

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE

14 y 15 de NOVIEMBRE

ALGECIRAS | EDIFICIO I+D+i DEL CAMPUS TECNOLÓGICO

Toda la información e inscripción en [encuentrodesarrollososteniblefcta.es](http://encuentrodesarrollososteniblefcta.es)

¡SÍGUELO  
POR STREAMING!

## PREMIO FUNDACIÓN CAMPUS TECNOLÓGICO

MEJOR COMUNICACIÓN ORAL  
MEJOR TRABAJO CIENTÍFICO E  
INNOVADOR EN FORMATO  
ELEVATOR PITCH

4. Educación  
de calidad



9. Industria,  
innovación  
e infraestructura



13. Acción  
por el clima



## HACIA LA DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA MARÍTIMA EN EL MAR MEDITERRÁNEO

JUAN MORENO-GUTIÉRREZ  
VANESA DURÁN-GRADOS  
RUBEN RODRIGUEZ-MORENO  
EMILIO PAJARO-VELÁZQUEZ

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo*

### INTRODUCCIÓN

- Trabajos desarrollados hasta la fecha en este ámbito
- 20 artículos publicados en revistas indexadas en JCR.  
iH10=14
- 7 proyectos internacionales sobre emisiones de buques en Navegación
- 2 proyectos internacionales de emisiones portuarias
- Propuestas de Proyectos futuros inmediatos en preparación
- Programa INTERREG MED
- Programa INTERREG ESPACIO ATLÁNTICO



## Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo. RESULTADOS ARTÍCULOS

- *Emission Factors Uncertainties in Maritime Transport in the Strait of Gibraltar, Spain. **AMT, Copernicus**, 5, 5953–5991, 2012. Primer cuartil, 13 citas*
- Análisis de resultados tras la aplicación de factores de emisión en g/litro de combustible y en g/kWh
- Towards an integrated environmental risk assessment of emissions from ships' propulsion systems. **Environment International**. (66) Pp 44-47. Ed. Elsevier. 2014. Primer decil , 46 citas

Influencia de las emisiones de partículas en la salud humana

- *Methodologies for estimating shipping emissions and energy consumption: A comparative analysis of current methods. **Energy** (2015). Primer decil, 92 citas*
- Aplicación de los modelos de cálculo de emisiones existentes al transporte marítimo en el Estrecho de Gibraltar. Estudio de todos los factores influyentes.



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* RESULTADOS ARTÍCULOS

The influence of the waterjet system on the ships' energy consumption and emissions inventories. 2018. Science of the total Environment.631-632 pp.496-509. Número de citas: **21**

Se introduce el sistema de propulsión como una variable más a tener en cuenta en el cálculo de la potencia en tiempo real

Comparative analysis between different methods for calculating on-board ship's emissions and energy consumption based on operational data. 2018. Science of the Total Environment, 650, 575-584. Número de citas: **55**

Se utilizan datos de a bordo a introducir en el modelo SENEM



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* RESULTADOS ARTÍCULOS

Shipping emissions in the Iberian Peninsula and its impacts on air quality. 2020. **ACPD. Atmos. Chem. Phys.**, 20, 9473–9489, 2020, **36 Citas**

Interdisciplinar con Universidad de Oporto y el Instituto de Investigación Meteorológica Finlandés

Calculating ships' real emissions of pollutants and greenhouse gases: Towards zero uncertainties. 2020. **Science of the total environment. (STOTEN. )**, **26** citas.

Se define un modelo propio de cálculo de emisiones en tiempo real



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* RESULTADOS ARTÍCULOS

Calculating a Drop in Carbon Emissions in the Strait of Gibraltar (Spain) from Domestic Shipping Traffic Caused by the COVID-19 Crisis.2020. *Sustainability* , 12(24), 10368, Citas: **19**

Se cuantifica la reducción de emisiones en el Estrecho de Gibraltar y puerto de Algeciras como consecuencia de la Pandemia.

Estimating the health and economic burden of shipping related air pollution in the Iberian Peninsula. 2021. [Environment International](#). [156](#), 106763, Citas:**29**.

Se desarrolla un estudio socioeconómico de las consecuencias de las emisiones marinas en la Península Ibérica



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* RESULTADOS ARTÍCULOS

Towards the declaration of the strait of Gibraltar as an environmental controlled área. 2023. **Marine Pollution Bulletin**,192 (2023) 115042. Número de citas:2

Mediante la aplicación de nuestro modelo emisiones actualizado (SENEM 1), se desarrolla un estudio sobre cómo se reducirían las emisiones si el Estrecho fuera declarado como Zona de Control Ambiental (ECA)

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* Proyectos emisiones buques

Towards reducing atmospheric pollution from shipping emissions forecasting and assessment for human health impact (EMISSHIP). Portugal 2020. 2018-2020.



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* Proyectos emisiones buques

La influencia del transporte marítimo sobre la salud humana. Propuesta de un modelo de cálculo de predicción de muertes y hospitalizaciones anuales en la provincia de Cádiz. Financiado por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. Fondos FEDER. 2018-2019

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción  
por el clima



4. Educación  
de calidad



9. Industria,  
innovación  
e infraestructura



## Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo. Proyectos emisiones buques

Hacia el concepto “cero emisiones” en el ámbito de la pesca.  
Consejería de Agricultura, Pesca y alimentación. 2022-2023.

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## *Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo.* Proyectos emisiones Puertos

MED Project « Promotion of Port Communities SMEs role in Energy Efficiency and GREEN Technologies for BERTHING Operations (GREENBERTH)”.European Comission. 2012-2015

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo. Proyectos emisiones Puertos

MED Project « Promotion of Port Communities SMEs role in Energy Efficiency and GREEN Technologies for BERTHING Operations (GREENBERTH)”.European Comission. 2012-2015

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## Hacia la descarbonización de la industria marítima en el Mar Mediterráneo. Proyectos emisiones Puertos

Masterplan for OPS in Spanish Ports project. 2015-EU-TM0417-S (26714466). European Commission. 2016-2021. Europeo CEF.



## Towards the decarbonisation of the maritime industry in the Mediterranean

- *OBJETIVO PRINCIPAL*

*Investigar los esfuerzos globales para descarbonizar el transporte marítimo (incluidos los puertos), analizando los principales motores de la transición verde y proponer las direcciones para futuras investigaciones en este viaje de descarbonización*



## Towards the decarbonisation of the maritime industry in the Mediterranean

- *Optimizar el consumo de energía y las emisiones para el buque durante todos los modos de navegación. Aplicación del Modelo SENEM 1 añadiendo técnicas de optimización mediante IA tanto para los combustibles fósiles como para el biocombustible 2G.*
- *Análisis de las emisiones de GEI en los puertos marítimos porque aún es necesario mejorar la calidad de los datos contenidos en las bases de datos existentes*



## Towards the decarbonisation of the maritime industry in the Mediterranean. Intereg Med

- *Optimizar el consumo de energía y las emisiones para el buque durante todos los modos de navegación. Aplicación del Modelo SENEM 1 añadiendo técnicas de optimización mediante IA tanto para los combustibles fósiles como para el biocombustible 2G.*
- Desarrollo de criterios de optimización energética que mejorarán considerablemente las emisiones para poder avanzar hacia el concepto de "cero emisiones".
- Empleo de combustibles alternativos



## Towards the decarbonisation of the maritime industry in the Mediterranean

- *Análisis de las emisiones de GEI en los puertos marítimos. Mejorar la calidad de los datos contenidos en las bases de datos existentes.*
- Reducción de carbono • Adopción de energía renovable • Optimización de costes • Adopción de tecnologías de control inteligente • Entorno normativo • Directrices sobre las mejores prácticas para los puertos marítimos inteligentes



## Towards the decarbonisation of the maritime industry in the Mediterranean

- *Análisis de las emisiones de GEI en los puertos marítimos. Mejorar la calidad de los datos contenidos en las bases de datos existentes.*
- Reducción de carbono • Adopción de energía renovable • Optimización de costes • Adopción de tecnologías de control inteligente • Entorno normativo • Directrices sobre las mejores prácticas para los puertos marítimos inteligentes



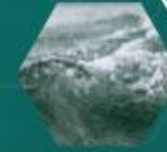
## Towards the decarbonisation of the maritime industry in the Mediterranean

### ***SOCIOS***

#### ***UCA. Coordinador***

- *Una Naviera Italiana*
- *Una naviera española*
- *CEPSA*
- *Un Puerto Italiano*
- *Un Puerto de Túnez*
- *Un Puerto de Turquía*

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



9. Industria, innovación e infraestructura



**Vanesa Durán** [vanesa.duran@uca.es](mailto:vanesa.duran@uca.es)

Trabajando EN LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PRODUCIDA POR MOTORES DIESEL MARINOS desde hace más de 20 años.

## Cargo

Directora Grupo Investigación Eficiencia Energética Transporte Marítimo

## Dos Sexenios de investigación

## Doctora en Ingeniería Industrial

## Departamento y Área de conocimiento

Máquinas y Motores Térmicos

## Centro y Universidad

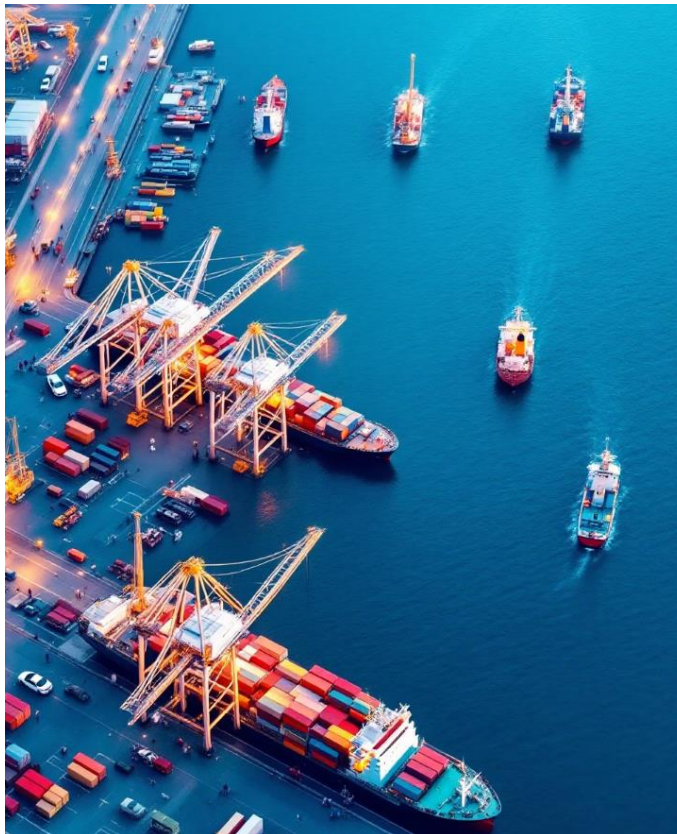
Escuela de Ingenierías Marina, Náutica y Radioelectrónica.  
Universidad de Cádiz



# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE




## Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2022-2024



## PROYECTO A SOLICITAR

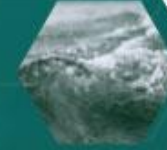
Calendario de próximas convocatorias del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades



| Convocatoria                            | Organismo                              | Breve descripción   | Dirigidas a*  | Apertura de solicitudes | Resolución de solicitudes |
|---|--|---|---|-------------------------|---------------------------|
| Proyectos de generación de conocimiento | Agencia Estatal de Investigación (AEI) | Financia proyectos de I+D+i en el marco del Subprograma de Generación de Conocimiento del Plan Estatal de I+D+i. Se incluyen por primera vez los contratos predoctorales asociados. Se incrementan los gastos indirectos del 21 al 25%. | Investigadores/as principales (IP)<br> | Enero 2023              | Noviembre 2023            |

Este proyecto de investigación será coordinado y tiene como **objetivo desarrollar un plan integral para la descarbonización y electrificación del sector marítimo portuario en España**. Se analizará la situación actual de 9 puertos nacionales y se diseñarán estrategias personalizadas para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética, en línea con los objetivos de la OMI de reducir las emisiones en un 55% para 2030 y alcanzar las emisiones netas cero en 2050.

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



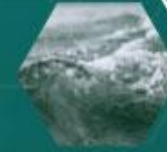
9. Industria, innovación e infraestructura



## Título del Proyecto

PLAN DE DESCARBONIZACIÓN Y ELECTRIFICACIÓN DEL SECTOR MARÍTIMO PORTUARIO NACIONAL BASADO EN LA OPERATIVA, ECOEFICIENCIA Y PATRÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE CADA PUERTO

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## Universidades Participantes

Universidad de Coruña  
(UDC)

Subproyecto específico

Universidad  
Politécnica de Madrid  
(UPM)

Subproyecto específico

Universidad de Cádiz  
(UCA)

Subproyecto específico  
liderado por la candidata

Universidad  
Politécnica de Valencia  
(UPV)

Subproyecto 1 (coordinador)

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



9. Industria, innovación e infraestructura



## AUTORIZACION DE PARTICIPACION EN PROYECTO COORDINADO PRESENTADO POR LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA PARA QUE LOS PUERTOS DEN SU COMPROMISO

Por la presente, Don/Doña: \_\_\_\_\_ como responsable en la Autoridad Portuaria de Cádiz de Don José Miguel Pérez Sánchez doy autorización a participar en el equipo de trabajo de la Universitat Politècnica de Valencia, del proyecto coordinado titulado PLAN DE DESCARBONIZACIÓN Y ELECTRIFICACIÓN DEL SECTOR MARÍTIMO PORTUARIO NACIONAL EN FUNCIÓN DE LA OPERATIVA, ECOEFICIENCIA Y PERFIL DE EMISIONES DE CADA PUERTO con referencia administrativa PID2023-xxxx y que ha sido presentado a la convocatoria de Proyectos de Generación de Conocimiento 2023, en su modalidad de Proyectos de Investigación Orientada TIPO: B, en el área temática Energía y Transporte y prioridades Clima, Energía y movilidad del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo la presente:

## 1 Puertos Participantes

Vigo, A Coruña, Gijón, Castellón, Valencia, Cartagena, Málaga, Cádiz y Tenerife

## 2 Participación

Los puertos deben mostrar su intención de participación a través de un módulo específico

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



9. Industria, innovación e infraestructura



## Motivación para Solicitar el Proyecto Investigador

### Complejidad de la Sostenibilidad Marítima

La sostenibilidad Marítima es cada vez más global, polifacética y multinivel, lo que la vuelve mucho más compleja.

### Objetivo Principal

Reducir la huella de carbono en 9 Puertos a Nivel Nacional.

### Colaboración Interuniversitaria

Proyecto desarrollado con 4 universidades: Universidad de Coruña, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Cádiz y Universidad Politécnica de Valencia.

### Herramienta de Gestión

Desarrollo de un Cuadro de Mando Bajo en Carbono (CBA) adaptable a la realidad de cada puerto participante.



# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



9. Industria, innovación e infraestructura



## METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### WP1: Análisis de ecoeficiencia de las terminales portuarias

Innovación: Enfoque en terminales portuarias de contenedores y cálculo de toneladas de CO2 equivalente

### WP2: Auditoría de las AP para el cumplimiento de la norma ISO 50001

Innovación: Desarrollo de modelos específicos para la gestión energética en puertos

### WP3: Método unificado para calcular la huella de carbono

Innovación: Enfoque unificado y global para calcular la huella de carbono en puertos españoles

### WP4: Evaluación de emisiones atmosféricas

Innovación: Análisis diferenciado de emisiones según el funcionamiento del puerto y tipo de buques

### WP9: Análisis de carencias de los puertos

Definición de cuadros de mando bajos en carbono (Low-Carbon Scorecards - LCS)

### WP5: Potencial de electrificación renovable

Innovación: Hoja de ruta para desarrollar tecnologías de energías renovables marinas adaptadas al entorno portuario

### WP6: Análisis del despliegue del hidrógeno verde

Innovación: Estudio del potencial del hidrógeno verde en la transición energética de la economía global

### WP7: Medición del componente social de la sostenibilidad portuaria

Innovación: Exploración de los efectos de la descarbonización en la salud pública y factores sociales

### WP8: Situación de partida del puerto

Preselección de variables medioambientales, energéticas y sociales clave

### WP10: Definición del plan director

Mejores prácticas y definición de la hoja de ruta, incluyendo la gestión de la incertidumbre considerando escenarios futuros

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## TITULO DEL SUBPROYECTO

EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE BUQUES Y EQUIPOS DE TERMINALES PORTUARIAS SEGÚN EL TRÁFICO Y EL TIPO DE OPERACIÓN DE CADA PUERTO.

### 1 Objetivo Principal

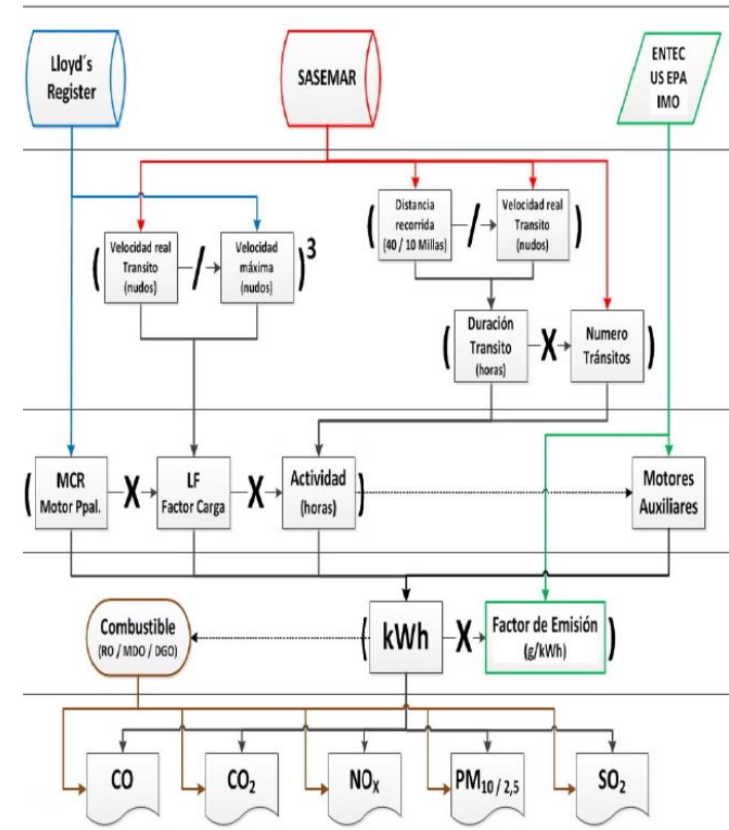
Integración y Control de las emisiones generadas en determinados buques y maquinaria de Puerto.

### 2 METODOLOGIAS VARIAS

BUQUES  
MAQUINARIA DE PUERTO  
EDIFICIOS

### 3 Análisis de Emisiones

Estudio de la concentración de gases de efecto invernadero, óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y material particulado (PM)





## Ecuaciones para Buques

### Ecuación General

La ecuación general para calcular el total de emisiones en cualquiera de las situaciones es la siguiente:

$$E = \frac{D}{v} [(ME \cdot LF_{ME}) \cdot EF_{ME} + (AE \cdot LF_{AE}) \cdot EF_{AE}]$$

### Definición de Variables

E: **Emisiones** en g/h por cada contaminante.

D (millas): **Distancia** navegada dentro de la zona de estudio.

V (nudos): **velocidad** media del barco.

$\left(\frac{D}{v}\right)$ : **Tiempo de actividad** (horas.)

ME (kW): Potencia MCR (**Potencia Máxima Continua**) de motores principales.

$LF_{ME}$  (%): **Factor de carga de motores principales** como una fracción de MCR.

$EF_{ME}$  (gkWh<sup>-1</sup>): **Factor de Emisión de motores principales por cada contaminante.**

AE (kW): MCR (**Potencia Máxima Continua**) de los motores auxiliares.

$LF_{AE}$  (%): **Factor de carga de los motores auxiliares** como una fracción de MCR .

$EF_{AE}$  (gkWh<sup>-1</sup>): **Factor de emisión de motores auxiliares por cada contaminante.**

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



9. Industria, innovación e infraestructura



## Maquinaria Portuaria

### Ecuación Básica:

$$E = \text{Pop} \times \text{HP} \times \text{LF} \times \text{Act} \times \text{FCF} \times \text{EF}$$

### Variables:

**E:** Total de Emisiones por contaminante

**Pop:** Número de equipos

**HP:** Potencia de cada equipo

**LF:** Factor de carga

**Act:** Tiempo de actividad

**FCF:** Factor corrector de combustible

**EF:** Factor de emisión





## Equipos Significativos para el Análisis de Emisiones

### Importancia del Equipo

Estos equipos son fundamentales para la adquisición precisa de muestras de gases de escape, lo que permite un análisis detallado de las emisiones de los buques.

- 1 Medidor de gases**  
Equipo principal para el análisis de la composición de los g. e.
- 2 Analizador de Material Particulado**  
Mide las nanopartículas en el flujo de gases de exhaustación
- 3 Detector de porcentaje de Azufre**  
Comprueba el porcentaje de azufre en el combustible analizado



# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## Resumen del Presupuesto

| Concepto                       | Coste Imputable     |
|--------------------------------|---------------------|
| Gastos de Personal             | 76.500,00 €         |
| Viajes y dietas                | 153.285,00 €        |
| Otros gastos                   | 58.964,00 €         |
| Adquisición de inventariable   | 48.941,00 €         |
| Mantenimiento de Inventariable | 13.800,00 €         |
| Publicaciones                  | 5.500,00 €          |
| <b>Total Costes Directos</b>   | <b>356.990,00 €</b> |

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción por el clima



4. Educación de calidad



9. Industria, innovación e infraestructura



## Conclusiones y Perspectivas Futuras

### Impacto Esperado

Reducción significativa de emisiones en los puertos participantes y mejora de la eficiencia energética

### Innovación Tecnológica

Desarrollo de nuevas herramientas y metodologías para la gestión ambiental portuaria

### Colaboración Interinstitucional

Fortalecimiento de la cooperación entre universidades, puertos y autoridades marítimas

### Proyección Internacional

Posicionamiento de España como referente en sostenibilidad marítima y portuaria



© carlos dectos

# IX ENCUENTRO INTERNACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE



13. Acción  
por el clima.



4. Educación  
de calidad



9. Industria,  
innovación  
e infraestructura



## GRACIAS/ THANK YOU

[www.encuentrodesarrollososteniblefcta.es](http://www.encuentrodesarrollososteniblefcta.es)

[juan.moreno@uca.es](mailto:juan.moreno@uca.es)

[vanesa.duran@uca.es](mailto:vanesa.duran@uca.es)

[ruben.rodriguezmoreno@uca.es](mailto:ruben.rodriguezmoreno@uca.es)

[emilio.pajaro@uca.es](mailto:emilio.pajaro@uca.es)



COLABORA:



moeve



FINANCIA:

