtenido de los anuarios estadísticos en número de TEUs, corresponderá al número de vehículos que entran en cada terminal, salvo la mercancía en tránsito, ya que no circula ningún camión fuera de la terminal.

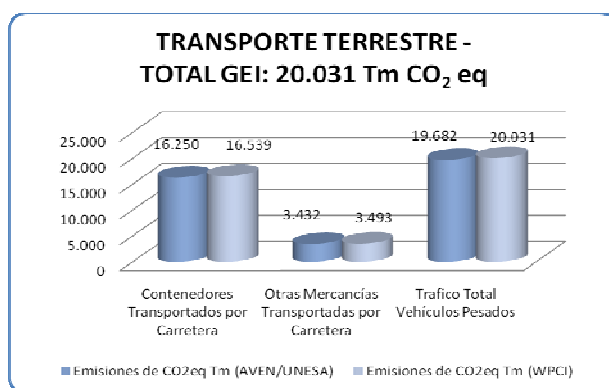
- **Vehículos como mercancía:** dada su intrínseca importancia en el puerto de Valencia se ha procedido a analizar por separado. Se ha estimado un ratio de 8 coches transportados por camión porta-coches.
- **Graneles y mercancía no containerizada:** se estima una media de 24Tm por camión para transportar este tipo de mercancías.
- **Mercancía transportada por tren:** del global de toneladas de mercancía movida, se han descontado para este cálculo el volumen que la Autoridad Portuaria tiene registradas como mercancías desplazadas en tren.

Los valores globales de emisiones debidas al transporte de mercancías en el puerto de Valencia vienen indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte de vehículos pesados**

Descripción	Km Recorridos	Litros Consumidos	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq Tm AVEN/UNESA	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq Tm (WPCI)
Contenedores transportados por carretera	19.192.325	5.949.621	16.250	16.539
Otras mercancías transportadas por carretera	4.052.843	1.256.381	3.432	3.493
Tráfico total vehículos pesados	23.245.168	7.206.002	19.682	20.031

En el siguiente gráfico podemos apreciar los valores obtenidos:



### 2.3. Cálculo de huella de carbono por buques

Las emisiones derivadas de la estancia de los buques que atracan en el puerto se ha calculado mediante la siguiente metodología, consistente en calcular las emisiones del buque a partir de las emisiones calculadas de cada una de las fases de su travesía y estancia en puerto. Se han tenido en cuenta otros documentos relacionados con el cálculo de emisiones de buques (Fangfang et al., 2009; Schiff et al., 2004; Schrooten et al., 2009; Endresen et al., 2003). Se adaptó un enfoque energético para calcular las emisiones basadas en los requisitos de potencia de los buques. Esta metodología fue propuesta por el USEPA (ICF International, 2009), y expuesta de nuevo por el World Ports Climate Initiative (2009). Un buque tiene un motor primario, uno auxiliar y una caldera auxiliar. Durante cuánto tiempo y en qué medida se utiliza cada uno depende de la actividad del buque: llegada y salida, maniobras y atraque (Villalba y Demisse, 2011).

Las emisiones totales son la resultante del sumatorio de las emisiones de cada fase:

$$E_{\text{Travesía}} = E_{\text{Atracado}} + E_{\text{Maniobra}} + E_{\text{Navegación}} \quad (1)$$

El cálculo de las emisiones de cada una de las fases consideradas se realiza del siguiente modo:

$$E_{\text{Fase}} = \text{Potencia del Motor}_{(\text{ppal/aux})} (\text{Kw}) \times \text{Tpo duración de la fase (h)} \times \text{Factor de emisión}_{(\text{GEI})} (\text{gGEI/Kw-h}) \times \text{Factor de carga motor}_{(\text{ppal/aux})} \quad (2)$$

Las emisiones de GEI, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente, se calculan como suma ponderada de los valores de GEI's obtenidos, teniendo en cuenta sus potenciales de calentamiento global, y lo publicado por Koornef et al., (2010); Liao et al., (2010) y Miola et al., (2011) referente al cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>:

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO}_2: \text{Potencial de calentamiento} = 1 \\ \text{CH}_4: \text{Potencial de calentamiento} = 21 \\ \text{N}_2\text{O}: \text{Potencial de calentamiento} = 310 \end{array} \right\} E_{\text{CO}_2} = (E_{\text{CO}_2} \times 1) + (E_{\text{N}_2\text{O}} \times 310) + (E_{\text{CH}_4} \times 21) \quad (3)$$

El tiempo de duración de la fase se calcula de acuerdo a los siguientes criterios:

$$\text{Navegación: Duración fase (h)} = \text{Distancia recorrida (km)} / \text{Velocidad media (Km/h)} \quad (4)$$

$$\text{Maniobra atraque/desatraque: Duración fase (h)} = \text{Distancia recorrida (km)} / \text{Velocidad media (Km/h)} \quad (5)$$

$$\text{Fondeado: Duración en (h) de la escala del buque.} \quad (6)$$

### Coeficientes de emisión de GEI's

El cálculo de las emisiones de GEI's se ha realizado considerando los pertinentes coeficientes de emisión y paso, teniendo en consideración los trabajos realizados por Deniz et al. (2008) y Doménech et al. (2008). En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos referentes al Factor de Emisión para Gasóleo:

**Tabla 5. Factor de emisión para gasóleo (Kg CO<sub>2</sub>/Litro)**

	Factor de Emisión Kg de CO <sub>2</sub> /litro	Factor de Paso CO <sub>2</sub> /CO <sub>2e</sub>	Factor de Emisión Kg de CO <sub>2e</sub> /litro
Remolcadores Auxiliares	2,70	1,01084	2,73

### Datos de tráfico y estancia media en puerto

Mediante datos facilitados por la Autoridad Portuaria de Valencia sobre el tráfico de buques a lo largo de un año, se ha realizado una primera clasificación determinando tipo de buque, nº de buques que han atracado, duración media y velocidad estimada de atraque.

**Tabla 6: Nº de buques y estancia media en horas (Puerto de Valencia)**

	Nº Buques (Ud)	Estancia (h)	Vel. Atraque (Nudos)
Buques (Totales)	4.933,00	23,30	5,00
Buques Contenedores	2.189,00	27,29	5,00

Buques Crucero	153,00	10,60	5,00
Buques RoRo Ferrys	1.047,00	7,96	5,00
Buques (Graneleros-Otros)	1.544,00	29,31	5,00

### Itinerarios de atraque

Los itinerarios de atraque se determinan en función de la tipología de buque y su correspondiente terminal de atraque. Extrapolando el caso de la huella de carbono por actividad pesquera desarrollado por Iribarren et al. (2010), el uso de fuel con una mayor eficiencia energética y un mayor énfasis en la optimización de las rutas de los buques (Uriondo et al. 2011), conlleva mejoras directas en la minimización de la emisión de GEI's (Schau et al., 2009); (Torres et al., 2010), por lo que será necesario realizar estudios al respecto, tratando de minimizar las rutas de atraque y desatraque de los buques. Las distancias medias consideradas, teniendo en cuenta los itinerarios calculados, quedan resumidas en la siguiente tabla:

**Tabla 7. Longitudes medias de atraque por tipología de buque (km)**

Descripción Itinerario	Longitud Segmento (m)	Tipo de buque	Longitud media (km)
1+2+3	2.400,00		
1+2+4	2.200,00		
1+2+5	2.633,33	Contenedor	2,50
1+7+10+13	2.750,00		
1+7+10+12	3.416,67	Crucero	2,75
1+7+10+11	3.150,00	RoRo-Ferry	3,15
1+6	1.633,33		
1+7+8	2.400,33	Graneleros y Otros	2,05
1+7+9	2.116,67		
Nº Itinerarios totales		9,00	
Longitud Total (m)		22.700,00	

### Determinación de la potencia nominal de los buques

El cálculo de los valores de emisión de los buques se ha realizado en base a las potencias de sus motores, tanto el principal como auxiliar, y de su porcentaje de uso en sus modos considerados. Tras estudiar una muestra de 38 buques, con 22.878 considerados, se han determinado las siguientes potencias y porcentajes de utilización, en función de la categoría de buque y del modo de funcionamiento indicado:

**Tabla 8. Potencia media nominal y % utilización por categoría y modo funcionamiento**

Tipología de Buque	Potencia Media Motor Principal (Kw)	Potencia Media Motor Auxiliar (Kw)	% de utilización Motor Principal en Atraque*	% de utilización Motor Principal Fondeado*	% de utilización Motor Auxiliar en Atraque	% de utilización Motor Auxiliar Fondeado
Buques (Media)	12.145,01	3.193,30	2,5	0,05	46,35	20,00

Buques Contenedores	25.090,49	5.560,89	2,5	0,05	50,01	18,00
Buques Crucero	38.270,42	7.367,77	2,5	0,05	50,01	18,00
Buques RoRo-	7.105,00	2.424,00	2,5	0,05	45,01	22,32
Buques (Graneleros-Otros)	8.168,25	2.469,93	2,5	0,05	43,84	21,33

### Valores de emisión correspondientes a remolcadores

Los valores de emisión derivados de la utilización de remolcadores, se ha realizado en base al valor del consumo anual de combustible declarado por la compañía concesionaria de este servicio, el cual ha sido 3.252.717 litros de gasóleo. Consecuentemente, el valor de las emisiones derivadas de este consumo de combustible resulta ser de 8.877,54 Tm de CO<sub>2</sub>e. La siguiente tabla especifica los valores obtenidos:

**Tabla 9. Cálculo emisiones de CO<sub>2</sub>Eq, correspondiente al consumo de remolcadores auxiliares**

	Consumo Total Litros de Gasóleo (Año 2008)	Factor de Emisión Kg de CO <sub>2</sub> /litro	Tm de CO <sub>2</sub> Emitidas	Factor de Paso CO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> e	Tm de CO <sub>2</sub> Eq Emitidas
Remolcadores	3.252.717,00	2,70	8.782,34	1,01084	8.877,54

### Cálculo valores de emisión correspondiente a los buques fondeados

Considerando el nº de buques, potencias nominales, estancias medias de atraque, velocidades, distancia recorrida media, potencias y factores de emisión<sup>1</sup>, a continuación se presentan los datos detallados de Tm de CO<sub>2</sub>e emitidas por los buques:

**Tabla 10. Emisiones correspondientes a buques atracados en el puerto de Valencia por un año**

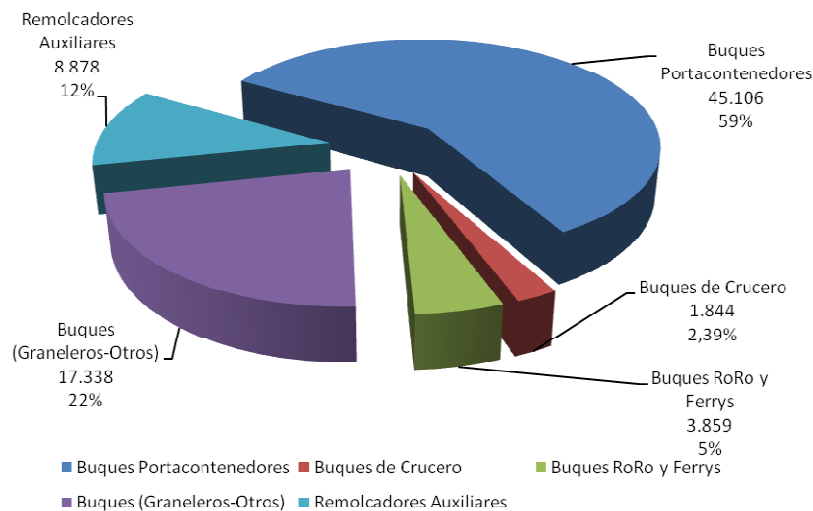
	Tm CO <sub>2</sub> Emitidas por Ud. Buque	Tm CO <sub>2</sub> e emitidas por Ud. Buque	Tm CO <sub>2</sub> en 2008 Emitidas por el Global de Buques	Tm CO <sub>2</sub> e en 2008 Emitidas por el Global de Buques
Buques (global)	11,02	11,17	54.339,39	55.119,90
Buques Portacontenedores	20,31	20,61	44.467,20	45.106,04
Buques crucero	11,88	12,05	1.817,52	1.843,67
Buques RoRo	3,63	3,69	3.804,47	3.859,15
Buques (Graneleros-Otros)	11,07	11,23	17.092,22	17.337,64
		Tot. Buques	67.181,42	68.146,50
		Tot Remolc.	8.782,34	8.877,54
		Total	75.963,75	77.024,04



**Tabla 11. Emisiones de GEI's por tipología de buque**

Tipo de Buque	Emisiones CO2 eq Tm
Buques Portacontenedores	45.106
Buques de Crucero	1.844
Buques RoRo y Ferrys	3.859
Buques (Graneleros - Otros)	17.338
Remolcadores Auxiliares	8.878
<b>TOTAL</b>	<b>77.024</b>

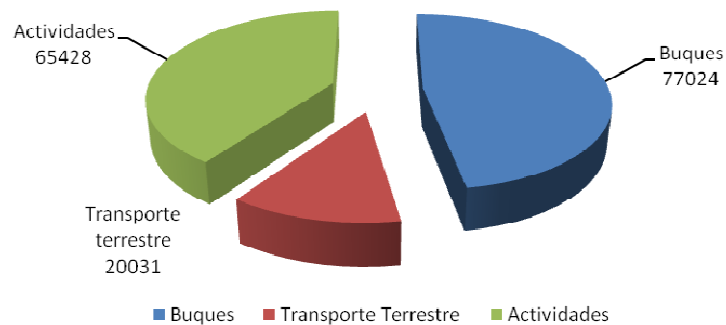
**Figura 1. Emisiones de GEI's por buques en el Puerto de Valencia (Total: 77.024 Tm CO<sub>2</sub>Eq)**



### 3. Resultado

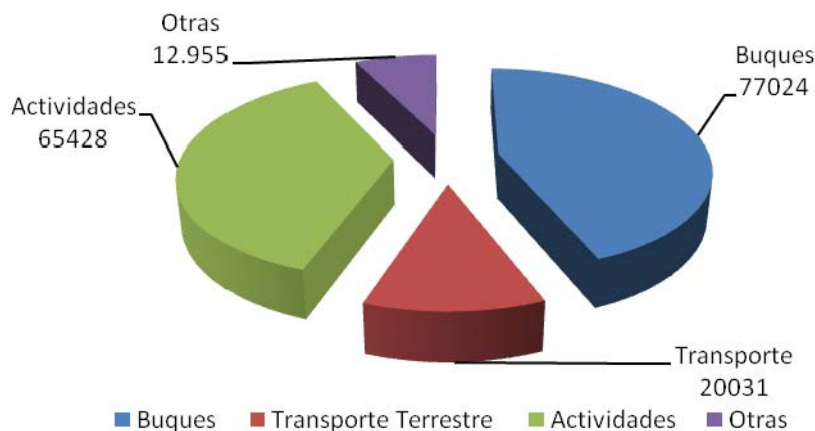
Los tres procesos estudiados en el presente documento (actividades, transporte terrestre y buques) generan, en sumatorio, alrededor de 160.000 TM de CO<sub>2</sub>e. En el siguiente gráfico se puede observar el porcentaje directamente aplicable a cada una de ellas:

**Figura 2. Emisiones de GEI's por actividades, transporte y buques en TmCO<sub>2</sub>Eq**



Del total de emisiones en Tm de CO<sub>2</sub>e, el porcentaje estudiado en el presente documento se especifica en el siguiente gráfico:

**Figura 3. Total de emisiones de GEI's en TmCO<sub>2</sub>Eq en el Puerto de Valencia en un año**



#### 4. Conclusiones

El desarrollo del proyecto Climeport en su conjunto, ha permitido proporcionar un marco adecuado de referencia en lo referente al estado actual de consumo y emisiones de GEI's en los puertos del Mediterráneo participantes en el estudio: Algeciras, Luka Koper, Livorno, Marsella, Pireo y Valencia.

En él se ha puesto de manifiesto las actividades más exigentes en cuanto a consumos energéticos en los diferentes puertos. En el presente documento se ha mostrado la metodología de cálculo de emisión para las tres principales fuentes de emisiones en el puerto de Valencia: actividades, transporte terrestre y buques. Una vez han quedado definidas las actividades y procesos generadores de las mayores cantidades de emisiones, se hace evidente dónde hay que focalizar los mayores esfuerzos en cuanto a ahorro y eficiencia energética.

A lo largo del desarrollo del proyecto se ha hecho patente la imperiosa necesidad de estandarizar procedimientos y metodologías, a fin de permitir hacer comparables los resultados entre diferentes puertos, y a su vez extrapolar los métodos de los que se ha hecho uso a otras entidades portuarias dispuestas a colaborar en proyectos de similares características, por medio de técnicas multicriterio y validación de indicadores (Cloquell et al. 2006). En este sentido, es necesario establecer los mismos coeficientes de paso para todos los participantes, así como marcar pautas comunes a la hora de realizar los inventarios de consumos e identificar las diferentes actividades a contemplar. Siguiendo lo expuesto por Lun et al. (2010) en cuanto a la identificación de buenas prácticas, que simultáneamente reducen el impacto negativo de las actividades en el medio ambiente, contribuyendo a optimizar las actuaciones a ese respecto.

Como exponen Fitzgerald et al. (2011), mediante la cuantificación eficiente de los gramos de CO<sub>2</sub> emitidos por Tonelada y Km de bienes transportados, la International Marine Organization ha venido desarrollando el Energy Efficiency Design Index (EEDI) para todos los nuevos buques construidos. La EEDI expone que el diseño del buque afecta decisivamente a las emisiones, pudiendo incrementar la eficiencia del mismo (Buhaug et al., 2009).

Asimismo, se hace necesario recordar que las mediciones deben ser actualizadas con el paso del tiempo, solo así se reflejarán los nuevos estados derivados del cambio de coeficientes de paso, de la incorporación de nuevas actividades, o del cambio de equipos

reflejados en los inventarios de consumo. Para ello, el uso acertado de los factores de emisión es crítico en la cuantificación de inventarios de GEI's, pues son desarrollados a través de la modelización de actividades (Graham, 2006).

## Discusión

Como proyecto de investigación, el trabajo realizado deja abiertas nuevas líneas de actuación conducentes a una mejor evaluación de los inventarios de emisiones y de los cálculos de emisión de actividades relativamente poco conocidas. Por lo tanto, como trabajos futuros se propone avanzar en las siguientes líneas de investigación:

- Incorporación del inventario y cálculo de emisiones asociadas al transporte por carretera en los entornos portuarios, concretamente en aquellos movimientos derivados de la actividad que tienen lugar dentro del propio recinto portuario. A este respecto se puede avanzar en el desarrollo herramientas que nos permitan conocer con un alto grado de fiabilidad, el nº de vehículos, categoría de vehículos, emisiones por categoría de vehículos, antigüedad de los vehículos y coeficiente de corrección en función de la antigüedad, mercancías transportadas etc. Actualmente la complejidad en la obtención de estos datos lleva a la necesidad de realizar estimaciones que pueden acercarse más o menos de a la realidad.
- Mejora en el establecimiento de los inventarios y Cálculo de emisiones asociadas a los buques en su aproximación y estancia en puerto. Al igual que en el caso anterior, debido a la gran diversidad en cuanto a las configuraciones existente de los motores principales y auxiliares de los buques, los estudios actuales están basados en la estimación teórica de sus emisiones. Sería necesario por tanto avanzar en la realización de estudios minucioso y pormenorizados de dichas configuraciones y sus modos de maniobra, con el apoyo de mediciones directas realizadas en diferentes buques, para poder determinar sus emisiones con exactitud y basados o contrastados de forma empírica.
- Por último, y a fin de contemplar todas las actividades que tienen lugar en el entorno portuario y provocan un efecto directo sobre las emisiones de GEI's, se propone avanzar en la cuantificación y estudio de las emisiones asociadas a la movilidad del personal que desarrolla su actividad en los puertos en sus dos vertientes, tanto en el ámbito de los desplazamientos diarios dentro del recinto portuario, como en los derivados de la actividad profesional.

## Referencias

- Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H., Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W.Q., Yoshida, K. 2009. Second IMO GHG Study 2009. International Maritime Organization, London.
- Bunse K., Vodicka M., Schönsleben P., Brühlhart M., Ernst F. O. (2010). Integrating energy efficiency performance in production management and gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production* 19, 667-679.
- Carballo, A., Sebastián, C. 2008. Applying physical input-output tables of energy to estimate the energy ecological footprint (EEF) of Galicia (NW Spain). *Energy Policy* 36, 1148-1163.
- Cloquell V.A., Cloquell V.A., Monterde-Díaz R., Santamarina-Siurana M.C. 2006. Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative.
- Cornélis, E., Rizet, C., Browne, M., Léonardi, J., 2010. Chaîne logistique de la pomme : analyse de la consommation énergétique et des émissions de la production à la consommation. *TEC (Transport, Environnement, Circulation)* 207, 41-52.

- Darbra, R.M., Ronza, A., Stojanovic, T.A., Wooldridge, C., Casal, J. 2005. A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. *Marine Pollution Bulletin* 50, 866-874.
- Deniz, C., Durmusoglu, Y. 2008. Estimating shipping emissions in the region of the Sea Marmara, Turkey. *Science of the Total Environment* 390, 255-261.
- Doménech, J. L., Arenales, G. 2008. Huella del carbono corporativa: una herramienta de gestión empresarial contra el cambio climático. *Autoridad Portuaria de Gijón*.
- ECO-information, 1998. Strategic Analysis Questionnaire for the Environmental Port Manager. ESPO, Brussels.
- ECO-information, 1999. ECO-information in European Ports. Final Report, ESPO, Brussels.
- ESPO, 2003. Environmental Code of Practice. ESPO, Brussels
- EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook- 2009. Parte B: Sectorial Guidance Chapters. Anexo: 1.A.3.d. "International navigation, national navigation, national fishing and military (shipping)" y updated Mar 2011, Anexo: 1.A.3.d.i, 1.A.3.d.ii, 1.A.4.c.iii International navigation, national navigation, national fishing.
- Endresen, O., Soergaard, E., Sundet, J. K., Dalsoeren, S. B., Isaksen, I. S. A., Berglen, T. F., Gravir, G. 2003. Emission from international sea transportation and environmental impact.
- EPLCA. Carbon footprint – what it is and how to measure it. European Platform on Life Cycle Assessment, European Commission; 2007.
- Fangfang Wang; Bao, H.P.; Kiernan, T. 2009. Emission Inventory Assessment for a Container Vessel. *IEEE Xplore*, 1-6.
- Fitzgerald, W.B., Howitt, O.J.A., Smith, I.J. 2010. Green house gas emissions from the international maritime transport of New Zealand's imports and exports. *Energy Policy* 39, 1521-1531.
- Graham, L.A. 2006. Greenhouse gas emissions from light duty vehicles under a variety of driving conditions. Environment Canada, Science and Technology Branch, Emission Research and Measurement.
- Haites, E., 2009. Linking emissions trading schemes for international aviation and shipping emissions. *Climate Policy* 9, 430–515.
- ICF International, 2009. Current methodologies in preparing mobile source port related emission inventories. US EPA.
- Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M. T., Feijoo, G. 2010. Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain). *Science of the Total Environment* 408, 5284-5294.
- Koorneef, J., Ramírez, A., Harmelen, T.V., Horssen, A.V., Turkenburg, W., Faaij, A. 2010. The impact of CO<sub>2</sub> capture in the power and heat sector on the emission of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, particulate matter, volatile organic compounds and NH<sub>3</sub> in the European Union. *Atmospheric Environment* 44, 1369-1385.
- Liao, C.H., Tseng, P.H., Cullinane, K., Lu, C.H. 2010. The impact of an emerging port on the carbon dioxide emissions of inland container transport: An empirical study of Taipei port. *Energy Policy* 38, 5251-5257.
- Lun, Y.H.V. 2010. Green management practices and firm performance: A case of container terminal operations. *Resources, Conservation and Recycling* 55, 559-566.
- Memoria Ambiental Climeport. 2011. Autoridad Portuaria de Valencia.
- Miola, A., Ciuffo, B. 2011. Estimating air emissions from ships: Meta-analysis of modeling approaches and available data sources. *Atmospheric Environment* 45, 2242-2251.

- Miola, A., Marra, M., Ciuffo, B. 2011. Designing a climate change policy for the international maritime transport sector: Market-based measures and technological options for global and regional policy actions. *Energy Policy* 39, 5490-5498.
- Norma ISO 14064:2006 "Gases de Efecto Invernadero" - AENOR 2006
- Observatorio del Transporte Intermodal Terrestre y Marítimo- Documento Final. Ministerio de Fomento. Gobierno de España. Junio 2011.
- Revkin AC. Obama speaks on climate at the U.N. In: *The New York Times*. New York: The New York Times; 2009.
- Schau, EM., Ellingsen, H., Endal, A., Aanondsen, SA. 2009. Energy consumption in the Norwegian fisheries. *J Clean Production* 17, 325-34.
- Schiff, K., Diehl, D., Valkiris, A. 2004. Copper emissions from antifouling paint on recreational vessels. *Marine Pollution Bulletin* 48, 371-377.
- Schrooten, L., De Vlieger, I., Panis, L., Chiffi, C., Pastori, E. 2009. Emissions of maritime transport: A European reference system. *Science of the Total Environment* 408, 318-323.
- Torres, JM., González, L., Spyrakos, E., Rodríguez, I. Routing optimization using neural networks and oceanographic models from remote sensing data. *Proceedings of the First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency*, Vigo, Spain. 2010. May 18-20.
- The Port of Los Angeles Inventory of Air Emissions for Calendar Year 2010
- Uriondo, Z., Durán Grados, C. V., Clemente, M., Gutiérrez, J. M., Martín, L. 2011. Effects of charged air temperature and pressure on NOx emissions of marine medium speed engines. *Transportation Research Part D* 16, 228-295.
- Villalba, G., Demisse, E. 2010. Estimating GEI'S emissions of marine ports. The case of Barcelona. *Energy Policy* 39, 1363-1368.