

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE UN DRON EN LA INDUSTRIA MARÍTIMA

Trabajo Fin de Grado



Facultad de Náutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:
Xavier Domènech Fernández

Dirigido per:
Xavier Martínez de Osés

Grado en Náutica y Transporte Marítimo (GNTM)

Barcelona, 10 de Abril de 2017

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica





Als qui han col·laborat a tirar endavant el TFG i als qui m'han ensenyat a navegar i conèixer en un vaixell; en especial a Francesc Xavier Martínez de Osés, José Angel Merino Araujo, Jhonny O'Connor, Cristóbal Fernández, Felipe Quincoces i Gilberto Bocalandro.

A la família de la Facultat de Nàutica, que m'ha fet riure, créixer i descobrir l'apassionant món de la nàutica i el transport marítim, i als amics i companys d'Enginyeria Geològica i del Màster E&P. A tots els aquells i aquelles que han estat en el camí, conscient o inconscientment, i que m'han inspirat per actuar.

A les meves dues famílies, als pekes, als que ja no hi són, i als que hi seran.

Mil Gràcies

“Quan beguis aigua, recorda la font”

-Proverbi xinès-

Resumen

El estudio de las distintas aplicaciones y usos de los drones es cada vez más conocido. La continua innovación y desarrollo de diversos sectores (topografía, geociencias, construcción, industria militar, ingeniería civil, servicios, publicidad,...) lleva consigo la creación de nuevos artefactos con mayores prestaciones, y sensores más sofisticados y precisos que los equipan.

Los drones presentan un gran abanico de posibilidades para el presente y el futuro en el análisis y control mediante sensores remotos, y es en esta conjuntiva, junto al desarrollo de la industria marítima, dónde se puede encontrar una importante sinergia para mejorar la detección y el control de elementos contaminantes que se expulsan a la atmosfera.

El motivo principal del trabajo es el uso de una tecnología nueva y eficaz que añade nuevas herramientas para cumplir con el actual compromiso para la protección del medio ambiente tanto a nivel Europeo como a nivel internacional. Éste compromiso se expresa en los convenios y normativas promovidos por los estados firmantes que aglutinan la mayor parte de la flota mundial, con requisitos cada vez más restrictivos, enfocados a concienciar, reducir y limitar la contaminación en la industria marítima.

El objetivo del TFG es el análisis de la viabilidad de estas nuevas tecnologías para la detección de gases contaminantes, con enfoque a la disminución de los tiempos de actuación, capacidad para detectar un amplio abanico de componentes volátiles, una mayor calidad y cantidad de los controles, y la disminución de costes respecto a los métodos clásicos de análisis en zonas portuarias y bahías.

La problemática para la aplicación del proyecto puede ser muy distinta, dependiendo de la situación geográfica y el tamaño de los puertos, las infraestructuras presentes, y las mercancías que en él se manipulen. El puerto de Barcelona, dadas sus características como uno de los puertos más importantes del mediterráneo, su posición en el mapa, que le hace infraestructura partícipe de las normativas internacionales y Europeas, y su profundo conocimiento por parte de la Facultad de Náutica de Barcelona, hacen de este un candidato ideal para puerto modelo.

Finalmente, para el desarrollo del objetivo propuesto, se desgranar distintos puntos. Una evaluación inicial de los problemas de contaminación atmosférica que afectan a las zonas marítimo-portuarias y sus alrededores, el estudio de las normativas aprobadas por la Organización Marítima Internacional, la Unión Europea, y el Estado Español, para reducirla y controlarla. La metodología teórica del uso de aeronaves pilotadas por control remoto para que evalúen de forma real la contaminación, y por último el análisis económico, para ofrecer información sobre el coste y la viabilidad de la propuesta mostrada en el proyecto. Con ello se pretende generar una base de información y conocimiento, tanto a nivel normativo, como técnico y económico, para poder llevar a la realidad un sistema de control y detección mediante drones en el Puerto de Barcelona, con la posibilidad de extrapolarlo y usarlo como modelo para el conjunto de puertos comerciales Europeos.

Abstract

The study of the different uses that the drones possess is increasingly well known. The continuous innovation and development of new areas with all its applications (topography, geosciences, building, military industry, civil engineering, facilities, advertisements ...) leads the industry to the development of remotely piloted aircraft systems (RPAS) with new technology and more sophisticated sensors to obtain data.

In the current times and in the future, drones will have a wide range of possibilities in the control and the analysis provided by remote sensors. It's in this context and with the development of the maritime industry that it's possible to identify an important synergy to improve the detection and the control of the pollutant elements ejected into the atmosphere.

The main reason for the project is the utilization of a new and efficient technology that provides new tools in order to accomplish the actual European and International commitment with the environment protection. This compromise is articulated in different agreements and regulations promoted by the signatory states that are responsible for the most of the world fleet. The regulations have increasingly restrictive requirements aiming to raise awareness, in order to reduce the pollution in the maritime industry. The commitments are reflected in the MARPOL convention regulated by the International Maritime Organization, and in the European Union ordinances regulated by the different EU countries.

The objective of the project is the control and detection of the atmospheric gas concentration in ports and bays. This focusses on being more time efficient, on the detection of a wide range of pollutants, on more quality and quantity controls, and on cost reduction compared with the classical analytical methodology.

The problems that arise throughout the project can originate from different sources. Some of the issues depend on the geographic situation, the size of the harbours and its infrastructures, and the goods handled in the docks.

The Port of Barcelona has been chosen as the ideal candidate to develop the project because it is not only one of the most important harbours in the Mediterranean Sea under the international and European regulations, but also due to the deep port knowledge acquired in different studies completed by "Facultad de Náutica de Barcelona".

The development of the project is distributed in sections. First of all, an initial analysis of the types and the sources of the atmospheric contamination that affects the Maritime-port and its surroundings. Secondly, the study of the legislation approved by the Spanish Government, the European Union and the International Maritime Organization to reduce and control the pollution in the air. Thirdly, a theoretical methodology using remotely piloted aircrafts has been developed with the purpose to control and reduce the pollution generated in the harbour area. Finally, an economic analysis will provide us with a new quantitative data about the cost and the economic viability of the project proposal. With all the data, a source of new information and knowledge will be generated for various purposes (legislation level, technical level and economical level) to design a new control and detection system with drones in the Port of Barcelona. The project might also be extrapolated and used as an analogue for other European and international commercial ports.

Índice

1	Introducción	1
2	Emisión de gases contaminantes	3
2.1	La Atmósfera	3
2.2	La Contaminación Atmosférica	4
2.2.1	El Efecto Invernadero y el Cambio Climático	5
2.2.2	La Lluvia Ácida	6
2.2.3	La Capa de Ozono	7
2.2.4	Smog Fotoquímico y Sulfuroso	9
2.3	Contaminantes Atmosféricos	10
2.3.1	Dióxido de Carbono (CO ₂)	10
2.3.2	Monóxido de Carbono (CO)	10
2.3.3	Óxido Nitroso (N ₂ O)	11
2.3.4	Dióxido Nitroso (NO ₂)	11
2.3.5	Trióxido de Nitrógeno (NO ₃)	11
2.3.6	Amoníaco (NH ₃)	11
2.3.7	Dióxido de Azufre (SO ₂)	11
2.3.8	Anhídrido Sulfúrico (SO ₃)	11
2.3.9	Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	11
2.3.10	Ozono Troposférico (O ₃)	11
2.3.11	Compuestos Halogenados y Derivados	12
2.3.12	Policloruros de Vinilo (plásticos PVC)	12
2.3.13	Clorofluorocarbonos (CFC's)	12
2.3.14	Hidrocarburos	12
2.3.15	Metales Pesados	12
2.3.16	Partículas en Suspensión (PM)	13
3	Normativa y regulación sobre emisión de gases contaminantes	15
3.1	Marco Europeo sobre las emisiones en el transporte marítimo	15
3.2	MARPOL Anexo VI. Prevención de la contaminación atmosférica de buques	17
3.3	Artículos relevantes del reglamento Europeo 525/2013/CE	19
3.4	Real Decreto 290/2015. Uso de los combustibles para uso marítimo	22
3.4.1	Artículos relevantes del Texto Consolidado del Real Decreto 290/2015	23
4	Los artefactos voladores en la industria marítima	33
4.1	Tipología y características de aeronaves pilotadas a distancia	33
4.2	Clasificación de aeronaves	34
4.2.1	Multirrotores	34
4.2.2	Helicópteros	35
4.2.3	Ala Fija	36
4.3	Desarrollo y evolución	36
4.4	Ventajas de los sistemas de ala fija y variable	38
4.5	El presente y el futuro	38
4.6	Uso de drones para el monitoreo de gases contaminantes	40

4.6.1	Sensores ambientales de nueva generación	41
4.6.2	Sensores para drones	42
4.6.3	Material y métodos	42
5	Normativa y regulación sobre la seguridad marítima en el uso de drones	45
5.1	Marco Español para la regulación de drones en el espacio aéreo	45
5.1.1	Ley 18/2014. Marco regulatorio para operaciones con drones	46
5.1.2	Real Decreto 1617/2007. Medidas para la protección de puertos y del transporte marítimo	47
5.1.3	Artículos relevantes del Real Decreto 1617/2007	47
5.1.4	Plan de protección portuaria	51
6	Localización del proyecto	53
6.1	Puerto de Barcelona	53
6.2	Terminal de contenedores de Barcelona (TCB) y muelle adosado	54
7	Equipo	55
7.1	Justificación del equipo elegido	55
7.2	Instrumental	55
7.2.1	Sensores de gas	55
7.2.2	Cámara infrarroja (IR)	56
7.2.3	Videocámara	58
7.3	Vehículo Aéreo	58
7.4	Funcionamiento	59
8	Teoría metodológica	61
8.1	Justificación de la teoría metodológica	61
8.2	Análisis preliminar	62
8.2.1	Análisis topográfico de las zonas de aplicación	62
8.2.2	Experimento de validación en laboratorio	62
8.2.3	Test de campo en el Puerto de Barcelona	62
8.3	Plan diario. Lista de buques	62
8.4	Plan de vuelo	64
8.4.1	Estrategia para evitar obstáculos	68
8.5	Despliegue del dron	69
8.5.1	Modos de operación	70
8.6	Procesado de datos	71
8.7	Análisis de datos	71
8.7.1	Informe diario	72
8.7.2	Informe Mensual	72
9	Plan económico para su viabilidad e implementación	73
9.1	Introducción	73
9.2	La empresa y su plan económico	74
9.3	¿Cómo evaluar el proyecto?	77
9.3.1	Contabilidad del proyecto	77
9.3.2	Analizar el precio de un proyecto similar	77
9.3.3	Calcular el flujo de caja e indicadores como el VPN	77
9.4	Modelos para evaluar los beneficios	77
9.5	Evaluación técnica y económica	78
9.5.1	Flujo de caja	78

9.5.2	Plazo de recuperación (PR)	78
9.5.3	Ratio beneficio-inversión (ROI)	78
9.5.4	Tasa Interna de Retorno (TIR)	79
9.5.5	Valor Presente Neto (VPN)	80
9.5.6	Índice de Rentabilidad (IR)	81
9.5.7	Factor de Descuento	81
9.5.8	Tasa de Interés	82
9.5.9	Inflación	82
9.6	Plan económico-financiero	83
9.6.1	Inversiones iniciales	83
9.6.2	Plan de inversiones iniciales	84
9.6.3	Plan de financiación Inicial	89
9.6.4	Balance Inicial	91
9.6.5	Préstamo Bancario (Caso A y B)	92
9.6.6	Préstamo Bancario (Caso C)	94
9.6.7	Costes Previstos	96
9.6.8	Amortización	97
9.6.9	Ingresos	98
9.7	Resultado del plan económico	105
9.7.1	Caso Desfavorable A	105
9.7.2	Caso Favorable B	110
9.7.3	Caso Universidad-Empresa C	114
10	Conclusión	118
11	Bibliografía	123
12	Anexo 1	125
12.1	Activo no corriente	125
12.1.1	Inmovilizado Intangible	125
12.1.2	Inmovilizado Material (neto de amortización)	125
12.1.3	Inversiones Inmobiliarias (neto de amortización)	126
12.1.4	Inversiones financieras a largo plazo	126
12.2	Activo corriente	126
12.2.1	Activos no corrientes mantenidos para la venta	126
12.2.2	Existencias	126
12.2.3	Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	127
12.2.4	Inversiones financieras a corto plazo	127
12.2.5	Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	127
12.3	Patrimonio Neto	127
12.3.1	Fondos propios	128
12.3.2	Ajustes por cambios de valor	128
12.3.3	Subvenciones, donaciones y legados recibidos	128
12.4	Pasivo No Corriente	128
12.4.1	Deudas a largo plazo	128
12.5	Pasivo corriente	129
12.5.1	Deudas a corto plazo	129
12.5.2	Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar	129



Figuras

Ilustración 1. La atmosfera (Atmosfera)	3
Ilustración 2. El ciclo del carbono. Flujo de carbono entre la atmosfera, la biosfera, y la geosfera (Boundless.com)	5
Ilustración 3. Formación de la lluvia ácida (PBL 6 - Main, 2012)	6
Ilustración 4. Variación de la capa de ozono entre agosto y noviembre de 2016 (Capa de Ozono)	9
Ilustración 5. Smog fotoquímico en la ciudad de Barcelona (Sanchís, 2012)	10
Ilustración 6. Emisiones proyectadas de CO ₂ para el sector marítimo (Lloyd Register)	16
Ilustración 7. Clasificación de aeronaves según su sustentación en la atmósfera (Mora, 2015)	34
Ilustración 8. RPAS Multirrotor octocóptero fumigador volando (Merino, 2016)	35
Ilustración 9. Clasificación de los multirrotos según el número de motores y brazos (Guillén, 2016)	35
Ilustración 10. Ejemplo de helicóptero con cámara incorporada (Guillén, 2016)	36
Ilustración 11. Ejemplo de dron de ala fija	36
Ilustración 12. Medida concentración NO ₂ con dispositivo electrónico en dron (Ezcurra Talegón & Díaz de Apodaca, 2015)	42
Ilustración 13. Puerto de Barcelona con la Terminal TCB (naranja) y el muelle adosado (verde) (Port de Barcelona, 2015)	54
Ilustración 14. Sensores de gas para drones (Merino, 2016)	55
Ilustración 15. Estructura y configuración del sensor de gas equipado en el dron (Merino, 2016)	56
Ilustración 16. Sensibilidad del sensor de gases. Ro: Resistencia del sensor a 1000ppm de H ₂ en aire limpio; Rs: Resistencia del sensor a distintas concentraciones de gas (Merino, 2016)	57
Ilustración 17. Cámara infrarroja FLIR TAU 2 664 13mm (Merino, 2016)	57
Ilustración 18. Sistema Dron RPAS con estabilizador de cámara (Merino, 2016)	58
Ilustración 19. Configuración electrónica estándar de un dron (Malaver, Gonzalez, Motta, Depari, & Corke, 2013)	59
Ilustración 20. Workflow para la teoría metodológica de trabajo en el análisis de emanación de gases en puerto	61
Ilustración 21. Ejemplo buques atracados en el Puerto de Barcelona en tiempo real (Marine Traffic)	64
Ilustración 22. Línea de ataque y ejemplo de plan de vuelo del dron en muelle adosado del Port de Barcelona	65
Ilustración 23. Esquema 1 del desplazamiento del dron a la llegada del buque a puerto para analizar los gases expulsados	66
Ilustración 24. Esquema 2 del desplazamiento del dron a la llegada del buque a puerto para analizar los gases expulsados	67
Ilustración 25. Ángulo en V creado por la dirección de los laser	68
Ilustración 26. Ejemplo de despliegue del dron sobre los gases expulsados por los buques (Malaver, Gonzalez, Motta, Depari, & Corke, 2013)	69
Ilustración 27. Monitor de 10" 1032HDMI 5.8ghz para operar la cámara del dron (Merino, 2016)	69
Ilustración 28. Ejemplo de trayectoria de vuelo mostrando la posición GPS (Brysonand & Sukkariéh, 2015)	70
Ilustración 29. Mapa de datos obtenidos relevantes, a incluir en la base de datos creada	71
Ilustración 30. Mapa de los principales costes e inversión necesarios para el desarrollo del proyecto	74
Ilustración 31. Descripción de la situación inicial y futura de la empresa. ¿A dónde se quiere llegar?	76
Ilustración 32. Concepto VPN. Valor del proyecto respecto al punto de referencia	80
Ilustración 33. Relación entre los tres factores dependientes. Inflación, Tasa de interés y Factor de descuento	82
Ilustración 34. Gráfico de estimación de Ingresos, Gastos y Flujo de caja en la parte superior. En la parte inferior se estima la evolución del VAN y el TIR (caso A)	107
Ilustración 35. Gráfico de estimación de Ingresos, Gastos y Flujo de caja en la parte superior. En la parte inferior se estima la evolución del VAN y el TIR (caso B)	111

<i>Il·lustració 36. Gràfic de estimació de Ingresos, Gastos y Flujo de caja en la parte superior. En la parte inferior se estima la evolución del VAN y el TIR (caso C)</i>	<i>115</i>
<i>Il·lustració 37. Gràfica sobre los parámetros económicos en términos monetarios</i>	<i>120</i>
<i>Il·lustració 38. Gràfica sobre los parámetros económicos en términos de proporción</i>	<i>120</i>

Listado de Tablas

<i>Tabla 1. Gases de efecto invernadero reglamento UE525/2013 (Diario oficial Union Europea, 2015)</i>	22
<i>Tabla 2. Anexo IX: Métodos de reducción de emisiones (Ministerio de la Presidencia, 2015)</i>	31
<i>Tabla 3. Nuevas tendencias en los sistemas aéreos no tripulados para el uso marítimo (J.B.de Sousa, 2015)</i>	40
<i>Tabla 4. Rangos de detección de gases conforme al convenio MARPOL Anexo VI</i>	56
<i>Tabla 5. Características técnicas y operaciones del dron a utilizar (Merino, 2016)</i>	60
<i>Tabla 6. Lista mensual de cruceros con parada en el Puerto de Barcelona (Port de Barcelona, 2016)</i>	63
<i>Tabla 7. Ejemplo tabla excel para definir el listado de operaciones a realizar durante la jornada</i>	63
<i>Tabla 8. Distribución tráfico de buques en el puerto de Barcelona 2015 (Servicio de estadística Port de Barcelona, 2016)</i>	73
<i>Tabla 9. Tabla resumen para calcular el flujo de caja</i>	78
<i>Tabla 10. Plan de inversión inicial casos A y B</i>	86
<i>Tabla 11. Plan de inversión inicial caso C</i>	88
<i>Tabla 12. Plan de financiación inicial casos A y B</i>	90
<i>Tabla 13. Plan de financiación inicial caso C</i>	91
<i>Tabla 14. Balance inicial casos A y B</i>	92
<i>Tabla 15. Balance inicial caso C</i>	92
<i>Tabla 16. Préstamo bancario casos A y B</i>	94
<i>Tabla 17. Préstamo bancario caso C</i>	96
<i>Tabla 18. Costes y amortizaciones previstos (caso A)</i>	100
<i>Tabla 19. Costes y amortización previstos (caso B)</i>	102
<i>Tabla 20. Costes y amortizaciones (caso C)</i>	104
<i>Tabla 21. Ingresos estimados para el caso A</i>	108
<i>Tabla 22. Cash Flow estimado el caso A</i>	108
<i>Tabla 23. Valor del proyecto y del Valor Presente Neto para el caso A</i>	109
<i>Tabla 24. Ingresos estimados para el caso B</i>	112
<i>Tabla 25. Cash Flow estimado para el caso B</i>	112
<i>Tabla 26. Valor del proyecto y del Valor Presente Neto para el caso B</i>	113
<i>Tabla 27. Ingresos estimados para el caso C</i>	116
<i>Tabla 28. Cash Flow estimado para el caso C</i>	116
<i>Tabla 29. Valor del proyecto y del Valor Presente Neto para el caso C</i>	117
<i>Tabla 30. Resumen de los valores relevantes para contrastar las distintas opciones analizadas de viabilidad económica</i>	119

Listado de Ecuaciones

<i>Ecuación 1. Compuestos químicos de la lluvia ácida</i>	6
<i>Ecuación 2. Descomposición fotolítica del oxígeno molecular</i>	7
<i>Ecuación 3. Reacción química de la formación del Ozono</i>	7
<i>Ecuación 4. Reacción química de destrucción de Ozono por luz ultravioleta</i>	8
<i>Ecuación 5. Ángulo entre los laser rangefinder</i>	68
<i>Ecuación 6. Flujo de caja</i>	78
<i>Ecuación 7. Relación beneficio/inversión</i>	78
<i>Ecuación 8. Tasa de descuento</i>	79
<i>Ecuación 9. Tasa interna de retorno</i>	79
<i>Ecuación 10. Valor presente neto (VPN)</i>	80
<i>Ecuación 11. VPN desarrollado</i>	80
<i>Ecuación 12. Índice de rentabilidad</i>	81
<i>Ecuación 13. Valor actual</i>	81
<i>Ecuación 14. Factor de descuento</i>	81
<i>Ecuación 15. Ecuación de Fisher que relaciona unidades monetarias e inflación</i>	83

1 Introducción

La contaminación atmosférica es una importante fuente de problemas para el medio ambiente, especialmente en grandes ciudades, para las personas y construcciones. Ésta degrada edificios, y genera y acentúa enfermedades respiratorias. En ciudades portuarias, el problema se ve ampliamente aumentado por la gran cantidad de gases expulsados por el transporte marítimo.

Las emisiones de gases que se producen en el transporte marítimo provienen principalmente de la combustión de fuentes móviles relacionadas con el movimiento de personas y el transporte de mercancías (maniobra y atraque, navegación, fondeo, embarcaciones interiores, maquinaria auxiliar...), y se producen por la combustión de hidrocarburos como el fuel, el diésel y el gasoil de uso marítimo.

Los contaminantes principales emitidos por estas actividades son el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂). En aportaciones más pequeñas se emiten compuestos orgánicos volátiles y partículas y metales. Estas emisiones dependen del tipo de buque, del consumo de combustible, de la potencia del motor, del tiempo de funcionamiento de los motores, y las incineradoras a bordo de los buques.

Para controlar y reducir la emisiones, la Organización Marítima Internacional, la Unión Europea, y otros entes gubernamentales, han promulgado y creado normativas y leyes, como son el convenio MARPOL Anexo VI, el reglamento Europeo 525/2013/CE o el Real Decreto 290/2015 sobre el uso de los combustibles para uso marítimo, entre otros.

En base al conocimiento de la situación, los objetivos son proponer una metodología teórica con drones que permita la detección de gases contaminantes en la atmósfera, causados por los buques y la operativa portuaria, de manera rápida y eficiente, desarrollar la explicación científica de cuáles son estos gases, como se distribuyen en el planeta y la importancia de tener control y consciencia de ellos para la salud y el medio ambiente, además de establecer un plan económico para evaluar la viabilidad del proyecto.

El enfoque de la viabilidad se basa en equipar drones con sensores de detección de gases, y asignarles unos recorridos periódicos, según la posición de los muelles y los buques atracados, pudiendo crear así un control primario, para alertar y denunciar incumplimientos de normativa, y una base de datos histórica para el análisis y la prevención de la contaminación en el puerto.

Es necesario encontrar medidas de control eficaces, rápidas y relativamente económicas, para prevenir y tratar de mejorar la calidad del medio ambiente a nivel local y mundial.

2 Emisión de gases contaminantes

2.1 La Atmósfera

La atmósfera (Ilustración 1) es la capa fluida que envuelve al planeta Tierra, formada por gases, líquidos y sólidos en suspensión, constituida por la desgasificación que sufrió el planeta durante su proceso de enfriamiento, desde las primeras etapas de su formación. Posteriormente, se añadieron grandes cantidades de gases y polvo emitidos por las erupciones volcánicas, y cambios ocasionados por los seres vivos, aportando O_2 y N_2 a la atmósfera y disminuyendo la concentración de CO_2 . Actualmente los cambios están provocados por el hombre, que aumenta el CO_2 mediante la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

Como consecuencia de la compresibilidad de los gases y de la atracción gravitatoria terrestre, la mayor p

2.3.3 3xido Nitroso (N_2O)

Gas incoloro, inodoro, t3xico. Gran parte de este gas se transforma en NO_2 mediante reacciones fotoqu3micas. Tiene varios 3rdenes entre ellos las combustiones y la desnitrificaci3n bacteriana. El principal efecto de este contaminante es la destrucci3n de la capa de ozono.

2.3.4 Di3xido Nitroso (NO_2)

Gas pardo rojizo, olor asfixiante y muy t3xico. Procede casi en su totalidad de las combustiones de origen antr3pico. Provoca problemas en el aparato respiratorio y sobre el crecimiento de las plantas, as3 como un aumento del efecto invernadero. Al reaccionar con el agua origina 3cido n3trico (HNO_3), contaminante secundario que participa en la formaci3n de la lluvia 3cida junto con el 3cido sulf3rico.

2.3.5 Tri3xido de Nitr3geno (NO_3)

Procede de la oxidaci3n del NO_2 por el ozono. Juega un importante papel en el smog fotoqu3mico que irrita las v3as respiratorias y daa las plantas.

2.3.6 Amon3aco (NH_3)

Gas de olor irritante que se oxida con facilidad a 3xidos de nitr3geno (NO_x). Procede de la descomposici3n anaerobia.

2.3.7 Di3xido de Azufre (SO_2)

Gas incoloro, no inflamable, olor picante e irritante que resulta principalmente de la oxidaci3n del azufre presente en los combustibles f3siles al quemarse, de incendios y volcanes. Es causante de la lluvia 3cida. Es muy corrosivo para los materiales de construcci3n (calizas, cementos, pizarras, etc.), para los metales (hierro, acero galvanizado, etc.), agrietamiento de pinturas, deterioro del cuero, etc. Tambi3n puede depositarse sobre la vegetaci3n y el suelo, produciendo lesiones en las hojas de las plantas influyendo en el proceso fotosint3tico. En el ser humano, produce problemas respiratorios y puede afectar a mucosas como la ocular.

2.3.8 Anh3rido Sulf3rico (SO_3)

Es un gas incoloro que participa en el smog fotoqu3mico, corrosivo y peligroso para el aparato respiratorio. El di3xido de azufre (SO_2) se puede transformar en tri3xido de azufre (SO_3) por oxidaci3n en la atm3sfera. El SO_3 es un contaminante secundario, aunque se puede formar tambi3n en las combustiones como contaminante primario. El SO_3 se condensa r3pidamente con el agua y se transforma en 3cido sulf3rico (H_2SO_4) que adem3s de ser muy perjudicial para la salud, es uno de los contaminantes secundarios responsables de la lluvia 3cida junto con el 3cido n3trico (HNO_3).

2.3.9 Sulfuro de Hidrogeno (H_2S)

Gas incoloro con fuerte olor desagradable. Procede principalmente del metabolismo anaerobio, volcanes, escapes de refin3rias de petr3leo y f3bricas de gas. De forma natural se oxida transform3ndose en SO_2 .

2.3.10 Ozono Troposf3rico (O_3)

Gas azul pálido, irritante y picante que se forma mediante reacciones químicas de radiación solar sobre el oxígeno atmosférico (O_2) y compuestos orgánicos e inorgánicos, algunos de ellos productos de la contaminación atmosférica. Se descompone fácilmente, lo que explica su poder oxidante. El ozono es un contaminante que provoca problemas en el sistema respiratorio de los seres vivos cuando se encuentra en la troposfera.

El ozono estratosférico absorbe la radiación solar ultravioleta, de modo que la destrucción de la capa de ozono debida a reacciones químicas con otros contaminantes (Halones y CFC's) hace que penetren los rayos ultravioleta, provocando graves problemas de salud, como cáncer de piel y cataratas.

2.3.11 Compuestos Halogenados y Derivados

Son sustancias químicas orgánicas que contienen uno ó varios átomos de un elemento halogenado, generalmente cloro y bromo. La mayoría de estos compuestos son tóxicos para los organismos acuáticos en concentraciones bajas, ya que son muy persistentes en el medio ambiente y con tendencia a la bioacumulación, llegando incluso a transmitirse al ser humano a través de la cadena alimentaria.

Destacan como contaminantes el cloro molecular (Cl_2), muy tóxico, el cloruro de hidrógeno (HCl) de olor fuerte e irritante y entre sus derivados destacar los clorofluorocarbonos (CFCs).

2.3.12 Policloruros de Vinilo (plásticos PVC)

Desprenden cloro por incineración.

2.3.13 Clorofluorocarbonos (CFC's)

No son tóxicos ni inflamables y son muy estables. Son los principales responsables de la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera, ya que los iones cloro liberados por las radiaciones ultravioletas reaccionan con el ozono. Sus principales efectos son la irritación de las vías respiratorias y mucosas y decoloración de las plantas.

2.3.14 Hidrocarburos

La mayor parte de hidrocarburos presentes en la atmósfera son de origen natural como la descomposición anaerobia de la materia orgánica que produce el más abundante y menos reactivo de los hidrocarburos, el metano (CH_4), que tiene importancia en el efecto invernadero.

El principal efecto de los hidrocarburos es que pueden reaccionar por procesos de oxidación fotoquímica dando lugar a contaminantes secundarios como el ozono troposférico que a su vez induce la formación de otros oxidantes (nitrato de peroxiacetilo (PAN), nitrato de peroxipropionilo (PPN), nitrato de peroxibenzoilo (NPBz) y ácidos nítricos y sulfúricos que intervienen en el smog fotoquímico.

2.3.15 Metales Pesados

Elementos químicos de masa atómica y densidad elevadas presentes en la atmósfera como partículas en pequeñas concentraciones. Considerados muy peligrosos ya que no se degradan ni química ni

biológicamente, por lo que se acumulan en los seres vivos transfiriéndose a través de las cadenas alimentarias. Entre los más nocivos destacan Plomo, Cadmio, Mercurio y Níquel.

Proceden de la combustión de combustibles fósiles, industria metalúrgica, nuclear, espacial, minería, incineración de residuos. Son acumulativos y cancerígenos, actúan sobre los aparatos respiratorio, circulatorio y sobre el sistema nervioso.

2.3.16 Partículas en Suspensión (PM)

En la atmósfera se encuentran sólidos de pequeño tamaño y gotas líquidas que, en su conjunto, reciben el nombre de partículas. Presentan grandes variaciones con respecto a su tamaño y su composición química. Son un contaminante primario con un tamaño inferior a 10μ . Proviene del polvo del suelo, erupciones volcánicas, incendios, combustión de combustibles fósiles, sal marina, canteras y minería e industrias.

Sus efectos son variados, dependiendo de su naturaleza, algunas incluso pueden ser metales pesados, que en general, provocan enfermedades del aparato respiratorio, incremento del efecto invernadero, interfieren en la fotosíntesis, reflejan la radiación solar, etc...

3 Normativa y regulación sobre emisión de gases contaminantes

3.1 Marco Europeo sobre las emisiones en el transporte marítimo

Recientemente, las emisiones del transporte marítimo han incrementado el efecto en la calidad del aire en la UE (UNECE)

A partir del 1 de Enero de 2015, los estados miembros de la UE deben asegurar que los buques en el Báltico, en el Mar del Norte y en el Canal de la Mancha, utilizan fuel con un contenido de azufre menor al 0,1%. Contenidos mayores de azufre son aún posibles, pero solo si los sistemas de limpieza del escape están debidamente equipados en el buque.

La nueva legislación Europea, directiva 2012/33/EU que modifica la anterior versión 2005/33/EC por la que se modificaba la Directiva 1999/32/CE en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo, fue publicada en el boletín oficial de la Unión Europea el 17 de Noviembre de 2012, y la fecha límite para modificarlo en la legislación de los estados miembros y dar su conformidad, fué el 18 de Junio de 2014 (European Commission. Air Control).

Teniendo en cuenta que el transporte marítimo es una industria internacional, el medio ambiente y los estándares de seguridad vienen siendo desarrollados por la Organización Marítima Internacional OMI (IMO en inglés). La directiva 1999/32/EC fue modificada para incluir nuevas disposiciones en el Anexo VI de la convención sobre contaminación marítima, MARPOL 73/78. En Octubre de 2008, la modificación del Anexo VI fue adoptada, disminuyendo el contenido máximo permitido de azufres en fuel marino, dentro y fuera de las "Sulfur Emission Controlled Areas (SECAs)". Estos límites han sido adoptados en el boletín 2012/33/EU.

El transporte marítimo emite alrededor de 1000 millones de toneladas de CO₂ al año y es responsable de aproximadamente el 2.5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Ilustración 6) (Lloyd Register).

Se prevé que las emisiones en el transporte marítimo aumentarán entre un 50% y un 250% para el 2050, dependiendo del futuro económico y el desarrollo energético. Esto no es compatible con el objetivo mundial de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2°C, lo que requeriría que para 2050, las emisiones mundiales fueran al menos la mitad de los niveles de 1990.

El consumo de energía de los buques y las emisiones de CO₂ podría reducirse hasta el 75% mediante la aplicación de medidas operativas y la implementación de tecnologías existentes o nuevas (2ª OMI estudio de GEI).

En los últimos años, tanto en el seno de la OMI como en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se han hecho esfuerzos hacia esta dirección (European Commission. Environment).

En 2011, la OMI adoptó,

- x El Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI), que establece las normas obligatorias de eficiencia energética para los nuevos buques, y
- x El Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque (SEEMP), una herramienta de gestión para los armadores.

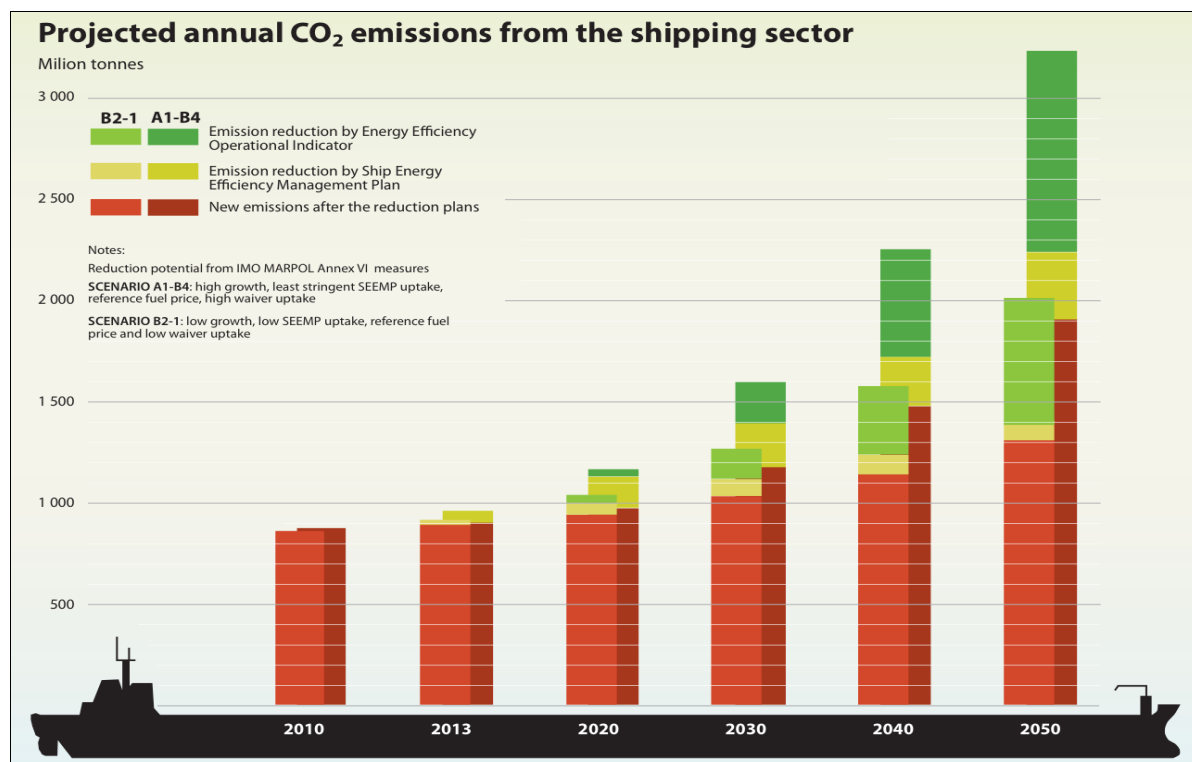


Ilustración 6. Emisiones proyectadas de CO₂ para el sector marítimo (Lloyd Register)

El libro blanco del transporte de 2011 de la comisión sugiere, que en 2050 las emisiones de CO₂ del transporte marítimo en la UE se deberían reducir al menos en un 40% sobre los niveles de 2005, y si es posible, en un 50%. Sin embargo, la mayoría de buques no llevan bandera de los estados miembros de la UE, y solo pueden ser considerados para la normativa cuando tienen destino en un puerto europeo (European Commission. Air Control).

En junio de 2013, la comisión europea estableció una estrategia para integrar progresivamente las emisiones marítimas en la política de la UE y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

La estrategia consta de 3 pasos:

- x Monitoreo, reporte de informes y verificación (MRV) de las emisiones de CO₂ procedentes de grandes buques que utilicen los puertos de la UE;
- x Alcanzar las metas de reducción de gases de efecto invernadero en el sector del transporte marítimo;
- x Otras medidas, entre ellas, medidas basadas en el mercado, a medio-largo plazo.

El reglamento sobre monitorización, notificación y verificación (MRV) aprobado el 29 de abril de 2015 crea un marco jurídico a escala de la UE para la supervisión, presentación de informes y verificación de las emisiones de CO₂ del transporte marítimo.

El Reglamento exige que a partir del 1 de enero de 2018, los grandes buques (>5000GT) que lleguen a los puertos de la UE, deben recoger y posteriormente reportar los datos anuales verificados sobre las emisiones de CO₂ y otra información pertinente.

Las compañías que operen buques que visiten puertos de la UE (independientemente de donde estén registrados) tendrán que:

- x Supervisar e informar anualmente sobre la cantidad de CO₂ emitido en los viajes hacia, desde y entre los puertos de la UE y también dentro de un puerto de la UE;
- x Monitorear y anualmente informar de otros parámetros, como la distancia, el tiempo en el mar y la carga transportada, permitiendo determinar la eficiencia energética media de los buques;
- x Presentar a la comisión encargada, un informe anual de emisiones con datos agregados y verificado externamente, que sea de dominio público.

Cuando se visitan los puertos de la UE, los buques deben llevar un documento de cumplimiento emitido por una agencia de MRV acreditada, indicando que el buque está en orden hasta la fecha. Este documento está sujeto a posibles inspecciones por las autoridades competentes del Estado miembro (European Commission. Environment).

3.2 MARPOL Anexo VI. Prevención de la contaminación atmosférica de buques

En 1973, la OMI adoptó el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, que ahora se conoce universalmente como MARPOL. Este Convenio ha sido modificado por los Protocolos de 1978 y 1997 y se mantiene actualizado con las modificaciones pertinentes.

El Convenio MARPOL aborda la contaminación por los hidrocarburos, sustancias nocivas líquidas transportadas a granel, sustancias perjudiciales transportadas por vía marítima, aguas negras, basura, la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques. Actualmente el Convenio incluye seis anexos técnicos (Ministerio de asuntos exteriores y cooperación, 2010).

En 1997 se añadió el anexo VI al convenio MARPOL, entrando en vigor el 19 de mayo de 2005 con una importante modificación en octubre de 2008, estableciendo nuevos e importantes límites de reducción de emisiones de gases a partir de julio de 2010. Este anexo trata la prevención de la contaminación atmosférica por buques, dictando reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por gases emanados por los buques, cómo son SO_x, NO_x, sustancias del agotamiento del Ozono (SAO), compuestos orgánicos volátiles (COV).

Los países firmantes del anexo VI, que suponen prácticamente el 90% de la flota mundial, están obligados a cumplir con la reglamentación vigente establecida por este (Huges, 2011). Estos son:

- x Los 23 estados miembros de la Unión Europea más Noruega y Croacia
- x Países no Europeos que incluyen Bahamas, Panamá, Liberia, China, República de Corea, Islas Marshall, Japón, Singapore, Estados Unidos, Rusia, Antigua y Barbuda, Australia, Sierra Leona, Ghana, Mongolia, Bangladesh, Marruecos, Barbados, India, Irán, Niue, Belice, Tayikistán, República de Benín, República de Palau, Trinidad y Tobago, Brasil, Jamaica, Túnez, Perú, Tuvalu, Canadá, Kenia, Chile, Kiribati, Kuwait, Islas Cook, Vanuatu, San Cristóbal y nieves, Hong Kong, St. Vicente y Granadina, Samoa, Arabia Saudí.

El Anexo VI establece unos nuevos límites, revisados en octubre del 2008, con el objetivo de endurecer las emisiones permitidas. Estos límites tienen exenciones para buques que presenten ciertas condiciones, aunque a nivel general se puede establecer lo siguiente;

- x La prohibición de sustancias que agotan la capa de ozono
- x El límite de emisiones de óxidos de azufre (SO_x), teniendo en cuenta que el límite de azufre contenido en el fueloil puede variar entre 3,5% masa/masa y 0,1% masa/masa según zonas de navegación.
- x El límite de emisiones totales ponderadas de óxidos de nitrógeno (NO_x) deberá estar entre 2g/kWh y 17g/kWh según particularidades del buque
- x El límite de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV)
- x Restricción y prohibición de incineración de materiales a bordo que produzcan las sustancias descritas en el punto 2 de la regla 16 del anexo VI MARPOL¹
- x Establecimiento de zonas de control de emisiones de SO_x con valores límite más restrictivos

El Anexo VI regula la prevención de la contaminación del aire por los buques y plataformas fijas y flotantes. Estableciendo un límite máximo a escala mundial de 3,5% m/m para el contenido de azufre del fueloil y pide a la OMI que vigile el contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil.

Contiene disposiciones que permiten designar ciertas zonas especiales, “zonas de control de las emisiones de óxido de azufre” en las que el control de las emisiones es más estricto. En dichas zonas, el contenido de azufre del fueloil utilizado a bordo de los buques no debe exceder del 0,1% masa/masa. En su defecto los buques, deben contar con un sistema de limpieza de los gases de escape o bien utilizar cualquier otro método técnico que limite las emisiones de SO_x a partir del 1 de enero del 2015.

En el anexo VI especifica la prohibición de las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono, lo que incluye a los halones y los clorofluorocarbonos (CFC), excepto las que obtengan hidroclorofluorocarbonos (HCGC), los cuales estarán permitidos hasta el 1 de enero de 2020.

Se establecen así, límites máximos de las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) en los motores diesel. El Código técnico relativo a las emisiones de NO_x fue adoptado en 2008 mediante la resolución MEPC.177(58)

El Anexo prohíbe también la incineración a bordo de productos tales como los materiales de embalaje contaminados y los difenilos policlorados (PCB).

Dicho anexo VI no se aplicará cuando existan emisiones necesarias para mantener a salvo el buque y/o la tripulación. Las normas establecen que si la tripulación se percata de ciertas emisiones se

¹ Se prohíbe la incineración a bordo de las siguientes sustancias: a) Residuos de las cargas regidas por los Anexos I, II y III del presente Convenio y los correspondientes materiales de embalaje o envase contaminados; b) Difenilos policlorados (PCB); c) Las basuras, según se definen estas en el Anexo V del presente Convenio, que contengan metales pesados en concentraciones que no sean meras trazas; y d) Productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados; e) Fangos cloacales y fangos de hidrocarburos que no se hayan generado a bordo del buque; y f) Residuos del sistema de limpieza de los gases de escape.

deben tomar las medidas necesarias para prevenir o minimizar la emisión, de manera que serán consideradas como violaciones al anexo VI si el capitán o el armador actúan deliberadamente con intención de causar daño con conocimiento de que el daño podría ocurrir (Martínez de Osés, 2013).

El redactado exacto de este anexo VI, se puede encontrar fácilmente en las publicaciones del convenio MARPOL. En el caso que se trata, además del convenio MARPOL, existen nuevas normativas europeas y nacionales más restrictivas a tener en cuenta, que añaden y complementan este convenio.

3.3 Artículos relevantes del reglamento Europeo 525/2013/CE

A continuación se detallan los puntos relativos al mecanismo aprobado por la Unión Europea para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para la notificación, a nivel nacional o de la Unión, de otra información relevante para el cambio climático, con la intención de tener en cuenta la evolución reciente y futura de la situación a escala internacional en lo que se refiere a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y al Protocolo de Kioto, y para aplicar los nuevos requisitos de seguimiento y notificación impuestos por la legislación de la Unión, pudiéndose consultar el documento completo en (Diario oficial Union Europea, 2015).

Artículo 1

El presente Reglamento establece un mecanismo para:

- a) *Garantizar la oportunidad, integridad, exactitud, coherencia, comparabilidad y transparencia de la información presentada por la Unión y sus Estados miembros a la Secretaría de la CMNUCC.*
- b) *La notificación y verificación de la información relativa a los compromisos contraídos por la Unión y sus Estados miembros en virtud de la CMNUCC, del Protocolo de Kioto y de las decisiones adoptadas en virtud de los mismos, y la evaluación de los progresos realizados en el cumplimiento de dichos compromisos.*
- c) *El seguimiento y la notificación en los Estados miembros de todas las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.*
- d) *El seguimiento, notificación, examen y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y de información adicional de conformidad con el artículo 6 de la Decisión 406/2009/CE.*
- e) *La notificación del uso de los ingresos generados por las subastas de derechos de emisión de conformidad con el artículo 3 quinquies, apartados 1 o 2, o con el artículo 10, apartado 1, de la Directiva 2003/87/CE, de acuerdo con el artículo 3 quinquies, apartado 4, y con el artículo 10, apartado 3, de dicha Directiva.*
- f) *El seguimiento y la notificación de las medidas adoptadas por los Estados miembros para adaptarse a las consecuencias inevitables del cambio climático de manera eficiente en relación con su coste.*
- g) *La evaluación de los progresos de los Estados miembros en el cumplimiento de sus obligaciones con arreglo a la Decisión nº 406/2009/CE.*

Artículo 2. Se aplicará:

- a) *A la notificación de las estrategias de desarrollo bajo en carbono de la Unión y de sus Estados miembros, y de cualquier actualización de las mismas*
- b) *A las emisiones procedentes de sectores y fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero enumerados en el anexo I (Tabla 1) del presente Reglamento incluidos en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, de conformidad con el artículo 4, apartado 1, letra a), de la CMNUCC, producidas en el territorio de los Estados miembros;*
- c) *A las emisiones de gases de efecto invernadero que entran en el ámbito de aplicación del artículo 2, apartado 1, de la Decisión n o 406/2009/CE;*
- d) *A los impactos en el clima, no provocados por el CO₂, asociado a las emisiones procedentes del sector de la aviación civil;*
- e) *A las previsiones de la Unión y sus Estados miembros relativas a las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y a las políticas y medidas de los Estados miembros relativas a ellas;*
- f) *A la ayuda financiera y tecnológica agregada proporcionada a los países en desarrollo de conformidad con los requisitos de la CMNUCC;*
- g) *A la utilización de los ingresos procedentes de las subastas de derechos de emisión, con arreglo al artículo 3 quinquies, apartados 1 y 2, y al artículo 10, apartado 1, de la Directiva 2003/87/CE;*
- h) *A las acciones de los Estados miembros para adaptarse al cambio climático.*

Artículo 4. Estrategias de desarrollo bajo en carbono

1. *Los Estados miembros, y la Comisión en nombre de la Unión, elaborarán sus estrategias de desarrollo bajo en carbono de conformidad con todas las disposiciones sobre notificación acordadas internacionalmente en el contexto del proceso de la CMNUCC, para contribuir:*
 - a) *Al seguimiento transparente y preciso de los progresos realizados y previstos de los Estados miembros, incluida la contribución aportada por las medidas de la Unión, en el cumplimiento de los compromisos contraídos por la Unión y los Estados miembros para la limitación o reducción de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero de acuerdo con la CMNUCC.*
 - b) *Al cumplimiento de los compromisos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero contraídos por los Estados miembros en virtud de la Decisión 406/ 2009/CE y a la consecución, a largo plazo, de una reducción de las emisiones y de un incremento de la absorción por los sumideros en todos los sectores, en consonancia con el objetivo asumido por la Unión y en el contexto de las reducciones que, según el IPCC, deben conseguir los países desarrollados como grupo v, de reducir las emisiones de un 80% a un 95% para 2050, con respecto a los niveles de 1990, de manera eficiente en relación con su coste.*
2. *Los Estados miembros informarán a la Comisión sobre el estado de aplicación de sus estrategias de desarrollo bajo en carbono a más tardar el 9 de enero de 2015 o de acuerdo con un calendario acordado internacionalmente.*

3. La Comisión y los Estados miembros harán públicas sin demora sus respectivas estrategias de desarrollo bajo en carbono y las actualizaciones de estas.

Artículo 12. Sistemas nacionales y de la Unión de políticas y medidas y proyecciones

1. A más tardar el 9 de julio de 2015, los Estados miembros y la Comisión crearán sistemas nacionales y de la Unión, respectivamente, para la notificación de políticas y medidas y para la notificación de las previsiones de emisiones antropógenas por las fuentes y de absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero, y gestionarán y procurarán mejorar dichos sistemas continuamente. Estos sistemas incluirán las disposiciones institucionales, jurídicas y procedimentales pertinentes establecidas en el Estado miembro y en la Unión para la evaluación de políticas y la elaboración de proyecciones sobre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero.

2. Los Estados miembros y la Comisión tendrán por objetivo garantizar la oportunidad, transparencia, exactitud, coherencia, comparabilidad y exhaustividad de la información notificada sobre las políticas y medidas y sobre las proyecciones de emisiones antropógenas por las fuentes y de absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero, según lo mencionado en los artículos 13 y 14, incluyendo, cuando proceda, la utilización y aplicación de datos, métodos y modelos, así como la realización de actividades de aseguramiento y control de la calidad y de análisis de sensibilidad.

3. La Comisión adoptarán actos de ejecución para establecer la estructura, el formato y el proceso de presentación de la información sobre los sistemas nacionales y de la Unión por los Estados miembros para la notificación de políticas y medidas y proyecciones con arreglo a los apartados 1 y 2 del presente artículo, al artículo 13 y al artículo 14, apartado 1, y de conformidad con las decisiones pertinentes adoptadas por los órganos de la CMNUCC, del Protocolo de Kioto, o de los acuerdos que se deriven de ellos o los sucedan. La Comisión velará por la coherencia con los requisitos de notificación acordados internacionalmente, así como por la compatibilidad de los calendarios de la Unión e internacionales para el seguimiento y la notificación de esa información. Dichos actos de ejecución se adoptarán de conformidad con el procedimiento de examen a que se refiere el artículo 26, apartado 2.

ANEXO I

GASES DE EFECTO INVERNADERO	
x Dióxido de carbono (CO ₂)	x HFC-227ea CF ₃ CHF ₂ CF ₃
x Metano (CH ₄)	x HFC-236cb CF ₃ CF ₂ CH ₂ F
x Óxido nitroso (N ₂ O)	x HFC-236ea CF ₃ CHFCHF ₂
x Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	x HFC-236fa CF ₃ CH ₂ CF ₃
x Trifluoruro de nitrógeno (NF ₃)	x HFC-245fa CHF ₂ CH ₂ CF ₃
x HFC-23 CHF ₃	x HFC-245ca CH ₂ FCF ₂ CHF ₂
x HFC-32 CH ₂ F ₂	x HFC-365mfc CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃
x HFC-41 CH ₃ F	x HFC-43-10mee CF ₃ CHFCHF ₂ CF ₂ CF ₃ o (C ₅ H ₂ F ₁₀)

GASES DE EFECTO INVERNADERO	
X HFC-125 CHF ₂ CF ₃	X PFC-14, Perfluorometano, CF ₄
X HFC-134 CHF ₂ CHF ₂	X PFC-116, Perfluoroetano, C ₂ F ₆
X HFC-134a CH ₂ FCF ₃	X PFC-218, Perfluoropropano, C ₃ F ₈
X HFC-143 CH ₂ FCHF ₂	X PFC-318, Perfluorociclobutano, c-C ₄ F ₈
X HFC-143a CH ₃ CF ₃	X Perfluorociclopropano c-C ₃ F ₆
X HFC-152 CH ₂ FCH ₂ F	X PFC-3-1-10, Perfluorobutano, C ₄ F ₁₀
X HFC-152a CH ₃ CHF ₂	X PFC-4-1-12, Perfluoropentano, C ₅ F ₁₂
X HFC-161 CH ₃ CH ₂ F	X PFC-5-1-14, Perfluorohexano, C ₆ F ₁₄

Tabla 1. Gases de efecto invernadero reglamento UE525/2013 (Diario oficial Union Europea, 2015)

3.4 Real Decreto 290/2015. Uso de los combustibles para uso marítimo

El Gobierno Español aprobó en abril del 2015 la modificación del RD 61/2006 para fijar nuevas especificaciones para los combustibles de uso marítimo, con el objetivo de adaptarlas a las normas comunitarias en materia de biocarburantes y contenido de azufre. Esta modificación traspone una directiva comunitaria de 2012 que afecta a las gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo que utilizan los buques (Ministerio de la Presidencia, 2015).

Estas nuevas especificaciones son especialmente restrictivas en las denominadas zonas SECA, transpuesto del convenio MARPOL, que abarca los mares Báltico, Caribe, Puerto Rico y las Islas Vírgenes, así como un área de 200 millas náuticas en las costas de Canadá y los Estados Unidos, donde el contenido de azufre en los combustibles marinos no puede superar el 0,1%. En el resto de zonas, el límite se mantiene en el 3,5% hasta el 31 de diciembre de 2019 y, a partir de esa fecha, del 0,5%.

Además, entre otras restricciones, los buques atracados en puertos españoles no podrán utilizar combustibles con un contenido de azufre superior al 0,1%.

El Real Decreto 290/2015 modifica el Real Decreto 61/2006, y el Real Decreto 1027/2006, modificó el citado Real Decreto 61/2006, en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo, para adaptarlo a la Directiva 2005/33/CE por la que se modifica la Directiva 1999/32/CE en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.

La aprobación de la Directiva 2012/33/UE, supone una nueva modificación de la Directiva 1999/32/CE en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.

La Directiva 2012/33/UE contempla medidas destinadas a la reducción de las emisiones procedentes de los buques debido a la combustión de combustibles para uso marítimo con un alto contenido de azufre y que contribuyen a la contaminación del aire en forma de dióxido de azufre y partículas, lo que perjudica a la salud humana y al medio ambiente y participa en los depósitos ácidos. Igualmente contempla medidas destinadas a reducir la contaminación del aire causada por los buques atracados en puerto, que son una grave causa de preocupación para muchas ciudades portuarias, en lo que

respecta a sus esfuerzos por respetar los límites de calidad del aire establecidos por la Unión Europea.

El presente real decreto transpone la Directiva 2012/33/UE. Este real decreto tiene su fundamento legal en la disposición final segunda de la Ley 34/1998, del sector de hidrocarburos, y en la disposición final segunda del texto refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2011.

A continuación se disponen de forma resumida los artículos del texto consolidado del Real Decreto 290/2015 que tienen un interés o una implicación directa en el objetivo del trabajo. La totalidad del artículo se puede encontrar en (Ministerio de la Presidencia, 2015).

3.4.1 Artículos relevantes del Texto Consolidado del Real Decreto 290/2015

Artículo 1. Objeto

Se añade por el art. único.2 del Real Decreto 1027/2006 (Ministerio de industria y comercio, 2006).

Constituye el objeto de este real decreto la determinación de las especificaciones de (...), gasóleos para uso agrícola y marítimo (clase B) (...).

Artículo 3. Especificaciones técnicas de gasóleos.

Se modifica el apartado 4 por el art. único.1 del RD 290/2015

Se modifica el apartado 2 por el art. único del RD 1361/2011

Se modifica por el art. único.2 del RD 1088/2010

Se modifica por el art. único.3 del RD 1027/2006

1. (...)

2. *Gasóleos para usos agrícola y marítimo (clase B). t Las especificaciones técnicas para los gasóleos de uso agrícola y marítimo (clase B), son las que se relacionan en el anexo III bis de este real decreto sin perjuicio de lo dispuesto en el siguiente párrafo. A partir del 1 de enero de 2011, el contenido máximo autorizado de azufre de los gasóleos para máquinas móviles no de carretera (incluidos los buques de navegación interior), tractores agrícolas y forestales y embarcaciones de recreo será de 10 mg/kg, pudiéndose producir entregas a usuarios finales con un contenido en azufre de hasta 20 mg/kg, como consecuencia de la contaminación en la cadena de suministro. Hasta el 31 de diciembre de 2011 se podrá comercializar gasóleo que contenga un máximo de 1000 mg/kg de azufre para vehículos ferroviarios y tractores agrícolas y forestales, siempre y cuando este límite no ponga en riesgo el funcionamiento adecuado de los sistemas de control de emisiones.*

3. (...)

4. *No se podrán utilizar en territorio español gasóleos que, encontrándose en las categorías siguientes, tengan un contenido en azufre que supere el 0,10% en masa:*

- a) *Cualquier combustible líquido derivado del petróleo, con exclusión del combustible para uso marítimo, clasificado en los códigos NC 2710 19 25, 2710 19 29, 2710 19 47, 2710 19 48, 2710 20 17 o 2710 20 19, de acuerdo con el Reglamento (CEE) 2658/87 del Consejo,*

de 23 de octubre de 1987, relativo a la nomenclatura arancelaria y estadística y al arancel aduanero común o

b) (...)

Artículo 4. Especificaciones técnicas de fuelóleos.

Se modifica por el art. único.2 del RD 290/2015. Téngase en cuenta la disposición transitoria 1 del citado RD, para la aplicación del apartado 3.a).

Se modifica el párrafo primero por el art. único.4 del RD 1027/2006

1. (...)

2. *No estará permitida la utilización de fuelóleo pesado en territorio nacional cuyo contenido en azufre supere el 1% en masa. A estos efectos, se entenderá por fuelóleo pesado:*

a) (...)

b) cualquier combustible líquido derivado del petróleo distinto del gasóleo definido en el apartado 4 del artículo 3, puntos a) y b), o en el artículo 9, apartado 1 que, debido a sus límites de destilación, pertenezca a la clase del fuelóleo pesado destinado a utilizarse como combustible y del que menos del 65 % en volumen (comprendidas las pérdidas) se destile a 250° C por el método ASTM D86 o norma que en el futuro la sustituya Si la destilación no se puede determinar mediante el método ASTM D86, o norma que en el futuro la sustituya el producto derivado del petróleo también se clasificará como fuelóleo pesado;

3. (...)

Artículo 6. Cambios en el abastecimiento de combustibles.

Si, como consecuencia de la existencia de acontecimientos excepcionales o de una modificación súbita del abastecimiento de petróleo crudo, derivados del petróleo u otros hidrocarburos, que motivaran la dificultad para respetar las especificaciones técnicas contempladas en este real decreto y demás disposiciones de aplicación, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio informará de ello a la Comisión Europea, quien, después de haber informado a los demás Estados miembros, podrá autorizar valores límite superiores en relación a uno o más componentes de los combustibles y carburantes, por un período no superior a seis meses.

Artículo 7. Muestreo y análisis.

Se modifica por el art. único.3 del Real Decreto 290/2015

Se modifica por el art. único.5 del Real Decreto 1027/2006

1. *Con el fin de dar cumplimiento a lo dispuesto en las Directivas 98/70/CE, 2003/17/CE, 1999/32/CE, 2005/33/CE y 2012/33/UE, en lo que respecta al control del cumplimiento de las especificaciones y presentación a la Comisión Europea de informes anuales sobre la calidad de los productos petrolíferos contemplados en este real decreto, las comunidades autónomas adoptarán las medidas necesarias para controlar mediante muestreos las especificaciones técnicas de gasolinas, gasóleos, combustibles para uso marítimo y fuelóleos. (...) en el caso de los combustibles para uso marítimo, para los que los muestreos empezarán a realizarse en la fecha en la que entre en vigor el*

límite máximo de contenido en azufre correspondiente. Los muestreos se realizarán con la suficiente frecuencia garantizando, en todo caso, que las muestras sean representativas del combustible examinado.

2. *Antes del 30 de abril de cada año, las comunidades autónomas deberán comunicar a la Dirección General de Política Energética y Minas, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, los resultados de los muestreos realizados. Para el caso del contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo, las comunidades autónomas deberán comunicar dichos resultados a la Dirección General de la Marina Mercante del Ministerio de Fomento (...).*

3. *En lo referente a los gasóleos clase B, para uso marítimo y gasóleo clase C, de calefacción, así como a los fuelóleos, los datos que se requieren deberán indicar el contenido de azufre de los citados productos.*

4. *Se podrá utilizar, con el fin de garantizar el contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo, uno de los siguientes métodos de muestreo, análisis e inspección, según proceda:*

- a) *Muestreo del combustible para uso marítimo destinado a combustión a bordo cuando se esté suministrando a los buques, de conformidad con las Directrices relativas al muestreo del fuelóleo para determinar el cumplimiento de lo dispuesto en el anexo VI revisado del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973 (Convenio MARPOL) aprobado el 17 de julio de 2009 por la Resolución 182(59) del Comité de protección del medio marino (MARPOL) de la OMI, y análisis de su contenido de azufre.*
- b) *Muestreo y análisis del contenido de azufre del combustible para uso marítimo destinado a combustión a bordo contenido en tanques, cuando sea viable desde un punto de vista económico y técnico, y en muestras selladas a bordo de los buques.*
- c) *Inspección de los diarios de buques y de los comprobantes de entrega de carburante de los buques.*

5. *El método de referencia adoptado para determinar el contenido de azufre será el método ISO 8754 o prEN ISO 14596 (2007), o norma que en el futuro la sustituya. Para determinar si el combustible para uso marítimo entregado y utilizado a bordo de los buques cumple los límites de azufre establecidos, se utilizará el procedimiento de verificación del combustible establecido en el anexo VI, apéndice VI, del Convenio MARPOL, sin perjuicio de que la determinación y aplicación de los datos de precisión sobre el contenido de azufre se realice de acuerdo con la norma ISO 4259 o norma que en el futuro la sustituya.*

Artículo 9. Definiciones.

Se modifica por el art. único.4 del Real Decreto 290/2015

Se modifica el párrafo primero por el art. único.5 del Real Decreto 1088/2010

Se añade por el art. único.7 del Real Decreto 1027/2006

1. *Se entiende por "combustible para uso marítimo": cualquier combustible líquido derivado del petróleo destinado a ser usado a bordo de una embarcación, incluidos los combustibles definidos en la norma ISO 8217; o norma que en el futuro la sustituya, incluye cualquier combustible líquido derivado del petróleo usado a bordo de buques de navegación interior o embarcaciones de recreo, como se definen en la Directiva 97/68/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre*

de 1997, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna que se instalen en las máquinas móviles no de carretera y en la Directiva 94/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de junio de 1994, o disposiciones que la modifiquen o sustituyan, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a embarcaciones de recreo, cuando estas embarcaciones se hallan en el mar.

2. Se entiende por "combustible diésel para uso marítimo": cualquier combustible para uso marítimo definido para la calidad DMB en la tabla I de ISO 8217 o norma que en el futuro la sustituya, a excepción de la referencia al contenido de azufre.

3. Se entiende por "gasóleo para uso marítimo": cualquier combustible para uso marítimo definido para las calidades DMX, DMA y DMZ en la tabla I de ISO 8217 o norma que en el futuro la sustituya, a excepción de la referencia al contenido de azufre.

Artículo 10. Contenido máximo de azufre de los combustibles para uso marítimo utilizados en aguas territoriales, zonas económicas exclusivas y zonas de control de la contaminación, incluidas zonas de control de las emisiones de SOx.

Se modifica por el art. único.5 del Real Decreto 290/2015. Téngase en cuenta la disposición transitoria 2 del citado Real Decreto, para la aplicación del apartado 2.

Se añade por el art. único.7 del Real Decreto 1027/2006

1. En las aguas territoriales, zonas económicas exclusivas y zonas de control de la contaminación situadas dentro de las zonas de control de emisiones de SOx no se podrán utilizar combustibles para uso marítimo cuyo contenido de azufre en masa supere el 0,10 %.

2. El presente apartado se aplicará a cualquier buque de cualquier pabellón, incluidos aquellos cuya travesía hubiera comenzado fuera de la Unión Europea. En las aguas territoriales, zonas económicas exclusivas y zonas de control de la contaminación situadas fuera de las zonas de control de emisiones de SOx no se podrán utilizar combustibles para uso marítimo cuyo contenido de azufre en masa supere el 0,50 %. El presente apartado se aplicará a cualquier buque de cualquier pabellón, incluidos aquellos cuya travesía hubiera comenzado fuera de la Unión Europea, sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado 1 del presente artículo.

3. La Dirección General de la Marina Mercante definirá y desarrollará los procedimientos necesarios para controlar el cumplimiento de lo previsto en el apartado 1 y 2, a cualquier buque de cualquier pabellón, incluidos aquellos cuya travesía hubiera comenzado fuera de la Unión Europea.

4. La Dirección General de la Marina Mercante exigirá que se cumplimenten debidamente los diarios de buques y/o libros registro de hidrocarburos, incluido el registro de las operaciones de cambio de combustible y la hora a la que se efectúe tal operación. Si se comprueba que un buque incumple las normas relativas a los combustibles para uso marítimo conformes con el presente real decreto, la autoridad competente podrá exigir al buque:

- a) que presente un registro de las medidas adoptadas para tratar de lograr dicho cumplimiento, así como

- b) que aporte pruebas que demuestren que ha intentado adquirir combustible para uso marítimo conforme con el presente real decreto de acuerdo con su trayecto previsto y que, si no estaba disponible en la localidad prevista, ha intentado localizar fuentes alternativas de dicho combustible y que, a pesar de todos los esfuerzos por obtener combustible para uso marítimo conforme con el presente real decreto, este no estaba a la venta.

El buque no estará obligado, para lograr dicho cumplimiento, a desviarse del trayecto previsto ni a retrasarlo de manera injustificada.

Si un buque facilita la información a que se refiere el párrafo primero, la Dirección General de la Marina Mercante tendrá en cuenta todas las circunstancias pertinentes y las pruebas presentadas para determinar las actuaciones que procedan, incluida la no adopción de medidas de control.

Cuando un buque no pueda adquirir combustible para uso marítimo que sea conforme con la presente norma, lo notificará al Estado cuyo pabellón enarbole y a la Capitanía Marítima del puerto de destino relevante. La Capitanía Marítima comunicará tal notificación a la Dirección General de la Marina Mercante quien transmitirá a la Comisión Europea los casos en los que un buque haya presentado pruebas de no disponibilidad de combustible para uso marítimo que sea conforme con la presente norma.

5. *De conformidad con la regla 18 del anexo VI del Convenio MARPOL:*

- a) La Administración Portuaria deberá mantener en su sede electrónica, a disposición de los interesados, una base de datos, listado o relación debidamente actualizada de proveedores locales de combustible para uso marítimo;
- b) Las comunidades autónomas deberán asegurarse de que el contenido de azufre de todos los combustibles para uso marítimo vendidos en territorio español y efectivamente cargados como combustible para uso del buque está documentado por el proveedor mediante un comprobante de entrega de combustible, acompañado por una muestra sellada firmada por el representante del buque receptor;
- c) Las comunidades autónomas deberán tomar las medidas adecuadas contra los proveedores de combustible para uso marítimo si entregan combustible que no sea conforme con la especificación recogida en el comprobante de entrega de combustible y asegurarse de que se toman las medidas correctoras adecuadas para poner en conformidad a todo combustible para uso marítimo no conforme que se haya descubierto.

6. *No se podrá comercializar en territorio español combustible diésel para uso marítimo ni gasóleo para uso marítimo, con un contenido de azufre superior al 1,50 % y al 0,10 % en masa, respectivamente. Las comunidades autónomas adoptarán las medidas oportunas para verificar el cumplimiento de esta disposición.*

Artículo 11. Contenido máximo de azufre de los combustibles para uso marítimo utilizados por los buques atracados en puertos españoles.

Se modifica por el art. único.6 del RD 290/2015

Se modifica el título y se dejan sin contenido los apartados 1.a) y 2.b) por el art. 6 y 7 del RD 1088/2010

Se añade por el art. único.7 del RD 1027/2006. Téngase en cuenta la disposición transitoria única en cuanto a su aplicación en las Islas Canarias.

1. *Los buques atracados o fondeados en puertos ubicados en territorio nacional no podrán utilizar combustibles para uso marítimo con un contenido de azufre superior al 0,10 % en masa, concediendo a la tripulación el tiempo suficiente para efectuar la eventual operación necesaria de cambio de combustible lo antes posible después del atraque y lo más tarde posible antes de la salida. Se deberá registrar en el libro de navegación y en el Diario de buques la hora a la que se efectúe toda operación de cambio de combustible. Las autoridades competentes en materia de puertos incentivarán el uso de sistemas de suministro de electricidad desde la costa para los buques atracados en puertos.*

2. *Las disposiciones del apartado 1 no serán aplicables:*

- a) *Cuando, con arreglo a los horarios publicados, los buques vayan a permanecer atracados durante menos de dos horas;*
- b) *A los buques que apagan todas las máquinas y se conectan a la electricidad en tierra mientras están atracados en un puerto.*

Artículo 12. Régimen sancionador.

Se añade por el art. único.7 del Real Decreto 290/2015

El régimen sancionador aplicable en materia de contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo será el establecido en el título IV del libro III del texto refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, y en el título VI de la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos, sin perjuicio de las competencias que tengan atribuidas las comunidades autónomas en virtud de sus disposiciones estatutarias o de acuerdo con la legislación sectorial vigente.

Disposición Adicional Tercera. Excepciones en cuanto a la limitación del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos derivados del petróleo.

Se modifica la letra h) por el art. único.8 del Real Decreto 290/2015.

Se añade por el art. único.8 del Real Decreto 1027/2006.

No obstante, las limitaciones en el contenido de azufre de determinados combustibles líquidos derivados del petróleo establecidas en el presente real decreto no se aplicarán:

- a) *al combustible destinado a fines de investigación y pruebas;*
- b) *al combustible destinado a ser transformado antes de su combustión final;*
- c) *al combustible que vaya a ser transformado en la industria del refino;*
- d) *al combustible utilizado y comercializado en las regiones ultra periféricas siempre que se puedan garantizar que en esas regiones:*
 - d.1) *se respetan las normas de calidad del aire,*
 - d.2) *no se utiliza fuelóleo pesado cuyo contenido en azufre supere el 3 por ciento en masa;*

- e) al combustible utilizado por los buques de guerra y demás buques destinados a usos militares. Sin embargo, las Autoridades competentes tratarán de garantizar, mediante la adopción de medidas oportunas que no perjudiquen las operaciones ni la capacidad operativa de dichos buques, que éstos funcionen, dentro de lo que es razonable y práctico, en consonancia con lo dispuesto en el presente real decreto;
- f) a la utilización de combustible en un buque que sea necesaria para el fin concreto de proteger la seguridad de un buque o para salvar vidas en el mar;
- g) a la utilización de combustible en un buque que sea necesaria a causa de los daños sufridos por un buque o sus equipos, siempre que después de producirse el daño se hayan tomado todas las precauciones razonables para prevenir o reducir al máximo el exceso de emisiones y se tomen medidas lo antes posible para reparar los daños. La presente disposición no se aplicará si el propietario o el capitán han actuado con la intención de causar el daño o con imprudencia temeraria;
- h) Al combustible utilizado a bordo de buques que utilicen métodos de reducción de emisiones que permitan conseguir de forma continua reducciones de las emisiones de SO₂ que sean, al menos, equivalentes, de acuerdo con los valores del anexo X, a las que se lograrían con el uso de combustibles para uso marítimo que cumplan con los requisitos del presente real decreto.

Adicionalmente, si el contenido de azufre del combustible marino supera el 3,5% en masa, dichos métodos de reducción de emisiones deberán operar en sistemas cerrados.

Los métodos de reducción de emisiones anteriormente referidos se ajustarán a los criterios especificados en los instrumentos a que se refiere el anexo XI.

Tercera. Incorporación de derecho de la Unión Europea.

Mediante este real decreto se incorpora al derecho español la Directiva 2003/17/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de marzo, por la que se modifica la Directiva 98/70/CE, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo, y, por otra parte, la Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

ANEXO III (BIS)

Se añade por el art. único.9 del Real Decreto 1088/2010

(1) Con las excepciones recogidas en el artículo 3 de este real decreto:

- 1. El método de referencia adoptado para determinar el contenido de azufre en el gasóleo clase B para uso marítimo será el definido en las normas UNE-EN ISO 8754 y UNE-EN ISO 14596.*
- 2. Del mismo modo, el método de referencia adoptado para determinar el contenido de azufre en el gasóleo clase C será el definido en las normas UNE-EN 24260, UNE-EN ISO 8754 y UNE-EN ISO 14596.*
- 3. El método de arbitraje será el UNE-EN ISO 14596. La interpretación estadística de la comprobación del contenido de azufre de los gasóleos utilizados se efectuará conforme a la norma UNE-EN ISO 4259.*

(2) *Los métodos de ensayo a aplicar serán los correspondientes a la última versión publicada.*

(3) *En caso de controversia el método de referencia a utilizar es el de la EN ISO 5165.*

ANEXO IV

(1) *Con las excepciones recogidas en el artículo 4 de este real decreto. El método de referencia adoptado para determinar el contenido de azufre en el fuelóleo pesado será el definido en las normas UNE EN ISO 8754 (1996) y UNE EN ISO 14596 (1999).*

(2) *Los métodos de ensayo a aplicar serán los correspondientes a la última versión publicada.*

ANEXO X

Se añade por el art. único.10 del Real Decreto 290/2015.

Los límites establecidos para la relación de emisiones solo se aplican cuando se utilizan fuelóleos destilados o residuales derivados del petróleo.

En casos justificados, cuando la unidad de depuración de los gases de escape reduzca la concentración de CO₂, ésta última puede medirse en la entrada de la unidad de depuración de los gases de escape, siempre que la exactitud de dicha metodología pueda ser claramente demostrada.

ANEXO XI

Se añade por el art. único.10 del Real Decreto 290/2015.

Criterios de utilización de los métodos de reducción de emisiones

Los métodos de reducción de emisiones contemplados en la Disposición Adicional Tercera deberán cumplir al menos los criterios especificados en los siguientes instrumentos, según proceda:

Método reducción de emisiones	Criterios de utilización
Mezcla de combustible para uso marítimo y de gas de evaporación	Decisión 2010/769/UE de la Comisión, de 13 de diciembre de 2010, por la que se establecen los criterios aplicables para que los buques de transporte de gas natural licuado empleen métodos tecnológicos como alternativa a la utilización de combustibles de uso marítimo con un bajo contenido de azufre que cumplan los requisitos del artículo 4 ter de la Directiva 1999/32/CE del Consejo, relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos, modificada por la Directiva 2005/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo
Sistemas de depuración de los gases de escape	Resolución MEPC.184(59) de la OMI, adoptada el 17 de julio de 2009. El agua de lavado resultante de los sistemas de depuración de los gases de escape que hagan uso de aditivos, preparados y productos químicos relevantes creados in situ a que se refiere el punto 10.1.6.1 de la Resolución MEPC.184(59) no podrá ser descargada en el mar, incluidos los puertos cercados, las dársenas y los estuarios, salvo que el operador del buque demuestre que dicha descarga de agua de lavado no tiene repercusiones negativas significativas ni presenta

Método reducción de emisiones	Criterios de utilización
	riesgos para la salud humana o el medio ambiente. Si el producto químico utilizado es soda cáustica, es suficiente con que el agua de lavado cumpla los criterios establecidos en la Resolución MEPC.184(59) y su pH no exceda de 8,0.»
Biocombustibles	Uso de biocombustibles, tal y como se definen en la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, que cumplan las normas CEN e ISO pertinentes. Las mezclas de biocombustibles y combustibles para uso marítimo deberán cumplir las normas relativas al contenido de azufre establecidas en el presente real decreto.

Tabla 2. Anexo IX: Métodos de reducción de emisiones (Ministerio de la Presidencia, 2015)

Resumidamente, se puede establecer que en el convenio MARPOL, dónde está representado aproximadamente el 90% de la flota mundial, se están desarrollando estándares cada vez más restrictivos que deben contribuir a una mayor conciencia global en la protección del medio ambiente.

La Unión Europea y sus estados miembros desempeñan grandes esfuerzos para mejorar la calidad del aire a nivel legislativo. Aunque el marco jurídico es bastante claro, es un reto aplicar-lo, debido a los estrictos procedimientos de análisis de gases que se deben hacer. Al mismo tiempo, puede estar afectado y comprometido por la falta de estructura organizativa común y la insuficiente aportación de recursos.

Por otro lado, es justo hacer especial incapié en la protección de las zonas SECA y en la construcción de nuevos buques, con nueva tecnología, que cumplen y mejoran los estándares requeridos a nivel mundial y europeo, y son ejemplo de las mejoras tecnológicas, incrementando la eficiencia energética y reduciendo las emisiones de gas de efecto invernadero a nivel global.

4 Los artefactos voladores en la industria marítima

4.1 Tipología y características de aeronaves pilotadas a distancia

Las aeronaves no tripuladas están sujetas a las mismas reglas y limitaciones que las aeronaves tripuladas. La Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO), establece dos preceptos:

1. La preferencia a considerar el sistema completo, integrado por la aeronave, la estación de control en tierra (Ground Control Station) y el enlace de comunicaciones entre ésta y la aeronave. De esta manera se habla de UAS (sistemas de aeronaves no tripuladas) y de RPAS (sistemas de aeronaves pilotadas a distancia), relegando los términos de aeronaves no tripuladas (UAV) y aeronaves pilotadas a distancia (RPA) a aquellas ocasiones en las que se quiere hacer referencia específica a las propias aeronaves.
2. La distinción entre RPAS y aeronaves completamente autónomas, en las que no existe control efectivo del piloto remoto sobre la aeronave, en todo o parte del vuelo.

Los RPAS son aeronaves sin tripulación, que se reemplaza por un sistema informatizado y dirigido por control remoto. El sistema comprende;

1. Estación de control: Interface entre el operador y el resto de sistemas.
2. Artefacto: Encargado de soportar la carga, y los sistemas electrónicos y de vuelo.
3. Sistema de comunicaciones: transfiere información entre la estación de control y el dron/aeronave.
4. Equipo de apoyo: Incluye mantenimiento y equipo extra de soporte.

Algunos de los usos y desarrollos actuales son en las materias siguientes;

- a) Imagen aérea (fotografía, video,...)
- b) Agricultura (crecimiento y sulfatación)
- c) Búsqueda y rescate de los guardacostas
- d) Control de aduanas para importaciones ilegales
- e) Monitorización de la contaminación
- f) Compañías eléctricas
- g) Control y detección de incendios forestales
- h) Apoyo y seguridad en la industria del oil & gas
- i) Control de desastres naturales
- j) Servicios meteorológicos
- k) Organizaciones de exploración geográfica, geológica y arqueológica
- l) Industria
- m) Otros..

4.2 Clasificación de aeronaves

Es frecuente utilizar una clasificación ateniendo a la forma en la que las aeronaves consiguen su sustentación en la atmósfera (Ilustración 7).

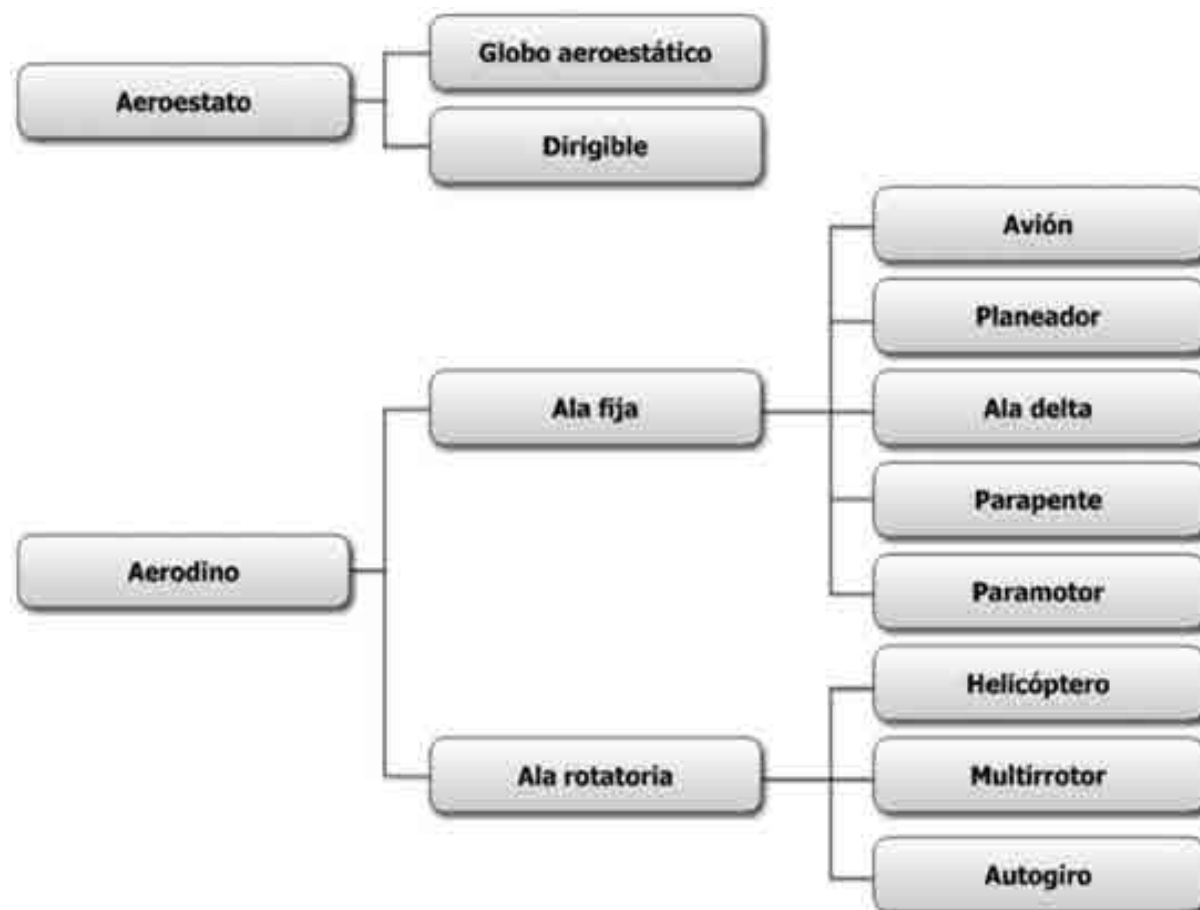


Ilustración 7. Clasificación de aeronaves según su sustentación en la atmósfera (Mora, 2015)

En primera instancia, dentro de los RPAS se encuentran representados todos los tipos de aeronaves posibles. Por otra parte hay categorías nuevas, como los híbridos, que desarrollan parte del vuelo en forma de ala rotatoria, generalmente en el despegue y aterrizaje y posiblemente en alguna parte de la misión, aprovechando las ventajas de este tipo de sistemas, realizando una transición a ala fija para alcanzar de forma rápida y eficiente su objetivo.

4.2.1 Multirrotor

Los multirrotores (Ilustración 8) proporcionan una gran versatilidad y eficacia en las operaciones por su simpleza a la hora de ser pilotados y por la velocidad de montaje. Es una plataforma estable por naturaleza, debido a que los motores se encuentran a la misma distancia del centro de gravedad de la aeronave.

Según la cantidad de motores (Ilustración 9), se clasifican en tricópteros (3 motores), cuadricópteros (4 motores), hexacópteros (6 motores) y octocópteros (8 motores). Según la configuración de los brazos se clasifican en "Y", "Y invertida", "X", "+" (cruz). Se debe de tener en cuenta que a mayor número de brazos, más estabilidad y seguridad, mientras que cuantos más motores, más propulsión y consumo. (Guillén, 2016)



Ilustración 8. RPAS Multirrotor octocóptero fumigador volando (Merino, 2016)

Por otra parte, también existen los multirrotores coaxiales, es decir, dos motores por brazo. Esto proporciona un ahorro en el peso del aparato por contar con la mitad de brazos, pero por el contrario se resta eficiencia aerodinámica.

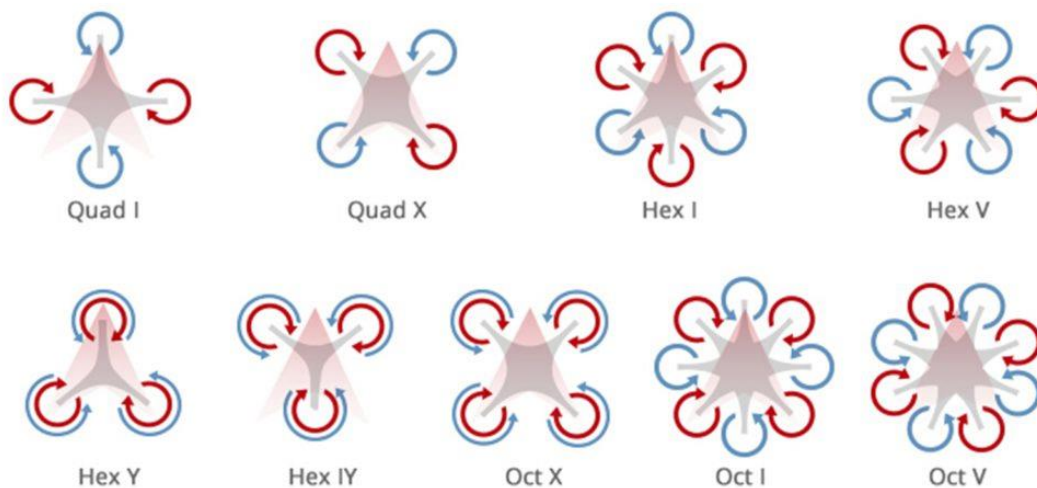


Ilustración 9. Clasificación de los multirrotores según el número de motores y brazos (Guillén, 2016)

4.2.2 Helicóptero

Los helicópteros (Ilustración 10) son la herramienta más polivalentes a la hora de realizar todo tipo de operaciones. Poseen una gran capacidad de carga de pago y autonomía. Esto es gracias a que sólo posee un motor y una hélice de gran tamaño. El helicóptero funciona a revoluciones fijas de motor gracias al paso variable de las hélices, mientras que el multirrotor varía las revoluciones del motor para mantenerse estable (Guillén, 2016).

Sin embargo, los helicópteros son bastante complejos a nivel mecánico, lo que obliga a ajustarlo constantemente para que ofrezca un vuelo óptimo. También es complicado a la hora de ser pilotado, y dominarlos conlleva años de práctica.



Ilustración 10. Ejemplo de helicóptero con cámara incorporada (Guillén, 2016)

4.2.3 Ala Fija

Según esté equipado con motor eléctrico o de explosión, el dron de ala fija (Ilustración 11) puede permanecer en el aire varias horas. Es la plataforma perfecta para trabajos que abarquen una gran extensión de terreno. Por otra parte, es muy eficiente aerodinámicamente, ya que con la configuración adecuada, puede permanecer tiempo sin necesidad de utilizar el motor gracias al planeo, esto hace que sea una plataforma mucho más segura, ya que en un supuesto fallo de motor puede planear hasta llegar al punto de aterrizaje (Guillén, 2016).

Sin embargo, el ala fija, está preparado para unos fines muy específicos, lo que le resta versatilidad a la hora de ser utilizado. No permite el vuelo estacionario, y posee una reducida capacidad de carga de peso respecto a su tamaño.



Ilustración 11. Ejemplo de dron de ala fija

4.3 Desarrollo y evolución

Como tantas otras tecnologías, el desarrollo inicial de los RPAS tuvo lugar fundamentalmente en el ámbito militar, constituyendo alrededor de un tercio del total de la flota de aeronaves en operación en el ejército de EE.UU. En este caso, los sistemas de ala fija es casi absoluta (97%). En el ámbito civil,

mucho menos desarrollado que el militar, la situación es la opuesta. De acuerdo con la información suministrada por la dirección General de la Aviación civil francesa (DGAC) referida a las autorizaciones otorgadas hasta octubre de 2013, las aeronaves de ala rotatoria suponían un 76% del total (Mora, 2015).

Existen varias razones que explican la discrepancia entre el mundo militar y el civil. Para entender estas razones resulta muy conveniente analizar las ventajas que proporcionan los RPAS. El departamento de defensa de los EE.UU. ha popularizado el concepto de que los sistemas no tripulados son adecuados en tres tipos de aplicaciones militares, conocidas como las tres “D”:

1. Dull (aburridas)
2. Dangerous (peligrosas)
3. Dirty (sucias)

Los RPAS son utilizados de forma exclusiva en las misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento. Son misiones normalmente de larga duración y de carácter muy rutinario, en las que los sensores embarcados en el sistema recogen la información necesaria mientras la aeronave recorre un plan de vuelo preestablecido y en las que el piloto no debe interactuar con la aeronave a no ser que se produzca una alerta. Son misiones de carácter extremadamente aburrido para las que los pilotos humanos resultan muy poco adecuados.

Otro tipo de misiones son las de reconocimiento a corta distancia, en las que se trata de determinar si existe algún peligro, en este caso existe un riesgo cierto de ser abatido, lo que siempre será más aconsejable un RPAS que adentrarse en territorio desconocido a ciegas.

Finalmente, es concebible utilizar sistemas RPAS en aquellas situaciones en las que el ambiente a sobrevolar se encuentra contaminado, lo que podría acarrear situaciones de riesgo para la salud a la tripulación del avión.

En el ambiente civil se presentan igualmente las mismas condiciones que aconsejan utilizar RPAS frente a medios convencionales, pero además aparece otra consideración, el factor del coste.

El hecho de no llevar tripulación en el avión, significa que la aeronave puede ser mucho más pequeña, con una reducción del coste de fabricación, mantenimiento y operación y, por tanto, de coste por hora de vuelo, o de la adquisición de la unidad de información deseada. Además, ese menor tamaño, combinado con la mayor automatización que resulta característica de los RPAS, permite llevar a cabo operaciones que no serían posibles con aeronaves tripuladas como puede ser el volar en interiores, acercarse mucho más al objetivo y realizar maniobras de muy alta precisión utilizando radios de giro muy reducidos.

El menor tamaño también resulta en una menor necesidad logística. Los RPAS de tamaño reducido se pueden desplegar desde terrenos poco preparados, sin utilizar ningún tipo de infraestructura aeroportuaria, lo que puede resultar crítico en situaciones de emergencia y en general ahorra notablemente los costes de operación.

Por el contrario, el pequeño tamaño impone algunas limitaciones importantes como son la capacidad de carga, la autonomía y las condiciones meteorológicas que pueden soportar, especialmente el viento.

No existe ninguna limitación al tamaño de los RPAS, que pueden ser tan grandes como las aeronaves tripuladas, pero en ese caso desaparece la mayor parte de las ventajas descritas anteriormente. Por encima de unos 25kg no es fácil encontrar modelos de negocio viables (Mora, 2015).

4.4 Ventajas de los sistemas de ala fija y variable

Como se ha comentado, la inmensa mayoría de los RPAS para uso civil son multirrotores. Esto es así porque este tipo de aeronaves son muy adecuadas para la principal actividad que se está desarrollando en estos momentos, la toma de imágenes, videos y datos para el sector audiovisual y científico, al igual que ocurre en otros países europeos.

Las principales ventajas de los multirrotores son las siguientes:

- x Despegue y aterrizaje vertical, lo que reduce las necesidades del espacio requerido en tierra para su operación, aunque los aviones de reducida dimensión pueden operarse utilizando catapultas para el lanzamiento y recogida con paracaídas o entrada en pérdida controlada.
- x La posibilidad de volar a punto fijo (vuelo estacionario) o a muy baja velocidad, lo que resulta muy adecuado para aplicaciones de inspección, la segunda actividad en importancia.
- x Mayor maniobrabilidad y precisión de vuelo. Mientras que los sistemas de ala fija siguen trayectorias curvilíneas, con unos radios de giro relativamente grandes y con velocidades de ascenso y descenso bastante estrictas, los multirrotores pueden volar prácticamente siguiendo cualquier trayectoria deseada en las tres dimensiones. Esto permite tomar unos planos de gran dramatismo, acercándose mucho más al objetivo si es necesario y, combinando el movimiento de la aeronave con el de la cámara embarcada, se pueden conseguir unas imágenes que hasta ahora no eran posibles.
- x Su diseño les permite embarcar cargas de pago más voluminosas en relación a su tamaño, y comparado con los aviones.

Las principales ventajas de los aviones son las siguientes:

- x Más eficientes que los multirrotores, lo que permite, a igualdad de tamaño, una mayor autonomía.
- x Pueden volar a mayor velocidad, que combinado con la mayor autonomía significa que pueden cubrir una distancia o un área mucho mayor. Les hace más indicados en actividades de cartografía o teledetección.
- x Tienen una huella sonora sensiblemente menor, por lo que resultan más indicados para operaciones de vigilancia.
- x Tienen un mayor rango climático en términos de temperatura, viento y lluvia.

A la vista de lo anterior se explica por qué los multirrotores dominan actualmente el mercado.

4.5 El presente y el futuro

Una de las principales aplicaciones de las aeronaves en el mundo marítimo ha sido la vigilancia y el reconocimiento. El motivo es debido a que los espacios marítimos son inmensos, sin límites físicos o funcionales (J.B.de Sousa, 2015). Estas plataformas son capaces de desplegar un increíble abanico de sensores y abarcar una amplia área de vigilancia, mejorando las ventajas operacionales en el ámbito marítimo.

La proliferación de operaciones marítimas abre nuevas oportunidades para artefactos voladores de corto y medio alcance, dedicados principalmente a zonas costeras, portuarias, y zonas de exclusividad económica. Considerando los avances tecnológicos, modularidad, miniaturización de sensores y la gestión de los sistemas de información, hay gran interés para su desarrollo y uso (J.B.de Sousa, 2015).

Para misiones marítimas pequeñas, existen reducidos artefactos voladores fáciles de desplegar, a altitudes bajas. Los principales problemas que surgen, es su baja capacidad de carga y su autonomía en vuelo. Algunos de ellos también requieren zonas de despegue y recuperación, según la tipología del dron.

Actualmente, hay una gran necesidad de entender y monitorizar problemas clave, como son el cambio climático, la acidificación oceánica, la pesca insostenible, la contaminación, y los escombros, entre otros, que afectan la estabilidad de los océanos.

A continuación (Tabla 3) se discute la afectación de las nuevas tendencias en los sistemas aéreos no tripulados para el uso marítimo.

Estructura Dron	<p>El desarrollo de materiales compuestos y nanotecnología disminuirá el peso y mejorará la aerodinámica de los aparatos. Estructuras robustas permitirán el uso en el mar, en estructuras marítimas, y desde localidades remotas.</p> <p>La obtención energética de la luz y el viento junto a la recarga aire-aire, permitirán misiones más largas.</p> <p>Los desarrollos en anti-hielo permitirán el uso de drones en regiones remotas</p>
Propulsión / Almacén. de energía	Desarrollo de fuentes de propulsión de alta densidad de energía (celdas de hidrogeno)
Comunicaciones / Identificación	<p>Avances en los estándares de comunicación reducirán los costes de desarrollo y operacionales.</p> <p>Tecnologías fiables, compresión de datos y técnicas codificadas de trabajo en red deberían incrementar la efectividad de las comunicaciones, aliviando la dependencia de las comunicaciones por satélite.</p> <p>Nuevos estándares de identificación permitirán operaciones en una amplia área geográfica, incluyendo aguas internacionales.</p>
Navegación / Seguimiento	Instrumentos de navegación en plataformas marinas para asistir la navegación en lugares remotos o donde la cobertura del GPS no llega adecuadamente
Ordenador Central	Miniaturización y arquitectura multi-core que permita altos niveles de autonomía
Aplicación vehículo aéreo y sistema software	<p>Estándares de construcción abiertos, que reduzcan los costes y faciliten la interoperabilidad con distintos sistemas (drones, equipos y buques).</p> <p>Redundancia de sistemas aportando más confiabilidad a los sistemas de vuelo.</p> <p>Avances en el control de vuelo, capacidad de detección de colisiones, automatización y control mixto onshore-offshore</p>

Sistemas de control terrestres	La tendencia hacia el networking permitirá a los drones interactuar con un sistema heterogéneo tierra-mar, a través de dispositivos portátiles, boyas y otros equipos no tripulados. Esto puede permitir control en tiempo real y anticipación a las interacciones futuras
Sistema de mando y control	Reducir el tiempo de entreno de los operadores a la vez que mejora la autonomía y operatividad de las aeronaves no tripuladas
Equipo de lanzado y recuperación	Sistemas estándares distribuidos geográficamente, así como procedimientos estándar que permitan operaciones desde distintos buques o plataformas.
Aplicación del segmento terrestre y software del sistema	La tecnología para la computarización de datos en la nube proveerá avances en el procesado y análisis de datos en tiempo real, así como la superposición de datos para un mismo sitio, desde diferentes equipos, en un mismo instante de tiempo. Interacción de sistemas dron

Tabla 3. Nuevas tendencias en los sistemas aéreos no tripulados para el uso marítimo (J.B.de Sousa, 2015)

Los retos futuros vienen por el rápido cambio de los desarrollos tecnológicos y por el cambio de paradigma en las operaciones marítimas. Del simple vehículo a las operaciones multi-vehículo, en conexión de unos con otros.

Los drones se aventajarán por su capacidad de desarrollar su autonomía, su interoperabilidad y la posibilidad de integrar diferentes sensores. Los costes recurrentes que se pueden establecer en estos sistemas son proporcionales al número de horas de vuelo, e incluyen costes directos, seguro, apoyo de comunicaciones, desarrollo de la misión, análisis de datos y los operadores de los drones (J.B.de Sousa, 2015).

4.6 Uso de drones para el monitoreo de gases contaminantes

Focalizando en el objetivo del trabajo, se analiza la viabilidad de su uso para el monitoreo de gases contaminantes. El control de los gases resultantes de los buques situados en puerto o cercanías es el principal aspecto a destacar, pero dada la operatividad de los RPAS, se puede extrapolar a cualquier situación que se requiera, en un área delimitada por la duración de las baterías.

Los instrumentos utilizados para llevar a cabo el seguimiento y control medio ambiental de la calidad de nuestra atmósfera han sido tradicionalmente embarcados en diferentes vectores de observación tales como aviones o globos. A esta forma de observar se le suma la instalación en superficie de redes de medida de los niveles de contaminación.

Hay que hacer una división de los procesos de contaminación atmosférica derivada de la forma como estos se producen. Se puede distinguir entre los impactos episódicos ligados a accidentes marítimos que pueden acaecer, y aquella contaminación que está ligada a fuentes fijas que emiten de manera continuada. En la contaminación episódica, la medición está destinada a evaluar las sustancias emitidas y el tipo de acciones posibles a tomar durante la gestión, para minimizar sus posibles impactos negativos. Por otro lado, las emisiones producidas de manera continua y cuyo principal foco es las emisiones de los buques, presentan unos contaminantes muy específicos cuyos niveles máximos permitidos de concentración en el aire están regulados por ley.

En cualquier de estos dos problemas ambientales, el uso de vehículos aéreos teledirigidos o autopilotados equipados con instrumentación específica tiene una gran aplicación práctica que se

suma a la observación tradicional que ya se realiza mediante aviones, globos y redes superficiales de vigilancia de la contaminación atmosférica (Ezcurra Talegón & Díaz de Apodaca, 2015).

4.6.1 Sensores ambientales de nueva generación

El control de la calidad del aire mediante el uso de drones consiste en la capacidad de instalar en un dron los instrumentos de medida de la contaminación atmosférica que sean requeridos para la observación que se pretenda llevar a cabo.

A modo de ejemplo, en el caso del Ozono, las dos tecnologías actualmente más extendidas que se emplean son:

1. La medida ultravioleta
2. La medida electroquímica en célula líquida

El primero pesa del orden de 2kg y requiere 12V de alimentación continua, mientras que el segundo es una sonda de muy poco peso (de orden de 200g) que debe ser calibrada y preparada adecuadamente cada vez que se va a emplear.

El protocolo seguido para llevar a cabo una medida de contaminación atmosférica parte de dos ideas muy concretas:

- x La atmósfera tiene una capacidad dispersiva muy alta que se suma al transporte producido por el empuje del viento.
- x Los contaminantes atmosféricos varían su concentración a lo largo del tiempo debido a la variación de la intensidad de sus emisiones y a su carácter reactivo.

Actualmente, se están desarrollando nuevos utilizadores de drones para el control de la calidad del aire. Se conocen como sensores electrónicos de medida de la concentración de gases (Ilustración 12). Estos dispositivos, de pequeño peso y volumen, se pueden acoplar directamente a una placa electrónica miniaturizada permitiendo la medida digital de la contaminación atmosférica. La reducción de peso y volumen que supone el uso de este tipo de sensores permite que los vehículos puedan ser capaces de sondear fuertes volúmenes de aire durante largos períodos de tiempo. Su único inconveniente es la facilidad de perturbación de la medida por otras especies químicas diferentes a las que se pretende medir inicialmente, por lo que la precisión de la medida no alcanza en el momento presente la exactitud de los sistemas más clásicos de observación anteriormente citados.

En estos sensores de nueva generación, la medida se basa en la determinación de la corriente que se establece entre dos electrodos cuando el gas a medir reacciona con el electrodo de trabajo. Estos dispositivos contienen una membrana porosa (sistema capilar), que permite al gas difundirse en el interior de su celda.

Su configuración varía según los fabricantes y según el gas a medir. Cuando el gas entra en contacto con el electrodo sensible, se crea una corriente eléctrica entre el ánodo y el cátodo que hace variar la diferencia de potencial entre ambos. Esta variación de la señal eléctrica se mide y amplifica siendo proporcional a la concentración del gas presente. Los resultados no están calibrados y es preciso que este tipo de sensores electrónicos se calibren de forma rutinaria para poder validar sus medidas y su rango de error. (Ezcurra Talegón & Díaz de Apodaca, 2015)

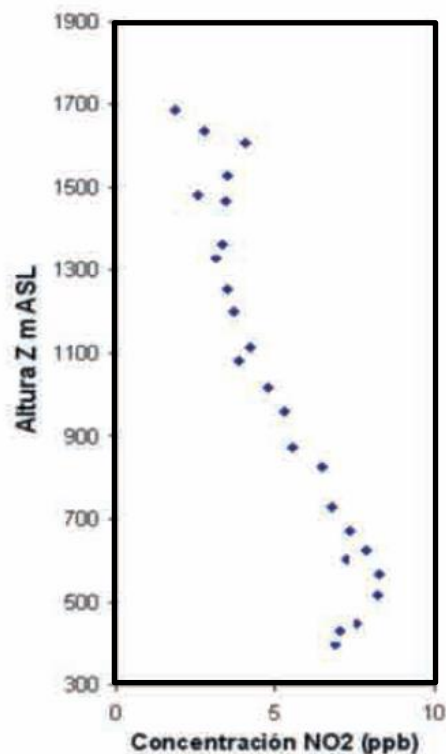


Ilustración 12. Medida concentración NO2 con dispositivo electrónico en dron (Ezcurra Talegón & Díaz de Apodaca, 2015)

4.6.2 Sensores para drones

Para definir la tipología de sensores que necesita el proyecto, es importante conocer las funciones que estos deberán realizar, para poderlos adecuar a los objetivos que se quieren alcanzar. En este caso los sensores de gas deberán tener 2 funciones; identificar y cuantificar los flujos de gas emitidos a la atmósfera a través de los emisores para poder evaluarlos. Ello permitirá controlar el porcentaje de emisiones, analizar los incumplimientos de la legislación vigente, evaluar los procedimientos legales que se pueden aplicar si se supera el rango permitido, y hacer distintos estudios y análisis estadísticos sobre los efectos a medio-largo plazo.

El sistema ideal, debe disponer de un sistema de sensores electrónicos (nano cables de óxido de metal (MOX)) en los drones, para detectar las emisiones de gas contaminante emanado por los buques (gases producidos por combustión, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre o el ácido sulfhídrico), junto a otros parámetros de temperatura, humedad y presión del aire, a distancias suficientes para que el equipo no se vea afectado por las altas temperaturas a los que se expulsan éstos.

Varios autores han mostrado la viabilidad de estos sistemas para otros usos, con prototipos y especificaciones varias, enfocadas generalmente a situaciones de grandes expulsiones de gas, como son las erupciones volcánicas, incendios de gran magnitud o grandes selvas.

4.6.3 Material y métodos

Debido a los ambientes corrosivos y oxidantes, se requieren materiales que sean altamente resistentes, durables y ligeros, para proteger el equipo y los sensores de los drones.

Por otra parte, hay que mencionar las posibles capacidades extra que puede desarrollar el dron, incorporando equipos y sensores intercambiables, para que en situaciones determinadas pueda resolver otras circunstancias que surjan en el ámbito portuario.

- x Estimación de contaminación del agua con hidrocarburos u otras sustancias en suspensión.
- x Detección y monitoreo de incendios
- x Detección y monitoreo en operaciones de rescate
- x Supervisión del tráfico marítimo, entrada y salida de buques en puerto, y maniobras
- x Control de aduanas
- x Control de pasajeros y mercancías

Los equipos adicionales recomendables, descritos posteriormente, son la cámara digital, video cámara, cámara de imagen térmica, radiómetro-dosímetro y radiación gamma. Con ellos se puede abarcar todos los requisitos previstos para prestar servicio y combinarlos con los datos obtenidos de gases.

5 Normativa y regulación sobre la seguridad marítima en el uso de drones

5.1 Marco Español para la regulación de drones en el espacio aéreo

Si bien el uso de artefactos voladores, o de cualquier otro dispositivo para estudio o investigación en cualquier instalación requiere autorización por parte de la entidad competente, a continuación se añade el marco regulatorio de cumplimiento general, tanto desde el punto de vista del uso de artefactos voladores, como en cumplimiento del código ISPS.

Cabe añadir que la posibilidad del uso de dispositivos dentro del puerto final, así como accesos y demás, recaerá principalmente en la autoridad portuaria y su plan de protección, que son quienes tienen capacidad real de permitir o denegar el uso de sus instalaciones.

Algunos puertos además, como en el caso del de Barcelona, presentan la peculiaridad de considerarse una infraestructura crítica, es decir, se considera una instalación cuya interrupción o destrucción puede tener una repercusión importante en la salud, la seguridad o el bienestar económico de los ciudadanos o en el eficaz funcionamiento de los gobiernos de los Estados miembros. La consecuencia de ello es que se deben tomar medidas de seguridad y control mayores, y más restrictivas (Ministerio del Interior, 2011).

A día de hoy todavía hay un régimen temporal para las operaciones con aeronaves pilotadas por control remoto, a pesar de haber transcurrido casi 2 años desde la entrada en vigor de dicha normativa (Díez, 2016).

El Consejo de Ministros del 4 de julio de 2014 aprobó el Real Decreto 8/2014. En la sección 6ª se recogía el régimen temporal para los Drones de peso inferior a los 150kg al despegue, en el que se establecen las condiciones de explotación para la realización de trabajos técnicos y científicos.

Posteriormente, dicha normativa ha sido tramitada como ley, proceso que ha culminado con la publicación en el BOE de la Ley 18/2014, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia.

Este reglamento temporal contempla los distintos escenarios en los que se podrán realizar los distintos trabajos aéreos y en función del peso del Dron. Y es completado con el régimen general de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, definiendo las condiciones de operación, además de otras obligaciones.

Se posibilita volar en aglomeraciones de edificios en ciudades. Será posible volar en zonas urbanas (ahora prohibido) siempre que se cumplan las siguientes circunstancias:

- x Las operaciones han de hacerse con drones de menos de 10Kg.
- x Sólo para vuelos a un máximo de 100m de distancia y 120m de altura.
- x Solicitar permiso a la Delegación del Gobierno geográficamente competente.

- x Aportar un estudio aeronáutico que atenúe el riesgo añadido de volar en zonas urbanas.

Se puede autorizar volar en espacio aéreo controlado. Los vuelos en espacio aéreo controlado también requerirán de un estudio aeronáutico que atenúe el nuevo riesgo añadido. AESA mantendrá un control férreo sobre estos vuelos y a la Agencia deberá dirigirse el mencionado estudio.

Se flexibiliza volar sin tener contacto visual con el dron (BVLOS). Con la legislación actual tan solo los drones de hasta 2 Kg pueden volar fuera de la línea de vista del piloto. La nueva normativa permitirá que las aeronaves de 2 a 5Kg lo puedan hacer. Queda prohibido superar los 5 Kg de masa máxima al despegue.

5.1.1 Ley 18/2014. Marco regulatorio para operaciones con drones

En los artículos 50 y 51 de la sección 6 de la Ley 18/2014 sobre aeronaves civiles pilotadas por control remoto se resuelve que;

- x La normativa define los requisitos según el peso de la aeronave tripulada por control remoto y establece las obligaciones que deben cumplir los pilotos y las empresas que las utilicen.
- x Los drones de más de 25 Kg deben inscribirse en Registro de Matrícula de Aeronaves y disponer de un certificado de aeronavegabilidad, los de peso inferior no.

Este régimen permite que se puedan utilizar drones para realización de trabajos aéreos como son: actividades de investigación y desarrollo; tratamientos aéreos, fitosanitarios y otros que supongan esparcir sustancias en el suelo o la atmósfera, incluyendo actividades de lanzamiento de productos para extinción de incendios; levantamientos aéreos; observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales; publicidad aérea, emisiones de radio y TV, operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento; y otro tipo de trabajos especiales.

El régimen aprobado establece requisitos en función del peso del aparato al despegue y los clasifica en aeronaves de más de 25 kilos, de menos de 2 kilos y de hasta 25 kilos. Pero, independientemente de su peso hay unos requisitos comunes para todas ellas, así como para los pilotos y las empresas que las operen.

Todos los drones, sin excepción, deben llevar fijada en su estructura una placa de identificación, las empresas operadoras de drones deberán tener, entre otros requisitos, un manual de operaciones y de un estudio aeronáutico de seguridad para cada operación (por ejemplo, con el viento máximo que va a volar).

Todos los pilotos de drones, deberán acreditar, entre otros requisitos, que son titulares de cualquier licencia de piloto, incluyendo la de piloto de ultraligero, o demostrar de forma fehaciente que disponen de los conocimientos teóricos necesarios para obtenerla.

Los drones de menos de 25kg al despegue no deberán estar inscritos en el Registro de Matrícula de Aeronaves y disponer de un certificado de aeronavegabilidad, sí lo tienen que tener los que superen este peso.

El cumplimiento de todos estos requisitos, no exime al operador, del cumplimiento del resto de la normativa aplicable, en particular en relación con el uso del espectro radioeléctrico, la protección de datos o la toma de imágenes aéreas, ni de su responsabilidad por los daños causados por la operación o la aeronave (Boletín oficial del Estado, 2014).

5.1.2 Real Decreto 1617/2007. Medidas para la protección de puertos y del transporte marítimo

La Organización Marítima Internacional adoptó, en la Conferencia de los Gobiernos contratantes del Convenio SOLAS, un conjunto de resoluciones dirigidas a regular la mejora de la protección del transporte marítimo. Entre ellas cabe destacar la Resolución 1, enmiendas al Convenio SOLAS que afectan al capítulo V y XI, publicada en el Boletín Oficial del Estado el 22 de abril de 2004, y la Resolución 2, por la que se adopta un Código Internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias, éste es el código PBIP, en inglés conocido como código ISPS, publicada en el BOE el 21 de agosto de 2004.

Estos instrumentos pretenden mejorar la protección de los buques utilizados en el comercio internacional y la protección de las instalaciones portuarias asociadas a los mismos a través de una interfaz buque-puerto e incluyen disposiciones de obligado cumplimiento (las enmiendas al Convenio SOLAS y la Parte A del Código PBIP), y otras de carácter no obligatorio (la Parte B del Código PBIP) cuya aplicación se recomienda para facilitar el cumplimiento de las citadas disposiciones obligatorias.

Estas normas fueron aceptadas en enero de 2003 y entraron en vigor el 1 de julio de 2004 para todos los Gobiernos contratantes del Convenio SOLAS. Por otra parte, la Unión Europea tiene encomendada la regulación de cuantas medidas sean necesarias para garantizar en todo momento la protección del transporte marítimo contra los actos ilícitos deliberados.

Este reglamento confirma la obligatoriedad de la aplicación, en el ámbito marítimo europeo de los buques y de las instalaciones portuarias, de las enmiendas al Convenio SOLAS y de la Parte A del Código PBIP, que el reglamento incluye en sus anexos, y también declara de obligado cumplimiento determinadas medidas que la Parte B de dicho Código PBIP recoge como meras recomendaciones.

La Directiva 2005/65/CE establece, para cada puerto en el que exista una o varias instalaciones portuarias afectadas por el Reglamento (CE) nº725/2004, la obligación de desarrollar y aplicar un plan de protección portuaria, fundamentado en el resultado de una evaluación de riesgos de amenazas de sucesos contra la protección marítima, incluyendo el análisis de riesgos de las instalaciones portuarias requerido por el citado reglamento. Una detallada división de tareas y prácticas en el plan de protección portuaria contribuirá a mejorar la eficacia de las medidas de protección preventivas y correctoras a adoptar en lo requerido por la directiva.

Por lo que respecta al sistema portuario de interés general, el artículo 132.1 de la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, establece que la Autoridad Portuaria controlará en el ámbito portuario el cumplimiento de la normativa que afecte, entre otros ámbitos, a los sistemas de seguridad, incluidos los que se refieran a la protección ante actos antisociales y terroristas, sin perjuicio de las competencias a otros órganos de las Administraciones públicas y de las responsabilidades que en esta materia correspondan a los usuarios y concesionarios del puerto.

Mediante este real decreto se incorpora al derecho español la Directiva 2005/65/CE del Parlamento y el Consejo, de 26 de octubre de 2005, sobre la mejora de la protección portuaria.

5.1.3 Artículos relevantes del Real Decreto 1617/2007

Artículo 1. Objeto.

Este real decreto tiene por objeto establecer medidas orientadas a aumentar la protección de los puertos frente a la amenaza de sucesos o actos ilícitos deliberados que afecten a la protección marítima, así como determinar las entidades y organismos competentes en la aplicación de las medidas contenidas en la normativa sobre protección del transporte marítimo.

Artículo 2. Definiciones.

A los efectos de este real decreto se entenderá por:

- 1) Autoridad de protección portuaria: el organismo competente en materia de protección de un determinado puerto.*
- 2) Código PBIP: el Código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias, aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI), en su versión actualizada, y conocido como «ISPS Code» en su versión en idioma inglés.*
- 3) Entidad gestora del puerto: la entidad pública a cuyo cargo se encuentran la administración y gestión de un puerto.*
- 4) Instalación portuaria: zona del puerto situada dentro de los límites determinados por la Autoridad de protección portuaria gestora del puerto en el que está situada, donde tiene lugar una interfaz buque-puerto, incluyendo, según se considere necesario, zonas tales como fondeaderos, atracaderos de espera y accesos desde el mar.*
- 5) Interfaz buque-puerto: la interacción que tiene lugar cuando un buque se ve afectado directa e inmediatamente por actividades que entrañan el movimiento de personas o mercancías, o la prestación de servicios portuarios al buque o desde el buque.*
- 6) Puerto: zona de tierra y de agua, con los límites establecidos por la Administración competente, dotada de unas obras y equipo que faciliten las operaciones de transporte marítimo comercial.*
- 7) Punto nacional de contacto para la protección portuaria (PCPP): el organismo designado para servir de punto de contacto para la Comisión Europea y otros Estados miembros, así como para facilitar, supervisar y proporcionar información sobre la aplicación de las medidas de protección portuaria establecidas en este real decreto.*

Artículo 3. Ámbito de aplicación.

1. Las disposiciones de este real decreto serán de aplicación a los puertos situados en territorio español que alberguen una o más instalaciones portuarias, incluyendo las instalaciones náuticas, varaderos o astilleros, que presten servicio a:

- a) Los siguientes tipos de buques dedicados a viajes internacionales:
 - 1. Buques de pasaje, incluidas las naves de pasaje de gran velocidad.*
 - 2. Buques de carga, incluidas las naves de gran velocidad, de arqueo bruto (GT) igual o superior a 500.*
 - 3. Unidades móviles de perforación mar adentro.*

- a) Buques de pasaje dedicados al tráfico nacional pertenecientes a las Clases A y B, según la definición del Real Decreto 1247/1999, de 16 de julio, sobre reglas y normas de seguridad aplicables a los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles, y a sus compañías.

2. *En este real decreto se determinan, asimismo, los órganos que tienen asignadas las competencias para el ejercicio de las funciones de protección de los puertos y del transporte marítimo.*

3. *Este real decreto no será de aplicación a los puertos, bases, estaciones, arsenales e instalaciones navales de carácter militar.*

4. *Para la aplicación de este real decreto a los puertos se tendrá en consideración el análisis de las amenazas que pudieran originarse en sus zonas adyacentes, para verificar si éstas tienen alguna incidencia en la protección del puerto. Mediante una orden conjunta de los Ministros de Fomento y del Interior se determinarán los supuestos en los que es procedente la ampliación del ámbito de aplicación de este real decreto a las zonas adyacentes y la extensión de las mismas.*

Artículo 10. Evaluación de la protección del puerto.

1. *Cada autoridad de protección portuaria velará por que se efectúe una evaluación de la protección de los puertos que gestiona, incluidos en el ámbito de aplicación de este real decreto. Dicha evaluación será realizada bien por la autoridad de protección portuaria o bien por una organización de protección portuaria reconocida autorizada por ella.*

2. *Las evaluaciones de protección de los puertos reflejarán y considerarán debidamente:*

- a) Las peculiaridades de las distintas partes del puerto.
- b) Las zonas adyacentes al puerto que tengan una incidencia en la protección del puerto.
- c) Las evaluaciones de protección de las instalaciones portuarias que se encuentren dentro de los límites del puerto.

3. *La evaluación de los riesgos de las amenazas que pudieran sobrevenir de las zonas adyacentes al puerto se realizará de forma coordinada con los titulares de dichas zonas y con las administraciones con competencias en materia de seguridad pública en dichas zonas.*

4. *Las evaluaciones de protección del puerto deberán efectuarse teniendo en cuenta, como mínimo, las prescripciones detalladas en el anexo I.*

5. *La autoridad nacional competente para la protección marítima aprobará la metodología de trabajo para la realización de las evaluaciones de protección del puerto.*

6. *La autoridad de protección portuaria remitirá las evaluaciones de la protección al Ministerio del Interior para su aprobación, previo informe del comité consultivo de protección del puerto y, en su caso, del informe del órgano autonómico con competencias en materia de seguridad pública.*

7. *La evaluación de la protección del puerto deberá ser revisada siempre que se registre un suceso que afecte a la protección del puerto cuyos riesgos no hayan sido previamente evaluados, se detecte un incumplimiento grave o un cambio importante de las amenazas de sucesos que afectan a la protección del puerto y, al menos, cada cinco años desde la fecha de su aprobación. La revisión deberá tener en cuenta los posibles cambios de amenazas y la modificación de las circunstancias en las que fue efectuada la anterior evaluación.*

Artículo 14. Niveles de protección marítima.

1. *Se establecen tres niveles de protección marítima en los puertos a los que sea de aplicación este real decreto:*

- a) Nivel de protección 1: el nivel en el cual debe mantenerse medidas mínimas adecuadas de protección en todo momento.
- b) Nivel de protección 2: el nivel en el cual deberán mantenerse medidas adecuadas de protección adicionales durante un período de tiempo, como resultado de un aumento de riesgo de que ocurra un suceso que afecte a la protección marítima.
- c) Nivel de protección 3: el nivel en el cual deberán mantenerse más medidas concretas de protección que las incluidas en el nivel 2, durante un período de tiempo limitado, cuando sea probable o inminente un suceso que afecte a la protección marítima, aunque no sea posible determinar el blanco concreto.

2. *La determinación del nivel de protección marítima se ajustará a las siguientes reglas:*

- a) Corresponde al Ministerio del Interior determinar los niveles de protección en los que deben operar los puertos. Tras recibir la notificación del nivel de protección fijado por el Ministerio del Interior, el oficial de protección del puerto adoptará de forma inmediata las medidas establecidas en el plan de protección del puerto para tal nivel de protección.
- b) La autoridad de protección portuaria podrá, no obstante, adoptar las medidas contenidas en el plan de protección del puerto correspondientes a un nivel de protección superior a aquél en el que está operando, en caso de disponer de información, que pueda considerarse verosímil, acerca de la amenaza de un suceso contra la protección marítima. Las medidas adicionales de protección que adopte en tal caso la autoridad de protección portuaria deberán ser comunicadas al Ministerio del Interior, que las confirmará, modificará o suspenderá de inmediato.
- c) No se admitirá en el puerto ningún buque que tenga asignada por su Administración responsable un nivel de protección inferior al nivel de protección en el que está operando el puerto. Si el Ministerio del Interior o la autoridad de protección portuaria, en aplicación de previsto en la letra b) anterior, acuerdan la aplicación de medidas de otro nivel de protección, podrán exigir al buque que adopte las medidas pertinentes.

Artículo 18. Actividades no reguladas.

Los planes de protección de los puertos deben incluir procedimientos para garantizar que la respectiva protección no resulta comprometida en casos de cualquier interfaz buque-puerto o buque-buque en los que intervenga una instalación portuaria o buque no comprendido en el artículo 3.1.

Artículo 20. Control del acceso a los puertos.

1. *El control de acceso a los puertos se efectuará según lo dispuesto en el correspondiente plan de protección.*

2. *Los sistemas de control de accesos no podrán impedir o restringir la actuación de las personas componentes de los Cuerpos o Fuerzas de seguridad del Estado, ni de cualquier otra autoridad con competencias en el área portuaria, siempre que estén debidamente acreditados e identificados, debiendo prestarse la necesaria colaboración e información recíproca entre los componentes de las*

Fuerzas y Cuerpos de Seguridad y los integrantes de controles de acceso, para el mejor y más eficaz cumplimiento de las funciones de ambos.

5.1.4 Plan de protección portuaria

El plan de protección portuaria establecerá las medidas de protección del puerto. El plan incluirá un mecanismo de control que permita la adopción de las oportunas medidas correctoras.

Sobre la base de estos aspectos generales, el plan de protección portuaria atribuirá tareas y especificará planes de trabajo en los siguientes ámbitos (Baró & Vallejo, 2010):

- a) Requisitos de acceso. En algunas zonas los requisitos sólo entrarán en vigor cuando los niveles de protección superen un determinado umbral. Todos los requisitos y umbrales deberán figurar pormenorizadamente en el plan de protección portuaria.
- b) Documentos de identificación, control de equipajes y carga.
- c) Enlace con las autoridades competentes en materia de control de la carga, equipajes y pasajeros.
- d) Procedimientos y medidas para tratar carga, equipajes, combustible, provisiones o personas sospechosos, incluido el establecimiento de una zona segura; procedimientos y medidas para otros problemas y quebras de la protección portuaria.
- e) Prescripciones de vigilancia de subzonas o de actividades que tengan lugar en las mismas.
- f) Señalización. Se deberán señalar adecuadamente las zonas que estén sujetas a cualesquiera prescripciones (acceso y/o control).
- g) Comunicación y autorizaciones. Toda información pertinente sobre la protección portuaria deberá ser adecuadamente comunicada, si tal comunicación puede ser autorizada conforme a los criterios que figurarán en el plan. Dado el carácter confidencial que a veces reviste tal información, la comunicación se ajustará al principio de la «necesidad de conocimiento», si bien incluirá en caso necesario procedimientos de comunicación dirigida al público en general. El plan contendrá criterios de autorización que protejan la información confidencial contra una divulgación indebida.

6 Localización del proyecto

6.1 Puerto de Barcelona

El Puerto de Barcelona (Ilustración 13) se caracteriza por ser un gran puerto comercial, con una posición destacada a nivel mundial. En este contexto, las medidas de control para reducir la emisión de gases a la atmósfera suelen ser complicadas de aplicar, debido al gran volumen de buques mercantes y cruceros que fondean, entran y salen cada día del puerto, y su extensa zona de líneas de atraque con más de 20km. Esto provoca una alta densidad de gases contaminantes alrededor de la ciudad.

El Puerto de Barcelona es ideal para disponer de un sistema de detección rápido y eficaz de elementos volátiles, para prevenir y controlar que se cumplen las normativas europeas e Internacionales referentes a la emisión de gases de los buques.

A modo de resumen, se describe la evolución del puerto de Barcelona en los últimos 35 años como ejemplo para entender el crecimiento global del transporte marítimo y el continuado aumento de atraque de grandes buques.

En el período 1981-1991 el puerto de Barcelona potencia la relación con la ciudad, con la apertura del muelle de la Fusta al uso público. Fue el inicio de un ambicioso proyecto que tuvo el momento de mayor impulso en 1986, cuando Barcelona fue nominada como sede olímpica para los Juegos de 1992. Es entonces cuando se ponen en marcha nuevos equipamientos, destacando el centro comercial Maremagnum, el edificio World Trade Center (WTC) o la Zona de Actividades Logísticas (ZAL).

Es en 1992, donde el puerto desarrolla un papel muy importante, acogiendo más de 10 cruceros, que suplieron la falta de plazas hoteleras de la ciudad.

Además, ese año fue también significativo en cuanto a transformación interna. El Gobierno creó Puertos del Estado para controlar el sistema portuario haciéndolo común, centralizando la gestión y suprimiendo las autonomías portuarias. Así, el ente de gobierno del Puerto Autónomo de Barcelona se renombra como Autoridad Portuaria de Barcelona (APB).

En los años que le suceden, el Port de Barcelona continúa ganando terreno, en esta ocasión con la finalización de las obras del desvío de la desembocadura del río Llobregat 2km hacia el sur, traduciéndose en la duplicación de la extensión portuaria.

En 2008 finalizan dos obras estratégicas. Los diques de abrigo Sur y Este, siendo la mayor inversión realizada en la historia del Port (501 millones de euros) y en la que participó también el Fondo de Cohesión Europeo.

Además, durante el verano de ese mismo año se inauguró también la nueva torre de prácticos, un avance muy importante para el Port a nivel técnico. Con una altura de 45 metros distribuidos en 7 plantas.

En 2009 abre el Hotel W Barcelona y con ello, el Port hace crecer su oferta turística y da un fuerte empujón al proyecto nueva bocana.

La apuesta por la iniciativa ferroviaria de ancho europeo, la entrada del operador Hutchison con una terminal de contenedores propia, la nueva central de ciclo combinado de Gas Natural, la ampliación de la ZAL y las líneas de Short Sea Shipping (SSS) son proyectos que hacen cada vez más que el Port de Barcelona sea un elemento básico para la economía, pero a la vez un lugar de enorme concentración industrial, donde conviene prevenir y controlar la contaminación, evitando así un deterioro de la calidad del aire y del medio ambiente (Port de Barcelona, 2015) (Merino, 2016).

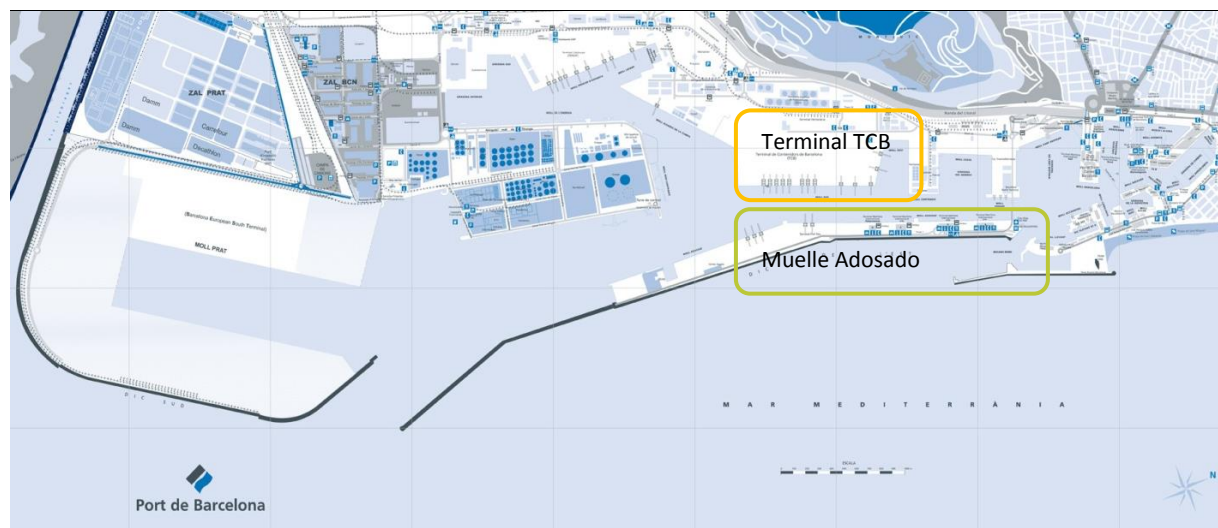


Ilustración 13. Puerto de Barcelona con la Terminal TCB (naranja) y el muelle adosado (verde) (Port de Barcelona, 2015)

6.2 Terminal de contenedores de Barcelona (TCB) y muelle adosado

Dentro del puerto de Barcelona, se pueden considerar estas dos terminales como modelo para desarrollar de un sistema de análisis de gases contaminantes con drones prototipo. Son una importante terminal de contenedores (TCB), y el muelle adosado, donde atracan habitualmente grandes cruceros y buques de transporte Ro-Pax.

La idea del uso de estas dos terminales es que, en primer lugar, la Facultad de Náutica de Barcelona presenta una fluida relación con ambas, con lo que se asume una cierta facilidad en el acceso al puerto y el uso de instalaciones de forma temporal, al mismo tiempo, representan dos de los principales motores del puerto de Barcelona, los cruceros y el transporte containerizado. Además disponen de características topográficas y límites bien establecidos, con poco riesgo a la presencia de obstáculos no identificados, con mercancías potencialmente poco peligrosas, y con presencia de grandes buques.

7 Equipo

7.1 Justificación del equipo elegido

En la actualidad existen gran variedad de drones e instrumental para equiparlos, y ello hace que la elección de un dispositivo u otro sea complicado en algunos casos. La calidad de los productos por separado no siempre justifica un mejor funcionamiento del equipo cuando estos se ensamblan juntos. Con este motivo y junto a la actual reducida disponibilidad de equipos de detección de gases, se ha optado por consultar algunas empresas encargadas de seleccionar y montar equipos completos según las necesidades que presentaba el proyecto. La calidad, y los precios de estos sistemas son diversos, pero utilizando características similares de equipo, y capacidad del dron, los rangos de costes están muy acotados.

A continuación se muestra el equipo seleccionado (Tabla 5), sin mostrar comparativa, ya que en este trabajo no presenta mayor interés que el comprender las necesidades y las características que debe presentar el dron para el servicio que se le quiere dar. El análisis definitivo para la adquisición del dron deberá realizarse en el momento en que se quiera invertir y desarrollar el proyecto, ya que la tecnología en este sector avanza y varía muy rápidamente.

7.2 Instrumental

7.2.1 Sensores de gas

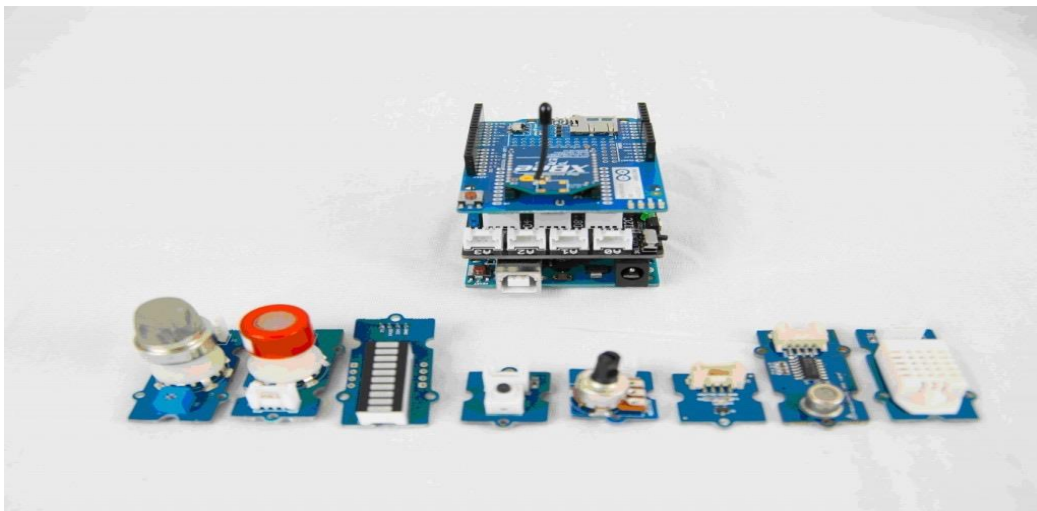


Ilustración 14. Sensores de gas para drones (Merino, 2016)

El principal equipo está compuesto por sensores de gas electrónicos para drones HANWEI Electronics CO.,LTD (Ilustración 14), que detectan a tiempo real las concentraciones de los gases causantes de la contaminación atmosférica en el puerto. El sistema es capaz de detectar remotamente concentraciones hasta de 30 tipos de gas distintas y otros parámetros como temperatura, humedad

y velocidad real del viento en vuelo (Ilustración 15). El peso completo del sistema con pila incluida es de 350grs, y permite tomar lecturas a través de un terminal de manera remota a distancias de hasta 10km.

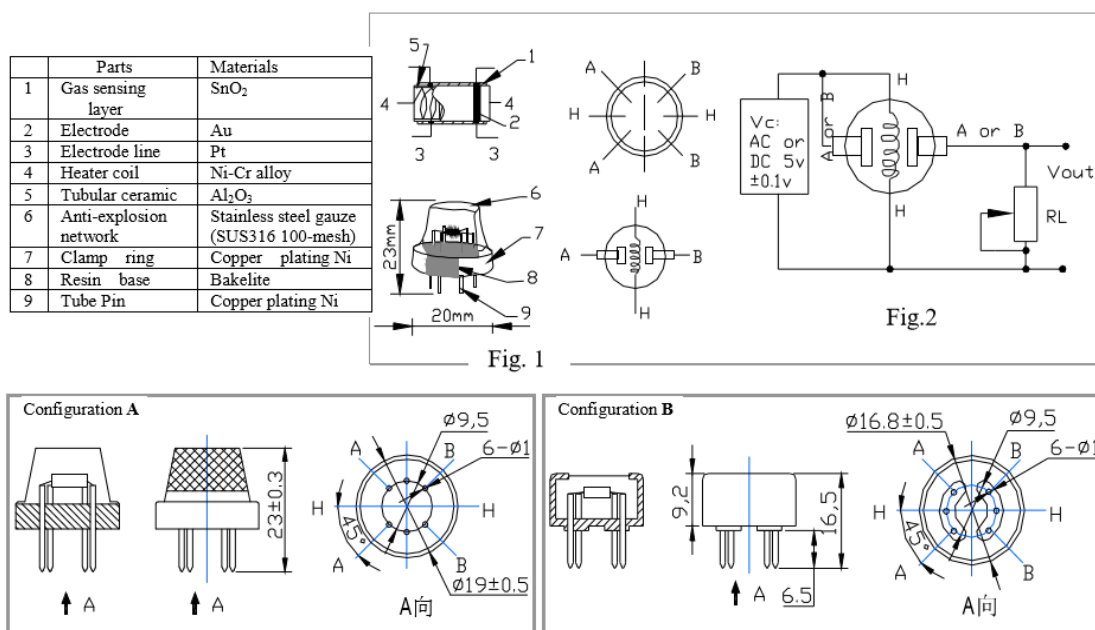


Ilustración 15. Estructura y configuración del sensor de gas equipado en el dron (Merino, 2016)

Conforme al Anexo VI del MARPOL y al código técnico de NOx, se requiere que el equipo detecte varios gases y sus concentraciones. Estos gases son el O₂, CO, NO, NO₂, SO₂, y el CO₂ (Tabla 4). Para ello los sensores tienen que estar optimizados en un rango concreto de detección. Los rangos se considerarán como siguen, basados en equipos utilizados para la detección de gases en la industria marítima y la regulación específica de los convenios nombrados con anterioridad (Ilustración 16).

Gases	Rango de detección
O ₂	0 to 25vol.%
CO	0 to 3000 ppm
NO	0 to 3000 ppm
NO ₂	0 to 500 ppm
SO ₂	0 to 3000 ppm
CO ₂	0 to 40Vol.%

Tabla 4. Rangos de detección de gases conforme al convenio MARPOL Anexo VI

7.2.2 Cámara infrarroja (IR)

La cámara infrarroja (IR), con control automático de balanceo y cabeceo, para proporcionar imágenes y videos estables y nítidas. Esto permite además, detectar las fuentes de calor y evacuación de gases con mayor facilidad, en caso de que el posicionamiento automático no sitúe el dron en el

objetivo, para detectar con mayor precisión las fuentes de emisión de los gases, y para visualizar en vivo la operación.

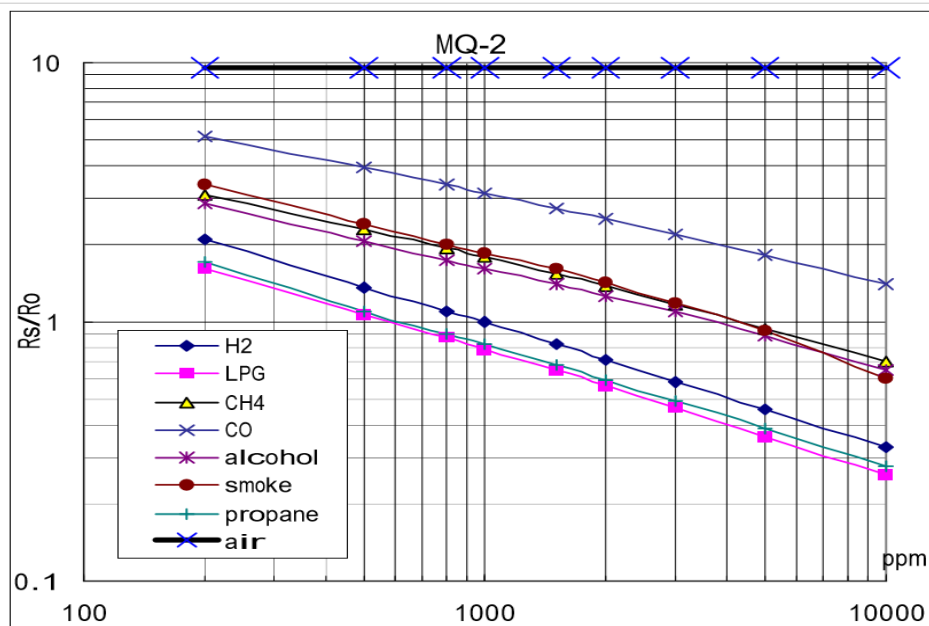


Ilustración 16. Sensibilidad del sensor de gases. Ro: Resistencia del sensor a 1000ppm de H2 en aire limpio; Rs: Resistencia del sensor a distintas concentraciones de gas (Merino, 2016)

Es importante que la cámara termográfica que se seleccione para las aplicaciones aéreas pueda satisfacer los requisitos de esa inspección. A grandes rasgos debe reunir las siguientes características (Melgosa Revillas, 2015):

- x Ligereza: No es necesario montar las cámaras portátiles de uso habitual, pues son pesadas y costosas y se acoplan mal al bastidor
- x Robustez: Para soportar sin problemas los aterrizajes y despegues
- x Lentes intercambiables: Debe posibilitar cambiar de lente en función de la distancia a la que se va a operar y otras variables. Una única lente limitará el tipo de imagen que se obtenga.
- x Detector totalmente radiométrico: Esto permitirá medir temperaturas en toda la imagen y no ceñirse a la paleta de colores o a uno o dos puntos centrales.
- x Imagen y video: Debe permitir poder tomar imagen y video, con software de análisis, para analizar radiométricamente el trabajo realizado.

La cámara térmica instalada para el dron es una FLIR TAU 2 664 (Ilustración 17) con Slow Vídeo, lente de 13mm, módulo de grabación y completamente radiométrica. Está diseñada para aplicaciones exigentes en vehículos aéreos no tripulados.



Ilustración 17. Cámara infrarroja FLIR TAU 2 664 13mm (Merino, 2016)

7.2.3 Videocámara

El dron incorpora la cámara GoPro White edition con sistema Wi-Fi, para las imágenes y videos. Con este sistema además, se controlan las operaciones con imágenes en directo.

Otros equipos son requeridos e imprescindibles para el correcto vuelo del dron. Indicadores y luces de navegación para cumplir con la normativa y las regulaciones portuarias. El sistema de GPS, que permite establecer automáticamente una posición predeterminada del dron.

Si el vehículo aéreo se encontrara fuera del alcance por radio control, se puede programar la función de vuelta a casa, volviendo la unidad al punto predeterminado.

7.3 Vehículo Aéreo

Para poder exponer una metodología, se ha considerado como ejemplo un dron modular creado por (Merino, 2016) (Ilustración 18). En este caso, es interesante la capacidad que tiene el artefacto para poder operar tanto en movimiento como estacionado en un punto.

Como características básicas, el artefacto contiene materiales compuestos de carbono y materiales plásticos resistentes a la corrosión del medio marino y contaminante para alargar su vida útil. Ofrece velocidades de operación superiores a 7m/s para poder actuar de forma rápida, con baterías de polímero de litio de 10000mA "Gens Ace Tattu", con autonomía de hasta 30min, para poder realizar distintas operaciones a la vez sin volver a la base y alcances de hasta 6km, permitiendo una importante área de actuación en el puerto. Además es importante el hardware o placa, que da capacidad al dron para el control de todos los sistemas equipados en él, y el software, fácil de manejar, dónde poder programar los distintos recorridos a realizar durante el día, que permita seguir diferentes rutas y evitar obstáculos como grúas y buques atracados.



Ilustración 18. Sistema Dron RPAS con estabilizador de cámara (Merino, 2016)

El control del dron puede ser manual o programado con “waypoints”, siendo el despegue y el aterrizaje totalmente automatizados. Para tener aún más control el artefacto, se puede controlar mediante el control remoto, pero en este caso se requieren conocimientos y trazar un plan de vuelo. También es posible seguir el vuelo con la imagen en directo desde el helicóptero con la perspectiva de un piloto.

Después de efectuar el despegue, el software puede tomar el control y vuela a lo largo de la ruta de vuelo de forma automática. Las posibilidades de aplicación son casi infinitas. Además de vuelos totalmente autónomos, también permite el establecimiento de un punto de referencia durante un vuelo dinámico. Esto permite al piloto la oportunidad del reconocimiento aéreo de un objeto. También es posible una transmisión en directo a la estación de tierra.

7.4 Funcionamiento

Para el funcionamiento del dron, se usan motores con hélices, dos giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos en sentido contrario. Las cuatro hélices trabajan al mismo tiempo para crear la fuerza de empuje necesaria para llevar al dispositivo hacia arriba (Ilustración 19). Variando el empuje que se ejerce con cada hélice se puede conseguir una estabilidad completa del aparato. El peso total del dron se divide entre cada uno de los motores y modificando el par de cada uno de ellos, se puede controlar el vuelo.

Existen cuatro tipos de movimiento, la guiñada (hacia la derecha o izquierda del eje vertical), la inclinación (hacia la derecha o izquierda del eje longitudinal), el cabeceo (rotación hacia delante o hacia abajo con respecto al eje transversal) y la altitud (elevación en vertical). Estos movimientos están controlados por la variación o el ajuste de la propulsión en cada hélice. Por ejemplo, si se quiere que el dron se incline o cabecee, se debe incrementar la propulsión de una de las hélices y al mismo tiempo reducir la propulsión de la hélice opuesta (Díaz, 2014).

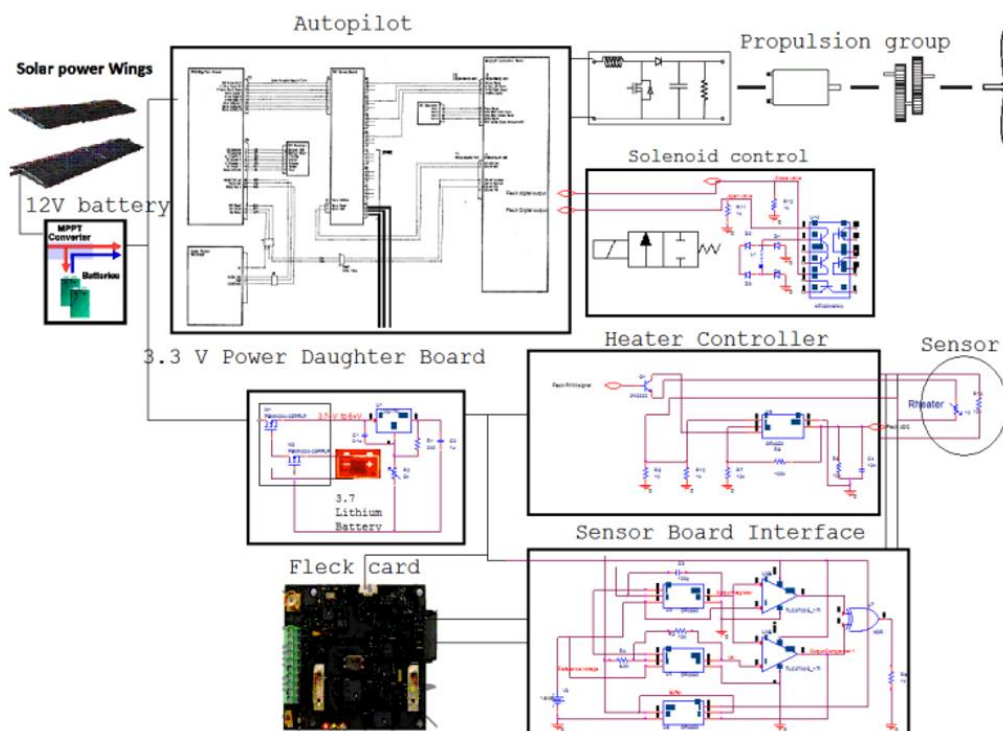


Ilustración 19. Configuración electrónica estándar de un dron (Malaver, Gonzalez, Motta, Depari, & Corke, 2013)

Características Técnicas y Operaciones	
Longitud / Ancho	Brazos de 800mm de diámetro entre ejes opuestos
Estructura / Armazón	Chasis de carbono Motores 274kv y variadores 40a. Hélices de 18" Controladora DJI Sistema de telemetría OSD de DJI
Peso	Variable
Peso máximo carga y batería	5000grs
Sensores equipados	MQ- HANWEI Electronics CO.,LTD Gases varios, Temperatura, Presión, Humedad, cámara térmica
Batería	Polímero de litio de 10000ma Gens Ace Tattu
Autonomía	>30min
Velocidad de crucero	6m/s
Comunicaciones y frecuencia de control	Emisora FRSKY Taranis DE 2.4GHZ Emisora de 2.4 ghz flysky de 6 canales para el operador de cámara
Comunicaciones y distancia de control	Sistema de transmisión/recepción de vídeo inalámbrico y monitor de 10" 1032HDMI 5.8ghz y grabador para el operador de cámara
Cámara	GoPro white Edition Vídeos en HD y fotos de 11 MP Wi-Fi integrada permite el control remoto a través del Wi-Fi incluido o la vista previa de vídeo en directo y el control remoto
Cámara térmica	Modelo FLIR TAU 2 664 con Slow Vídeo Lente de 13mm
Estabilizador de cámara	Marca DJI, modelo h3-3d

Tabla 5. Características técnicas y operaciones del dron a utilizar (Merino, 2016)

8 Teoría metodológica

8.1 Justificación de la teoría metodológica

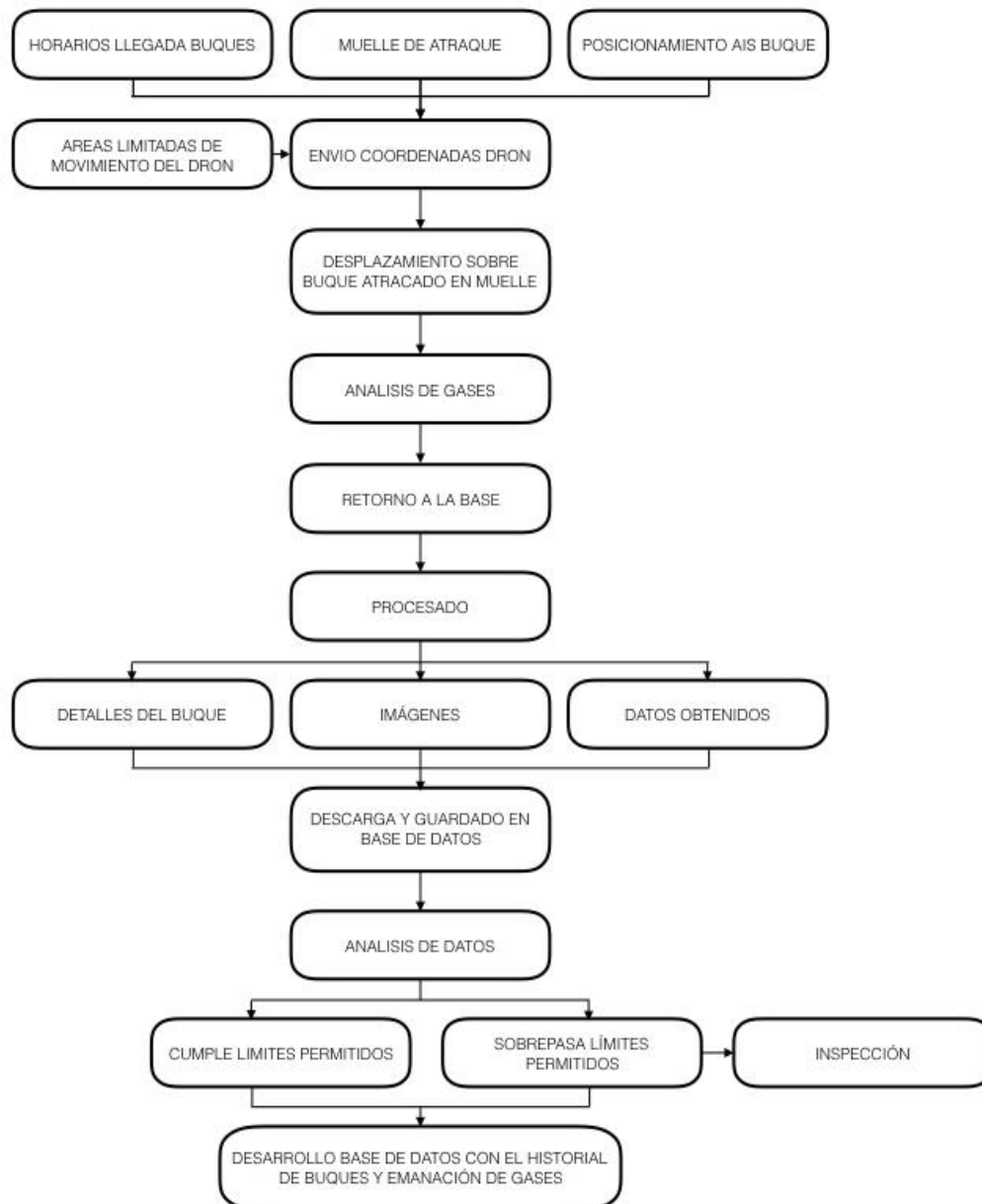


Ilustración 20. Workflow para la teoría metodológica de trabajo en el análisis de emanación de gases en puerto

La metodología se ha diseñado de forma teórica (Ilustración 20), suponiendo muchos factores que necesitan verificarse y desarrollarse en la práctica. En ella se muestra una idea general y un flujo de trabajo viable y útil para concebir la idea inicial, el punto de partida y a donde se quiere llegar. Se

trata de desarrollar y optimizar poco a poco el sistema con las capacidades propias y las necesidades que presente el proyecto diariamente. La investigación y el desarrollo de una mejor metodología son aspectos importantes que deben desarrollarse poco a poco, y generar un “Knowhow” y un “Workflow” a medio plazo, que pueda ser exportable y crear valor añadido al proyecto.

8.2 Análisis preliminar

8.2.1 Análisis topográfico de las zonas de aplicación

Si bien en el puerto se encuentran gran variedad de obstáculos, como grúas, containers, depósitos, los propios buques, etc..., estos quedan relativamente bien definidos.

Mediante la fotografía aérea y los planos GIS del puerto, obtenidos del propio sistema desarrollado por el Puerto de Barcelona, se estiman de forma adecuada los obstáculos a evitar, las zonas de paso y la altura de trabajo para la movilidad del dron.

Además, al ser un espacio abierto, sin barreras geológicas ni arquitectónicas, los sistemas de comunicación difícilmente se verán afectados por obstáculos físicos, aunque hay que tener en cuenta las posibles interferencias creadas por la gran cantidad de sistemas electrónicos que se usan en las instalaciones portuarias (radio, radar, satélite, telefonía móvil, wifi,...).

8.2.2 Experimento de validación en laboratorio

Previamente al test real, conviene hacer pruebas de funcionamiento de los distintos equipos en una habitación, dónde poder medir y calibrar las distintas concentraciones de gases. Para validar el sistema con respecto a la medida de los mismos gases se utilizan detectores comerciales situados en distintas posiciones de la misma cámara.

Tomando en cuenta los distintos sensores, todos los valores medidos por el dron deben coincidir con aquellos analizados por los detectores comerciales.

8.2.3 Test de campo en el Puerto de Barcelona

Para validar y optimizar el sistema para la aplicación en escenarios del mundo real, se recomienda realizar test de campo en condiciones ambientales estándar en el Puerto de Barcelona. El área de operaciones pueden ser las dos terminales del puerto, la terminal de contenedores TCB y el muelle adosado. Hay que tener presente que el viento, los obstáculos y la distancia del piloto pueden contribuir a condiciones en las operaciones verdaderamente retadoras.

El objetivo del experimento es volar cerca de los buques que hacen parada o salen del puerto, en el momento de atraque o salida del muelle, encima de la salida de gases, permanecer durante el análisis del gas y volver al punto de inicio. Toda la operación se debe hacer vía control remoto y los datos de los sensores pueden ser transmitidos en tiempo real o almacenados en una memoria, y descargados posteriormente.

8.3 Plan diario. Lista de buques

Mensualmente y diariamente se establecen las previsiones de las ETA's (Estimated Time of Arrival) de entrada y salida de buques del puerto de Barcelona (Tabla 6). Junto a estos datos, el sistema AIS

(Automatic Identification System) establece las posiciones y características de los buques en tiempo real.

viernes 23/09	7									
66077	SILVER CLOUD	156.0	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	22/09/2016	07:00	23/09/2016	19:00	N	BARCELONA	
63991	CARNIVAL VISTA	323.66	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	23/09/2016	06:00	23/09/2016	17:00	D	ADOSSAT	
58659	BRILLIANCE OF THE SEAS	294.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	23/09/2016	06:00	23/09/2016	17:00	B	ADOSSAT	
62283	ZENITH	208.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	23/09/2016	07:00	23/09/2016	17:00	S	BARCELONA	
66401	TUI DISCOVERY	264.0	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	23/09/2016	08:00	23/09/2016	18:00	C	ADOSSAT	
62500	MSC POESIA	293.8	MEDITERRANEAN SHIPPING COM.ESPAÑA SLU	23/09/2016	14:00	23/09/2016	23:00	A	ADOSSAT	
54801	MEIN SCHIFF 3	295.1	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	23/09/2016	18:00	24/09/2016	18:00	B	ADOSSAT	
sábado 24/09	4									
54801	MEIN SCHIFF 3	295.1	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	23/09/2016	18:00	24/09/2016	18:00	B	ADOSSAT	
58680	NAVIGATOR OF THE SEAS	311.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	24/09/2016	07:00	24/09/2016	17:00	D	ADOSSAT	
62265	SOVEREIGN	268.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	24/09/2016	09:00	24/09/2016	18:00	A	ADOSSAT	
58672	INDEPENDENCE OF THE SEAS	339.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	24/09/2016	10:00	24/09/2016	20:00	C	ADOSSAT	
domingo 25/09	6									
61615	NORWEGIAN EPIC	329.0	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	25/09/2016	04:00	25/09/2016	18:00	A	ADOSSAT	
62888	HARMONY OF THE SEAS	361.8	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	25/09/2016	05:00	25/09/2016	18:00	B-C	ADOSSAT	
62287	ZENITH	208.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	25/09/2016	09:00	25/09/2016	18:00	S	BARCELONA	
60584	OCEAN DREAM	205.0	A PEREZ Y CIA SL	25/09/2016	10:00	25/09/2016	23:00	18B	BARCELONA EST	
62940	COSTA FASCINOSA	290.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	25/09/2016	14:30	25/09/2016	20:30	D	ADOSSAT	
54781	MEIN SCHIFF 1	262.5	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	25/09/2016	18:00	26/09/2016	18:00	A	ADOSSAT	
lunes 26/09	4									
54781	MEIN SCHIFF 1	262.5	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	25/09/2016	18:00	26/09/2016	18:00	A	ADOSSAT	
61358	THOMSON MAJESTY	207.0	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	26/09/2016	08:00	26/09/2016	18:00	S	BARCELONA	
63488	AZURA	290.0	TRANSCOMA CRUISE & TRAVEL SLU	26/09/2016	09:00	27/09/2016	18:00	B	ADOSSAT	
62751	COSTA DIADEMA	306.0	BALEARES CONSIGNATARIOS SL	26/09/2016	09:00	26/09/2016	19:00	D	ADOSSAT	
martes 27/09	2									
63488	AZURA	290.0	TRANSCOMA CRUISE & TRAVEL SLU	26/09/2016	09:00	27/09/2016	18:00	B	ADOSSAT	
55153	MARINA	238.0	DESTINATION SERVICES SPAIN SLU	27/09/2016	06:00	27/09/2016	19:00	A	ADOSSAT	
miércoles 28/09	2									
62501	MSC FANTASIA	333.0	MEDITERRANEAN SHIPPING COM.ESPAÑA SLU	28/09/2016	09:00	28/09/2016	18:00	B	ADOSSAT	
64843	AIDASTELLA	253.0	BERGE MARITIMA SL	28/09/2016	14:00	29/09/2016	19:30	A	ADOSSAT	
lueves 29/09	3									
64843	AIDASTELLA	253.0	BERGE MARITIMA SL	28/09/2016	14:00	29/09/2016	19:30	A	ADOSSAT	
58717	SAGA PEARL II	164.0	A PEREZ Y CIA SL	29/09/2016	08:00	29/09/2016	18:00	S	BARCELONA	
62502	MSC OPERA	274.9	MEDITERRANEAN SHIPPING COM.ESPAÑA SLU	29/09/2016	15:00	29/09/2016	21:00	B	ADOSSAT	

Tabla 6. Lista mensual de cruceros con parada en el Puerto de Barcelona (Port de Barcelona, 2016)

Mediante ello se puede establecer una base de datos diaria para el análisis de gases de los buques que se consideren, basados en precedentes, antigüedad de estos, tipología de carga, o simplemente de forma aleatoria.

Se crea una lista Excel (Tabla 7) con los buques considerados, las horas de entrada y salida, las coordenadas en puerto, las características del buque (eslora, manga, altura), y si es posible, se establece la posición de coordenadas estimada y altura de las chimeneas del buque en posición de atraque.

LISTADO DE BUQUES. FECHA: DD/MM/AAAA										
NOMBRE BUQUE	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	CARACTERÍSTICAS BUQUE			MUELLE ATRAQUE	COORDENADAS BUQUE		COORDENADAS CHIMENEA	
			Eslora	Manga	Altura		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud

Tabla 7. Ejemplo tabla excel para definir el listado de operaciones a realizar durante la jornada





















Flag	Vessel Name	Photo	Type	Ship Type	Length x Breadth (m)	Deadweight	Area	Received	Destination	My Fleet
	ZENITH ◆	 Photos: 336		Passenger Ship	208x29	4915	BARCELONA Balearic Sea	39 sec ago 	MARSEILLE (ETA: 2016-08-20 06:00 UTC)	Add to Fleet
	MSC POESIA ◆	 Photos: 380		Passenger Ship	293x32	10561	BARCELONA Balearic Sea	3 min ago 	VALLETTA (ETA: 2016-08-17 04:00 UTC)	Add to Fleet
	EXCELLENT ◆	 Photos: 61		Ro-Ro/Passenger Ship	202x26	7300	BARCELONA Balearic Sea	4 min ago 	GENOVA (ETA: 2016-08-20 05:00 UTC)	Add to Fleet
	SEVEN SEAS EXPLORER ◆	 Photos: 22		Passenger Ship	224x31	4800	BARCELONA Balearic Sea	7 min ago 	BARCELONA (ETA: 2016-08-19 05:00 UTC)	Add to Fleet
	SIRENA ◆	 Photos: 373		Passenger Ship	181x25	2000	BARCELONA Balearic Sea	17 min ago 	BARCELONA (ETA: 2016-08-19 04:00 UTC)	Add to Fleet

Ilustración 21. Ejemplo buques atracados en el Puerto de Barcelona en tiempo real (Marine Traffic)

8.4 Plan de vuelo

El plan de vuelo se puede ejecutar en base a dos opciones;

1. En base al sistema AIS (posición GPS) de los buques que haya atracados en puerto, estableciendo así los "waypoint" de paso. Este sistema permite determinar la posición exacta del buque en puerto, y en consecuencia, situar el Dron justo encima para poder analizar los gases expuestos a su alrededor. El objetivo fundamental del sistema AIS es permitir a los buques comunicar la posición de los buques y otras informaciones relevantes para que otros buques o estaciones puedan conocerlas.

El AIS fue aprobado por la OMI en el 2002, y es obligatorio para los buques sometidos al Convenio SOLAS con las siguientes características:

- x Buques con arqueo bruto superior a 500 GT.
- x Buques en viaje internacional con arqueo bruto superior a 300 GT.
- x Todos los buques de pasaje, independientemente de su tamaño.

2. En base a un recorrido fijo preestablecido por encima de los muelles, y posteriormente verificando los buques atracados en el muelle

Para un mayor rendimiento y exactitud de los datos obtenidos, el Dron permanecerá en situación estacionaria encima del buque durante un periodo suficiente, establecido por los requisitos de los sensores del dron, antes de ir al siguiente punto de control, siempre teniendo en cuenta el tiempo de análisis de los sensores para mostrar resultados reales, y la autonomía de las baterías.

Para el plan de vuelo, se establecen recorridos optimizados teniendo en cuenta las variables de distancia a la base, distancia entre buques, tiempos estimados de llegada de los buques a muelle, y autonomía del dron.

Debido a que el movimiento de buques en puerto es relativamente ordenado, es decir, difícilmente habrá más de dos grandes buques en operaciones de atraque o salida a la misma hora y en la misma área, facilitará el movimiento del dron y el establecimiento de los “waypoint”.

Si se toma como referencia el muelle adosado, este dispone de una longitud de atraque de aproximadamente 2,5km (Ilustración 22). Esta longitud es suficientemente corta para que el dron pueda operar desde cualquier base, y desplazarse, aunque lo ideal sería establecerlo en un punto medio, para tener mayor control visual sobre el equipo, y reducir las distancias del viaje.

Es importante establecer el tiempo en posición estática del dron para adquisición de datos y la autonomía, optimizando ambos parámetros.

La altura de los edificios en el muelle adosado no supera los 20m, los principales obstáculos serán las grúas, las pasarelas, y la propia altura del buque, que en algunos casos superará los 60m de obra muerta.

El desplazamiento del dron desde la base al punto de interés siempre se realizará por encima del muelle adosado, hasta la altura del punto de interés, entrando de forma perpendicular, es decir, haciendo un recorrido en L. El sentido de esto, es establecer un recorrido conocido en la mayor parte del trayecto, para evitar incidencias, aumentar la seguridad, y tener el RPAS el menor tiempo posible encima de la lámina de agua o de un buque (Ilustración 23) (Ilustración 24).

Una vez establecidos los planes de vuelos diarios, se procede a la fase de operaciones, con el despliegue del sistema.



Ilustración 22. Línea de atraque y ejemplo de plan de vuelo del dron en muelle adosado del Port de Barcelona

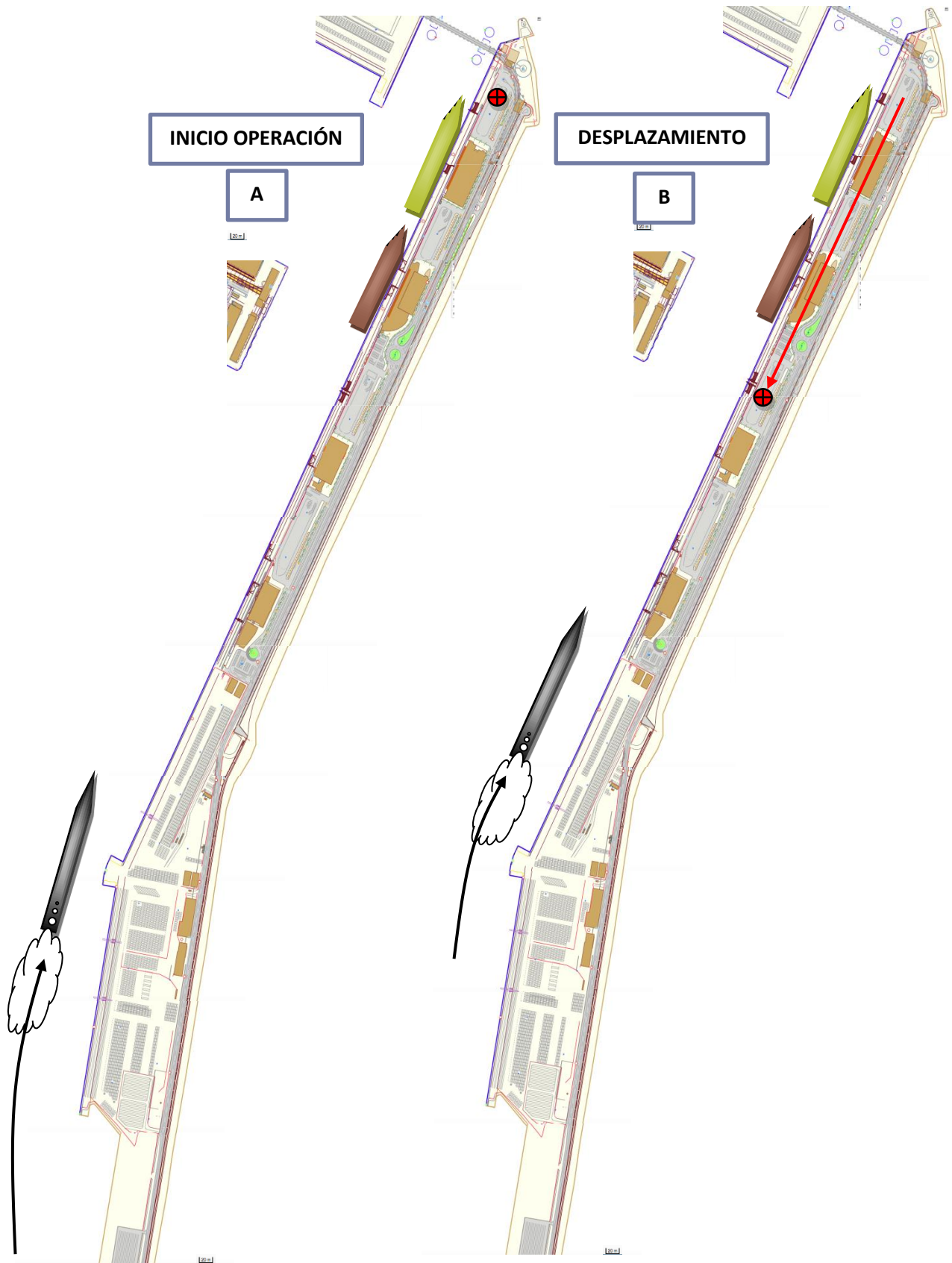


Ilustración 23. Esquema 1 del desplazamiento del dron a la llegada del buque a puerto para analizar los gases expulsados



Ilustración 24. Esquema 2 del desplazamiento del dron a la llegada del buque a puerto para analizar los gases expulsados

8.4.1 Estrategia para evitar obstáculos

El evitar obstáculos en vehículos aéreos es la parte más compleja y esencial de los problemas que pueden surgir. Una de las estrategias que se pueden usar es la de añadir un par de láser para drones, junto a dos controladores PID. Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado.

La estrategia se puede realizar integrada al sistema de autopiloto. El control autónomo se basa en sensores de flujo óptico, fáciles de implementar en drones, aunque requieren una buena variación de contraste. El sistema es muy sensitivo a las condiciones climatológicas.

Volar sobre un ambiente portuario con obstáculos requiere también la navegación con “waypoint”, como se ha comentado anteriormente, para facilitar caminos por donde alcanzar el objetivo. La robustez del vuelo dependerá también de los algoritmos de navegación y el control autónomo que se utilice. Los algoritmos complejos incorporan microprocesadores de alto rendimiento.

Como se describe en el ejemplo de (Kownacki, 2011), existe la posibilidad de equipar el dron con sensores laser range finder y autopilotos, aunque no se ha considerado en el proyecto ya que no es este el objetivo final. Sin embargo, se ha descrito en este apartado, ya que es importante tener conocimiento que existe la posibilidad de equipar el dron para el trabajo en terminales donde los obstáculos sean mayores, y estos varíen su posición a diaria, imposibilitando la predicción de su posición.

Los sensores miden rangos entre el dron y los objetos situados a los dos laterales del camino a recorrer por el artefacto. El control de estos rangos con los PID permite evitar obstáculos y continuar el vuelo preestablecido de manera segura. Los sensores laser pueden detectar obstáculos hasta a 100m de distancia.

Los sensores se montan en forma de V hacia el frente, con un determinado ángulo (Ecuación 5), establecido por la formula siguiente (Ilustración 25), siendo el ángulo α es independiente del vuelo (Kownacki, 2011);

$$\alpha = 2 \times \arctan\left(\frac{R}{\sqrt{3}R}\right) = \frac{\pi}{3} [rad]$$

Ecuación 5. Ángulo entre los laser rangefinder

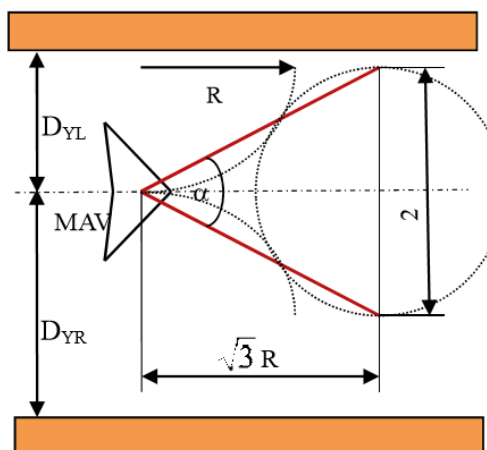


Ilustración 25. Ángulo en V creado por la dirección de los laser

8.5 Despliegue del dron

Dependiendo de las instalaciones proporcionadas, se puede proceder de formas distintas (Ilustración 26). Si la base de operaciones y oficina se encuentra en el mismo recinto portuario, probablemente se puede establecer una zona para despegue y aterrizaje del dron, ya sea en la zona de aparcamiento, o si es posible, en el tejado del edificio. Otra posibilidad, si no se dispone de instalaciones, es actuar desde un punto fijo, llevando todo el material en un vehículo adecuado y equipado como base de operaciones.

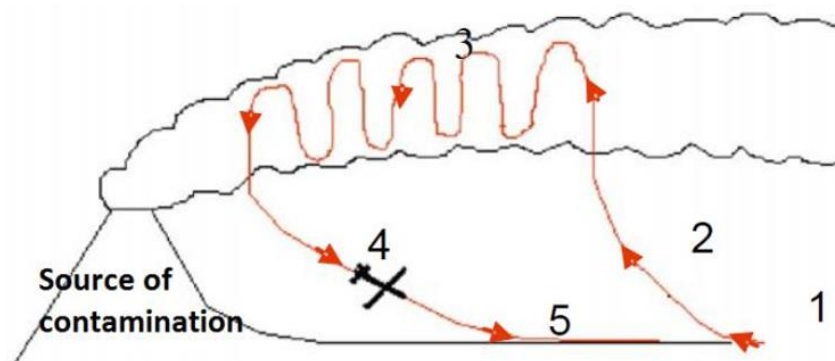


Ilustración 26. Ejemplo de despliegue del dron sobre los gases expulsados por los buques (Malaver, Gonzalez, Motta, Depari, & Corke, 2013)

Se monta el equipo con el equipo necesario para la operación (sensores, cámaras,...) y se añade el plan de vuelo al dron mediante una computadora. Se comprueba que las baterías estén cargadas, y que el sistema de comunicación funciona correctamente.



Ilustración 27. Monitor de 10" 1032HDMI 5.8ghz para operar la cámara del dron (Merino, 2016)

Con las comprobaciones hechas, se procede al vuelo y se empiezan a adquirir datos. Se pueden ver imágenes y características de funcionamiento del aparato a tiempo real mediante el monitor, para detectar cualquier avería que pueda surgir durante el vuelo (Ilustración 27).

El vuelo se debe realizar a través de áreas que no representen riesgo para la seguridad, a una altura suficientemente elevada, por ello se establecen rutas predefinidas, previamente analizadas, y libres de obstáculos a través de las terminales (Ilustración 28).

Una vez finalizado el vuelo se descargan los datos, se recargan las baterías para la siguiente operación, y se desmonta y almacena el equipo.

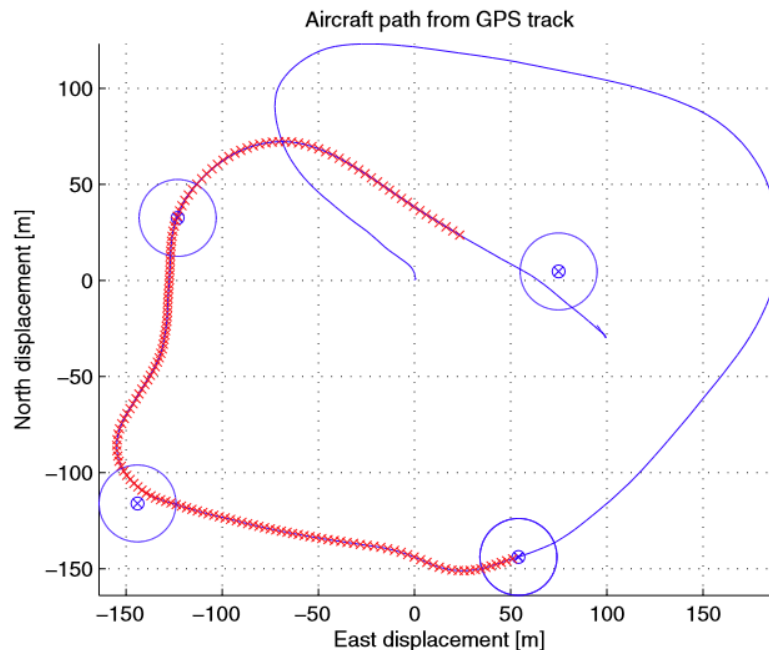


Ilustración 28. Ejemplo de trayectoria de vuelo mostrando la posición GPS (Brysonand & Sukkarieh, 2015)

8.5.1 Modos de operación

En esencia existen cuatro modos posibles de pilotar una aeronave de forma remota:

- x **Modo manual:** El piloto remoto actúa sobre las superficies de control y la potencia del motor a través de una emisora de radiocontrol.
- x **Modo asistido:** El piloto remoto no actúa directamente sobre las superficies de control o los motores, sino que indica sus intenciones (girar a la derecha, subir, etc.) en su puesto de radiocontrol y actúa un autopiloto que las transforma en actuaciones sobre las superficies de control o los motores que consigan ese propósito.
- x **Modo automático:** El piloto remoto establece un “plan de vuelo”, es decir, un cierto número de puntos de paso (waypoints) de forma previa al inicio del vuelo. La aeronave cuenta con un autopiloto que ejecuta el plan previsto, realizando de forma automática las acciones requeridas en cada momento. Sin embargo el piloto mantiene el control en todo momento, pudiendo modificar los puntos de paso durante el vuelo, ejecutar maniobras predeterminadas o incluso tomar el control directamente.
- x **Modo autónomo:** Se establece un plan de vuelo predeterminado, pero una vez iniciado el vuelo la aeronave ejecuta el plan de forma totalmente autónoma, sin requerir la intervención del piloto incluso en caso de producirse situaciones de emergencia. Es posible que incluso se elimine la necesidad de introducir plan de vuelo alguno, sino que la aeronave simplemente realice la misión completa, como puede ser seguir una infraestructura lineal mediante reconocimiento óptico, o dirigirse a un cierto punto evitando posibles obstáculos en el camino.

Los dos primeros modos requieren que la aeronave transmita información suficiente como para que el piloto cuente con conocimiento de la situación. Por otra parte se destaca el hecho de que el modo

manual sólo se utiliza normalmente en las aeronaves de ala fija. Las de ala rotatoria, suelen utilizarse en modo asistido, por la dificultad de un piloto humano de coordinar todas las acciones requeridas para mantener la aeronave en equilibrio y ejecutar las maniobras deseadas (Mora, 2015).

El modo automático resulta muy indicado en vuelos en línea de vista para misiones rutinarias.

8.6 Procesado de datos

En esta fase, se descargan los datos obtenidos por el equipo al ordenador, y se ordenan los archivos generados en distintas carpetas (Ilustración 29). A modo de ejemplo se describen algunos datos a almacenar.

- Tabla excel 1 general con nombre de buque, día de atraque y link a la tabla excel 2
- Tabla excel 2 con los resultados de los análisis junto a las características del buque y situación en puerto
- Recorrido del dron
- Gráficas de las concentraciones de gases analizados
- Imágenes relevantes y captura de video
- Imágenes infrarrojas relevantes

El orden de procesado y guardado de los datos es crucial para poder disponer de ellos en cualquier momento de forma rápida y eficaz, para su posterior análisis. De ello puede depender el éxito del proyecto a medio-largo plazo, ya que la facilidad en encontrar los datos, permitirá mayores y más extensos análisis en las aplicaciones que puedan ir surgiendo a lo largo del tiempo.

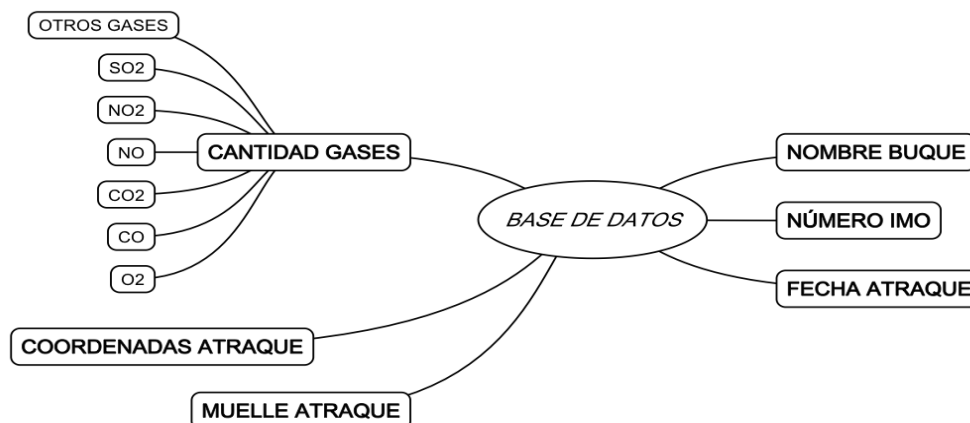


Ilustración 29. Mapa de datos obtenidos relevantes, a incluir en la base de datos creada

8.7 Análisis de datos

El análisis de datos puede ser amplio y variado, desde un análisis rápido para conocer detalles al momento, hasta análisis anuales con gráficas y comparativas con otros puertos y buques.

El análisis dependerá de la calidad de los datos obtenidos y los requisitos que se vayan generando a nivel normativo y/o portuario, a medida que el sistema funcione y acumule datos a lo largo del tiempo.

Inicialmente, el análisis se focaliza en establecer que buques superan las emisiones permitidas por la normativa europea y mundial, como se ha ido desarrollando a lo largo del TFG, para un posterior análisis más exhaustivo, con inspectores acreditados y con aparatos homologados por la OMI.

8.7.1 Informe diario

Al finalizar la jornada o en caso de alguna irregularidad, se redacta un informe junto a una tabla excel con los buques analizados y las particularidades que hayan podido generarse. Esto sirve para informar al ente correspondiente sobre el trabajo realizado y los incumplimientos de leyes y normativas por parte de los barcos.

8.7.2 Informe Mensual

Mensualmente se redacta un informe con gráficas y tablas sobre la evolución de la contaminación en el puerto, el ranking de buques contaminantes, las infracciones más comunes, y la evolución de concentración de gases respecto a periodos anteriores.

9 Plan económico para su viabilidad e implementación

9.1 Introducción

El puerto de Barcelona recibe aproximadamente 8.000 buques de distinta tipología cada año, con un arqueo medio de 40.000 GT (Tabla 8). Esto representa una gran fuente de ingresos y con ello, el desarrollo para la ciudad. Al mismo tiempo pero, la acumulación de varios buques en puerto cada día, que desprenden y acumulan gases de efecto invernadero a sus alrededores, afectan a la población, el ambiente y la calidad del aire de la ciudad.

El presente plan tiene por finalidad establecer la viabilidad financiera del proyecto del uso de drones para detectar gases contaminantes en puertos y bahías, que debe permitir analizar y controlar las emisiones de los buques de manera rápida, eficaz, y económicamente viable.

Tráfico de buques	Acumulado mensual		
	2014	2015	%
Número	7.826	8.025	2,5%
Arqueo	279.579.769	324.160.130	15,9%
Arqueo medio	35.724	40.394	13,1%

Tipo de buques	2014		2015		%	
	Escalas	GT	Escalas	GT	Escalas	GT
Total	7.826	279.579.769	8.025	324.160.130	2,5%	15,9%
Car-carrier	1.140	42.645.355	1.175	44.771.570	3,1%	5,0%
Carga (LO-LO)	612	2.737.895	565	2.885.647	-7,7%	5,4%
Frigorífico	1	5.890	0	0	-100,0%	-100,0%
Graneleros	159	3.247.462	115	3.297.990	-27,7%	1,6%
Pasaje	764	70.334.798	749	92.583.083	-2,0%	31,6%
Petroleros	922	15.956.005	848	15.791.550	-8,0%	-1,0%
Portacontenedor	2.108	80.864.984	2.144	90.744.008	1,7%	12,2%
Transbordadores	2.120	63.787.380	2.429	74.086.282	14,6%	16,1%

Tipo de buques (Acumulado 2015)	Cabotaje		Exterior	
	Escalas	GT	Escalas	GT
Total	2.202	50.308.372	5.823	273.851.758
Car-carrier	122	2.094.128	1.053	42.677.442
Carga (LO-LO)	25	125.839	540	2.759.808
Frigorífico	0	0	0	0
Graneleros	2	33.828	113	3.264.162
Pasaje	38	2.110.530	711	90.472.553
Petroleros	78	705.644	770	15.085.906
Portacontenedor	301	4.124.758	1.843	86.619.250
Transbordadores	1.636	41.113.645	793	32.972.637

Tabla 8. Distribución tráfico de buques en el puerto de Barcelona 2015 (Servicio de estadística Port de Barcelona, 2016)

9.2 La empresa y su plan económico

Las sociedades son creadas con un conjunto de factores (capital, trabajadores, tecnología,...), y organizados hacia la producción o la prestación de servicios o bienes. Estas requieren una inversión inicial para poder desarrollar y satisfacer la demanda por las que son creadas (Ilustración 30). Esta inversión puede llegar a través de inversiones externas, préstamos o capital propio.

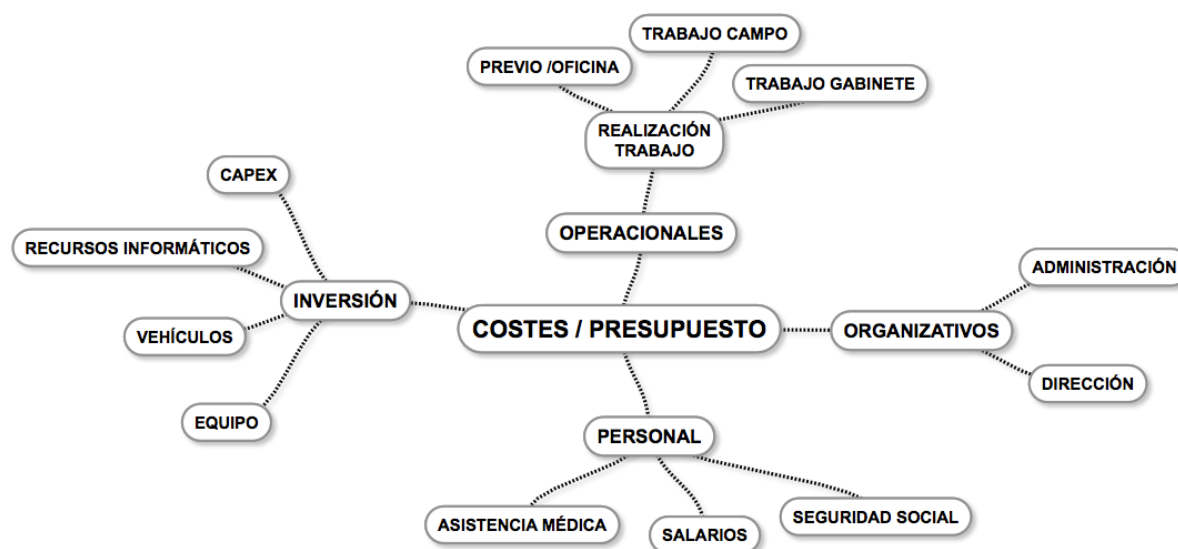


Ilustración 30. Mapa de los principales costes e inversión necesarios para el desarrollo del proyecto

La inversión de capital, también conocida como CAPEX (Capital Expenditure), es la aplicación de fondos para la adquisición, desarrollo o construcción de bienes materiales, inmateriales o de naturaleza financiera, que son capaces de generar beneficios futuros, y con una vida útil más allá del año. Se entiende como la renuncia de la inmediata satisfacción incurriendo en un coste inicial elevado, con la esperanza de obtener compensación en el futuro con el apoyo de los bienes adquiridos y generados.

El coste operacional, también conocido como OPEX (Operational Expenditure), es la aplicación de fondos que no tienen naturaleza de inversión. Es el precio pagado para adquirir, producir o mantener cualquier cosa en la empresa.

Entre las distintas propuestas de inversión que se generan para el propósito establecido, se analizan y escogen aquellas que genera suficientes fondos para recuperar la inversión más un porcentaje extra, para poder usarlo en mejorar los equipos, adquirir nueva tecnología o cualquier cosa que se considere un valor añadido para el futuro de la compañía.

La viabilidad económica viene establecida por algunos factores que se deben elegir de forma adecuada, considerando el momento actual y futuro. Estos factores son las opciones de tecnología, las instalaciones, los costes de capital, los gastos operacionales, y los costes del medio o sector en el que se va a desarrollar la empresa.

Hay algunos puntos a considerar para que el proyecto pueda funcionar y tener éxito a medio-largo plazo:

Éxito comercial: Anticipar y predecir las necesidades y beneficios en futuro, para poder invertir en bienes de manera adecuada, que de forma indirecta generen un valor añadido.

Éxito Económico: Considerado como la capacidad de generar los recursos suficientes con la producción o los servicios prestados, para reinvertirlos y generar beneficios de nuevo.

Para poder implementar un proyecto como el que se está analizando, es interesante tener en cuenta todas las partes. En este caso el que ofrece la oportunidad o idea y el servicio, y el puerto, ciudad o territorio. Este es un proyecto específico para el sector portuario, al que se ofrece una ventaja económica y competitiva, con objetivos claros para el cliente.

- x **Promocionar** actividades de desarrollo y mejora de las condiciones medioambientales del puerto y el territorio, mediante la implementación de nuevas tecnologías, situando el Puerto de Barcelona como ejemplo a nivel mundial y Europeo.
- x **Maximizar los beneficios** incrementando el número de buques, y el porcentaje de buques con mejor clasificación dentro de la IACS (Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación). El hecho de poder atracar en el Puerto de Barcelona puede certificar y premiar a los buenos armadores, así como situar al Puerto de Barcelona como ejemplo en el cumplimiento e implementación de las nuevas normativas sobre prevención de la contaminación atmosférica a nivel Europeo e Internacional.
- x Asegurar la **supervisión y control** de las operaciones de control para emisión de gases, evitando rigidez y lentitud administrativa.
- x **Adquirir experiencia, conocimiento y tecnología** para poder transferirla, compartirla o venderla a otros puertos, instituciones y comunidades educativas.
- x **Disponer de servicios extra** para determinadas situaciones que puedan suceder en el puerto, entre otros (imágenes en directo, emergencias, apoyo en maniobras, videos promocionales,...)

A nivel del proyecto del Dron, los objetivos para ofrecer un excelente servicio al cliente son:

- x **Tener acceso** al puerto para poder desarrollar las actividades de control de gases y adquisición de datos, asegurando cierta continuidad en el tiempo para realizar el servicio.
- x Tener **beneficio económico** sobre las actividades generadas, para poder recuperar inversiones, mejorar procesos y adquirir nueva tecnología, manteniendo la competitividad y la calidad del servicio.
- x **Tomar parte** en reuniones y decisiones referentes a aspectos de contaminación en el ámbito portuario y regional, para conocer los intereses y la inquietud actual, y así poder evolucionar hacia los requerimientos del sector.
- x **Crear** herramientas, y desarrollar sistemas y programas industriales, que generen una mejora sustancial de los recursos y la optimización de los procesos.

El éxito de la compañía se mide en su habilidad para generar valor en la producción o venta de bienes que exceden la cantidad de capital invertido en construirlos. Para ello es importante y necesario evaluar varios aspectos fundamentales.

- x Disponibilidad de capital para ser invertido en el negocio
- x La eficiencia con la que el capital es gastado, y la calidad de los servicios ofrecidos por la empresa
- x Variación en el valor del producto o servicio ofrecido, dependiendo del mercado

Además de otros factores técnicos y financieros, como son:

- x Costes de desarrollo
- x Probabilidad de éxito
- x Inversiones de capital
- x Diseño de equipos
- x Factor de descuento
- x Impuestos
- x Logística del proyecto
- x Seguridad
- x Medio Ambiente

Para todo ello se necesita una evaluación objetiva, que valore la mejor propuesta de inversión económica, y seleccione el mejor caso para que la empresa prospere favorablemente. ¿Es mejor el proyecto A que el B? ¿Es mejor el proyecto A que no hacer nada? ¿Se puede modificar y/o mejorar el proyecto A? (Ilustración 31)

Para distinguir entre una buena inversión o una mala inversión, hay que analizar medidas de rentabilidad. Estas deben contener los siguientes aspectos:

- x Fáciles de entender y aplicar
- x Permiten la comparación de alternativas de rentabilidad de la inversión
- x El parámetro proporciona una medida cuantitativa que da información sobre la rentabilidad del negocio comparado con el capital invertido
- x Permite tomar decisiones en función del costo efectivo
- x Debe incluir elementos que cuantifican el riesgo
- x Es deseable que contenga parámetros que reflejen otros factores, como los objetivos de la empresa
- x Debe incorporar el valor temporal del dinero

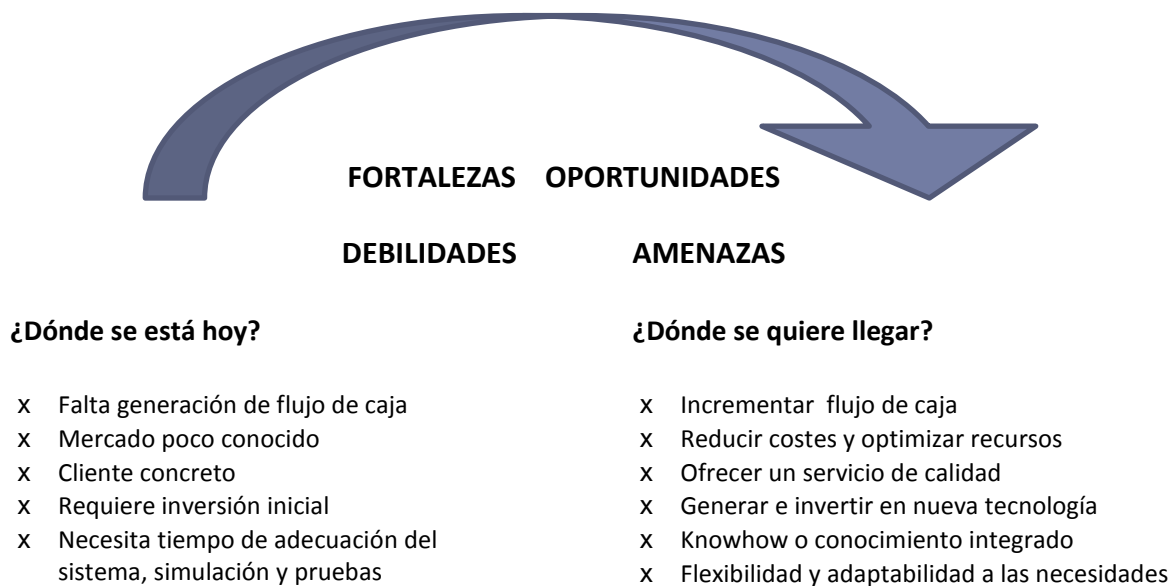


Ilustración 31. Descripción de la situación inicial y futura de la empresa. ¿A dónde se quiere llegar?

9.3 ¿Cómo evaluar el proyecto?

9.3.1 Contabilidad del proyecto

Hay que definir y estimar todos los parámetros económicos. El valor de los activos es igual al costo original. Este valor se reduce/amortiza a lo largo del tiempo debido a que los activos están expuestos a estropearse, al uso y a los cambios tecnológicos que les hacen perder eficiencia.

9.3.2 Analizar el precio de un proyecto similar

Es interesante tener referencia sobre la situación actual del mercado y de las empresas que podrían ofrecer servicios similares. Así mismo, si es posible, es importante analizar en los competidores. Conocer los flujos de caja y los precios del servicio para contrastarlos y mejorar el proyecto, optimizarlo, ajustarlo a los requisitos del mercado y añadir el valor de un producto o servicio único y de calidad.

9.3.3 Calcular el flujo de caja e indicadores como el VPN

Finalmente hay que definir cuantitativamente con números cuál es el valor de la compañía. Estimar el flujo de caja esperado junto a una apropiada tasa de descuento para cada flujo de caja que se considere. Para ello se usa el cálculo del Valor Presente Neto (VPN).

9.4 Modelos para evaluar los beneficios

Habitualmente hay tres modelos que se usan para determinar la evolución económica del negocio. El flujo de caja, el flujo financiero, y los impuestos. Cada modelo tiene distintas formas de definir los costes, y por consiguiente, presentan resultados calculados de forma distinta.

En el modelo de flujo de caja, los ingresos están reconocidos cuando se cobra el dinero, y los gastos cuando los pagos se realizan.

El flujo de caja tiene un único rasgo, se trata del período de duración “0” referido al momento inicial. Habitualmente esta característica se refiere al instante en el que se va a realizar la mayor inversión inicial, y el punto de donde todos los beneficios futuros van a ser descontados.

El flujo de caja se considera el modelo más apropiado para el análisis económico y las decisiones de inversión. La razón recae en el concepto del valor de la moneda en el tiempo, porque representa el actual flujo de dinero. Asignar el correcto beneficio en un determinado período temporal es importante en el análisis económico

Una vez el proyecto está definido, se debe aplicar el cálculo financiero para analizar la salud financiera del negocio.

Calcular beneficios involucra la depreciación de costes de capital, lo que significa repartir el CAPEX durante un período de tiempo para reflejar el hecho de que el activo se ha usado a lo largo de su vida útil.

El cálculo de beneficios a partir del modelo de impuestos, viene regulado y definido por la hacienda de cada territorio. Básicamente, los beneficios imponibles se definen como los beneficios menos los gastos directos, los gastos intangibles, la depreciación, la depleción y la amortización. Estos conceptos se pueden definir de forma distinta en el modelo financiero y en el modelo impositivo.

Los indicadores más importantes del flujo de caja son los gastos, el ratio beneficio-inversión, la tasa interna de retorno, en valor presente neto, y el ratio de descuento beneficio-inversión.

9.5 Evaluación técnica y económica

9.5.1 Flujo de caja

Es el resultado de todas las transacciones financieras que ocurren anualmente (Tabla 9), e incluye todos los ingresos, los gastos, los costos de capital y los impuestos pagados (Ecuación 6). Este indicará la fortaleza de la empresa, y asegurará que los acreedores, los empleados y los proveedores puedan ser pagados a su debido tiempo.

$$\text{Flujo Caja} = \text{Ingresos} - \text{Gastos}$$

Ecuación 6. Flujo de caja

FLUJO DE CAJA	AÑO ₁ ⁿ
Ingresos	(1)
CAPEX	(2)
Depreciación	(3)
OPEX	(4)
Ingresos imposables de impuestos	(5)
Impuestos	(6) = (5)*IVA (%)
Cash Flow	CF=(1)-(2)-(3)-(4)-(6)

Tabla 9. Tabla resumen para calcular el flujo de caja

9.5.2 Plazo de recuperación (PR)

Es el número de años que transcurren entre el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual a la suma de los pagos actualizados. La inversión es más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.

En este cálculo se muestra alguna debilidad, ya que no dice nada sobre el beneficio total del proyecto, ni la tasa de beneficios después de recuperar los costos iniciales.

9.5.3 Ratio beneficio-inversión (ROI)

Mide el cociente entre la caja y la cifra de inversión (Ecuación 7). Es un número adimensional que relaciona la cantidad de dinero generado a partir de un proyecto de inversión por unidad monetaria.

$$\text{Caja} = \text{Beneficios} - \text{Gastos} - \text{Inversión} - \text{Impuestos}$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Caja}}{\text{Inversión}}$$

Ecuación 7. Relación beneficio/inversión

El valor no refleja las características ni el período de tiempo en el que se genera el ROI, aunque habitualmente está expresado en base a un año. Las características del flujo de caja son independientes del PR y ROI.

9.5.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Considerando el valor del dinero en el tiempo como (Ecuación 8):

$$C = \frac{S}{(1+i)^n}$$

Ecuación 8. Tasa de descuento

- $(1+i)^n$: Factor de interés compuesto
- C: Valor de la suma actual
- i: Ratio de Interés (Inflación)
- n: Número de años
- S: Flujo de caja del periodo t (t=1 a t=n). C y S son equivalentes en su valor, pero separados en el tiempo por n años.

El TIR (Ecuación 9) es el tipo de interés que iguala el valor de ingresos y gastos cuando estos flujos de caja son descontados o agravados en un punto común en el tiempo, es decir, el punto donde el valor presente neto (VPN) del flujo de caja es nulo. El valor presente de todos los recibos es igual al valor presente de todas las inversiones y gastos (ir es la tasa de retorno).

$$-C + \frac{S_1}{(1+i_r)^1} + \frac{S_2}{(1+i_r)^2} + \frac{S_n}{(1+i_r)^n} = 0$$

Ecuación 9. Tasa interna de retorno

Sus características son;

- x El cálculo es por el método de prueba-error
- x El concepto introduce el valor tiempo en el criterio
- x Es independiente de la magnitud del flujo de caja
- x Es muy sensitivo a los errores y en predecir la inversión inicial
- x No es aditivo
- x Incluye suposiciones implícitas, como que el flujo de caja se reinvertirá la tasa de retorno usada.

Existen también algunas debilidades, como la necesidad de que los flujos de caja sean positivos y negativos, o que el total de beneficios sea mayor que la inversión realizada.

La regla de decisión en base al TIR, menciona que solo los proyectos independientes con TIR mayor al coste de capital deben ser aceptados.

El significado real del TIR es la tasa de ganancias equivalentes por año. Es una medida de la eficiencia de la inversión, similar al interés que ofrece una entidad bancaria, donde equivaldría como sigue, el CAPEX es el depósito, los beneficios son la extracción de dinero del cajero, y el TIR son los intereses.

La tasa de retorno computada en una inversión es una medida ajustada de aprovechamiento si, y solo si, los flujos de dinero futuros son reinvertido al valor calculado en el momento en que se reciben.

9.5.5 Valor Presente Neto (VPN)

Indica la ganancia o la rentabilidad neta generada por el proyecto. Se puede describir como la diferencia entre lo que el inversor da a la inversión y lo que la inversión devuelve al inversor. Cuando un proyecto tiene un VPN (Ecuación 10) (Ecuación 11) mayor que cero, se dice que para el interés elegido, el proyecto resulta viable desde el punto de vista financiero. Se calcula mediante la expresión:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+i)^t} - C$$

Ecuación 10. Valor presente neto (VPN)

El VPN es la suma de todos los flujos de caja descontados del último año del proyecto. Es una forma de comparar el valor del dinero actual con su valor futuro (Ilustración 32). La inflación erosiona la capacidad de comprar con el dinero futuro, mientras que el dinero hoy puede ser invertido para que crezca.

$$VPN = -C + \frac{S_1}{(1+i_r)^1} + \frac{S_2}{(1+i_r)^2} + \frac{S_n}{(1+i_r)^n}$$

Ecuación 11. VPN desarrollado

- C: Inversión inicial
- S1, S2,..., Sn: Flujos de caja netos
- t: Número total de años
- i: Factor de descuento
- n: Número de años

NET PRESENT VALUE OR PRESENT WORTH CONCEPT

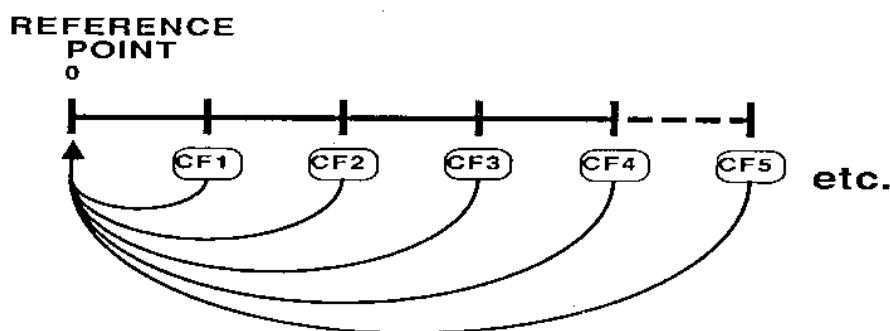


Ilustración 32. Concepto VPN. Valor del proyecto respecto al punto de referencia

Las características del VPN se pueden resumir de la siguiente forma;

- x Si el VPN es positivo, quiere decir que la inversión ganará un TIR igual a "i" más una cantidad adicional de caja igual al VPN.
- x Tiene todas las características del TIR, con el hecho añadido que la asunción de reinversión está satisfecha (esta suposición se aplica a todos los descuentos, pero podrá estar satisfecha fácilmente si se escoge un factor de descuento que refleje futuras oportunidades de inversión)
- x Es un valor independiente del tamaño de flujo de caja

x El VPN encaja con el uso de la probabilidad para considerar el riesgo

Para la toma de decisiones de inversión, una vez calculado el VPN, se puede establecer una comparación con otras inversiones, y calcular como de bueno es el proyecto. La regla adoptada habitualmente, es que si el proyecto da un VPN positivo, el proyecto se puede desarrollar, pero en caso de valor negativo, este se deberá mejorar y analizar de nuevo, o simplemente descartarlo.

El VPN tiene otro atributo importante. Cuantifica económicamente cuanta inversión considerada es mejor que las alternativas. Finalmente, también es una medida de valor.

9.5.6 Índice de Rentabilidad (IR)

Es un método de valoración de inversiones que mide el valor actualizado de los cobros generados, por cada unidad monetaria invertida en el proyecto de inversión (Ecuación 12).

$$IR = \frac{VPN}{Inversión}$$

Ecuación 12. Índice de rentabilidad

9.5.7 Factor de Descuento

El factor de descuento (Ecuación 14) convierte valores futuros en valores presentes. Como mayor es el factor, menor es la preocupación que representa para el futuro. La teoría se basa en la asunción de la preferencia por el consumo presente respecto al futuro. Si se espera que la economía crezca más rápidamente, nos podemos permitir consumir más hoy.

Es necesario establecer un criterio que permita comparar el precio de los bienes pagados hoy con los esperados para el futuro (Ilustración 33).

El valor presente (Ecuación 13) de un pago pospuesto será calculado con el pago por un factor de descuento menor a 1. Dónde r es el factor de retorno esperado de la inversión.

$$Valor Actual = \frac{Pago Futuro}{Factor de Descuento}$$

Ecuación 13. Valor actual

$$Factor de Descuento = \frac{1}{1 + r}$$

Ecuación 14. Factor de descuento

El factor de descuento determina el peso relativo dado al flujo de caja recibido en los distintos periodos.

La selección de la tasa de descuento no puede ser hecha arbitrariamente. Si la tasa de descuento no se ajusta correctamente al riesgo del flujo de caja evaluado, la estimación del valor real de mercado será errónea. Por ejemplo, los flujos de caja de pequeños propietarios o empresas que no tienen posibilidad de diversificar sus bienes, tienen un riesgo mayor, con lo que la tasa de descuento deberá incrementarse.

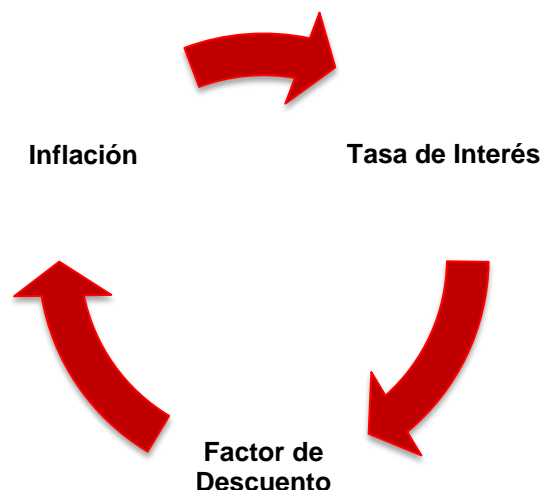


Ilustración 33. Relación entre los tres factores dependientes. Inflación, Tasa de interés y Factor de descuento

9.5.8 Tasa de Interés

Se puede entender como la oferta y la demanda de fondos para invertir. Los prestatarios incrementan la demanda de fondos cuando el precio del dinero decrece. Los prestamistas solo prestan dinero hoy si reciben mayor cantidad de bienes en el futuro de los que pueden obtener hoy con el dinero prestado.

Las tasas de interés a corto plazo dependerán de la inflación esperada en el futuro próximo, mientras que las tasas de interés a largo plazo dependerán de la inflación a un futuro más distante. Una inflación inesperadamente alta tiene impactos adversos en el prestamista, con tasas de retorno reales negativas.

9.5.9 Inflación

Es el incremento en el nivel de precios durante un determinado período de tiempo, y tiene el efecto de reducir el poder de adquirir bienes con el dinero. Es necesario distinguir los siguientes conceptos:

- x **Unidades monetarias nominales (UMN):** Es el valor actual de la moneda en un año entero.
- x **Unidades monetarias reales (UMR):** Unidad monetaria que se asume constante en el poder de adquisición de bienes.
- x **Interés nominal:** Tasa por la cual se pueden transformar dólares hoy a dólares mañana.
- x **Interés real:** Tasa por la que se pueden transformar bienes hoy en bienes mañana.

Debido a que las tasas de interés siempre son nominales, es necesario incluir la inflación para ser consistente, aunque se tiende a considerar que el uso de unidades monetarias reales en los cálculos económicos evita la distorsión producida por la inflación.

La tasa de inflación afecta al beneficio de las inversiones, la tasa de descuento, la cantidad de impuestos a pagar, y los intereses a pagar sobre los préstamos.

El factor de descuento y la corrección de la inflación son similares, pero no deben ser confundidos. Los flujos de caja deben ser corregidos para el valor del dinero en el tiempo y por la inflación, antes de comparar los flujos de caja que ocurren en distintos años.

Las unidades reales se pueden convertir en nominales usando la inflación (Ecuación 15):

$$\text{Unidades monetarias nominales (UMN)} = \text{Unidades monetarias reales (UMR)} \cdot (1 + i)^n$$

$$\text{Ecuación de Fisher } (1 + \text{UMN}) = (1 + \text{UMR}) \cdot (1 + \text{inflación})$$

Ecuación 15. Ecuación de Fisher que relaciona unidades monetarias e inflación

9.6 Plan económico-financiero

Recoge los elementos necesarios para la puesta en marcha e inicio de la actividad empresarial, así como las disponibilidades líquidas para afrontar los pagos a realizar durante los primeros años. Permite cuantificar el dinero se necesita para iniciar el negocio.

El valor del proyecto se ha hecho en base a presupuestos proporcionados por la empresa dronamedida.com, con sede en Jaca (Huesca), para el dron, y con estimaciones basadas en proyectos similares de otras empresas y el valor del mercado, para el resto de estimaciones de productos y precios.

En el proyecto, se han diferenciado tres posibles casos en los que se han introducido y asumido distintos datos y valores aproximados, teniendo en cuenta el valor actual de los bienes, servicios y costes.

En los dos primeros casos (A y B) se plantea la constitución de una empresa S.L., con un comportamiento económico poco favorable y muy favorable respectivamente.

El tercer caso (C) trata de aproximarse a lo que podría considerarse un proyecto de doctorado universitario, en el que se requiere una inversión inicial igual de importante, que probablemente debería ser sustentada por subvenciones o créditos favorables, pero que presentaría algunas ventajas a nivel de instalaciones y de apoyo institucional. A la vez, tendría la motivación de llegar a ser una investigación autofinanciada con los propios beneficios de los servicios prestados, sin ánimo de lucro, pudiendo ofrecer conocimiento e información libre y abierta. Este se basa en la idea de crear un valor añadido a la universidad, en un proyecto que combine I+D para el desarrollo de esta tipología de drones y abrir nuevas posibilidades en los proyectos de control de contaminantes a nivel portuario y de costas.

En los siguientes puntos se desarrollaran los tres casos en distintas tablas y gráficos a partir de la teoría descrita en el apartado 8, siendo el A el poco favorable, el B muy favorable, y C el caso académico.

9.6.1 Inversiones iniciales

Para realizar el plan de inversión es necesario saber qué elementos y equipos se necesitan para poder iniciar la actividad.

Gastos de constitución

Son los gastos de los trámites ocasionados para la constitución de la sociedad. Se ha hecho una estimación.

Instalaciones

Son algunos de los elementos patrimoniales necesarios para poder iniciar la actividad. Son amortizables en función de la vida útil de cada componente (calefacción, aire acondicionado, nevera,

microondas,...). A ello hay que añadir las reformas del local, adaptándolo a las necesidades de la actividad a realizar.

Fianza

Es la cantidad monetaria cedida al arrendador por los posibles desperfectos ocasionados por el arrendatario, y devuelta al finalizar el período de alquiler del local. Está presupuestada en dos meses de alquiler.

Mobiliario

Equipamiento necesario para realizar las actividades administrativas y de oficina (sillas, escritorios, lámparas, muebles, cortinas,...)

Material técnico

En este apartado se incluye lo referente a todo el equipo y la maquinaria necesarios para llevar a cabo la actividad como tal (dron, instrumental, vehículo). Estos elementos se consideran amortizables durante un cierto número de años en función de su vida útil, adquiriendo nuevo material cada cierto tiempo.

Recursos informáticos y equipos de oficina

Son los elementos electrónicos y técnicos para el control interno del negocio y el procesado de datos. También se consideran amortizables en función de la vida útil (ordenadores, teléfonos, software, impresora, material de oficina,...).

9.6.2 Plan de inversiones iniciales

El plan de inversiones iniciales para los casos A y B (Tabla 10) hace referencia a los recursos necesarios a invertir para poder llevar a cabo la actividad de la empresa. En el caso C (Tabla 11), hay varios activos no corrientes que se pueden descontar (software, registro empresa, marca patentada, alquileres, depósitos, fianzas,...). Esta reducción de costes se va a ver compensada por una menor necesidad de fondos en el plan de financiación inicial. En el anexo 1 se describen de forma mas precisa los puntos incluidos en (Tabla 10) (Tabla 11).

CASO A-B	TOTAL ACTIVO	40,010.00 €
Descripción	No Corriente	38,510.00 €
	A Inmovilizado Intangible	7,200.00 €
	1 Concesión/Permiso explotación actividad	0.00 €
	2 Registro Empresa	3,000.00 €
	3 Marca patentada	1,200.00 €
	4 Software Antivirus	50.00 €
	5 Software Office	150.00 €
	6 Software Windows	200.00 €
	7 Software Varios	100.00 €
	8 Seguro	2,000.00 €
	9 Publicidad	500.00 €
	10 Otro inmovilizado intangible	0.00 €
	B Inmovilizado Material	30,310.00 €
	# Terrenos y construcciones	3,000.00 €
	1 Depósitos y Fianzas	2,000.00 €

	2	Alquiler Local	1,000.00 €
	#	Instalaciones técnicas y otro inmovilizado material	27,310.00 €
EQUIPO RPAS	1	Sistema RPA S.A.E.4	3,770.00 €
EQUIPO RPAS	2	Estabilizador de cámara y configuración	350.00 €
EQUIPO RPAS	3	KIT baterías RPAS 10000MA	400.00 €
EQUIPO RPAS	4	KIT cargador + fuente alimentación	350.00 €
EQUIPO RPAS	5	Montaje y test	480.00 €
EQUIPO RPAS	6	Emisoras y configuración	450.00 €
EQUIPO RPAS	7	Sistema FPV/telemetría Y configuración	700.00 €
INSTRUMENTAL	8	Sensores Gas	1,500.00 €
INSTRUMENTAL	9	Cámara Térmica	4,000.00 €
INSTRUMENTAL	10	Cámara GoPro	200.00 €
RECURSOS INFORMÁTICOS	11	Ordenador	2,300.00 €
RECURSOS INFORMÁTICOS	12	Memoria	100.00 €
RECURSOS INFORMÁTICOS	13	Material Informático	300.00 €
VEHÍCULO	14	Coche	9,000.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	15	Armarios	500.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	16	Escritorios	500.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	17	Sillas	200.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	18	Material Oficina	400.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	19	Impresora / Escáner	200.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	20	Teléfono	100.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	21	Microondas	60.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	22	Nevera	350.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	23	Bomba frío-calor	400.00 €
TALLER	24	Equipo reparación	200.00 €
TALLER	25	Herramientas	500.00 €
	C	Inversiones inmobiliarias	1,000.00 €
	#	Terrenos y bienes naturales	0.00 €
	#	Construcciones	1,000.00 €
		Reformas	1,000.00 €
	D	Inversiones empresas asociadas largo plazo	0.00 €
	#	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
	#	Créditos a empresas	0.00 €
	#	Valores representativos de deuda	0.00 €
	#	Derivados	0.00 €
	#	Otros activos financieros	0.00 €
	E	Inversiones financieras a largo plazo	0.00 €
	#	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
	#	Créditos a empresas	0.00 €
	1	Valores representativos de deuda	0.00 €
	2	Derivados	0.00 €
	3	Otros activos financieros	0.00 €
	F	Activos por impuesto diferido	0.00 €
		Corriente	1,500.00 €
	A	Activos no corrientes mantenidos para la venta	0.00 €
	B	Existencias	0.00 €

#	Comerciales	0.00 €
#	Materias primas y otros aprovisionamientos	0.00 €
#	Productos en curso	0.00 €
#	Productos terminados	0.00 €
1	Operación control emisión de gases	0.00 €
2	Fotografía aérea	0.00 €
3	Emergencias portuarias	0.00 €
4	Apoyo en maniobras	0.00 €
5	Publicidad (videos, imágenes,...)	0.00 €
6	Otros	0.00 €
#	Subproductos, residuos y materiales recuperados	0.00 €
#	Anticipos a proveedores	0.00 €
C	Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	0.00 €
#	Cientes por ventas y prestaciones de servicios	0.00 €
#	Cientes, empresas del grupo y asociadas	0.00 €
#	Deudores varios	0.00 €
#	Personal	0.00 €
#	Activos por impuesto corriente	0.00 €
#	Otros créditos con las Administraciones Públicas	0.00 €
#	Accionistas (socios) por desembolsos exigidos	0.00 €
D	Inversiones en empresas asociadas a corto plazo	0.00 €
1	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
2	Créditos a empresas	0.00 €
3	Valores representativos de deuda	0.00 €
4	Derivados	0.00 €
5	Otros activos financieros	0.00 €
E	Inversiones financieras a corto plazo	0.00 €
#	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
#	Créditos a empresas	0.00 €
#	Valores representativos de deuda	0.00 €
1	Derivados	0.00 €
2	Otros activos financieros	0.00 €
F	Periodicidades a corto plazo	0.00 €
G	Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	1,500.00 €
#	Tesorería	1,500.00 €
#	Otros activos líquidos equivalentes	0.00 €

Tabla 10. Plan de inversión inicial casos A y B

CASO C	TOTAL ACTIVO	29,050.00 €
Descripción	No Corriente	27,550.00 €
A	Inmovilizado Intangible	1,600.00 €
1	Concesión/Permiso explotación actividad	0.00 €
2	Registro Empresa	0.00 €
3	Marca patentada	0.00 €
4	Software Antivirus	0.00 €
5	Software Office	0.00 €

	6	Software Windows	0.00 €
	7	Software Varios	0.00 €
	8	Seguro	1,500.00 €
	9	Publicidad	100.00 €
	10	Otro inmovilizado intangible	0.00 €
	B	Inmovilizado Material	25,450.00 €
	#	Terrenos y construcciones	0.00 €
	1	Depósitos y Fianzas	0.00 €
	2	Alquiler Local	0.00 €
	#	Instalaciones técnicas y otro inmovilizado material	25,450.00 €
EQUIPO RPAS	1	Sistema RPA S.A.E.4	3,770.00 €
EQUIPO RPAS	2	Estabilizador de cámara y configuración	350.00 €
EQUIPO RPAS	3	KIT baterías RPAS 10000MA	400.00 €
EQUIPO RPAS	4	KIT cargador + fuente alimentación	350.00 €
EQUIPO RPAS	5	Montaje y test	480.00 €
EQUIPO RPAS	6	Emisoras y configuración	450.00 €
EQUIPO RPAS	7	Sistema FPV/telemetría Y configuración	700.00 €
INSTRUMENTAL	8	Sensores Gas	1,500.00 €
INSTRUMENTAL	9	Cámara Térmica	4,000.00 €
INSTRUMENTAL	10	Cámara GoPro	200.00 €
RECURSOS INFORMÁTICOS	11	Ordenador	2,300.00 €
RECURSOS INFORMÁTICOS	12	Memoria	100.00 €
RECURSOS INFORMÁTICOS	13	Material Informático	300.00 €
VEHÍCULO	14	Coche	9,000.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	15	Armarios	200.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	16	Escritorios	200.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	17	Sillas	100.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	18	Material Oficina	150.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	19	Impresora / Escáner	100.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	20	Teléfono	100.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	21	Microondas	0.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	22	Nevera	0.00 €
MOBILIARIO Y ELECTROD.	23	Bomba frío-calor	0.00 €
TALLER	24	Equipo reparación	200.00 €
TALLER	25	Herramientas	500.00 €
	C	Inversiones inmobiliarias	500.00 €
	#	Terrenos y bienes naturales	0.00 €
	#	Construcciones	500.00 €
		Reformas	500.00 €
	D	Inversiones en empresas asociadas a largo plazo	0.00 €
	#	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
	#	Créditos a empresas	0.00 €
	#	Valores representativos de deuda	0.00 €
	#	Derivados	0.00 €
	#	Otros activos financieros	0.00 €
	E	Inversiones financieras a largo plazo	0.00 €
	#	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
	#	Créditos a empresas	0.00 €

1	Valores representativos de deuda	0.00 €
2	Derivados	0.00 €
3	Otros activos financieros	0.00 €
F	Activos por impuesto diferido	0.00 €
	Corriente	1,500.00 €
A	Activos no corrientes mantenidos para la venta	0.00 €
B	Existencias	0.00 €
#	Comerciales	0.00 €
#	Materias primas y otros aprovisionamientos	0.00 €
#	Productos en curso	0.00 €
#	Productos terminados	0.00 €
1	Operación control emisión de gases	0.00 €
2	Fotografía aérea	0.00 €
3	Emergencias portuarias	0.00 €
4	Apoyo en maniobras	0.00 €
5	Publicidad (videos, imágenes,...)	0.00 €
6	Otros	0.00 €
#	Subproductos, residuos y materiales recuperados	0.00 €
#	Anticipos a proveedores	0.00 €
C	Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	0.00 €
#	Clientes por ventas y prestaciones de servicios	0.00 €
#	Clientes, empresas del grupo y asociadas	0.00 €
#	Deudores varios	0.00 €
#	Personal	0.00 €
#	Activos por impuesto corriente	0.00 €
#	Otros créditos con las Administraciones Públicas	0.00 €
#	Accionistas (socios) por desembolsos exigidos	0.00 €
D	Inversiones en empresas asociadas a corto plazo	0.00 €
1	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
2	Créditos a empresas	0.00 €
3	Valores representativos de deuda	0.00 €
4	Derivados	0.00 €
5	Otros activos financieros	0.00 €
E	Inversiones financieras a corto plazo	0.00 €
#	Instrumentos de patrimonio	0.00 €
#	Créditos a empresas	0.00 €
#	Valores representativos de deuda	0.00 €
1	Derivados	0.00 €
2	Otros activos financieros	0.00 €
F	Periodicidades a corto plazo	0.00 €
G	Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	1,500.00 €
#	Tesorería	1,500.00 €
#	Otros activos líquidos equivalentes	0.00 €

Tabla 11. Plan de inversión inicial caso C

9.6.3 Plan de financiación Inicial

En él se determinan los recursos para la financiación con la que se hace frente a las inversiones iniciales (Tabla 12) (Tabla 13). Hay que valorar el capital, es decir, todos los recursos propios, ya sean aportaciones en metálico o en bienes, y la financiación ajena, compuesta por los préstamos con entidades de crédito o particulares. La inversión inicial debe ser igual a la financiación inicial. En el anexo 1 se describen de forma mas precisa los puntos incluidos en (Tabla 12) (Tabla 13).

TOTAL PATRIMONIO NETO Y PASIVO		40,010.00 €
Patrimonio Neto		18,000.00 €
A	Fondos propios	8,000.00 €
#	Capital	3,000.00 €
1	Capital escriturado	3,000.00 €
2	(Capital no exigido) (en negativo)	0.00 €
#	Prima de emisión	0.00 €
#	Reservas	5,000.00 €
1	Legal y estatutarias	0.00 €
2	Otras reservas	5,000.00 €
#	(Acciones y participaciones en patrimonio propias) (en negativo)	0.00 €
#	Resultados de ejercicios anteriores	0.00 €
1	Remanente	0.00 €
2	(Resultados negativos ejercicios anteriores) (en negativo)	0.00 €
#	Otras aportaciones de socios	0.00 €
#	Resultados del ejercicio	0.00 €
#	(Dividendo a cuenta) (en negativo)	0.00 €
#	Otros instrumentos de patrimonio neto	0.00 €
B	Ajustes por cambios de valor	0.00 €
#	Activos financieros disponibles para la venta	0.00 €
#	Operaciones de cobertura	0.00 €
#	Otros	0.00 €
C	Subvenciones, donaciones y legados recibidos	10,000.00 €
No corriente		21,553.67 €
A	Provisiones a largo plazo	0.00 €
1	Obligaciones por prestaciones a largo plazo al personal	0.00 €
2	Actuaciones medioambientales	0.00 €
3	Provisiones por reestructuración	0.00 €
4	Otras provisiones	0.00 €
B	Deudas a largo plazo	21,553.67 €
1	Obligaciones y otros valores negociables	0.00 €
2	Deudas con entidades de crédito	21,553.67 €
3	Acreedores por arrendamiento financiero	0.00 €
4	Derivados	0.00 €
5	Otros pasivos financieros	0.00 €
C	Deudas con empresas del grupo y asociadas a largo plazo	0.00 €
D	Pasivos por impuesto diferido	0.00 €
E	Periodicidades a largo plazo	0.00 €
Corriente		456.33 €
A	Pasivos vinculados con activos no corrientes mantenidos para la venta	0.00 €

B	Provisiones a corto plazo	0.00 €
C	Deudas a corto plazo	456.33 €
1	Obligaciones y otros valores negociables	0.00 €
2	Deudas con entidades de crédito	456.33 €
3	Acreeedores por arrendamiento financiero	0.00 €
4	Derivados	0.00 €
5	Otros pasivos financieros	0.00 €
D	Deudas con empresas del grupo y asociadas a corto plazo	0.00 €

Tabla 12. Plan de financiación inicial casos A y B

TOTAL PATRIMONIO NETO Y PASIVO		29,050.00 €
Patrimonio Neto		13,000.00 €
A	Fondos propios	5,000.00 €
#	Capital	5,000.00 €
1	Capital escriturado	5,000.00 €
2	(Capital no exigido) (en negativo)	0.00 €
#	Prima de emisión	0.00 €
#	Reservas	0.00 €
1	Legal y estatutarias	0.00 €
2	Otras reservas	5,000.00 €
#	(Acciones y participaciones en patrimonio propias) (en negativo)	0.00 €
#	Resultados de ejercicios anteriores	0.00 €
1	Remanente	0.00 €
2	(Resultados negativos ejercicios anteriores) (en negativo)	0.00 €
#	Otras aportaciones de socios	0.00 €
#	Resultados del ejercicio	0.00 €
#	(Dividendo a cuenta) (en negativo)	0.00 €
#	Otros instrumentos de patrimonio neto	0.00 €
B	Ajustes por cambios de valor	0.00 €
#	Activos financieros disponibles para la venta	0.00 €
#	Operaciones de cobertura	0.00 €
#	Otros	0.00 €
C	Subvenciones, donaciones y legados recibidos	8,000.00 €
No corriente		15,754.41 €
A	Provisiones a largo plazo	0.00 €
1	Obligaciones por prestaciones a largo plazo al personal	0.00 €
2	Actuaciones medioambientales	0.00 €
3	Provisiones por reestructuración	0.00 €
4	Otras provisiones	0.00 €
B	Deudas a largo plazo	15,754.41 €
1	Obligaciones y otros valores negociables	0.00 €
2	Deudas con entidades de crédito	15,754.41 €
3	Acreeedores por arrendamiento financiero	0.00 €
4	Derivados	0.00 €
5	Otros pasivos financieros	0.00 €
C	Deudas con empresas del grupo y asociadas a largo plazo	0.00 €
D	Pasivos por impuesto diferido	0.00 €

E	Periodicidades a largo plazo	0.00 €
	Corriente	295.59 €
A	Pasivos vinculados con activos no corrientes mantenidos para la venta	0.00 €
B	Provisiones a corto plazo	0.00 €
C	Deudas a corto plazo	295.59 €
1	Obligaciones y otros valores negociables	0.00 €
2	Deudas con entidades de crédito	295.59 €
3	Acreeedores por arrendamiento financiero	0.00 €
4	Derivados	0.00 €
5	Otros pasivos financieros	0.00 €
D	Deudas con empresas del grupo y asociadas a corto plazo	0.00 €

Tabla 13. Plan de financiación inicial caso C

9.6.4 Balance Inicial

Los balances (Tabla 14) para los casos A y B, y (Tabla 15) para el caso C, reflejan la situación de la empresa en un momento determinado, en este caso el momento inicial, y constituye un resumen instantáneo, teniendo un carácter estático, frente al sentido dinámico de la cuenta de resultados.

El sistema conforme al cual se ordenan las partidas en el balance son su procedencia u origen (pasivo) y la utilización que se ha hecho de ellos (activo), siempre cumpliendo con el principio básico de la contabilidad, dónde el activo debe ser igual al pasivo. En el caso que se haya destinado más fondos al activo o al pasivo sin lograr la igualdad, quedará reflejado.

Activo		Pasivo	
Inmovilizado Intangible	7.200	Fondos propios	8.000
Inmovilizado Material	30.310	Ajustes por cambios de valor	0
Inversiones inmobiliarias	1.000	Subvenciones, donaciones y legados recibidos	10.000
Inversiones en empresas del grupo y asociadas a largo plazo	0	Provisiones a largo plazo	0
Inversiones financieras a largo plazo	0	Deudas a largo plazo	21.553,6
Activos por impuesto diferido	0	Deudas con empresas del grupo y asociadas a largo plazo	0
Activos no corrientes mantenidos para la venta	0	Pasivos por impuesto diferido	0
Existencias	0	Periodicidades a largo plazo	0
Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	0	Pasivos vinculados con activos no corrientes mantenidos para la venta	0
Inversiones en empresas del grupo y asociadas a corto plazo	0	Provisiones a corto plazo	0
Inversiones financieras a corto plazo	0	Deudas a corto plazo	456,33

Activo		Pasivo	
Periodicidades a corto plazo	0	Deudas con empresas del grupo y asociadas a corto plazo	0
Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	1.500		
SUMA TOTAL ACTIVO (Euros)	40.010	SUMA TOTAL PASIVO (Euros)	40.010

Tabla 14. Balance inicial casos A y B

Activo		Pasivo	
Inmovilizado Intangible	1.600	Fondos propios	5000
Inmovilizado Material	25.450	Ajustes por cambios de valor	0
Inversiones inmobiliarias	500	Subvenciones, donaciones y legados recibidos	8000
Inversiones en empresas del grupo y asociadas a largo plazo	0	Provisiones a largo plazo	0
Inversiones financieras a largo plazo	0	Deudas a largo plazo	15.754,4
Activos por impuesto diferido	0	Deudas con empresas del grupo y asociadas a largo plazo	0
Activos no corrientes mantenidos para la venta	0	Pasivos por impuesto diferido	0
Existencias	0	Periodicidades a largo plazo	0
Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	0	Pasivos vinculados con activos no corrientes mantenidos para la venta	0
Inversiones en empresas del grupo y asociadas a corto plazo	0	Provisiones a corto plazo	0
Inversiones financieras a corto plazo	0	Deudas a corto plazo	295,59
Periodicidades a corto plazo	0	Deudas con empresas del grupo y asociadas a corto plazo	0
Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	1.500		
SUMA TOTAL ACTIVO (Euros)	29.050	SUMA TOTAL PASIVO (Euros)	29.050

Tabla 15. Balance inicial caso C

9.6.5 Préstamo Bancario (Caso A y B)

Préstamo bancario (Octubre 2016) (Tabla 16) para persona física con ingresos medios, entre 1000 y 2000 euros mensuales.

Importe:	22.010,00€	Cuota:	456,36€/mes
			Desde un tipo de Interés Nominal: 8,95% (9,33% TAE)*
Plazo:	60 meses	Comisiones:	0€

Capital Propio	8000 €
Capital Ajeno	10000 €
Total Inversión	18000 €
Interés Anual	8,95 %
Capital Préstamo (Inversión Inicial)	22010 €
Períodos (meses)	60
Mensualidad	456,36 €
Total Años	5

AÑO	MES	PENDIENTE DEVOLUCIÓN	INTERÉS (EUR)	AMORTIZACIÓN CAPITAL (EUR)	MENSUALIDAD (EUR)	TOTAL CAPITAL DEVUELTO (EUR)
1	1	22,010.00€	164.16€	292.20€	456.36€	292.20€
1	2	21,717.80€	161.98€	294.38€	456.36€	586.58€
1	3	21,423.42€	159.78€	296.58€	456.36€	883.16€
1	4	21,126.84€	157.57€	298.79€	456.36€	1,181.95€
1	5	20,828.05€	155.34€	301.02€	456.36€	1,482.97€
1	6	20,527.03€	153.10€	303.26€	456.36€	1,786.23€
1	7	20,223.77€	150.84€	305.52€	456.36€	2,091.75€
1	8	19,918.25€	148.56€	307.80€	456.36€	2,399.56€
1	9	19,610.44€	146.26€	310.10€	456.36€	2,709.66€
1	10	19,300.34€	143.95€	312.41€	456.36€	3,022.07€
1	11	18,987.93€	141.62€	314.74€	456.36€	3,336.81€
1	12	18,673.19€	139.27€	317.09€	456.36€	3,653.90€
2	13	18,356.10€	136.91€	319.45€	456.36€	3,973.35€
2	14	18,036.65€	134.52€	321.84€	456.36€	4,295.19€
2	15	17,714.81€	132.12€	324.24€	456.36€	4,619.43€
2	16	17,390.57€	129.70€	326.66€	456.36€	4,946.08€
2	17	17,063.92€	127.27€	329.09€	456.36€	5,275.17€
2	18	16,734.83€	124.81€	331.55€	456.36€	5,606.72€
2	19	16,403.28€	122.34€	334.02€	456.36€	5,940.74€
2	20	16,069.26€	119.85€	336.51€	456.36€	6,277.25€
2	21	15,732.75€	117.34€	339.02€	456.36€	6,616.27€
2	22	15,393.73€	114.81€	341.55€	456.36€	6,957.82€
2	23	15,052.18€	112.26€	344.10€	456.36€	7,301.91€
2	24	14,708.09€	109.70€	346.66€	456.36€	7,648.57€
3	25	14,361.43€	107.11€	349.25€	456.36€	7,997.82€
3	26	14,012.18€	104.51€	351.85€	456.36€	8,349.67€
3	27	13,660.33€	101.88€	354.48€	456.36€	8,704.15€

3	28	13,305.85€	99.24€	357.12€	456.36€	9,061.27€
3	29	12,948.73€	96.58€	359.78€	456.36€	9,421.06€
3	30	12,588.94€	93.89€	362.47€	456.36€	9,783.52€
3	31	12,226.48€	91.19€	365.17€	456.36€	10,148.69€
3	32	11,861.31€	88.47€	367.89€	456.36€	10,516.59€
3	33	11,493.41€	85.72€	370.64€	456.36€	10,887.23€
3	34	11,122.77€	82.96€	373.40€	456.36€	11,260.63€
3	35	10,749.37€	80.17€	376.19€	456.36€	11,636.82€
3	36	10,373.18€	77.37€	378.99€	456.36€	12,015.81€
4	37	9,994.19€	74.54€	381.82€	456.36€	12,397.63€
4	38	9,612.37€	71.69€	384.67€	456.36€	12,782.30€
4	39	9,227.70€	68.82€	387.54€	456.36€	13,169.83€
4	40	8,840.17€	65.93€	390.43€	456.36€	13,560.26€
4	41	8,449.74€	63.02€	393.34€	456.36€	13,953.60€
4	42	8,056.40€	60.09€	396.27€	456.36€	14,349.87€
4	43	7,660.13€	57.13€	399.23€	456.36€	14,749.10€
4	44	7,260.90€	54.15€	402.21€	456.36€	15,151.31€
4	45	6,858.69€	51.15€	405.21€	456.36€	15,556.51€
4	46	6,453.49€	48.13€	408.23€	456.36€	15,964.74€
4	47	6,045.26€	45.09€	411.27€	456.36€	16,376.01€
4	48	5,633.99€	42.02€	414.34€	456.36€	16,790.35€
5	49	5,219.65€	38.93€	417.43€	456.36€	17,207.78€
5	50	4,802.22€	35.82€	420.54€	456.36€	17,628.33€
5	51	4,381.67€	32.68€	423.68€	456.36€	18,052.01€
5	52	3,957.99€	29.52€	426.84€	456.36€	18,478.85€
5	53	3,531.15€	26.34€	430.02€	456.36€	18,908.87€
5	54	3,101.13€	23.13€	433.23€	456.36€	19,342.10€
5	55	2,667.90€	19.90€	436.46€	456.36€	19,778.56€
5	56	2,231.44€	16.64€	439.72€	456.36€	20,218.28€
5	57	1,791.72€	13.36€	443.00€	456.36€	20,661.28€
5	58	1,348.72€	10.06€	446.30€	456.36€	21,107.58€
5	59	902.42€	6.73€	449.63€	456.36€	21,557.21€
5	60	452.79€	3.38€	452.98€	456.36€	22,010.19€
				TOTAL	27,381.60€	22,010.19€

Tabla 16. Préstamo bancario casos A y B

9.6.6 Préstamo Bancario (Caso C)

Préstamo bancario microcrédito (Octubre 2016) (Tabla 17) para iniciar un negocio considerando unos intereses menores que en anterior caso.

- Importe máximo: 25.000 €.
- Plazo de amortización: máximo 5 años.
- Hasta 6 meses de carencia opcionales.
- Tipo de interés: 4 % fijo.
- Sin comisiones de apertura, estudio ni cancelación anticipada.
- Destino de la inversión: activo fijo (reforma de local, compra de maquinaria, herramientas, equipo informático...) y/o activo circulante (mercancías, existencias iniciales, etc...).

Capital Propio	5.000 €
Capital Ajeno	8.000 €
Total Inversión	13.000 €
Interés Anual	4 %
Capital Préstamo (Inversión Inicial)	16.050 €
Períodos (meses)	60
Mensualidad	295,6 €
Total Años	5

AÑO	MES	PENDIENTE DEVOLUCIÓN	INTERÉS (EUR)	AMORTIZACIÓN CAPITAL (EUR)	MENSUALIDAD (EUR)	TOTAL CAPITAL DEVUELTO (EUR)
1	1	16,050.00€	53.50€	242.09€	295.59€	242.09€
1	2	15,807.91€	52.69€	242.89€	295.59€	484.98€
1	3	15,565.02€	51.88€	243.70€	295.59€	728.68€
1	4	15,321.32€	51.07€	244.51€	295.59€	973.20€
1	5	15,076.80€	50.26€	245.33€	295.59€	1,218.53€
1	6	14,831.47€	49.44€	246.15€	295.59€	1,464.67€
1	7	14,585.33€	48.62€	246.97€	295.59€	1,711.64€
1	8	14,338.36€	47.79€	247.79€	295.59€	1,959.43€
1	9	14,090.57€	46.97€	248.62€	295.59€	2,208.05€
1	10	13,841.95€	46.14€	249.45€	295.59€	2,457.50€
1	11	13,592.50€	45.31€	250.28€	295.59€	2,707.78€
1	12	13,342.22€	44.47€	251.11€	295.59€	2,958.89€
2	13	13,091.11€	43.64€	251.95€	295.59€	3,210.84€
2	14	12,839.16€	42.80€	252.79€	295.59€	3,463.62€
2	15	12,586.38€	41.95€	253.63€	295.59€	3,717.26€
2	16	12,332.74€	41.11€	254.48€	295.59€	3,971.73€
2	17	12,078.27€	40.26€	255.33€	295.59€	4,227.06€
2	18	11,822.94€	39.41€	256.18€	295.59€	4,483.23€
2	19	11,566.77€	38.56€	257.03€	295.59€	4,740.26€
2	20	11,309.74€	37.70€	257.89€	295.59€	4,998.15€
2	21	11,051.85€	36.84€	258.75€	295.59€	5,256.90€
2	22	10,793.10€	35.98€	259.61€	295.59€	5,516.51€
2	23	10,533.49€	35.11€	260.47€	295.59€	5,776.98€
2	24	10,273.02€	34.24€	261.34€	295.59€	6,038.32€
3	25	10,011.68€	33.37€	262.21€	295.59€	6,300.54€
3	26	9,749.46€	32.50€	263.09€	295.59€	6,563.63€

3	27	9,486.37€	31.62€	263.96€	295.59€	6,827.59€
3	28	9,222.41€	30.74€	264.84€	295.59€	7,092.43€
3	29	8,957.57€	29.86€	265.73€	295.59€	7,358.16€
3	30	8,691.84€	28.97€	266.61€	295.59€	7,624.78€
3	31	8,425.22€	28.08€	267.50€	295.59€	7,892.28€
3	32	8,157.72€	27.19€	268.39€	295.59€	8,160.67€
3	33	7,889.33€	26.30€	269.29€	295.59€	8,429.96€
3	34	7,620.04€	25.40€	270.19€	295.59€	8,700.15€
3	35	7,349.85€	24.50€	271.09€	295.59€	8,971.23€
3	36	7,078.77€	23.60€	271.99€	295.59€	9,243.22€
4	37	6,806.78€	22.69€	272.90€	295.59€	9,516.12€
4	38	6,533.88€	21.78€	273.81€	295.59€	9,789.92€
4	39	6,260.08€	20.87€	274.72€	295.59€	10,064.64€
4	40	5,985.36€	19.95€	275.63€	295.59€	10,340.28€
4	41	5,709.72€	19.03€	276.55€	295.59€	10,616.83€
4	42	5,433.17€	18.11€	277.48€	295.59€	10,894.31€
4	43	5,155.69€	17.19€	278.40€	295.59€	11,172.71€
4	44	4,877.29€	16.26€	279.33€	295.59€	11,452.04€
4	45	4,597.96€	15.33€	280.26€	295.59€	11,732.30€
4	46	4,317.70€	14.39€	281.19€	295.59€	12,013.49€
4	47	4,036.51€	13.46€	282.13€	295.59€	12,295.62€
4	48	3,754.38€	12.51€	283.07€	295.59€	12,578.69€
5	49	3,471.31€	11.57€	284.01€	295.59€	12,862.71€
5	50	3,187.29€	10.62€	284.96€	295.59€	13,147.67€
5	51	2,902.33€	9.67€	285.91€	295.59€	13,433.58€
5	52	2,616.42€	8.72€	286.86€	295.59€	13,720.44€
5	53	2,329.56€	7.77€	287.82€	295.59€	14,008.27€
5	54	2,041.73€	6.81€	288.78€	295.59€	14,297.05€
5	55	1,752.95€	5.84€	289.74€	295.59€	14,586.79€
5	56	1,463.21€	4.88€	290.71€	295.59€	14,877.50€
5	57	1,172.50€	3.91€	291.68€	295.59€	15,169.17€
5	58	880.83€	2.94€	292.65€	295.59€	15,461.82€
5	59	588.18€	1.96€	293.63€	295.59€	15,755.45€
5	60	294.55€	0.98€	294.60€	295.59€	16,050.05€
				TOTAL	17,735.16€	16,050.05€

Tabla 17. Préstamo bancario caso C

9.6.7 Costes Previstos

Personal (Sueldos y Salarios)

Sueldos mensuales y por hora fijado los trabajadores, así también como el total de días que se trabajan al mes, separando días laborables, días festivos, y las horas que trabajan a la semana. Se estima un incremento de sueldos que varía según los casos entre el 1,00% y el 5,00% anual, basado en la inflación y la consideración que en los primeros años de desarrollo la productividad va a ser menor. En tal caso podría ser interesante desarrollar una tabla según objetivos cumplidos, con una bonificación que completara el salario base.

Suministros

Gastos de los consumos de electricidad, agua y teléfono para poder desarrollar las actividades.

Se han estimado los gastos siguientes:

Electricidad: Factura mensual, en la que primer año se prevé un gasto mensual de 100,00€ (importe anual de 1.200,00€ el primer año), con un incremento de 1,50% anual en los casos A y B. Para el caso C se reduce a la mitad, teniendo en cuenta que pueda ser un gasto cubierto en parte por el uso compartido de instalaciones.

Agua: Factura trimestral, el primer año se prevé que cada trimestre el gasto sea de 60,00€, por lo que el importe anual será de 240,00€ para el primer año para los casos A y B, y de 150,00€ para el caso C. Se ha supuesto un incremento del 0,5% anual.

Teléfono: Factura bimensual, el primer año se prevé que cada dos meses el gasto sea de 200,00€, por lo que el importe anual será de 1.200,00€ para los casos A y B, y de 1000,00€ para el caso C. No se suponen incrementos anuales.

Alquiler del local

El pago del alquiler se valora en 1000,00€ mensuales para los casos A y B, y de 0,00€ para el caso C, debido al uso de instalaciones cedidas. El importe anual en el primer año es 12.000,00€. Se prevé un incremento anual del 1,80%.

Seguro

El seguro es anual, se paga una vez al año en una sola cuota. Se supone un importe de 2000,00€ para los casos A y B, y de 1500,00€ para el caso C, que el primer año con incrementos en la cuota del 1,00% para los próximos años.

Publicidad

Es importante dar a conocer el servicio, y las actividades que se pueden ofrecer, para ello se destina una partida para este tipo de gastos. Se establecen 500,00€ en publicidad en el primer año de negocio para los casos A y B, y de 100,00€ para el caso C, reduciendo el presupuesto en un 2% anual.

Mantenimiento y otros costes

Este apartado incluye los pequeños gastos que se deriven de reparaciones, sustituciones de piezas, incidencias e imprevistos. Se suele estimar un porcentaje de entre el 5% y el 10% (para los 3 casos se ha considerado un 8%) sobre el presupuesto de los activos inmovilizados materiales, con un incremento anual del 1,5%, debido a un uso acumulado cada vez mayor de los bienes utilizados.

Instalaciones técnicas y otro inmovilizado material

En este grupo se incluyen los costes de adquisición de equipos y materiales necesarios para el adecuado desarrollo de los servicios ofrecidos, y su renovación.

Se han estimado unos gastos de 338,75,00€ anuales en los casos A y B, y de 106,25€ para el caso C para el primer año de explotación incrementándose un 0,5% anualmente.

Gastos Bancarios

Incluye los gastos que se generen por transferencias y comisiones.

9.6.8 Amortización

En esta sección se distinguen los gastos generales y los gastos amortizables en un periodo de tiempo determinado. La amortización total se compone de los gastos de los elementos amortizados (maquinaria, instalaciones, mobiliario y equipos informáticos). Teniendo en cuenta la vida útil de cada grupo, se ha seguido el método lineal de amortización. Algunas amortizaciones tienen una vida útil más corta que otras, por lo que al acabarse su vida útil, se procede a adquirir nuevos.

9.6.9 Ingresos

Se han considerado diversas opciones de ingresos a parte de la principal, que es el prestar el servicio de detección de gases de los buques que entran y salen del Puerto de Barcelona al ente encargado del control de la contaminación. En este caso, la autoridad portuaria y la administración autonómica. Las otras opciones pueden ser trabajos de fotografía aérea, emergencias portuarias, apoyo en maniobras, publicidad (videos, imágenes,...) y otros.

Considerando la calidad del trabajo, los gastos a cubrir, la información que se puede obtener, y la comparativa con otras empresas que trabajan con drones, se ha establecido un precio inicial por servicio de detección de gas por cada buque en 25EUR, con un incremento anual aproximado a la inflación del 1%. Los precios del resto de servicios vienen establecidos en la tabla, y están acordes al mercado actual.

A		A	B	C										
A	AMORTIZACIONES	10	8	5										
	COSTES	AÑOS												
AMORT.	CONCEPTO	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Amortizable	No Amortizable
	Gastos Personal	Ingeniero técnico	16,800.00€	17,304.00€	17,823.12€	18,357.81€	18,908.55€	19,475.80€	20,060.08€	20,661.88€	21,281.74€	21,920.19€		192,593.17€
		Ayudante	12,000.00€	12,480.00€	12,979.20€	13,498.37€	14,038.30€	14,599.83€	15,183.83€	15,791.18€	16,422.83€	17,079.74€		144,073.29€
	Suministros	Electricidad	1,200.00€	1,218.00€	1,236.27€	1,254.81€	1,273.64€	1,292.74€	1,312.13€	1,331.81€	1,351.79€	1,372.07€		12,843.27€
		Seguro	2,000.00€	2,020.00€	2,040.20€	2,060.60€	2,081.21€	2,102.02€	2,123.04€	2,144.27€	2,165.71€	2,187.37€		20,924.43€
		Auditoria	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€		20,000.00€
		Gastos Bancarios	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€		1,000.00€
		Agua	240.00€	241.20€	242.41€	243.62€	244.84€	246.06€	247.29€	248.53€	249.77€	251.02€		2,454.73€
		Teléfono	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€		12,000.00€
	Alquiler	Local	12,000.00€	12,216.00€	12,435.89€	12,659.73€	12,887.61€	13,119.59€	13,355.74€	13,596.14€	13,840.87€	14,090.01€		130,201.58€
	Otros	Publicidad	500.00€	490.00€	480.20€	470.60€	461.18€	451.96€	442.92€	434.06€	425.38€	416.87€		4,573.18€
		Gasolina	1,500.00€	1,515.00€	1,530.15€	1,545.45€	1,560.91€	1,576.52€	1,592.28€	1,608.20€	1,624.29€	1,640.53€		15,693.32€
		Mantenimiento equipo y material	2,424.80€	2,461.17€	2,498.09€	2,535.56€	2,573.59€	2,612.20€	2,651.38€	2,691.15€	2,731.52€	2,772.49€		25,951.96€
A	Inmovilizado intangible	Registro Empresa	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	3,000.00€	
A		Marca patentada	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	1,200.00€	
A		Software Antivirus	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	1,000.00€	
A		Software Office	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	150.00€	
A		Software Windows	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	200.00€	
C	Equipo UAV	Sistema RPA S.A.E.4	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	7,540.00€	
C		Estabilizador de cámara y configuración	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	700.00€	
C		KIT baterías RPAS 10000MA	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	800.00€	
C		KIT cargador + fuente alimentación	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	700.00€	

C		Montaje y test	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	960.00€
C		Emisoras y configuración Sistema	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	900.00€
C		FPV/telemetría Y configuración	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	1,400.00€
A	Instrumental	Sensores Gas	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	1,500.00€
A		Cámara Térmica	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	4,000.00€
A		Cámara GoPro	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	200.00€
A	Recursos Informáticos	Ordenador	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	2,300.00€
A		Memoria	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	100.00€
A		Material Informático	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	300.00€
A	Vehículo	Coche	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	9,000.00€
B	Mobiliario y electrodomésticos		338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	3,387.50€
B	Taller		87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	875.00€
B	Reformas		125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	1,250.00€
		Gastos Previstos	51,964.80€	53,245.37€	54,565.52€	55,926.56€	57,329.82€	58,776.72€	60,268.69€	61,807.23€	63,393.90€	65,030.29€		
		Costes Amortizables	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	41,462.50€
														582,308.91€
														623,771.41€
													COSTES TOTALES	

Tabla 18. Costes y amortizaciones previstos (caso A)

B		AMORTIZACIONES	A	B	C										
COSTES		AÑOS	10	8	5										
AMORT.	CONCEPTO	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Amortizable	No Amortizable	
	Gastos Personal	Ingeniero técnico	16,800.00€	17,640.00€	18,522.00€	19,448.10€	20,420.51€	21,441.53€	22,513.61€	23,639.29€	24,821.25€	26,062.31€		211,308.59€	
		Ayudante	0.00€	0.00€	0.00€	12,000.00€	12,600.00€	13,230.00€	13,891.50€	14,586.08€	15,315.38€	16,081.15€		97,704.10€	
		Ayudante	12,000.00€	12,600.00€	13,230.00€	13,891.50€	14,586.08€	15,315.38€	16,081.15€	16,885.21€	17,729.47€	18,615.94€		150,934.71€	
	Suministros	Electricidad	1,200.00€	1,218.00€	1,236.27€	1,254.81€	1,273.64€	1,292.74€	1,312.13€	1,331.81€	1,351.79€	1,372.07€		12,843.27€	
		Seguro	2,000.00€	2,020.00€	2,040.20€	2,060.60€	2,081.21€	2,102.02€	2,123.04€	2,144.27€	2,165.71€	2,187.37€		20,924.43€	
		Auditoria	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€		20,000.00€	
		Gastos Bancarios	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€		1,000.00€	
		Agua	240.00€	241.20€	242.41€	243.62€	244.84€	246.06€	247.29€	248.53€	249.77€	251.02€		2,454.73€	
		Teléfono	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€	1,200.00€		12,000.00€	
	Alquiler	Local	12,000.00€	12,216.00€	12,435.89€	12,659.73€	12,887.61€	13,119.59€	13,355.74€	13,596.14€	13,840.87€	14,090.01€		130,201.58€	
	Otros	Publicidad	500.00€	490.00€	480.20€	470.60€	461.18€	451.96€	442.92€	434.06€	425.38€	416.87€		4,573.18€	
		Gasolina	1,500.00€	1,515.00€	1,530.15€	1,545.45€	1,560.91€	1,576.52€	1,592.28€	1,608.20€	1,624.29€	1,640.53€		15,693.32€	
		Mantenimiento equipo y material	2,424.80€	2,461.17€	2,498.09€	2,535.56€	2,573.59€	2,612.20€	2,651.38€	2,691.15€	2,731.52€	2,772.49€		25,951.96€	
A	Inmovilizado intangible	Registro Empresa	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	300.00€	3,000.00€		
A		Marca patentada	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	120.00€	1,200.00€		
A		Software Antivirus	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	100.00€	1,000.00€		
A		Software Office	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	15.00€	150.00€		
A		Software Windows	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	200.00€		
C	Equipo UAV	Sistema RPA S.A.E.4	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	7,540.00€		
C		Estabilizador de cámara y configuración	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	700.00€		
C		KIT baterías RPAS 10000MA	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	800.00€		
C		KIT cargador + fuente	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	700.00€		

C		alimentación												
C		Montaje y test	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	960.00€
C		Emisoras y configuración Sistema	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	900.00€
C		FPV/telemetría Y configuración	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	1,400.00€
A	Instrumental	Sensores Gas	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	1,500.00€
A		Cámara Térmica	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	4,000.00€
A		Cámara GoPro	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	200.00€
A	Recursos Informáticos	Ordenador	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	2,300.00€
A		Memoria	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	100.00€
A		Material Informático	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	300.00€
A	Vehículo	Coche	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	9,000.00€
B	Mobiliario y electrodomésticos		338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	338.75€	3,387.50€
B	Taller		87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	875.00€
B	Reformas		125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	1,250.00€
		Gastos Previstos	51,964.80€	53,701.37€	55,515.20€	69,409.98€	71,989.55€	74,687.99€	77,511.04€	80,464.74€	83,555.43€	86,789.76€		
		Costes Amortizables	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	4,146.25€	41,462.50€
													705,589.86€	
													COSTES TOTALES	747,052.36€

Tabla 19. Costes y amortización previstos (caso B)

C COSTES		AMORTIZACIONES													
		A	B	C											
		AÑOS	10	8	5										
AMORT	CONCEPTO	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Amortizable	No Amortizable	
	Gastos Personal	Beca Doctorado 1	13,200.00€	13,464.00€	13,733.28€	14,007.95€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		54,405.23€	
		Beca Doctorado 2	0.00€	0.00€	0.00€	14,007.95€	14,288.10€	14,573.87€	14,865.34€	0.00€	0.00€	0.00€		57,735.26€	
		Beca Doctorado 3	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	14,865.34€	15,162.65€	15,465.90€	15,775.22€		61,269.12€	
		Beca Ayuda Estudio	7,200.00€	7,344.00€	7,490.88€	7,640.70€	7,793.51€	7,949.38€	8,108.37€	8,270.54€	8,435.95€	8,604.67€		78,837.99€	
		Beca Ayuda Estudio	7,200.00€	7,344.00€	7,490.88€	7,640.70€	7,793.51€	7,949.38€	8,108.37€	8,270.54€	8,435.95€	8,604.67€		78,837.99€	
	Suministros	Electricidad	600.00€	609.00€	618.14€	627.41€	636.82€	646.37€	656.07€	665.91€	675.90€	686.03€		6,421.63€	
		Seguro	1,500.00€	1,515.00€	1,530.15€	1,545.45€	1,560.91€	1,576.52€	1,592.28€	1,608.20€	1,624.29€	1,640.53€		15,693.32€	
		Auditoria	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€	2,000.00€		20,000.00€	
		Gastos Bancarios	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€	50.00€		500.00€	
		Agua	150.00€	150.75€	151.50€	152.26€	153.02€	153.79€	154.56€	155.33€	156.11€	156.89€		1,534.20€	
		Teléfono	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€	1,000.00€		10,000.00€	
	Alquiler	Local	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		0.00€	
	Otros	Publicidad	100.00€	98.00€	96.04€	94.12€	92.24€	90.39€	88.58€	86.81€	85.08€	83.37€		914.64€	
		Gasolina	1,500.00€	1,515.00€	1,530.15€	1,545.45€	1,560.91€	1,576.52€	1,592.28€	1,608.20€	1,624.29€	1,640.53€		15,693.32€	
		Mantenimiento equipo y material	2,036.00€	2,066.54€	2,097.54€	2,129.00€	2,160.94€	2,193.35€	2,226.25€	2,259.64€	2,293.54€	2,327.94€		21,790.74€	
A	Inmovilizado intangible	Registro Empresa	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		
A		Marca patentada	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		
A		Software Antivirus	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		
A		Software Office	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		
A		Software Windows	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€	0.00€		
C	Equipo UAV	Sistema RPA S.A.E.4	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	754.00€	7,540.00€		
C		Estabilizador de cámara y configuración	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	700.00€		
C		KIT baterías RPAS 10000MA	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	80.00€	800.00€		

C		KIT cargador + fuente alimentación	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	70.00€	700.00€
C		Montaje y test	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	96.00€	960.00€
C		Emisoras y configuración Sistema	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	90.00€	900.00€
C		FPV/telemetría Y configuración	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	140.00€	1,400.00€
A	Instrumental	Sensores Gas	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	150.00€	1,500.00€
A		Cámara Térmica	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	400.00€	4,000.00€
A		Cámara GoPro	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	20.00€	200.00€
A	Recursos Informáticos	Ordenador	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	230.00€	2,300.00€
A		Memoria	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	10.00€	100.00€
A		Material Informático	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	30.00€	300.00€
A	Vehículo	Coche	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	900.00€	9,000.00€
B	Mobiliario y electrodom.		106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	106.25€	1,062.50€
B	Taller		87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	87.50€	875.00€
B	Reformas		125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	125.00€	1,250.00€
		Gastos Previstos	36,536.00€	37,156.29€	37,788.56€	52,440.98€	39,089.95€	39,759.56€	55,307.44€	41,137.82€	41,846.99€	42,569.85€		
		Costes Amortizables	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	3,358.75€	33,587.50€
													423,633.44€	
COSTES TOTALES													457,220.94€	

Tabla 20. Costes y amortizaciones (caso C)

9.7 Resultado del plan económico

El plan económico establece una estimación general de la viabilidad del proyecto como empresa a 10 años, ofreciendo un servicio al puerto, y generando ingresos extra a través de actividades complementarias, con una inversión inicial de 40.010€ para los casos A y B, y de 29.050€ para el caso C, considerando que se trata de un ente correspondiente o con relación a la universidad y/o al puerto.

Los distintos datos obtenidos se han descrito en las tablas, el plan inicial de inversiones-costes (Tabla 10) (Tabla 11) (Tabla 12) (Tabla 13), los balances iniciales (Tabla 14) (Tabla 15), los préstamos bancarios (Tabla 16)(Tabla 17), los costes y amortizaciones previstas (varia entre 5, 8 y 10 años) (Tabla 18)(Tabla 19)(Tabla 20), los ingresos (Tabla 21) (Tabla 24) (Tabla 27), y el flujo de caja (Tabla 22) (Tabla 25) (Tabla 28) para cada caso.

La inflación prevista, que depende del incremento de los precios durante un determinado período de tiempo, la variación de costes, y el aumento de salarios, se han añadido en la tabla de costes y amortización, y dependiendo de los bienes y servicios, se han estimado valores de aumento anuales de entre el 0.5% y el 5%.

Se ha establecido una tasa de descuento del 10% para calcular el VPN de los casos A y B, y del 5% para el caso C. La consideración de factores son los siguientes:

- x Un riesgo medio en el proyecto en los casos A y B, y moderado en el caso C porque se trata de un desarrollo a nivel local, con conocimiento de los entes y el sector, pero expuesto a leyes europeas e internacionales, que pueden dificultar en algunos casos la optimización de las operaciones.
- x Una inversión inicial moderada con bienes que mantienen bien su valor inicial a corto-medio plazo.
- x Se entiende que el proyecto tiene apoyo del Puerto de Barcelona y en el caso C, de la universidad, en caso contrario no hay posibilidad de desarrollarlo. Esto disminuye drásticamente el riesgo externo, y lo centra en la buena práctica económica y de organización, a nivel interno.

Se comentan a continuación los resultados obtenidos sobre los distintos puntos descritos teóricamente en el plan económico.

9.7.1 Caso Desfavorable A

Los costes totales previstos a 10 años ascienden a 623.771,41€, con una estimación anual de entre 51.964,80€ el primer año, hasta los 65.030,29€ el décimo.

Los ingresos también varían, estimando que los primeros años, son años de adaptación, y las operaciones conllevarán más tiempo e imprecisión. Ello establece que el volumen de buques analizado vaya aumentando año tras año (sobre el volumen total anual estimado en 8000 buques/año), empezando por porcentajes del 20% (1.600 buques/año) inicial, hasta el 47% (3.760 buques/año) del total el décimo año. El global de ingresos previstos en los 10 años asciende a 763.009,37€.

El flujo de caja o cash flow, indicador de la fortaleza de la empresa, indica un incremento anual, con números negativos durante el período inicial, que debería resolverse aumentando el crédito, o

aparcando alguna inversión o gasto inicial, para los años siguientes. Esto permitiría rentabilidad a la empresa, y considerarlo como gastos amortizables a medio-largo plazo. El cash flow total acumulado en el período del plan económico es de 136.008,47€

El plazo de recuperación de la inversión, como se puede ver en el gráfico (Ilustración 34), se puede establecer cuando el VPN pasa de ser negativo a ser positivo, ya que en él se incluyen todas las variables de incertidumbre e inversión inicial. En este caso, se considera que la inversión se recupera a mediados del octavo año.

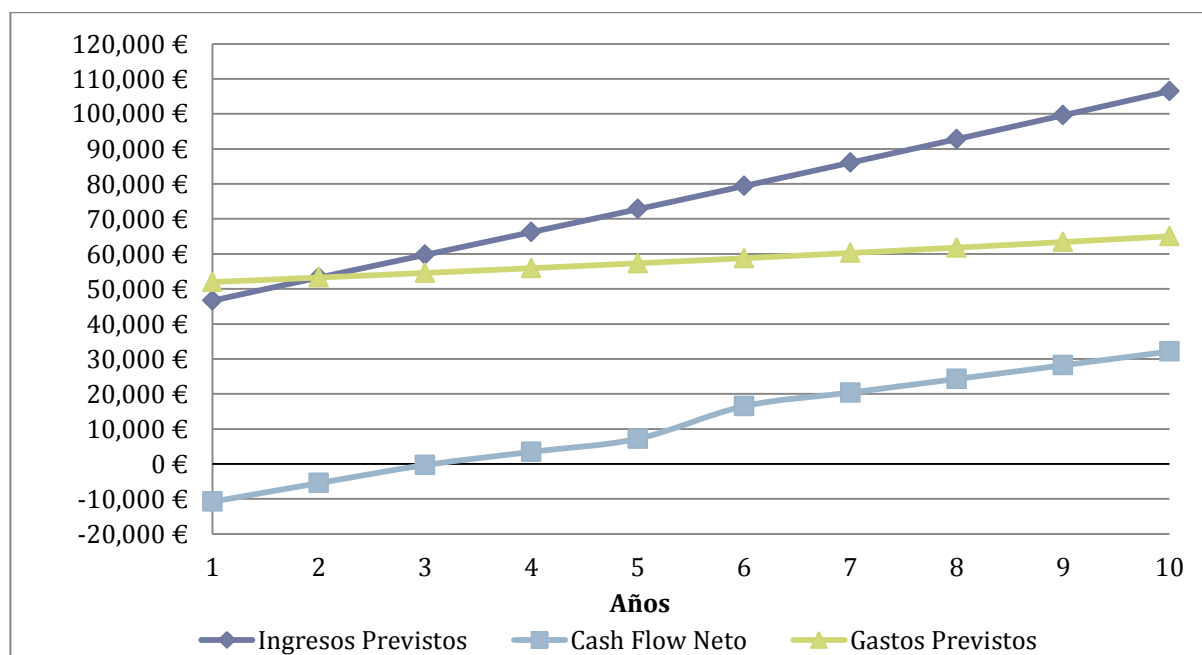
El ratio beneficio-inversión (ROI) resulta de dividir la caja, respecto a la inversión. En este caso 97.605,55€ entre 40.010,00€, que resulta un ROI = 2,44.

La tasa interna de retorno (TIR), por la que los flujos de caja son agravados o descontados en un punto común en el tiempo, donde el valor presente neto (VPN) de caja es nulo, resulta TIR=0.21

El valor presente neto (VAN o VPN) acumulado a 10 años, con la tasa de interés elegida del 10%, es igual a 29.738,89€.

Por último, el índice de rentabilidad (IR), que mide los cobros por cada unidad monetaria invertida, es igual al VPN dividido por la inversión, es decir, 29.738,89€ entre 40.010,00€, que resulta con un IR= 0,74. Dado que el caso A es el menos favorable, dónde sin considerar reducir costes, se han reducido los ingresos ampliamente, es normal este valor inferior a 1. Lo que refleja, es que invertir en este proyecto aporta beneficios inferiores a la unidad, por cada unidad invertida en él.

En los siguientes gráficos (Ilustración 34) se reflejan los valores más interesantes que se han descrito y mostrado en las tablas, para el caso menos favorable de los tres que se discuten. Se puede ver la tendencia creciente de ingresos y gastos, así como la dificultad del VPN para recuperarse en los primeros 5-6 años, generado por una importante inversión inicial, con gastos anuales elevados, y un incremento lento de los beneficios.



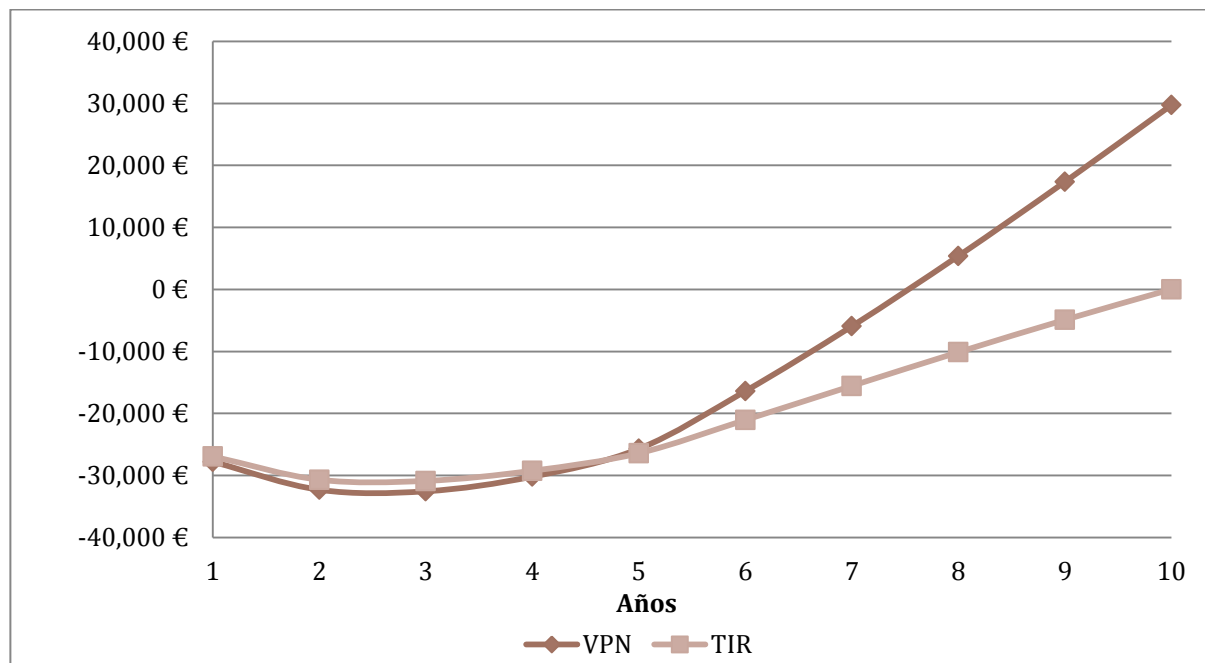


Ilustración 34. Gráfico de estimación de Ingresos, Gastos y Flujo de caja en la parte superior. En la parte inferior se estima la evolución del VAN y el TIR (caso A)

INGRESOS											Caso A.1
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A. Control Buques sobre total (8000)	20%	23.00%	26.00%	29.00%	32.00%	35.00%	38.00%	41.00%	44.00%	47.00%	
B. Precio por operación	25.00€	25.02€	25.04€	25.06€	25.08€	25.10€	25.12€	25.14€	25.16€	25.18€	
Operación control emisión de gases	40,000.00€	46,036.80€	52,083.20€	58,139.20€	64,204.80€	70,280.00€	76,364.80€	82,459.20€	88,563.20€	94,676.80€	672,808.00€
Fotografía aérea	1,560.00€	1,716.00€	1,887.60€	2,076.36€	2,284.00€	2,512.40€	2,763.64€	3,040.00€	3,344.00€	3,678.40€	24,862.38€
Emergencias portuarias	800.00€	816.00€	832.32€	848.97€	865.95€	883.26€	900.93€	918.95€	937.33€	956.07€	8,759.78€
Apoyo en maniobras	1,500.00€	1,650.00€	1,815.00€	1,996.50€	2,196.15€	2,415.77€	2,657.34€	2,923.08€	3,215.38€	3,536.92€	23,906.14€
Publicidad (videos, imágenes,...)	800.00€	840.00€	882.00€	926.10€	972.41€	1,021.03€	1,072.08€	1,125.68€	1,181.96€	1,241.06€	10,062.31€
Otros	2,000.00€	2,200.00€	2,222.00€	2,244.22€	2,266.66€	2,289.33€	2,312.22€	2,335.34€	2,358.70€	2,382.28€	22,610.76€
Ingresos Previstos	46,660.00€	53,258.80€	59,722.12€	66,231.35€	72,789.96€	79,401.78€	86,071.01€	92,802.25€	99,600.57€	106,471.54€	763,009.37€

Tabla 21. Ingresos estimados para el caso A

CASH FLOW TOTAL											Caso A.2	
Año	Ingresos Previstos	Intereses Préstamo	Costes	Amortización	Costes Totales	Beneficio Previsto	25% Impuesto Sociedades	Beneficio Neto	Cash Flow	Inversiones -18,000.00 €	Devolución Préstamo	Cash Flow Neto -18,000.00 €
1	46,660.00€	1,822.42€	51,964.80€	4,146.25€	57,933.47€	-11,273.47€	0.00€	-11,273.47€	-7,127.22€		-3,653.90€	-10,781.12€
2	53,258.80€	1,481.64€	53,245.37€	4,146.25€	58,873.27€	-5,614.47€	0.00€	-5,614.47€	-1,468.22€		-3,994.68€	-5,462.89€
3	59,722.12€	1,109.08€	54,565.52€	4,146.25€	59,820.86€	-98.74€	0.00€	-98.74€	4,047.51€		-4,367.24€	-319.72€
4	66,231.35€	701.78€	55,926.56€	4,146.25€	60,774.59€	5,456.76€	1,364.19€	4,092.57€	8,238.82€		-4,774.54€	3,464.28€
5	72,789.96€	256.48€	57,329.82€	4,146.25€	61,732.56€	11,057.40€	2,764.35€	8,293.05€	12,439.30€		-5,219.84€	7,219.46€
6	79,401.78€	-€	58,776.72€	4,146.25€	62,922.97€	16,478.81€	4,119.70€	12,359.11€	16,505.36€			16,505.36€
7	86,071.01€	-€	60,268.69€	4,146.25€	64,414.94€	21,656.06€	5,414.02€	16,242.05€	20,388.30€			20,388.30€
8	92,802.25€	-€	61,807.23€	4,146.25€	65,953.48€	26,848.76€	6,712.19€	20,136.57€	24,282.82€			24,282.82€
9	99,600.57€	-€	63,393.90€	4,146.25€	67,540.15€	32,060.42€	8,015.11€	24,045.32€	28,191.57€			28,191.57€
10	106,471.54€	-€	65,030.29€	4,146.25€	69,176.54€	37,295.00€	9,323.75€	27,971.25€	32,117.50€			32,117.50€
											TOTAL	97,605.55€

Tabla 22. Cash Flow estimado el caso A

VALOR PROYECTO - VPN											Caso A.3
n	Vida útil proyecto	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
-lo	Flujo caja anual	-10781.12	-5462.89	-319.72	3464.28	7219.46	16505.36	20388.30	24282.82	28191.57	32117.50
	Inversión inicial	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00
Vt	Flujo caja acumulada	-10781.12	-16244.01	-16563.74	-13099.46	-5879.99	10625.36	31013.66	55296.48	83488.05	115605.55
K	Tasa de descuento	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Sumatorio	-9801.02	-4514.79	-240.21	2366.15	4482.72	9316.84	10462.42	11328.12	11955.98	12382.69
	VPN	-27801.02	-32315.80	-32556.02	-30189.87	-25707.15	-16390.31	-5927.89	5400.23	17356.21	29738.89
	TIR (%)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	Sumatorio	-8939.57	-3756.02	-182.28	1637.66	2829.88	5364.65	5494.77	5426.51	5223.88	4934.79
	TIR	-26939.57	-30695.59	-30877.87	-29240.21	-26410.33	-21045.68	-15550.91	-10124.39	-4900.51	34.28

Tabla 23. Valor del proyecto y del Valor Presente Neto para el caso A

9.7.2 Caso Favorable B

Los costes totales previstos a 10 años ascienden a 747.052,36€, con una estimación anual de entre 51.964,8€ el primer año, hasta los 86.789,76€ el décimo. Este incremento respecto al caso no favorable, se debe a la estimación de incorporar nueva plantilla para dar apoyo al incremento de actividad. En este caso, los beneficios generados se podrían invertir en adquirir nuevos bienes que permitan aumentar el número de operaciones diarias.

Los ingresos también varían, estimando que los primeros años, como en el caso anterior, son años de adaptación, y las operaciones conllevarán más tiempo e imprecisión. Ello establece que el volumen de buques analizado vaya aumentando año tras año (sobre el volumen total anual estimado en 8000 buques/año), pero esta vez con una mayor exigencia, empezando por porcentajes del 30% (2.400 buques/año) inicial, hasta el 75% (6.000 buques/año) del total el décimo año. El global de ingresos previstos en los 10 años asciende a 1.144.641,37€.

El cash flow total acumulado en el período del plan económico es de 295.615,51 €

El plazo de recuperación de la inversión, como se puede ver en el gráfico (Ilustración 35), se puede establecer cuando el VPN pasa de ser negativo a ser positivo, ya que en él se incluyen todas las variables de incertidumbre e inversión inicial. En este caso, se considera que la inversión se recupera al final del tercer año.

El ratio beneficio-inversión (ROI) resulta de dividir la caja, respecto a la inversión. En este caso 295.615,51 € entre 40.010,00€, que resulta un ROI = 7.4.

La tasa interna de retorno (TIR), por la que los flujos de caja son agravados o descontados en un punto común en el tiempo, donde el valor presente neto (VPN) de caja es nulo, resulta TIR=0.77

El valor presente neto (VAN o VPN) acumulado a 10 años, con la tasa de interés elegida del 10%, es igual a 147.761,27€.

Por último, el índice de rentabilidad (IR), que mide los cobros por cada unidad monetaria invertida, es 147.761,27€ entre 40.010,00€, igual a un IR= 3,70. Este caso reporta unos ingresos mayores, y un cash flow positivo, permitiendo rentabilidad prácticamente desde el principio. Lo que refleja, es que en este caso es aconsejable invertir en este proyecto.

En los siguientes gráficos (Ilustración 35) se reflejan los valores más interesantes que se han descrito y mostrado en las tablas, para el caso B. Se puede ver la tendencia creciente de ingresos y gastos, así como el crecimiento del VPN desde el primer año.

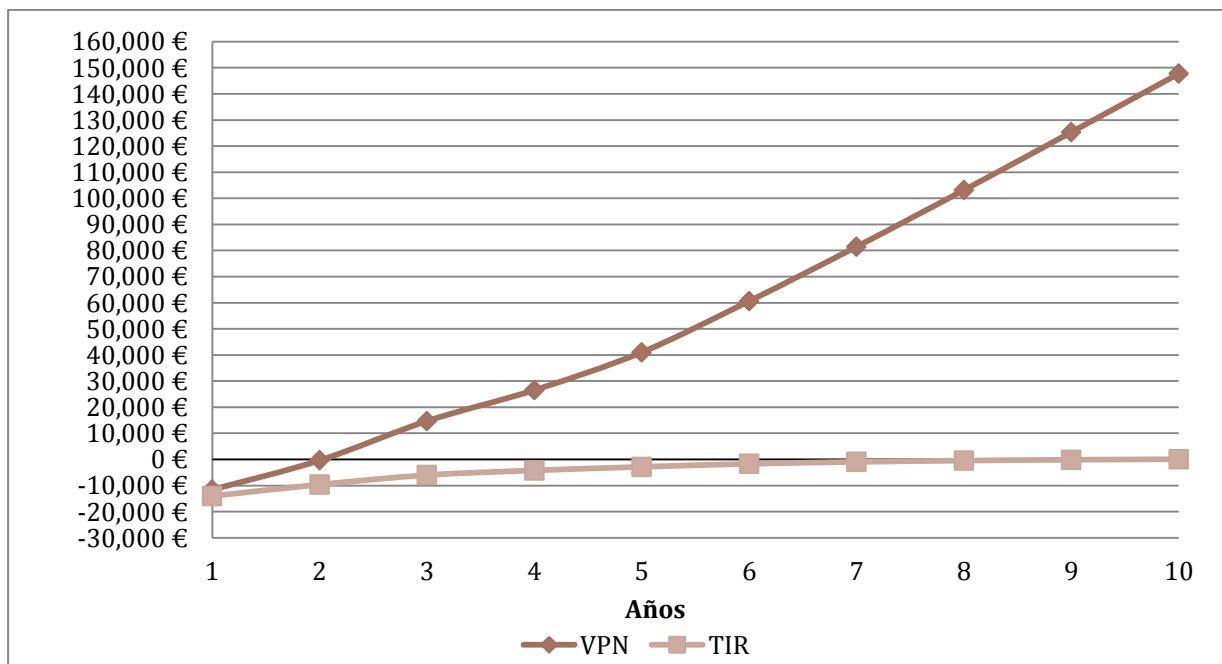
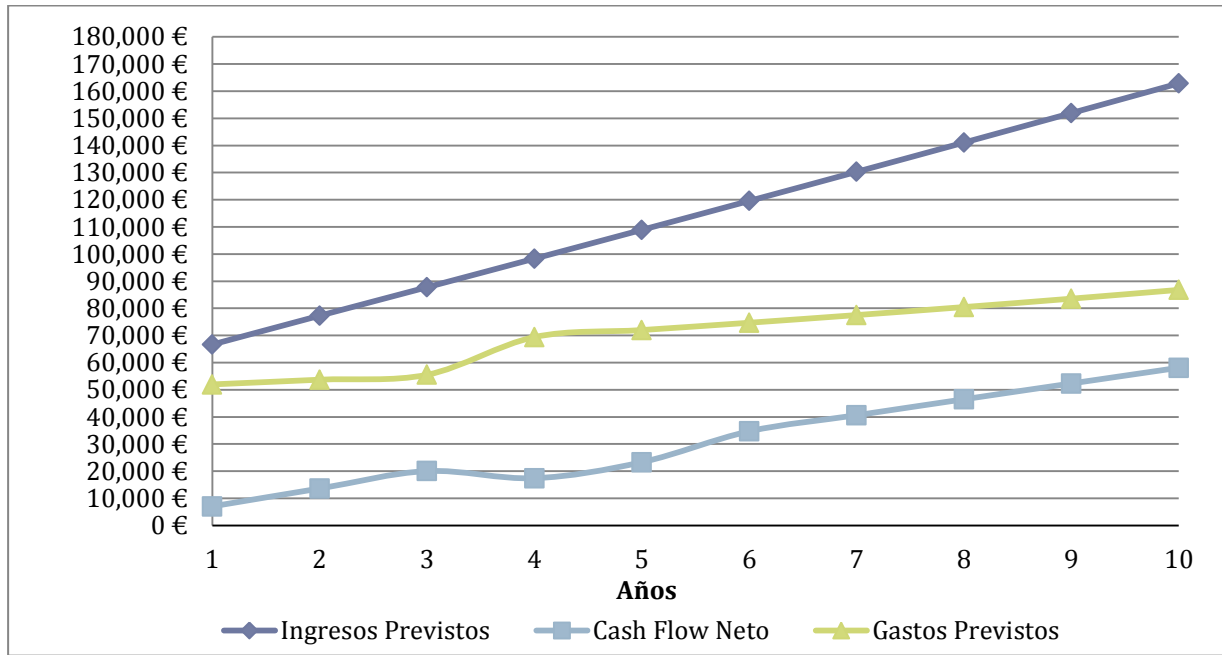


Ilustración 35. Gráfico de estimación de Ingresos, Gastos y Flujo de caja en la parte superior. En la parte inferior se estima la evolución del VAN y el TIR (caso B)

INGRESOS											Caso B.1
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A. Control Buques sobre total (8000)	30%	35.00%	40.00%	45.00%	50.00%	55.00%	60.00%	65.00%	70.00%	75.00%	
B. Precio por operación	25.00€	25.02€	25.04€	25.06€	25.08€	25.10€	25.12€	25.14€	25.16€	25.18€	
Operación control emisión de gases	60,000.00€	70,056.00€	80,128.00€	90,216.00€	100,320.00€	110,440.00€	120,576.00€	130,728.00€	140,896.00€	151,080.00€	1,054,440.00€
Fotografía aérea	1,560.00€	1,716.00€	1,887.60€	2,076.36€	2,284.00€	2,512.40€	2,763.64€	3,040.00€	3,344.00€	3,678.40€	24,862.38€
Emergencias portuarias	800.00€	816.00€	832.32€	848.97€	865.95€	883.26€	900.93€	918.95€	937.33€	956.07€	8,759.78€
Apoyo en maniobras	1,500.00€	1,650.00€	1,815.00€	1,996.50€	2,196.15€	2,415.77€	2,657.34€	2,923.08€	3,215.38€	3,536.92€	23,906.14€
Publicidad (videos, imágenes,...)	800.00€	840.00€	882.00€	926.10€	972.41€	1,021.03€	1,072.08€	1,125.68€	1,181.96€	1,241.06€	10,062.31€
Otros	2,000.00€	2,200.00€	2,222.00€	2,244.22€	2,266.66€	2,289.33€	2,312.22€	2,335.34€	2,358.70€	2,382.28€	22,610.76€
Ingresos Previstos	66,660.00€	77,278.00€	87,766.92€	98,308.15€	108,905.16€	119,561.78€	130,282.21€	141,071.05€	151,933.37€	162,874.74€	1,144,641.37€

Tabla 24. Ingresos estimados para el caso B

CASH FLOW TOTAL											Caso B.2	
Año	Ingresos Previstos	Intereses Préstamo	Costes	Amortización	Costes Totales	Beneficio Previsto	25% Impuesto Sociedades	Beneficio Neto	Cash Flow	Inversiones -18,000.00 €	Devolución Préstamo	Cash Flow Neto -18,000.00 €
1	66,660.00€	1,822.42€	51,964.80€	4,146.25€	57,933.47€	8,726.53€	2,181.63€	6,544.90€	10,691.15€		-3,653.90€	7,037.25€
2	77,278.00€	1,481.64€	53,701.37€	4,146.25€	59,329.27€	17,948.73€	4,487.18€	13,461.55€	17,607.80€		-3,994.68€	13,613.12€
3	87,766.92€	1,109.08€	55,515.20€	4,146.25€	60,770.54€	26,996.38€	6,749.10€	20,247.29€	24,393.54€		-4,367.24€	20,026.30€
4	98,308.15€	701.78€	69,409.98€	4,146.25€	74,258.00€	24,050.14€	6,012.54€	18,037.61€	22,183.86€		-4,774.54€	17,409.31€
5	108,905.16€	256.48€	71,989.55€	4,146.25€	76,392.29€	32,512.87€	8,128.22€	24,384.65€	28,530.90€		-5,219.84€	23,311.07€
6	119,561.78€	-€	74,687.99€	4,146.25€	78,834.24€	40,727.54€	10,181.88€	30,545.65€	34,691.90€			34,691.90€
7	130,282.21€	-€	77,511.04€	4,146.25€	81,657.29€	48,624.92€	12,156.23€	36,468.69€	40,614.94€			40,614.94€
8	141,071.05€	-€	80,464.74€	4,146.25€	84,610.99€	56,460.06€	14,115.01€	42,345.04€	46,491.29€			46,491.29€
9	151,933.37€	-€	83,555.43€	4,146.25€	87,701.68€	64,231.69€	16,057.92€	48,173.77€	52,320.02€			52,320.02€
10	162,874.74€	-€	86,789.76€	4,146.25€	90,936.01€	71,938.73€	17,984.68€	53,954.05€	58,100.30€			58,100.30€
											TOTAL	295,615.51€

Tabla 25. Cash Flow estimado para el caso B

VALOR PROYECTO - VPN											Caso B.3
n	Vida útil proyecto	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
	Flujo caja anual	7037.25	13613.12	20026.30	17409.31	23311.07	34691.90	40614.94	46491.29	52320.02	58100.30
-lo	Inversión inicial	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00
Vt	Flujo caja acumulada	7037.25	20650.37	40676.67	58085.99	81397.05	116088.96	156703.90	203195.19	255515.21	313615.51
K	Tasa de descuento	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Sumatorio	6397.50	11250.52	15046.06	11890.80	14474.34	19582.68	20841.88	21688.53	22188.80	22400.18
	VPN	-11602.50	-351.99	14694.07	26584.87	41059.20	60641.88	81483.77	103172.30	125361.09	147761.27
	TIR (%)	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
	Sumatorio	3987.11	4369.87	3642.22	1793.92	1360.94	1147.52	761.15	493.64	314.75	198.03
	TIR	-14012.89	-9643.02	-6000.80	-4206.88	-2845.94	-1698.42	-937.27	-443.62	-128.87	69.16

Tabla 26. Valor del proyecto y del Valor Presente Neto para el caso B

9.7.3 Caso Universidad-Empresa C

Este caso es especial, porque trata un mixto universidad-empresa, con la idea de generar un proyecto autosuficiente, sin intención de ánimo de lucro. Lo que convierte los beneficios que se puedan generar, en reinversiones para I+D.

La inversión inicial se ha reducido a 29.050,00€, así como los costes totales previstos a 10 años, ya que se presume cierta sinergia para el desarrollo y la disponibilidad de instalaciones y apoyo logístico, con la universidad y el puerto. Los costes ascienden a 457.220,94€, con una estimación anual de entre 36.536,00€ el primer año, hasta los 42.569,85€ el décimo.

Los ingresos también varían, estimando que los primeros años, como en el caso anterior, son años de adaptación, y las operaciones conllevarán más tiempo e imprecisión. Ello establece que el volumen de buques analizado vaya aumentando año tras año (sobre el volumen total anual estimado en 8000 buques/año), empezando por porcentajes del 20% (1.600 buques/año) inicial, hasta el 38% (3.760 buques/año) del total el décimo año. El global de ingresos previstos en los 10 años asciende a 661.247,99€.

El cash flow neto total acumulado en el período del plan económico es de 151.293,90€

El plazo de recuperación de la inversión, como se puede ver en el gráfico, se puede establecer cuando el VPN pasa de ser negativo a ser positivo, ya que en él se incluyen todas las variables de incertidumbre e inversión inicial. En este caso, teniendo en consideración una disminución del riesgo a la inversión, con una disminución del factor de descuento del 10% al 5%, se considera que la inversión se recupera a finales del tercer año.

El ratio beneficio-inversión (ROI) resulta de dividir la caja, respecto a la inversión. En este caso 151.293,90€ entre 29.050,00€, que resulta un ROI = 5,21.

La tasa interna de retorno (TIR), por la que los flujos de caja son agravados o descontados en un punto común en el tiempo, donde el valor presente neto (VPN) de caja es nulo, resulta TIR=0.48

El valor presente neto (VAN o VPN) acumulado a 10 años, con la tasa de interés elegida del 10%, es igual a 102.149,00€.

Por último, el índice de rentabilidad (IR), que mide los cobros por cada unidad monetaria invertida, es 102.149,00€ entre 29.050,00€, igual a un IR= 3.51. Lo que refleja es que en este caso también puede ser interesante desarrollar este proyecto.

En los siguientes gráficos (Ilustración 36) se reflejan los valores que se han descrito y mostrado en las tablas, para el caso C. Se puede ver la tendencia creciente de ingresos y gastos, así como el crecimiento del VPN desde el primer año. Nótese un comportamiento particular en los gastos. Esto es debido a que se ha diseñado con la intención de que los que llevan a cabo el proyecto puedan ser estudiantes de doctorado y alumnos becados. Esto requiere un cierto solape entre años que generen un flujo de trabajo que optimice y mejore los resultados anteriores sucesivamente, y repercuta en el “knowhow”. Esto genera picos de gastos, destinados principalmente a las becas. Todos los conceptos están desgranados en las tablas siguientes, y se puede analizar detalladamente.

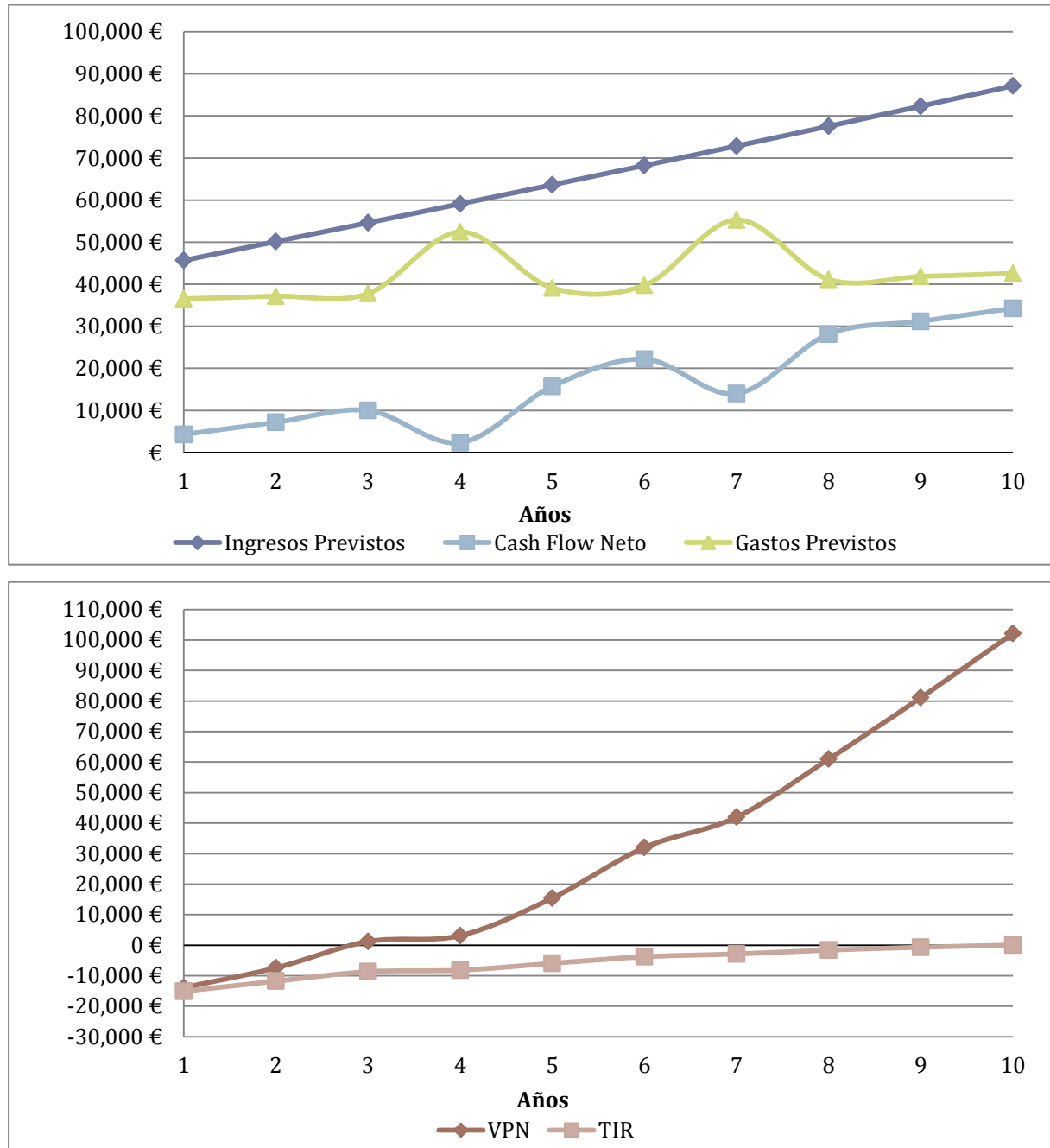


Ilustración 36. Gráfico de estimación de Ingresos, Gastos y Flujo de caja en la parte superior. En la parte inferior se estima la evolución del VAN y el TIR (caso C)

INGRESOS											Caso C.1
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A. Control Buques sobre total (8000)	20%	22.00%	24.00%	26.00%	28.00%	30.00%	32.00%	34.00%	36.00%	38.00%	
B. Precio por operación	25.00 €	25.02 €	25.04 €	25.06 €	25.08 €	25.10 €	25.12 €	25.14 €	25.16 €	25.18 €	
Operación control emisión de gases	40,000.00 €	44,035.20 €	48,076.80 €	52,124.80 €	56,179.20 €	60,240.00 €	64,307.20 €	68,380.80 €	72,460.80 €	76,547.20 €	582,352.00 €
Fotografía aérea	1,560.00 €	1,716.00 €	1,887.60 €	2,076.36 €	2,284.00 €	2,512.40 €	2,763.64 €	3,040.00 €	3,344.00 €	3,678.40 €	24,862.38 €
Emergencias portuarias	800.00 €	816.00 €	832.32 €	848.97 €	865.95 €	883.26 €	900.93 €	918.95 €	937.33 €	956.07 €	8,759.78 €
Apoyo en maniobras	1,500.00 €	1,650.00 €	1,815.00 €	1,996.50 €	2,196.15 €	2,415.77 €	2,657.34 €	2,923.08 €	3,215.38 €	3,536.92 €	23,906.14 €
Publicidad (videos, imágenes,...)	800.00 €	840.00 €	882.00 €	926.10 €	972.41 €	1,021.03 €	1,072.08 €	1,125.68 €	1,181.96 €	1,241.06 €	10,062.31 €
Otros	1,000.00 €	1,100.00 €	1,111.00 €	1,122.11 €	1,133.33 €	1,144.66 €	1,156.11 €	1,167.67 €	1,179.35 €	1,191.14 €	11,305.38 €
Ingresos Previstos	45,660.00 €	50,157.20 €	54,604.72 €	59,094.84 €	63,631.03 €	68,217.11 €	72,857.29 €	77,556.18 €	82,318.82 €	87,150.80 €	661,247.99 €

Tabla 27. Ingresos estimados para el caso C

CASH FLOW TOTAL											Caso C.2	
Año	Ingresos Previstos	Intereses Préstamo	Costes	Amortización	Costes Totales	Beneficio Previsto	25% Impuesto Sociedades	Beneficio Neto	Cash Flow	Inversiones -18,000.00 €	Devolución Préstamo	Cash Flow Neto -18,000.00 €
1	45,660.00€	588.14€	36,536.00€	3,358.75€	40,482.89€	5,177.11€	1,294.28€	3,882.83€	7,241.58€		-2,958.89€	4,282.69€
2	50,157.20€	467.60€	37,156.29€	3,358.75€	40,982.64€	9,174.56€	2,293.64€	6,880.92€	10,239.67€		-3,079.44€	7,160.24€
3	54,604.72€	342.13€	37,788.56€	3,358.75€	41,489.44€	13,115.28€	3,278.82€	9,836.46€	13,195.21€		-3,204.90€	9,990.31€
4	59,094.84€	211.56€	52,440.98€	3,358.75€	56,011.29€	3,083.55€	770.89€	2,312.66€	5,671.41€		-3,335.47€	2,335.94€
5	63,631.03€	75.67€	39,089.95€	3,358.75€	42,524.37€	21,106.65€	5,276.66€	15,829.99€	19,188.74€		-3,471.36€	15,717.38€
6	68,217.11€	-€	39,759.56€	3,358.75€	43,118.31€	25,098.80€	6,274.70€	18,824.10€	22,182.85€			22,182.85€
7	72,857.29€	-€	55,307.44€	3,358.75€	58,666.19€	14,191.10€	3,547.77€	10,643.32€	14,002.07€			14,002.07€
8	77,556.18€	-€	41,137.82€	3,358.75€	44,496.57€	33,059.60€	8,264.90€	24,794.70€	28,153.45€			28,153.45€
9	82,318.82€	-€	41,846.99€	3,358.75€	45,205.74€	37,113.09€	9,278.27€	27,834.81€	31,193.56€			31,193.56€
10	87,150.80€	-€	42,569.85€	3,358.75€	45,928.60€	41,222.20€	10,305.55€	30,916.65€	34,275.40€			34,275.40€
											TOTAL	151,293.90€

Tabla 28. Cash Flow estimado para el caso C

VALOR PROYECTO - VPN		Caso C.3									
n	Vida útil proyecto	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
	Flujo caja anual	4282.69	7160.24	9990.31	2335.94	15717.38	22182.85	14002.07	28153.45	31193.56	34275.40
-lo	Inversión inicial	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00	18000.00
Vt	Flujo caja acumulada	4282.69	11442.93	21433.24	23769.18	39486.56	61669.41	75671.49	103824.94	135018.50	169293.90
K	Tasa de descuento	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	Sumatorio	4078.75	6494.55	8630.01	1921.78	12314.98	16553.19	9951.01	19055.36	20107.65	21042.12
	VPN	-13921.25	-7426.70	1203.31	3125.09	15440.07	31993.25	41944.27	60999.63	81107.28	102149.40
	TIR (%)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
	Sumatorio	2903.52	3291.12	3113.17	493.51	2251.23	2154.10	921.82	1256.60	943.92	703.17
	TIR	-15096.48	-11805.36	-8692.19	-8198.68	-5947.45	-3793.36	-2871.53	-1614.94	-671.01	32.16

Tabla 29. Valor del proyecto y del Valor Presente Neto para el caso C

10 Conclusión

La voluntad del trabajo ha sido aportar una nueva idea, con las herramientas necesarias, para el desarrollo de un proyecto que controle y manifieste la necesidad de proteger y mejorar el estado de la calidad del aire y del medio ambiente a través el sector marítimo. Esta voluntad se ha desarrollado en tres pilares principales. En primer lugar, el análisis de la legislación actual sobre contaminación atmosférica en el sector marítimo; en segundo, la proposición de ideas para el control y el análisis de los gases emanados a nivel portuario con la nueva tecnología de los drones; y por último, el análisis económico para contrastar la viabilidad de su desarrollo e implantación real.

La combinación de los vehículos aéreos no tripulados y un equipo medidor de gas móvil y flexible, crea nuevas posibilidades para estimar el potencial de contaminación y el cumplimiento de los distintos convenios nacionales, europeos e internacionales en materia de contaminación atmosférica, de manera rápida y eficaz, sin necesidad de que las personas se expongan a un potencial riesgo de gases tóxicos.

La contaminación atmosférica es el causante del efecto invernadero y la lluvia ácida que afecta de forma global, independientemente del sitio donde se genera, debido a la propiedad de los gases de distribuirse y dispersarse libremente a través de la atmósfera. Cuando las concentraciones se suceden en grandes urbes o complejos con alta actividad industrial, junto a determinadas condiciones meteorológicas, se generan las nieblas contaminantes, técnicamente llamadas smog fotoquímico y sulfuroso. Además, ciertos contaminantes atmosféricos se han identificado como reductores de la capa de ozono en la estratosfera por sus reacciones químicas que reducen las concentraciones de O₃. El ozono es el encargado de limitar la entrada a la atmósfera de la radiación ultravioleta.

Los niveles de contaminación del aire en las grandes metrópolis con puerto son en algunos casos insostenibles, causando graves problemas de respiración y enfermedades a las personas, la flora y la fauna. Los edificios y la vía pública también se ven afectados, causando la degradación de fachadas, monumentos, y mobiliario urbano.

La normativa europea e internacional cada vez es más restrictiva con la contaminación del aire. Su cumplimiento muchas veces es ignorado, porque el sistema de control y las sanciones son difíciles de aplicar en muchos casos. Un control rápido y eficaz es imprescindible para mejorar la situación actual.

La industria marítima se adapta lentamente a los cambios, teniendo gran impacto la bandera del buque, reflejo en algunos casos del tipo de armador de éstos. La combinación de equipos con sistemas de posicionamiento global (AIS, GPS, drones,..) abre nuevas posibilidades en el control de irregularidades en el sector marítimo.

Existen diferentes tipos de aeronaves tripuladas a distancia según sus sistemas de sustentación y propulsión que pueden asumir tal control. El mercado actual se dirige al uso de modelos de menos

de 25kg y mayoritariamente multirrotores, lo que permite menores costes de fabricación y mantenimiento, con buena maniobrabilidad y versatilidad en cualquier terreno. Actualmente, los drones son capaces de equipar e intercambiar distintos sensores, con tamaños cada vez mas reducidos y precisos, transmitiendo y almacenando información en tiempo real. Un buen ejemplo de ello son los sensores electrónicos para la detección de gases.

Los drones comerciales requieren de cierta experiencia en el uso y la manipulación, junto a un importante trabajo previo de configuración del software y del plan de vuelo, para que sean eficientes y óptimos en su labor, pero su uso permite flexibilidad y adaptabilidad en las operaciones portuarias, a la vez que suma un valor añadido con la aportación de nueva tecnología. El uso del dron no solo sirve para detectar gases, sino que puede desarrollar operaciones múltiples.

El marco regulatorio para el uso de drones es prematuro en algunos puntos, y requiere una evolución en el futuro. Gran parte de la problemática que se puede generar, es por la falta de experiencia y regulación previa en los equipo RPAS, ya que su desarrollo para el uso civil es relativamente reciente.

La gran variedad de drones del mercado y la adaptabilidad a incorporar diferentes equipos facilita cada día artefactos voladores mejores y más competitivos económicamente. En este proyecto se ha considerado el dron de la compañía dronamedida.com, ya que cumplía con los requisitos y estándares necesarios para el objetivo del TFG.

En el análisis económico se han evaluado tres aproximaciones del proyecto en un período inicial de 10 años, y un factor de descuento del 10% en A y B, y del 5% en el C. La primera y la segunda tratan el caso de una posible sociedad limitada (S.L.) con un planteamiento económico desfavorable y favorable respectivamente. El tercer caso plantea la posibilidad de ejecutar el proyecto a nivel universitario, dándole un carácter enfocado a la investigación y el desarrollo, al tiempo que aprovecharlo para generar autofinanciación. Los resultados económicos se pueden ver a continuación (Tabla 30).

FLUJO DE CAJA	Proyecto A	Proyecto B	Proyecto C
Inversión (€)	40,010 €	40,010 €	29,050 €
Período de Recuperación (años)	7.5	2	2,8
Vida útil del proyecto (años)	10	10	10
Beneficio total estimado (€)	763,009.37 €	1,144,641.37 €	661,247.99 €
Total Gastos (€)	623,771.41 €	747,052.36 €	457,220.94 €
Beneficios – Gastos (€)	139,237.96 €	397,589.01 €	204,027.05 €
Flujo de caja (€)	97,605.55 €	295,615.51 €	151,293.90 €
Ratio Beneficio-Inversión	+2.44	+7.4	+5.21
Tasa Interna de Retorno (TIR)	0.21	0.77	0.48
VPN (año 10)	29,738.89 €	147,761.27	102,149.40
Índice de Rentabilidad	0.74	3.70	3.51

Tabla 30. Resumen de los valores relevantes para contrastar las distintas opciones analizadas de viabilidad económica

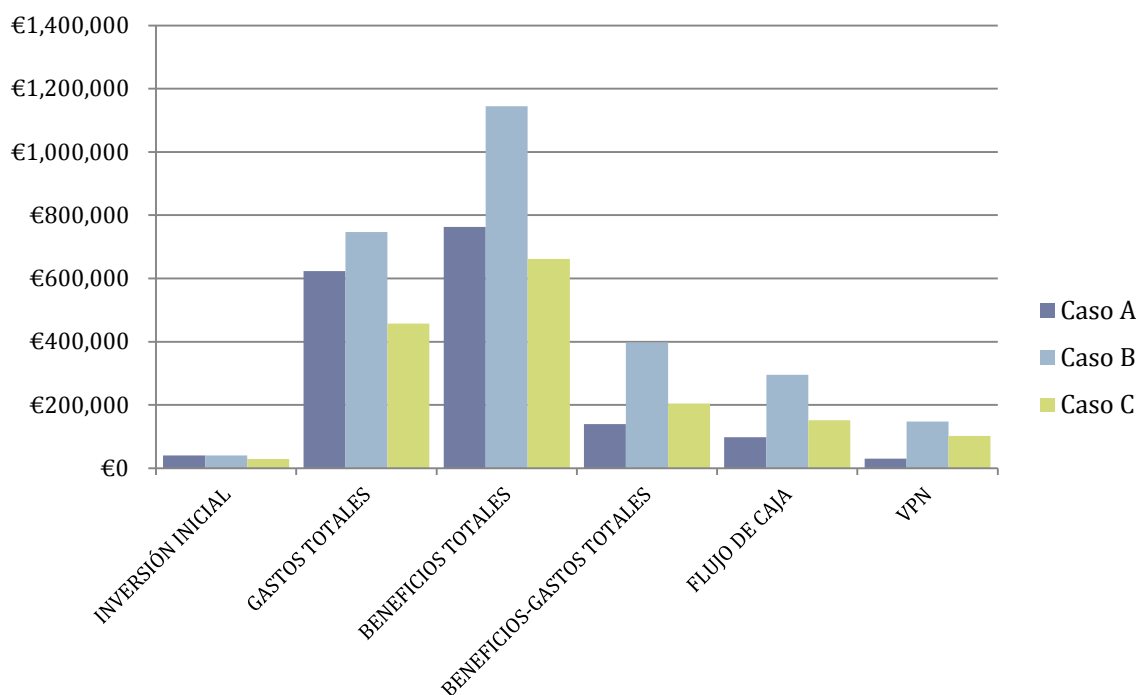


Ilustración 37. Gráfica sobre los parámetros económicos en términos monetarios

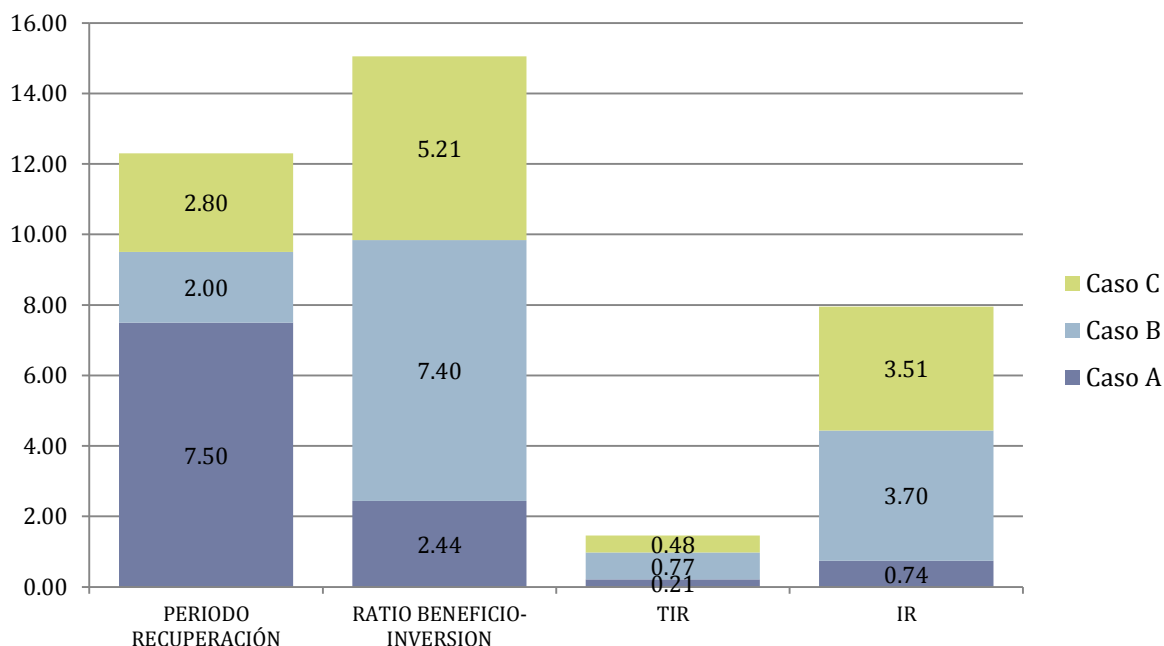


Ilustración 38. Gráfica sobre los parámetros económicos en términos de proporción

En ellos se observa un flujo de caja y un valor presente neto positivo en todos los casos, aún que en el primero, el índice de rentabilidad se estima menor a uno, es decir, el valor actualizado de los cobros generados por cada unidad monetaria invertida es menor a la unidad invertida. En los casos B y C, el índice de rentabilidad es relativamente elevado, lo que lo muestra como un atractivo de inversión a nivel económico.

Las operaciones objetivo son la medición y el control de gases emanados a la atmósfera por los buques atracados en puerto, siguiendo y mejorando la metodología teórica propuesta, para el cumplimiento de las normativas europeas establecidas en el Real Decreto 61/2006 con texto consolidado el 18/04/2015, y el anexo VI del convenio MARPOL para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los Buques.

En estudios posteriores, el análisis de trazado y mapeado de los distintos contaminantes, tanto gases como líquidos en zonas portuarias y de fondeo pueden ser de estudio, aumentando así el rango de control para disminuir la contaminación y permitir el cumplimiento de las normativas internacionales. Esta capacidad se puede alcanzar entendiendo el futuro del dron como parte de una interacción entre distintas aeronaves interaccionando para coordinarse de forma automática y cubrir los requerimientos propuestos.



11 Bibliografía

1. Atmosfera. (s.f.). Recuperado el Marzo de 2016, de <http://www.theozonehole.com/atmosphere.htm>
2. Baró, B., & Vallejo, E. (2010). *Protecció d'infraestructures crítiques*. Port de Barcelona. Barcelona: Port de Barcelona.
3. Boletín oficial del Estado. (4 de Julio de 2014). Recuperado el 2015, de Real Decreto-ley 8/2014: http://www.seguridadaaerea.gob.es/media/4243006/rdl_8_2014_4julio.pdf
4. Boundless.com. (s.f.). Recuperado el 4 de Diciembre de 2016, de *The carbon cycle describes the flow of carbon from the atmosphere to the marine and terrestrial biospheres, and the earth's crust.*: <https://www.boundless.com/microbiology/textbooks/boundless-microbiology-textbook/microbial-ecology-16/nutrient-cycles-195/the-carbon-cycle-981-5465/>
5. Brysonand, M., & Sukkarieh, S. (2015). *UAV localization using inertial sensors and satellite positioning systems*. Springer Science and Business Media Dordrecht, 433-460.
6. Capa de Ozono. (n.d.). Retrieved Marzo 2016, from <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/ozone/images/graphs/gl/current.gif>
7. Cuadrat, J. M., & Pita, M. F. (2006). *Climatología (4ª ed., Vol. 1)*. España, España: Catedra.
8. *Diario oficial Union Europea*. (21 de Mayo de 2015). Reglamento UE 525/2013 del parlamento europeo y del consejo. Recuperado el 2015, de <https://www.boe.es/doue/2013/165/L00013-00040.pdf>
9. Díaz, R. (20 de Marzo de 2014). Cuadricóptero. Guías y artículos. Recuperado el 2016, de *Funcionamiento del cuadricóptero*: <http://cuadricoptero.org/funcionamiento-del-cuadricoptero/>
10. Díez, J. R. (6 de Mayo de 2016). Elderecho.com. Recuperado el Julio de 2016, de *La próxima ley de drones en España*: http://tecnologia.elderecho.com/tecnologia/internet_y_tecnologia/Ley-drones-Espana_11_949180007.html
11. European Commision. Air Control. (n.d.). Retrieved 2016, from *Reducing emissions from the shipping sector*: http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/index_en.htm
12. European Commission. Environment. (n.d.). Retrieved 2016, from *Transport Emissions. Air pollutants from maritime transport*: <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/ships.htm>
13. Ezcurra Talegón, A., & Díaz de Apodaca, L. (2015). *Aplicaciones al control de calidad del aire*. En C. d. Madrid, Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil (pág. 242). Madrid: Gráficas Arias Montano, S.A.
14. Guillén, M. (9 de Mayo de 2016). Drone Spain, Asociación Española de RPAS. Recuperado el 1 de Noviembre de 2016, de *Tipos de drones aéreos*: <http://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>
15. Huges, E. (2011). *Clean air at sea. Promoting solutions for sustainable and competitive shipping*. Brussels, Belgium: European Commission.
16. J.B.de Sousa, P. M. (2015). *Unmanned Aircraft Systems for Maritime Operations*. Springer Science, 2787-2810.
17. Kownacki, C. (2011). *Obstacle avoidance strategy for micro aerial vehicle*. In *Advances in Aerospace Guidance. Navigation and Control* (pp. 117-130).
18. Lloyd Register. (n.d.). *Assessment of IMO Mandated Energy Efficiency Measures for International Shipping*.
19. Malaver, A., Gonzalez, F., Motta, N., Depari, A., & Corke, P. (2013). *Towards the Development of a Gas Sensor System for Monitoring Pollutant Gases in the low Troposphere using small Unmanned Aerial Vehicles*. 3.
20. Marine Traffic. (n.d.). Retrieved 2016, from <http://www.marinetraffic.com>
21. Martínez de Osés, X. (2013). *Estructura del anexo VI del convenio MARPOL*. Apuntes náutica y transporte marítimo. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.

-
22. *Melgosa Revillas, S. (2015). Aplicaciones a las auditorías energéticas con termografía aérea. En C. d. Madrid, Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil (pág. 242). Madrid: Gráficas Arias Montano, S.A.*
 23. *Merino, J. Á. (5 de Marzo de 2016). Dronamedida.com. Recuperado el 2016, de <http://dronamedida.com/>*
 24. *Ministerio de asuntos exteriores y cooperación. (15 de Noviembre de 2010). BOE Resolución MEPC 176 (58). Enmiendas al anexo del protocolo de 1997 que enmienda el convenio MARPOL 1973, modificado por el protocolo de 1978. Madrid, España.*
 25. *Ministerio de industria y comercio. (2006). Especificaciones técnicas de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo. Real Decreto 1027/2006 (págs. 33889-33891). Madrid: BOE 232.*
 26. *Ministerio de la Presidencia. (17 de Abril de 2015). BOE Real Decreto 290/2015. Especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, se regula el uso de determinados biocombustibles y el contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo. Madrid, España.*
 27. *Ministerio de la Presidencia. (18 de 4 de 2015). Real Decreto 290/2015. Obtenido de <http://www.boe.es/boe/dias/2015/04/18/pdfs/BOE-A-2015-4218.pdf>*
 28. *Ministerio del Interior. (20 de Mayo de 2011). BOE Real Decreto 704/2011. Reglamento de protección de las infraestructuras críticas. Madrid, España.*
 29. *Mora, M. O. (2015). Tipología de aeronaves pilotadas por control remoto. En Los Drones y sus aplicaciones en la ingeniería civil (pág. 242). Madrid: USOL - Unmanned Solutions.*
 30. *PBL 6 - Main. (17 de Marzo de 2012). Obtenido de University of Toronto Mississauga: <http://centauri.utm.utoronto.ca/~w3chm140/PBL/PBL6/main.html>*
 31. *Pérez Pro, Á. (2014). Análisis de la aplicación del anexo VI del convenio MARPOL en la flota española. UPCCOMMONS, 211.*
 32. *Port de Barcelona. (2015). Historia Puerto de Barcelona. Recuperado el 2016, de <http://www.portdebarcelona.cat/es/web/port-del-ciudadana/barcelona-sense-port>*
 33. *Port de Barcelona. (Agosto de 2016). Recuperado el 2016, de Lista mensual de cruceros: <http://www.portdebarcelona.cat/es/web/port-del-ciudadana/consulta-cruceros>*
 34. *Sanchís, J. (12 / Enero / 2012). Smog Fotoquímico. Consultat el 2016, a <https://joansanchis.files.wordpress.com/2013/12/20120112.jpg>*
 35. *Servicio de estadística Port de Barcelona. (2016). Estadísticas de tráfico del Port de Barcelona. Datos acumulados de 2015. Barcelona.*
 36. *UNECE. (n.d.). Retrieved 2016, from Conventions and Protocols - Air Pollution: <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>*

12 Anexo 1

Definiciones que hacen referencia al apartado 8, sobre el Plan Económico Financiero.

12.1 Activo no corriente

Comprende los activos destinados a servir de forma duradera en las actividades de la empresa. Constituyen una inversión a largo plazo y representan una parte fundamental dentro de la inversión global de la empresa. (Local, maquinaria, sistemas informáticos, etc.)

12.1.1 Inmovilizado Intangible

Está formado por todos aquellos elementos no tangibles que aportan beneficio a la empresa y que permanecen en el balance por un periodo superior a un ejercicio (derecho de aguas, derecho de disfrute de terreno, etc...). Es imprescindible que puedan ser valorados económicamente, y se consideran netos de amortización.

- x Concesiones administrativas: Gastos efectuados para la obtención de derechos de investigación o de explotación otorgados por el Estado u otras Administraciones Públicas.
- x Patentes, licencias, marcas y similares: Referido a los costes derivados del derecho al uso de las distintas manifestaciones de la propiedad industrial, así como los gastos realizados en investigación y desarrollo cuando los resultados de los respectivos proyectos emprendidos por la empresa fuesen positivos y, cumpliendo los necesarios requisitos legales, se inscriban en el correspondiente Registro.
- x Aplicaciones informáticas: Importe satisfecho por la propiedad o por el derecho al uso de programas informáticos tanto adquiridos a terceros como elaborados por la propia empresa. También incluye los gastos de desarrollo de las páginas web. Las aplicaciones informáticas se depreciarán en función de la vida útil que la empresa le dé al producto.

12.1.2 Inmovilizado Material (neto de amortización)

Está constituido por elementos patrimoniales tangibles, muebles o inmuebles. Se trata, por tanto, de bienes que se utilizan en la actividad productiva de la empresa, condicionada por el desgaste, la evolución tecnológica y que no están destinados a la venta.

- x Terrenos y construcciones: Incluye el valor de los terrenos adquiridos y las edificaciones. Se reflejarán en el balance por el precio que tendrían en el mercado.
- x Instalaciones técnicas y otro inmovilizado material: Conjunto de máquinas, mobiliario, ordenadores, etc. necesarios para el funcionamiento de la empresa, cuyo valor debe reflejarse en el balance
- x Inmovilizado en curso y anticipos: El Inmovilizado en curso es el valor monetario de los trabajos de adaptación, construcción o montaje que se estén llevando a cabo en la empresa y que estén en curso al cierre del ejercicio. Los anticipos son los pagos a proveedores y otros

suministradores de elementos de inmovilizado material, normalmente en efectivo, en concepto de “a cuenta” de suministros o de trabajos futuros.

12.1.3 Inversiones Inmobiliarias (neto de amortización)

Activos inmuebles que se posean para obtener rentas o plusvalías por ellos, no utilizados para el fin ordinario de la empresa.

- x Terrenos y bienes naturales
- x Construcciones

12.1.4 Inversiones financieras a largo plazo

En el caso de que la empresa disponga de tesorería sobrante, puede invertirla para conseguir rendimiento procedente de los capitales destinados a inversiones financieras (Acciones, Obligaciones y otros títulos de renta fija emitidos por otros entes, Préstamos y créditos no comerciales que la empresa concede, Imposiciones a plazo en entidades de depósito, Fianzas y depósitos constituidos).

- x Instrumentos de patrimonio: Inversiones en acciones, u otros valores tales como participaciones en instituciones de inversión colectiva, o participaciones en sociedades de responsabilidad limitada.
- x Créditos a terceros: Préstamos y créditos concedidos por la propia empresa, con vencimiento superior a un año.
- x Valores representativos de deuda: Inversiones a largo plazo en obligaciones, bonos, letras del tesoro u otros valores.

12.2 Activo corriente

En esta categoría se incluyen aquellos activos que se esperan vender, consumir o generar en el ciclo normal de explotación, que con carácter general no excederá de un año, así como otros activos cuyo vencimiento o venta se espera que se realice en el plazo máximo de un año.

12.2.1 Activos no corrientes mantenidos para la venta

Incluye el valor de los activos no corrientes con carácter individual (maquinaria, terrenos, construcciones, elementos de transporte, etc.), cuya recuperación se espera realizar fundamentalmente a través de su venta, en lugar de por su uso continuado.

12.2.2 Existencias

Recoge el valor de mercado de todos aquellos bienes mantenidos por la empresa para su venta en el curso ordinario de la explotación, o bien para su transformación o incorporación al proceso productivo, que se mantienen almacenados o en proceso de fabricación.

- x Comerciales: Bienes adquiridos por la empresa y destinados a la venta sin transformación.
- x Materias primas y otros aprovisionamientos: Producto que, tras sufrir la transformación en el proceso productivo, es finalmente un producto terminado listo para vender.
- x Productos en curso: Bienes o servicios que se encuentran en fase de producción o transformación al cierre del ejercicio.

-
- x Productos terminados: Aquellos productos fabricados por la empresa y destinados al consumo final o a su utilización por otras empresas.
 - x Anticipos a proveedores: Pagos a proveedores, normalmente en efectivo, en concepto de "a cuenta" de suministros futuros que van a realizar para la empresa.

12.2.3 Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar

Recoge el valor de todas las cuentas que tenga la empresa a su favor.

- x Clientes por ventas y prestaciones de servicios: Cuentas derivadas de la venta de productos o servicios que aún están pendientes de cobro. Una vez sean efectivas, dejarán de contabilizarse como cuentas de clientes y pasarán a considerarse como ventas del ejercicio.
- x Deudores varios: Se incluirán aquellas partidas con el importe a deber de las entidades que adeudan a la empresa por un concepto distinto al de venta de mercancías.
- x Personal: Si la empresa le presta dinero a los empleados, estos serían deudores y se incluirían en esta partida.
- x Activo por impuesto corriente: Créditos con la Hacienda Pública por razón de devolución de impuestos. Dinero a cobrar de la Hacienda Pública.
- x Otros créditos con las Administraciones Públicas:
- x Accionistas (socios) por desembolsos exigidos: Capital social escriturado, pendiente de desembolso, cuyo importe ha sido exigido a los accionistas.

12.2.4 Inversiones financieras a corto plazo

En el caso de que la empresa disponga de tesorería sobrante, puede invertirla para conseguir rendimiento procedente de los capitales pero, a diferencia del inmovilizado financiero a largo plazo, se contempla un periodo de tiempo no superior al año.

- x Instrumentos de patrimonio: Inversiones financieras temporales, cualquiera que sea su forma de instrumentación, incluidos los intereses devengados, con vencimiento no superior a un año.
- x Créditos a empresas: Los préstamos y otros créditos no comerciales concedidos a terceros con vencimiento no superior a un año.
- x Valores representativos de deuda: Inversiones a corto plazo en obligaciones, bonos u otros valores representativos de deuda.

12.2.5 Efectivo y otros activos líquidos equivalentes

Incluye las cuentas con mayor liquidez (dinero en efectivo, cuentas corrientes, etc...)

- x Tesorería: Incluye todo el dinero del que dispone la empresa en un plazo inmediato, bien dinero en efectivo como dinero en Cuentas Corrientes.
- x Otros activos líquidos equivalentes: Inversiones financieras convertibles en efectivo, con un vencimiento no superior a tres meses desde la fecha de adquisición.

12.3 Patrimonio Neto

Comúnmente se denomina como 'Fondos Propios', y hace referencia a la parte del pasivo que no proviene de terceros. Es decir, se incluye el capital aportado, los beneficios obtenidos, las reservas de la empresa, etc...

12.3.1 Fondos propios

Recoge, entre otros, el capital desembolsado por los socios, más la autofinanciación generada por los beneficios obtenidos por la empresa durante los pasados ejercicios y que se refleja en las cuentas de reservas.

- x Capital: Refleja la inversión de los propietarios en la creación de la empresa. En el caso de que la aportación de los socios no haya sido monetaria, se incluirá como Capital Social según los precios de mercado de lo que constituya la aportación a la sociedad.
- x Reservas: Las reservas son beneficios obtenidos por la empresa y que no son distribuidos entre sus propietarios.
- x Acciones y participaciones en patrimonio propias: En los casos en los que una empresa adquiera parte de sus propias acciones o participaciones, debido a situaciones especiales o a una reducción del capital, figurará en esta cuenta el valor de dichas acciones o participaciones, con signo negativo.
- x Resultados negativos ejercicios anteriores: En el caso de que el resultado de ejercicios anteriores hubiese sido negativo, figurará esta cuenta (con signo negativo).
- x Otras aportaciones de socios: Son las cantidades entregadas por los socios para compensar las pérdidas de la sociedad.
- x Resultados del ejercicio: Resultado, positivo o negativo, del último ejercicio cerrado, pendiente de su reparto o inclusión en reservas.

12.3.2 Ajustes por cambios de valor

Se incluyen los cambios de valor respecto a las acciones de la partida de ""Inversiones financieras"" del Activo.

- x Activos financieros disponibles para la venta: Ajustes producidos por la valoración a valor razonable de los instrumentos financieros.

12.3.3 Subvenciones, donaciones y legados recibidos

Se incluirán las subvenciones concedidas por la Administración Pública y cualquier tipo de legado o donación concedido por empresas o particulares, entendiendo los legados y donaciones como la recepción gratuita de un cierto bien, sin contraprestación alguna.

12.4 Pasivo No Corriente

Esta masa está constituida por todas las deudas contraídas por la empresa con vencimiento superior al año, con entidades financieras u otras. Son partidas de naturaleza netamente financiera, que deberán estar vinculadas con operaciones de inversión en elementos del inmovilizado. Estará integrada por préstamos, obligaciones, bonos, etc.

12.4.1 Deudas a largo plazo

- x Deudas con entidades de crédito: Importe de los préstamos a largo plazo constituyen la forma más común de financiación por parte de las empresas. En esta partida debe incluirse la totalidad del préstamo, incluyendo los intereses a pagar.

-
- x Acreedores por arrendamiento financiero: Importe de las deudas con vencimiento superior al año, con entidades de leasing o similares.

12.5 Pasivo corriente

Son todas aquellas deudas contraídas por la empresa con vencimiento a corto plazo (inferior al año). Las partidas que aquí figuran pueden tener su origen en la actividad principal de la empresa (proveedores, efectos comerciales a pagar) o pueden tener un origen diferente, como sería el caso de los acreedores, o deudas netamente financieras como los préstamos solicitados a entidades financieras u otras, siempre y cuando su vencimiento fuera a corto plazo.

12.5.1 Deudas a corto plazo

- x Deudas con entidades de crédito: Se recogen aquí los préstamos y deudas análogas con entidades de crédito (bancos, cajas de ahorro, etc.) lo son por duración inferior al año.
- x Acreedores por arrendamiento financiero: Deudas con vencimiento no superior a un año, con entidades de leasing o similares.

12.5.2 Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar

Los acreedores son personas que suministran bienes y servicios a la empresa, que utiliza con carácter habitual en su actividad de explotación.

- x Proveedores: Personas físicas o jurídicas que surten a la empresa de existencias (mercaderías, materias primas, envases, etc.), que posteriormente ésta venderá, transformará o elaborará. Así, en un almacén de materiales de construcción, los proveedores serán aquellas empresas que le suministren: cemento, vigas, etc.
- x Acreedores varios: Se denominan acreedores aquellos que suministran bienes –distintos de las existencias e inmovilizados– y servicios a la empresa y que ésta necesita de una forma continua para realizar su actividad. Por ejemplo, la compañía eléctrica, la entidad de seguros, los bancos, los auditores, etc.
- x Personas: Partidas pendientes de pagar a los empleados de la empresa.
- x Pasivos por impuesto corriente: Dinero que se debe a la Administración Pública en concepto de impuesto sobre beneficios.
- x Otras deudas con las Administraciones Públicas: Deudas que pueden generarse con la Administración Pública en concepto de IVA, devolución de subvenciones, etc.
- x Anticipos de clientes: Cobros de clientes, normalmente en efectivo, en concepto de "a cuenta" de ventas futuras que van a realizarse.