

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández
Curso Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles
**APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO**

INTRODUCCIÓN

El transporte marítimo repercute en el clima mundial y en la calidad del aire ya que genera emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros contaminantes, como los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x), el metano (CH₄), las partículas y el hollín. BOE-CE (2). Ha sido legislado y firmado por más 100 países a través de la Organización Marítima Internacional (OMI) (1), Naciones Unidas para la protección de la Biodiversidad, Comunidad Europea año 2015 y BOE (2)

El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL) determina los límites de emisiones que pueden realizarse en su Anexo VI: Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (19 de mayo de 2005). (1)

Dado el auge de Tráfico Marítimo y su influencia en la Biodiversidad se hace necesario controlar y prevenir estas emisiones de gases a la atmosfera por los buques, que repercuten en la calidad del aire y el mar, afectando a la fauna y al ser humano.

Se estima que las emisiones anuales realizadas por los buques han alcanzado ya los 1120 millones de toneladas de CO₂ al año, cerca de un 4.5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Año 2008) (3)

JUSTIFICACIÓN

Inspeccionar los gases que emiten los barcos es una labor complicada y hace necesario subir a la chimenea de los buques donde se encuentran los escapes de los motores, con el riesgo que supone, o instalar costosos sensores en las mismas, que soporten grandes temperaturas. Por todo ello, el uso de UAS para medir los gases emitidos por los buques en tiempo real, es una nueva aplicación de los drones, que facilita enormemente éste análisis, y puede llevarse a cabo en la mar, con el buque a toda máquina y obtener resultados más precisos.

El uso de RPAS para la toma de datos, monitorización y prevención de la contaminación atmosférica (5) se ha convertido en una herramienta muy útil, por su menor coste, tiempo menor para la realización de las misiones, seguimiento desde tierra en tiempo real y fácil manejo. (6)

Nuevos sensores miniaturizados para UAS como LIDAR, permiten detectar los gases de efecto invernadero (5) facilitando enormemente su estudio, ofreciendo resultados en mapas de nubes de gases en 3D.

APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández

Se dispone de aviones de vigilancia, globos meteorológicos y satélites para monitorizar la atmosfera y la superficie de la tierra desde grandes alturas. Con RPAS se pueden realizar vuelos muy cercanos a la superficie de la tierra obteniendo datos y resultados de mayor precisión por las características de los sensores y la zona concreta de la atmósfera que se desea estudiar.

No se ha incluido en ésta propuesta el análisis del mar por los UAS ya que requiere otro planteamiento de vuelos y situaciones espaciales / temporales ya que influyen las mareas y corrientes marinas, pero cargando un sensor SAR en el dron, se puede determinar y detectar la presencia de hidrocarburo en la superficie del mar.

OBJETIVOS

1.- Obtención de indicadores de emisión, en el espacio y tiempo, para estudio comparativo con zonas de referencia 0, con mínimo tráfico marítimo y poca influencia humana para determinar el grado de contaminación atmosférica, analizando la estela de gases que dejan en el aire los buques en la mar, las emisiones de los escapes de motores y el entorno en el que navegan.

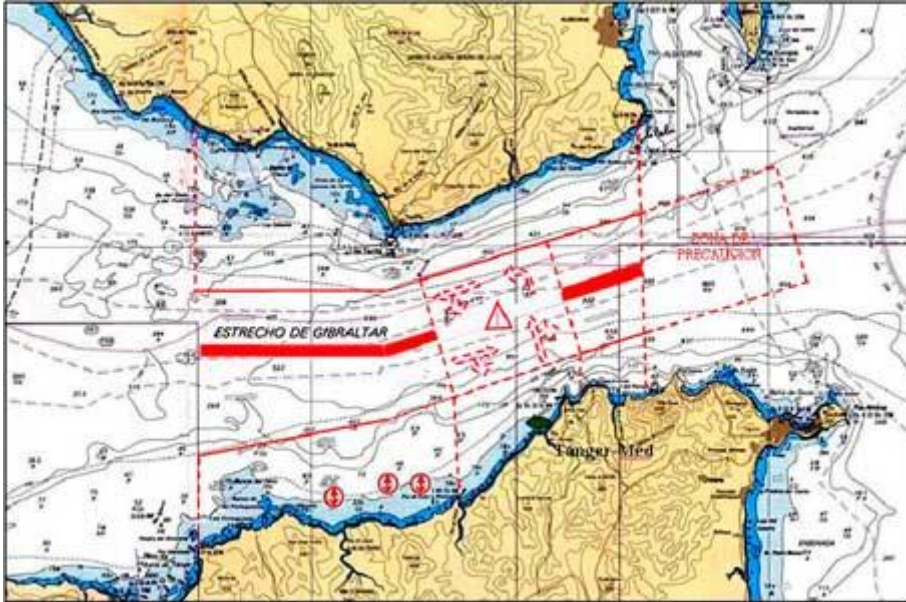
2.- Prevención contra la Contaminación Atmosférica/Marina debida al tráfico marítimo, realizando monitorización del aire y del mar, de forma regular y constante, 360/24, en zonas de intenso tráfico marítimo. La fotografía, identificación, posición del buque y toma de muestras mar/aire realizadas por UAS servirán como medio de prueba para aplicar sanciones a los responsables de la contaminación.

3.- Verificación (sistema SNV) de las emisiones de CO₂ de buques mayores de 5000 TM de Arqueo Bruto. Directiva CE 29/CE (2) **en tiempo real** y compararlos con los resultados empíricos de los mismos.

4.- Aplicar el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, **MARPOL** y directrices CE y ONU.

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández
Curso Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles
**APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO**

METODOLOGÍA



Dispositivo de Separación de Tráfico de Gibraltar

Área de Estudio.

Se ha elegido como campo de trabajo el **Estrecho de Gibraltar** y más concretamente el **Dispositivo de Separación de Tráfico (DST)** implantado en el mismo (en rojo en la imagen), por ser una de las áreas del mundo de mayor tráfico marítimo. Analizaremos la columna de aire en el DST y los gases emitidos por los buques por sus chimeneas.

Tipo de UAS

Se han elegido dos tipos de RPAS para llevar a cabo la misión, el análisis del aire en el DST con un avión de ala fija, y las emisiones de gases por las chimeneas de los buques, con un cuadricóptero de 8 rotores.

APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández



PUMA AE (ALL ENVIRONMENT) RQ-20A (avinc.com)

“El sistema PUMA AE, preparado para operar en medios marinos y terrestres, es un avión de tamaño medio, que con 2,80 m. de envergadura y 5,9 Kg., triple sensor IR & EO e IL, DDL, tiene una **autonomía de más de tres horas y media**. WASP AE, Estación en tierra (GCS) y aplicaciones SW, de inteligencia visual y formación” (4)

“El martes 10 de Junio de 2014, la Federal Aviation Administration (FAA), concede al Puma AE, autorización para realizar vuelos comerciales sobre tierra” (4)

“El Puma AE, puede ser equipado con un sistema LiDAR (Light Detection and Ranging) o con sus cámaras electro-ópticas e infrarrojas habituales.” (4)

“Los Sistemas No Tripulados de la compañía californiana AeroVironment cumplen con el Nuevo marco regulatorio temporal para las operaciones con drones aprobado en el Consejo de Ministros del pasado viernes 4 de julio de 2014.(4)

Key Features

- All Environment - Fully Waterproof
- 3.5+ Hour Flight Endurance
- Smart Battery options to support diverse missions
- Gimbalead EO & IR Payload
- Increased Payload Capacity with optional under wing Transit Bay
- Powerful and Efficient Propulsion System
- Precision Navigation System with Secondary GPS
- Plug and Play Secondary Power Adapter
- Reinforced Fuselage for Improved Durability

Specifications

Payloads	Gimbalead payload, 360 degree continuous pan, +10 to -90 degrees tilt, stabilized EO, IR camera, and IR illuminator all in one modular payload.
Range	15 km
Endurance	3.5+ hours
Speed	37-83 km/h, 20 to 45 knots
Operating Altitude (Typ.)	500 ft (152 m) AGL
Wing Span	9.2 ft (2.8 m)
Length	4.6 ft (1.4 m)
Weight	13.5 lbs (6.1 kg)
GCS	Common GCS with Raven, Wasp and Shrike
Launch Method	Hand-launched, rail launch (optional)
Recovery Method	Autonomous or manual deep-stall landing

www.avinc.com/puma

Version 10/12/13



Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández
Curso Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles
**APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO**



Puma en Alaska, actualmente también en la Campaña Antártica 2016

APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández

SABRE HL48 RANGE y LIDAR

SABRE con sede en Aberdeenshire Escocia, está especializada en Lidar y GNSS / IMU integración y el diseño de UAV. (<http://www.sabresurvey.com/uav.html>). El dron SABRE se equipará con sensores IR y LIDAR (5)



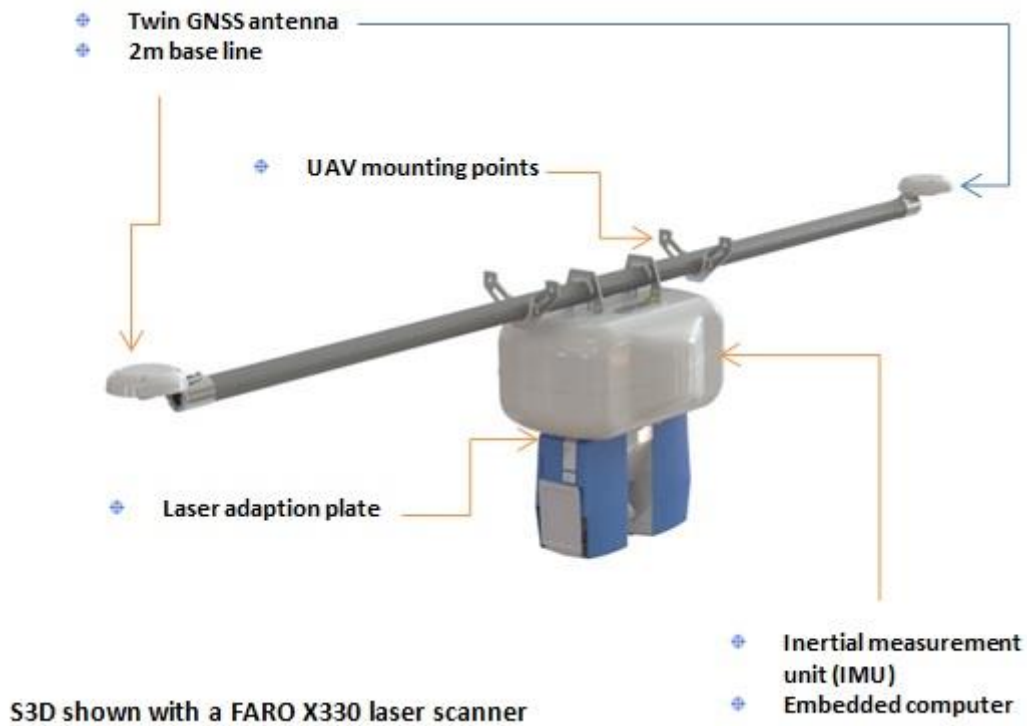
SKYHORSE PEGASUS in BLUE - SABRE HL48 RANGE

Length / Width	Motor axis to motor axis 130cm (51inch)
Height	UAV Height with standard landing gear 50cm (20inch)
Chassis	Carbon Fibre and Aluminium
Dry Weight	6kg 8kg
Take-off Weight	10kg-20kg 12kg-40kg
Max. Payload	8KG 12kg
Max. Speed	30 knots*
Climb Rate	2 m/s* 5m/s
Flight Height	up to 2000 feet AGL (Above ground level) Max. 10,000 feet ASL (Above sea level)
Flight Time	up to 60 min* Typical 45 min at 4 kg* STATIC hover 12kg payload + 12kg battery 30mins
Operating Temperature	-20 to 40 C° (-4 to 104 F°)
Sensors	GPS receiver, 50m Laser Alt, on board computer telemetry
Engines	8
Working distance	2km line of sight (25km optional)

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández
 Curso Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles
**APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
 ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO**

Control	remote control, tablet-PC (optional), automatic way point flight via Ipad or tablet-PC
Power Source	lithium-polymer 10amp to 52amp
UAV Category	Light unmanned aircraft sub 20Kg

SABRE LIDAR para UAS

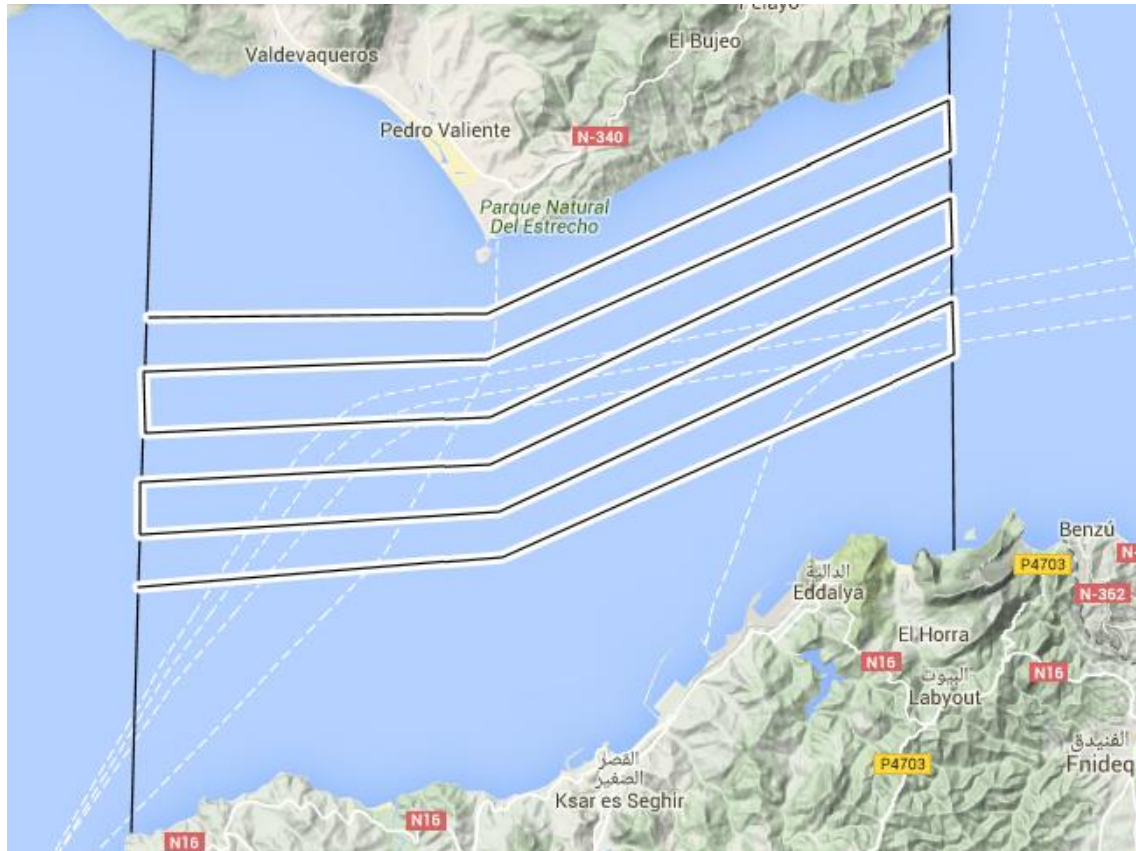


SABRE LIDAR para UAS. <http://www.sabresurvey.com/>

APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández

U



Trayectorias de vuelo del AUS PUMA AE – 191 km / 103.1 millas

Modo de Operación

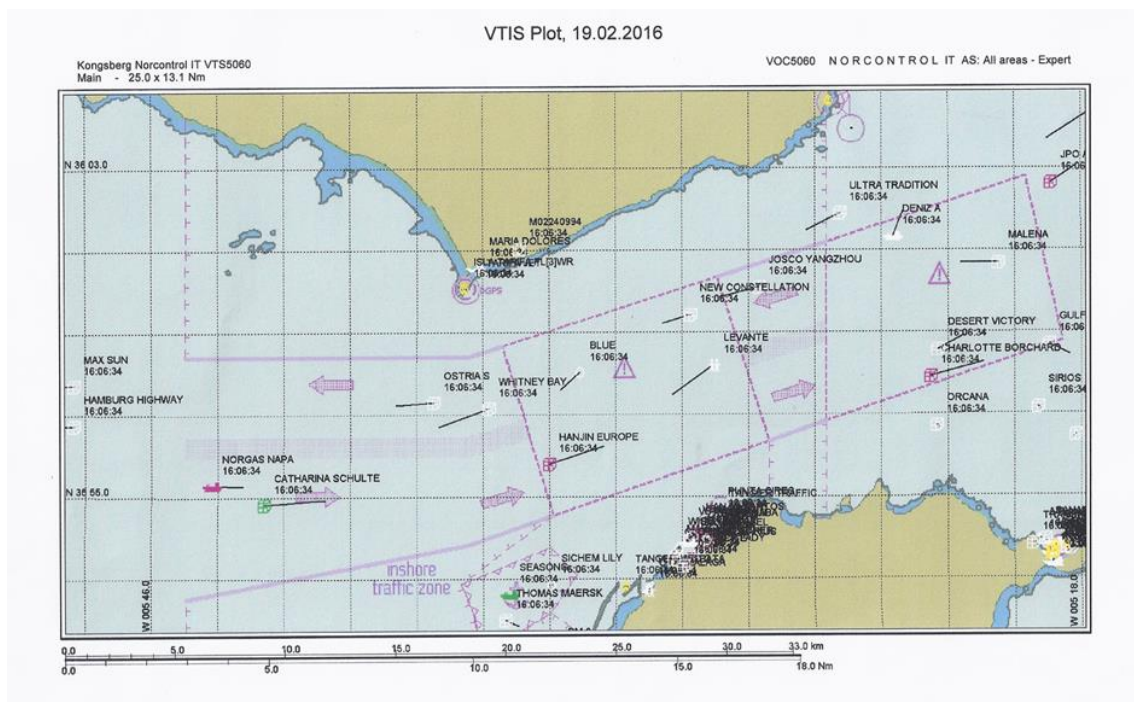
Cada dron realizará 5 vuelos en el DST, y uno en la costa, entre Punta Paloma y Punta Camarinal que se consideraran puntos de referencia 0. El avión mapeará en su vuelo costero de tres horas la zona de referencia 0.

Los 5 vuelos con el cuadricóptero, se realizarán seleccionando buques de arqueo bruto > 5000 TM , según Directiva CE y BOE (2). Será un vuelo VLOS.

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández
Curso Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles
**APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO**

Los vuelos realizados con el AUV PUMA AE serán de 3 horas cada uno, con un total de 5, a 35 nudos de velocidad cada uno, a una altitud mínima de 150 metros. Se realizarán rastreando la vía Este y Oeste del Dispositivo, entre los meridianos de Punta Malabata y Punta Carnero, (005° 45`W y 005° 25`W respectivamente), realizando tres calles paralelas en cada vía. La anchura de barrido será de una milla. Será un vuelo BVLOS programado.

Los despegues se realizarán desde buque ó embarcación de Salvamento por sus especiales características, ó desde tierra, La Isla de Tarifa ó desde el Centro de Coordinación de Salvamento en Tarifa, situado a 100m de altitud, en zona despoblada, preferiblemente, a las 1300Z y 0100Z coincidiendo con las máximas y mínimas temperaturas del aire, con viento en calma o del Oeste hasta fuerza 3, para evitar aire procedente de la Bahía de Algeciras. Se evitará el viento de componente Este y del SW procedente de Tánger. Los vuelos se realizaran al comienzo de las 4 estaciones del año, seleccionando momentos de mayor tráfico de buques.



APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández

ANALISIS DE DATOS

Indicadores

Los gases a detectar en los buques y en el DST son:

“Los gases de efecto invernadero emitidos por los buques son: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x), CO_x, SO_x, y los clorofluorocarbonos que son compuestos artificiales tales como los CFCs y los HCFCs”(3) . La referencia 0 será la línea de costa entre Punta Paloma y Punta Camarinal.

RESULTADOS

- **Verificación** de los niveles porcentuales de emisión de gases de efecto invernadero de los buques mercantes.(2)
- **Impacto** de la contaminación de buques mercantes en la atmósfera, en zonas de intenso tráfico marítimo. Representación gráfica 3D de la columna y la nube de gases detectados, dentro del Dispositivo de Separación de Tráfico y su dispersión en la atmósfera.
- Estudio posterior del impacto en el medio marino (lluvia ácida) y en la Biodiversidad en general.

Ejercicio Práctico módulo 16 – Ricardo Freile Fernández
Curso Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles
**APLICACIÓN DE UAS PARA EL ESTUDIO Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DEL TRÁFICO MARÍTIMO**

BIBLIOGRAFÍA

(1) [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL) Adopción: 1973 (Convenio MARPOL), 1978 (Protocolo de 1978), 1997 (Protocolo – Anexo VI); entrada en vigor: 2 de octubre de 1983 (Anexos I y III).

(2)) REGLAMENTO (UE) 2015/757 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 29 de abril de 2015 relativo al seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el transporte marítimo y por el que se modifica la Directiva 2009/16/CE

<https://www.boe.es/doue/2015/123/L00055-00076.pdf>

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013PC0480&from=ES>

BOE <https://www.boe.es/doue/2015/123/L00055-00076.pdf>

(3) Estudio del Impacto Ambiental del Tráfico Marítimo Barcelona-Baleares Alumna: Cristina Barragán Casanova <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5020/ESTUDIO%20DEL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20DEL%20TRÁFICO%20MARÍTIMO%20BARCELONA.pdf?sequence=1>

(4) <http://www.cetasa.es/los-sistemas-de-avinc-cumplen-con-el-marco-regulatorio-para-las-operaciones-de-rpas/>

(4) <http://www.cetasa.es/la-autoridad-aeronautica-civil-americana-faa-autoriza-al-primer-uas-para-realizar-vuelos-comerciales-sobre-tierra/>

https://www.avinc.com/public-safety/video_public_safety/

(5) http://www.uni-obuda.hu/users/szakala/CINTI%202012/32_cinti2012.pdf

A. Gardi, R. Sabatini and G. Wild, “Unmanned Aircraft Bistatic LIDAR for CO₂ Column Density Determination”, in proceedings of *IEEE*

Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace) 2014, pp. 44-49, Benevento, Italy, 2014. DOI: 10.1109/MetroAeroSpace.2014.6865892

https://www.researchgate.net/publication/264240363_Unmanned_Aircraft_bistatic_LIDAR_for_CO2_column_density_determination

https://www.researchgate.net/publication/268814007_Conceptual_Design_of_an_Unmanned_Aircraft_Laser_System_for_Aviation_Pollution_Measurements

<http://www.uasvision.com/2015/07/23/gascopter-methane-sensor-for-uavs/>

<http://pergamusa.com/gascopter/>

Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-7002, 2015 EGU General Assembly 2015 © Author(s) 2015. CC Attribution 3.0 License. Laser-based sensors on UAVs for quantifying local emissions of

<http://www.grss-ieee.org/lidar-for-atmospheric-trace-gas-detection/>

<http://www.mdpi.com/2072-4292/4/5/1355/htm>

(6) http://www.avinc.com/uas/small_uas/puma/