

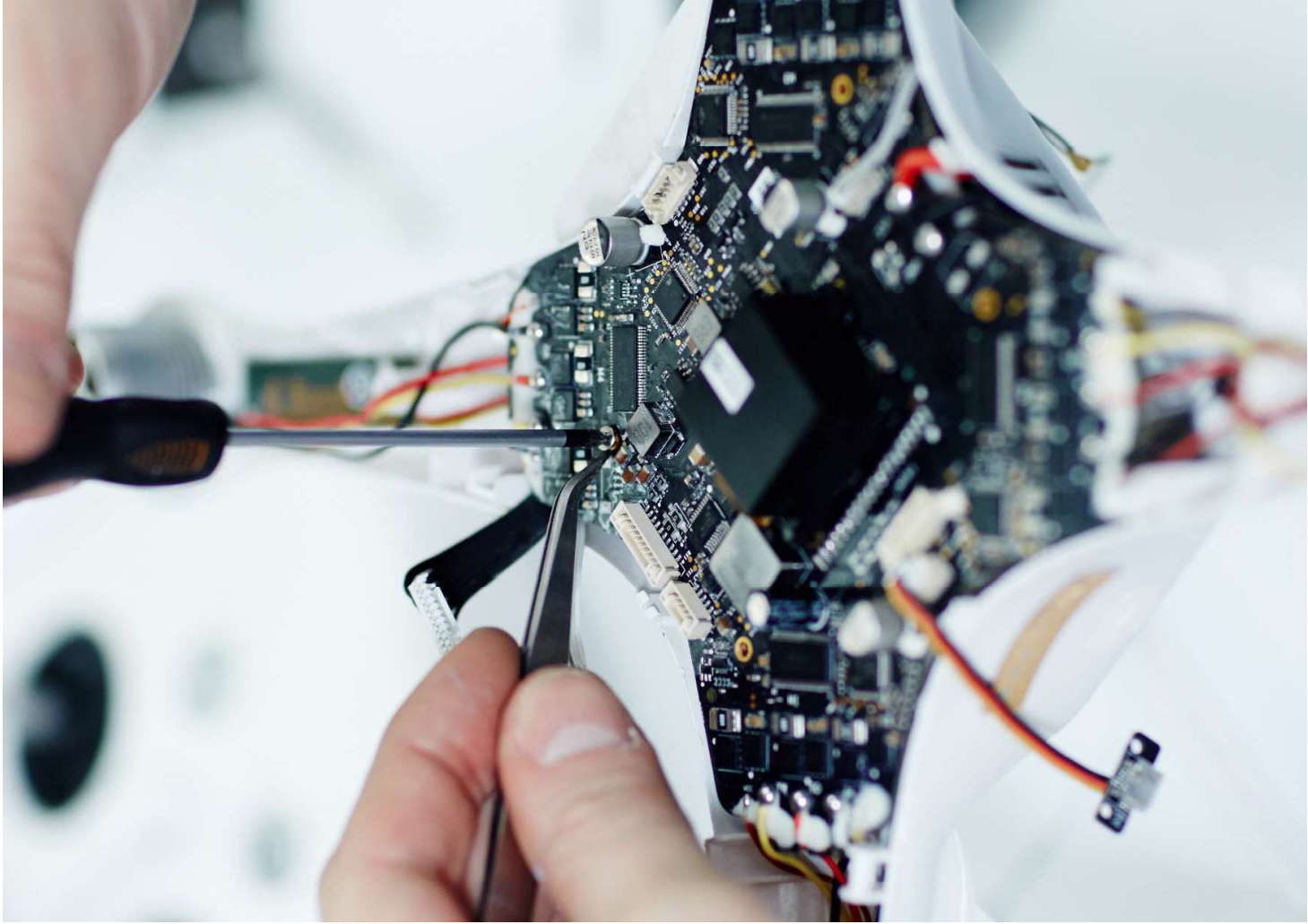
Anexo I. Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España 2018-2021

En este anexo se han extraído algunas páginas del Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España 2018-2021 que contribuyen a explicar cuál se espera sea el desarrollo civil de los drones en España en el futuro más cercano.

En primer lugar, en las primeras 5 páginas se muestra los proyectos de I+D+i que se están llevando a cabo tanto en España como en Europa, así como la asignación de fondos para los mismos.

En segundo lugar, se incluyen las páginas correspondientes a los 4 ejes estratégicos que se comentaron en la Sección 2.1.2.

Por último, las 3 páginas finales hacen referencia a las iniciativas que en el plan se proponen para la consecución de los ejes estratégicos.



2.4. La Innovación como pieza clave para el desarrollo del sector

En un sector como el de los drones, en el que el desarrollo de tecnología, desempeña un papel esencial para su crecimiento, la innovación cobra un papel principal, tanto en los procesos de diseño y fabricación de nuevas plataformas, equipos y software, como en la búsqueda de nuevas aplicaciones que permitan expandir los horizontes de este tipo de aeronaves.

En la actualidad, Estados Unidos y Europa están a la cabeza de los proyectos de investigación que se agrupan en grandes programas en los que participan organismos, instituciones y empresas tanto del sector público como privado. España asume un papel relevante dentro de los programas europeos a través de sus empresas y centros de investigación.

En este apartado se detallan las principales fuentes de financiación de la inversión en I+D+i así como el nivel de inversión en este sector, fundamentales para su desarrollo.

EEUU y Europa a la cabeza de la investigación en drones

En Estados Unidos, la FAA es el organismo encargado de coordinar todas las actividades de I+D que realiza la industria, las Universidades y otros organismos gubernamentales en el campo de drones, con el objetivo de dar soporte al desarrollo de legislación, estándares de calidad, políticas y recomendaciones para la operación de drones.

Todas las actividades se integran dentro del programa NextGen, iniciado en 2010 y que persigue el desarrollo de las tecnologías y los conceptos operativos

para la aviación del futuro de la que formarán parte, cada vez con más protagonismo, las aeronaves no tripuladas. Las tareas de investigación se asignan entre una red de 22 universidades, a través del programa ASSURE¹⁹ y están siendo coordinadas por la Universidad del Estado de Mississippi²⁰.

Además de esta iniciativa, cabe destacar el acuerdo con el centro de I+D+i de la NASA en el desarrollo de tecnologías UTM para la integración segura de drones en el espacio aéreo a baja altura así como en el resto del espacio aéreo y para el desarrollo de sistemas autónomos de respuesta del dron en caso de fallo, que garanticen un comportamiento seguro de la aeronave ante la pérdida de la señal de control o ante fallos críticos de sus sistemas.

El equivalente europeo al programa NextGen es el programa SESAR. La relación de SESAR con las aeronaves no tripuladas comenzó a finales de 2013 con el objetivo de definir la futura integración de los UAS (Unmanned Aircraft Systems) en el espacio aéreo. Desde entonces los trabajos se han desarrollado en 2 ámbitos; el primero, que persigue integrar los drones en espacio aéreo con vuelos IFR como una aeronave más y el segundo, en una fase preliminar actualmente, que persigue desarrollar la operación con seguridad a baja altura, integrada con los vuelos visuales de las aeronaves tripuladas.

De entre estos proyectos en el marco de SESAR, destacan los asociados a la convocatoria H2020-SESAR-2016-1 cuyo fin es establecer las bases del nuevo paradigma de las operaciones de drones en Europa y los que resultarán de la reciente convocatoria de enero de 2018, cuyo fin es la creación de demostradores del sistema U-Space en diferentes emplazamientos de Europa.

Título	Acónimo
Advanced Integrated RPAS Avionics Safety Suite	AIRPASS
Sense and avoid technology for small drones	PercEvite
DRone European AIM Study	DREAMS
CLear Air Situation for uas; Maturing ground based technologies for a real-time Unmanned Aerial System Traffic Management System	CLASS
Drone Critical Communications	DroC2om
Concept of Operations for European UTM Systems	CORUS
Information Management Portal to Enable the integration of Unmanned Systems	IMPETUS
Technological European Research for RPAS in ATM	TERRA
An Integrated Security Concept for Drone Operations	SECOPS

Tabla 4. Lista de proyectos de investigación más importantes promovidos por SESAR para el desarrollo del sector de drones. Período de ejecución 2017-2019
Fuente: <http://cordis.europa.eu>

¹⁹ ASSURE: Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence
²⁰ Center of Excellence for UAS



España ha sabido posicionarse por méritos propios en un lugar destacado a la hora de participar en los principales proyectos impulsados por SESAR. Ello se debe en gran medida a la competitividad de las diferentes empresas y entidades investigadoras de nuestro país. Entidades públicas como es el caso del INTA²¹, fundaciones como FADA²² y Centros Tecnológicos, junto a Universidades, son las que concentran el esfuerzo investigador del sector además de los departamentos de Investigación y Desarrollo de las empresas.

Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2017-2020

En el ámbito nacional, el Ministerio de Fomento ha elaborado el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras que materializa una apuesta ambiciosa para consolidar a España en una posición de liderazgo internacional en dichas materias a través de la innovación, con el usuario final como centro del proceso y con la participación de toda la sociedad. El Plan del sector de drones se ha enfocado como un complemento a este, recogiendo sus líneas maestras y añadiendo nuevas iniciativas específicas del sector.

De manera paralela al desarrollo de los programas de investigación sobre drones los países pioneros han detectado la necesidad de disponer de unos centros específicos: los aeródromos especializados para UAS. Estos centros constituyen la base en el desarrollo de nuevas soluciones y prototipos de aeronaves ya que posibilitan la realización de vuelos experimentales en un espacio aéreo segregado al que no le aplican las restricciones operativas generales existentes. Su función es la de actuar como catalizadores del sector, concentrando empresas de diferentes ámbitos (formación de pilotos, mantenimiento, diseño, fabricación e investigación) y ofreciendo las condiciones idóneas desde un punto de vista operativo y logístico.

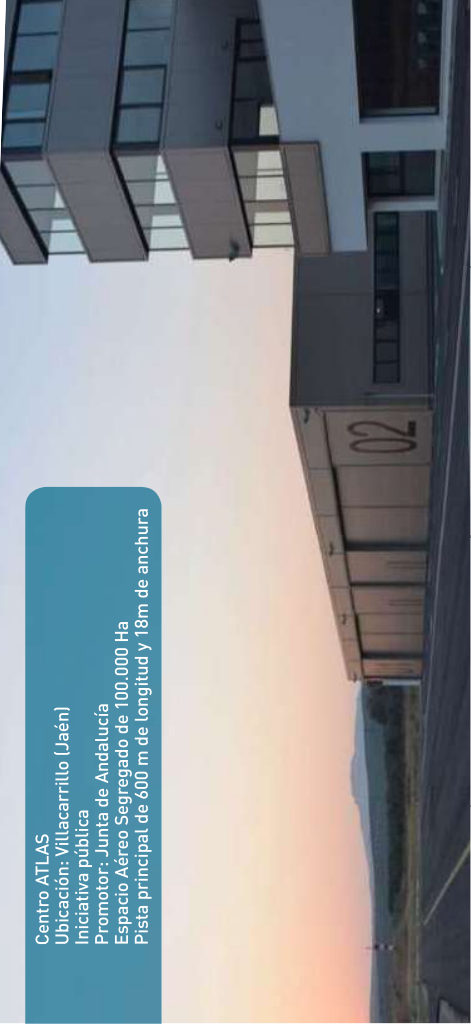
España cuenta en la actualidad con tres de estas infraestructuras que la sitúan en una posición ventajosa frente a otros socios europeos. Estos aeródromos son El Centro de Investigación del Aeródromo de Rozas en Castro de Rei (Lugo), el centro ATLAS en Villacarrillo (Jaén) y el BCN Drone Center en Moia (Barcelona).



Centro de Investigación Aeroportada de Rozas (CIAR)
Iniciativa público-privada
Promotores: Xunta de Galicia, INTA, MINECO, BABCOCK e INDRA
Ubicación: Castro de Rei (Lugo)
Pista de 1200 m de longitud y 40 m de anchura.



BCN DRONE CENTER
UBICACIÓN: Moia (Barcelona)
Iniciativa privada
Promotor: CATUAV
Espacio Aéreo segregado de 2.500 Ha
Pista principal de 100 m de longitud y 12 m de anchura



Centro ATLAS
Ubicación: Villacarrillo (Jaén)
Iniciativa pública
Promotor: Junta de Andalucía
Espacio Aéreo Segregado de 100.000 Ha
Pista principal de 600 m de longitud y 18m de anchura

PAIS	NUMERO DE AERODROMOS	CARACTERISTICAS
Francia	5	Gestionado por CESA (Centre d'Essais et de Services sur les systèmes autonomes) Espacio aéreo segregado hasta 2000 pies de altitud.
España	3	Ver página siguiente.
Reino Unido	2	Gestionado por NAC (National Aeronautical Centre) Pruebas de integración en espacio aéreo con aeronaves tripuladas.
Alemania	1	Gestionado por DEU (Deutsches Erprobungs geländes für Unbemanntes Fliegen).
Italia	1	La pista permite el ensayo con prototipos de gran tamaño.
Holanda	1	También realiza la formación de pilotos.
Dinamarca	1	Espacio aéreo segregado de 867 km² de superficie y 3500 pies de altitud.

Tabla 5. Datos sobre principales aeródromos especializados en UAS europeos.
Fuente: Elaboración propia.

²¹ INTA: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
²² Fundación Andaluza para el Desarrollo Aeroespacial.

La financiación del I+D+i en España

La apuesta por la innovación como soporte del crecimiento empresarial requiere disponer de fuentes de financiación accesibles para que las empresas puedan afrontar el desarrollo de soluciones tecnológicas encaminadas a mejorar sus productos y servicios. El potencial de las empresas se basa en su capacidad de adecuarse de manera muy ágil a los avances tecnológicos e incluirlos en sus procesos productivos. Este aspecto es especialmente relevante en el ámbito de los drones, cuyo crecimiento está muy vinculado a las mejoras tecnológicas.

En general, en el ámbito del I+D+i, el mayor esfuerzo inversor en España en las dos últimas décadas ha sido asumido por las empresas, y se ha situado siempre por encima del 50%, seguido por el realizado por la Enseñanza Superior (en torno al 30%) y en último lugar por la Administración Pública (en torno al 20%).

En materia de innovación, España ha mejorado paulatinamente su posición²³ situándose entre los países más eficientes a la hora de gestionar los procesos de investigación y desarrollo. Nuestro país ha sido capaz de posicionarse en los primeros puestos del sector de los drones a pesar de no estar entre los primeros puestos en el ranking por volumen de inversión en programas de investigación y desarrollo. Ello indica que aún tenemos margen de mejora y da cuenta del gran potencial de nuestro sector.

Son tres las principales fuentes de financiación con las que cuentan las empresas: la autofinanciación, mediante fondos propios; la financiación de otras entidades privadas y fondos y las subvenciones y otras ayudas provenientes de la Administración Pública.

Volumen de inversión I+D+i en España

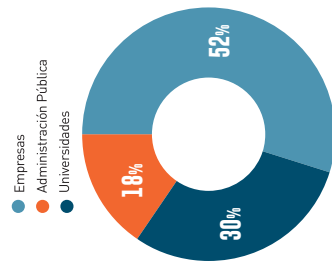


Figura 33: Resumen de fuentes de financiación de I+D+i en España.

Fuente: Informe COTEC 2017

Como se ha indicado ya, las empresas que operan en España financian con recursos propios la mayor parte de la inversión en I+D+i. En este sentido cabe señalar que dicha financiación alcanzó en 2015, un 65%²⁴ del nivel total de sus inversiones.

Con respecto a los fondos de financiación privada, éstos se generan en gran medida por empresas con capacidad inversora que buscan en desarrolladores tecnológicos soluciones para mejorar sus productos y servicios. Los modelos de contraprestación a estas empresas varían en función a la naturaleza del proyecto, pudiendo ofrecerse tanto la participación accionarial como un reparto de los beneficios.

Uno de los retos para estimular la financiación privada en I+D+i durante los próximos años, es lograr atraer a entidades de capital riesgo mediante iniciativas como el programa Invierte del CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial). Este programa se puso en marcha en el año 2012 y logró atraer a 7 fondos de inversión que comprometieron 274 millones de euros hasta el 2016.

Finalmente, en relación con la financiación pública a las que las empresas españolas tienen acceso, cabe destacar tres niveles de financiación en función del origen y la gestión de los fondos: programas de cooperación internacional, programas de financiación europea e iniciativas de financiación nacional.

Dentro del primer tipo, se encuadran programas de cooperación en materia de I+D+i empresarial como EUREKA²⁵ o IBERO-EKA²⁶ donde cada país financia a su participante. El CDTI es la entidad española que centraliza la promoción y financiación de estos programas entre las empresas españolas. En el ámbito

Fuentes de financiación I+D+i empresarial

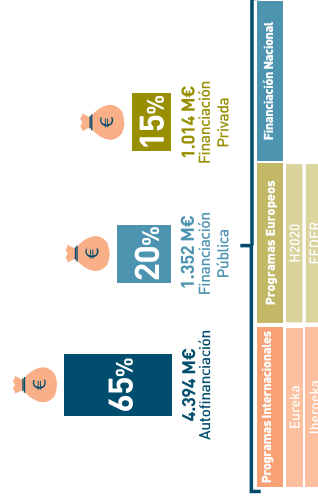


Figura 33: Resumen de fuentes de financiación de I+D+i en España.

Fuente: Informe COTEC 2017

europeo, la principal iniciativa de financiación directa de la I+D+i empresarial es el Programa Marco de I+D+i, Horizonte 2020 en su actual edición. De forma indirecta, la Unión Europea también estimula la I+D+i mediante los fondos FEDER que asigna a diversos organismos para su gestión a nivel nacional.

A nivel nacional, la Secretaría de Estado de I+D+i (SEIDI) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, pone en marcha diversas convocatorias de subvenciones, incentivos fiscales y herramientas de financiación entre las que destaca la Compra Pública Innovadora. Asimismo, dentro del fomento del I+D+i empresarial cabe destacar la importante tarea realizada por el CDTI a la hora de facilitar financiación, de asesorar técnicamente a las empresas y apoyar en el acceso a otras fuentes de financiación públicas, como el citado programa comunitario H2020. Los proyectos de I+D+i financiados por el CDTI comprenden tanto actividades de investigación industrial como de desarrollo experimental y están orientados a la creación y/o mejora significativa de procesos productivos, productos o servicios, lo que se traduce en un valor añadido a la sociedad, una mejora en las expectativas de crecimiento y un aumento en la competitividad de nuestro país.

La financiación pública de proyectos de I+D+i del sector de drones en España

Como se ha indicado, aproximadamente el 20% de la financiación de proyectos de I+D+i en España provee-

ne de fuentes públicas. Dentro de ellas destacan por su peso específico las de origen comunitario, principalmente el programa H2020 y los fondos FEDER.

Horizonte 2020 es el instrumento financiero creado por la Comisión Europea para financiar y poner en marcha la "Unión por la Innovación", cuyo fin es mejorar el acceso a la financiación de los proyectos I+D+i y que éstos puedan dar lugar a productos y servicios que favorezcan el crecimiento y la generación de empleo.

Los Fondos Europeos para el Desarrollo Regional (FEDER), cuyo objetivo principal es fortalecer la cohesión socioeconómica dentro de la Unión Europea, tienen entre sus prioridades clave el apoyo a la actividad y desarrollo de las pequeñas y medianas empresas, la promoción de la investigación e innovación, el fomento de la calidad en el empleo y la transición hacia una economía baja en emisiones de carbono.

La Secretaría de Estado de I+D+i (SEIDI), designada Organismo Intermedio del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, ha habilitado parte de dichos fondos para la financiación de proyectos I+D+i del sector civil de drones a los que añade su propia contribución. Por su parte el CDTI también ha contribuido a este apoyo con fondos propios complementados con aportaciones menores de los fondos FEDER.

En este apartado se detallan las principales cifras de la financiación pública que se ha destinado a proyectos de I+D+i asociados al uso civil de drones en los últimos años en España.

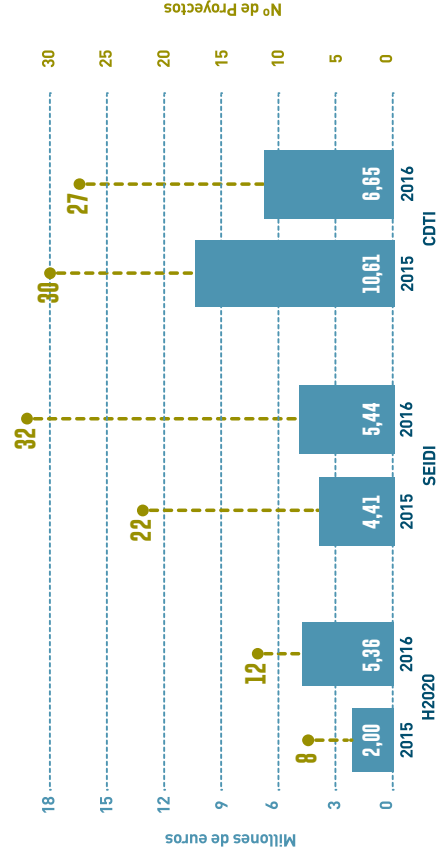


Figura 34: Cifras de financiación pública de proyectos I+D+i de drones de uso civil.

Fuente: Elaboración propia. Datos H2020, SEIDI y CDTI.

²³ España se encuentra en la posición 28 de 127 en el informe "The Global Innovation Index" de 2017, con un valor de IDC=48,81, lo que la sitúa en el puesto 18 entre los países europeos, y un coeficiente de eficiencia de 0,7.

²⁴ Informe COTEC 2017

²⁵ Iniciativa multilateral para impulsar la competitividad de la industria europea mediante la financiación de proyectos empresariales de I+D+i cooperativa internacional orientados al mercado.

²⁶ Programa de Apoyo a la Cooperación Tecnológica Empresarial en Iberoamérica

Horizonte 2020

El acceso a la financiación dentro de este programa suele llevarse a cabo a través de un consorcio de empresas y/o entidades de investigación de diferentes países, en el que uno de los socios asume las labores de coordinación, asegurando la alineación de todos los participantes con los objetivos del proyecto. En este sentido las empresas del sector español asumen actualmente tanto las tareas de coordinación como las de investigación en programas del Horizonte 2020.

	Número de proyectos	Financiación recibida por las empresas españolas (M€)
Proyectos coordinados	17	5,0
Proyectos participados	14	6,8
Total	31	11,8

Tabla 6. H2020. Los proyectos coordinados y participados por empresas españolas. 2015-2017.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de H2020.

Así, durante el trienio 2015-2017²⁷ España ha desempeñado labores de coordinación en 17 de los 31 proyectos relacionados con el sector de los drones en los que colaboró alguna empresa u organismo público español. Dicha coordinación es muy relevante porque da gran visibilidad a la empresa española. La suma de los presupuestos de los proyectos en los que ha intervenido alguna entidad española ascendió a más de 149 millones de euros y la financiación recibida por las empresas nacionales superó los 11 millones de euros.



Fotografía cedida por cortesía de Drone Hopper

²⁷ 2017 incluye los proyectos con comienzo previsto en octubre

Fondos gestionados por SEIDI

La cuantía de los proyectos de financiación aprobados por SEIDI para la I+D+i del sector de las aeronaves no tripuladas durante los años 2015 y 2016 se ha cifrado en torno a los 5 millones de euros anuales. El principal aporte proviene de fondos propios y se complementa con fondos FEDER que han supuesto un 11% del total financiado durante dichos años.

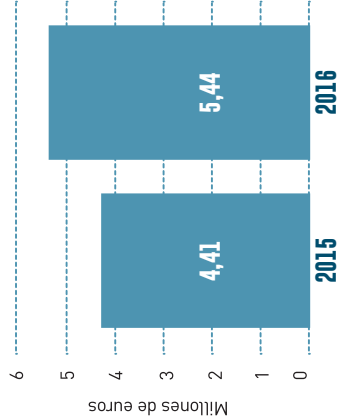


Figura 37: Fondos SEIDI. Financiación al sector de las aeronaves no tripuladas.
Fuente: Elaboración propia con datos de SEIDI.

SEIDI dispone de 3 tipos de soporte financiero para las empresas: la subvención, el crédito y el anticipo, que pueden ser otorgados de forma simultánea. La concesión de un crédito es la forma de financiación más habitual.

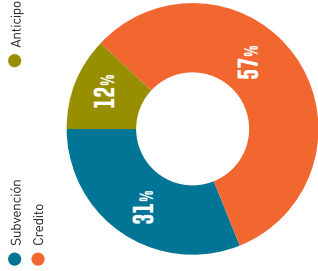


Figura 38: Financiación SEIDI. Tipología de soporte financiero.
Fuente: Elaboración propia con datos de SEIDI.

Los proyectos financiados por H2020 dentro del sector de los vehículos aéreos no tripulados engloban todos los aspectos de su ecosistema tecnológico. De entre las diferentes partes destaca la financiación recibida para investigación en el desarrollo de plataformas aéreas y en los sistemas de navegación aérea que mejoran el posicionamiento y control de la aeronave.

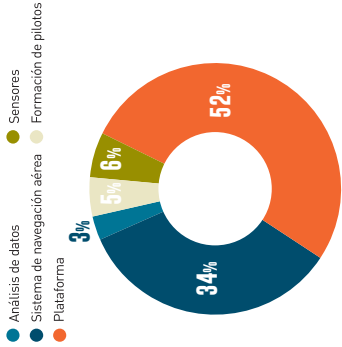


Figura 35: H2020. % Financiación recibida por España. Por subsistemas. 2015-2017.
Fuente: Elaboración propia con datos de H2020.

Dentro de los sectores específicos a los que se ha dirigido la financiación del Horizonte H2020 destaca el gran esfuerzo financiador en todos los campos relativos a la integración de los drones en el Espacio Aéreo (EA), siguiendo en importancia ámbitos como la seguridad, el salvamento y el sector audiovisual, que suman entre los 4 casi el 40% del presupuesto total financiado.

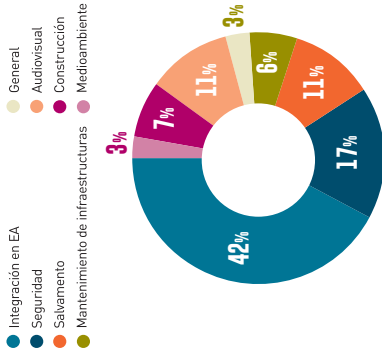


Figura 36: H2020. % Financiación recibida por España Sectores. 2015-2017.
Fuente: Elaboración propia con datos de H2020.

Durante los años 2015 y 2016 los Fondos gestionados por SEIDI en relación con el sector de los drones tuvieron un total de 46 beneficiarios, siendo la mayor parte de ellos empresas y universidades.

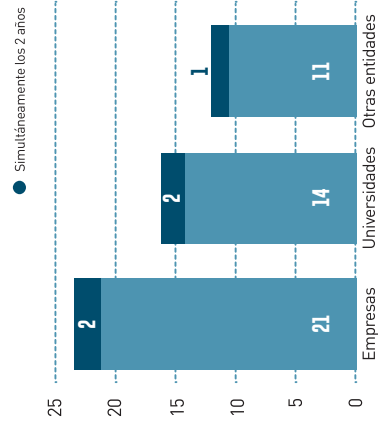


Figura 39: Financiación SEIDI. Número de participantes (2015-2016).
Fuente: Elaboración propia con datos de SEIDI.

En 2015 y 2016 destacan junto con el sector de la seguridad los sectores alineados con la estrategia sectorial de FEDER (Agricultura, Obra Civil e Industrial).

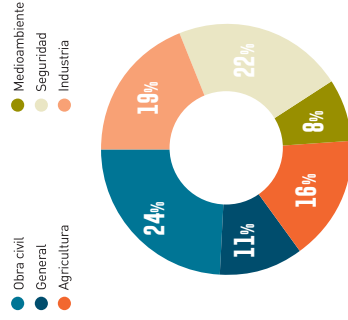


Figura 41: Financiación SEIDI. Inversión sectorial. 2015 y 2016.
Fuente: Elaboración propia con datos de SEIDI.

Proyectos financiados por el CDTI

El CDTI emplea fuentes de financiación propias complementadas con fondos FEDER. Desde 2010, el CDTI ha apoyado a las empresas del sector con una financiación de más de 70 millones de euros. En particular, en 2015 y 2016, destinó cerca de 20 millones de euros.

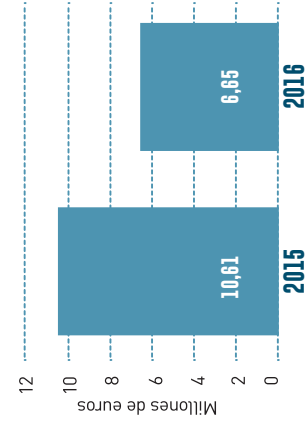


Figura 40: CDTI. Financiación del sector de los drones.
2015-2016.
Fuente: Elaboración propia con datos de CDTI.

Esta financiación ha sido aprovechada por más de 90 empresas, en su mayor parte (58%) pymes del sector. La financiación directa ha sido la fórmula más habitual, que en los últimos 10 años ha alcanzado de media el 75% del presupuesto de los proyectos.

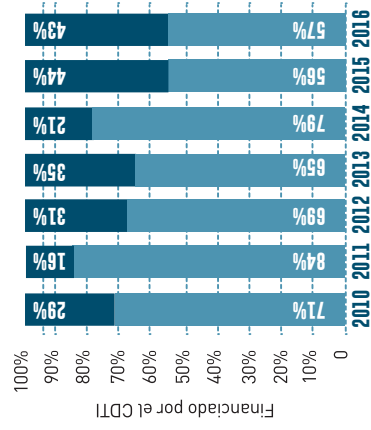


Figura 42: CDTI. % medio del presupuesto de proyecto financiado por CDTI 2010-2016.
Fuente: Elaboración propia con datos de CDTI.

Ejemplo de la financiación público-privada. El Proyecto CIAR-Galicia y el UAV's Initiative

Dentro de las actuaciones de financiación mediante la fórmula de colaboración público-privada de "Compra Pública Innovadora" destacan el Proyecto CIAR, y el UAV's Initiative.

El proyecto CIAR surgió para cubrir la necesidad de desarrollar una infraestructura dotada de un espacio aéreo segregado donde se pudieran realizar trabajos de investigación en el desarrollo de prototipos de aeronaves no tripuladas y de sistemas para su integración en el espacio aéreo.

Esta nueva infraestructura se materializó a través del acondicionamiento del aeródromo de Rozas (Lugo) y ha constituido uno de los mejores ejemplos de aplicación de la figura de "Compra Pública de Innovación", permitiendo realizar a la Administración, junto a la iniciativa privada, una de las mayores actuaciones dentro del sector de los vehículos aéreos no tripulados.

Otro aspecto a destacar del proyecto CIAR es que la participación del sector público fue realizada de forma conjunta por instituciones del Estado y autonómicas. Así, colaboraron por parte de la Administración estatal el Ministerio de Economía y Competitividad junto con el INTA mientras que por parte de la Comunidad Autónoma de Galicia apoyaron el proyecto la Xunta de Galicia y el Instituto Galego de Innovación.

La inversión total del proyecto ascendió a 149²⁸ millones de euros de los que la Administración del Estado aportó 34 a través de fondos FEDER, la Administración autonómica 40 y el resto fue aportado por la iniciativa privada formada por las empresas Indra y Babcock.

Esta iniciativa, permitió la creación de 120 puestos de trabajo asociados, la firma de 15 contratos con Pymes y universidades y el desarrollo de 20 proyectos relacionados con plataformas aéreas y marítimas²⁹.

En el marco de la política de promoción del centro tecnológico del Aeródromo de Rozas (Lugo), el gobierno gallego impulsó también el programa Civil UAVs Initiative. A través de esta iniciativa se pretenden mejorar la prestación de determinados servicios públicos de la Administración Gallega en diferentes sectores (agrario, forestal, marítimo, medio ambiente) y de gestión del territorio y del patrimonio mediante la explotación de las potencialidades de los sistemas aéreos no tripulados.

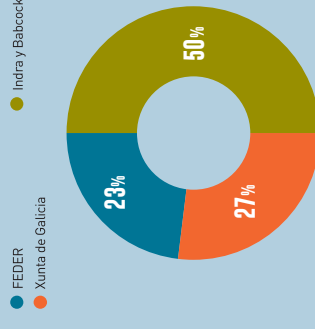


Figura 43: Fuentes de financiación e importes financiados.
Fuente: Elaboración propia con datos de la Xunta de Galicia.

El proyecto tiene un plazo de ejecución de 3 años y un presupuesto de 24 millones de euros. Se formalizó en el año de 2016, a través de un convenio de colaboración entre el Ministerio de Economía y Competitividad, la Agencia Gallega de Innovación (GAIN) y la Agencia de Modernización, Tecnológica de Galicia (AMTEGA).

²⁸ Xunta de Galicia. "Caso de éxito de un proyecto CPI: Civil UAVs Initiative en Galicia".
²⁹ Entre ellos destacan el proyecto IARUJS: Aeronave opcionalmente tripulada para vigilancia y reconocimiento marítimo y los proyectos LUA y LUMES: Aeronaves desarrolladas para la lucha contra incendios forestales.

2.5. Diagnóstico

Al igual que en el resto del mundo, en nuestro país se ha identificado de manera clara la potencialidad de desarrollo del sector a lo largo de toda la cadena de valor, desde la fabricación de componentes a la prestación de servicios como demuestra el elevado número de operadores registrados y la creación en los últimos años de numerosas empresas fabricantes de aeronaves y sus sistemas.

Sin embargo, la juventud y el pequeño tamaño de la mayor parte de nuestras empresas hacen que se enfrenten a dificultades propias de su tamaño, como, por ejemplo, la obtención de financiación para realizar sus proyectos, factor a potenciar para su desarrollo. El aumento de tamaño de las empresas se identifica como un factor clave para mejorar su competitividad, su capacidad de inversión en I+D+i y su proyección exterior.

La tecnología de las aeronaves no tripuladas se ha identificado como una oportunidad de negocio clara para empresas dedicadas a sectores distintos del aeronáutico, que ven en esta tecnología alternativas que presentan ventajas respecto a las soluciones tradicionales. Previsiblemente, las empresas adoptarán este tipo de soluciones para la realización de parte de sus tareas. El importante número de operadores registrados en menos de 3 años es un síntoma del interés que despierta esta tecnología.

El nuevo marco normativo permitirá potenciar el desarrollo de estas empresas que podrán proporcionar un conjunto más amplio de servicios. Así, por ejemplo, la posibilidad de abordar nuevos modos de operación más allá de alcance visual del piloto, vuelos en entornos urbanos, etc. permitirá el desarrollo de nuevas aplicaciones, distintas de las más comunes en la actualidad (filmación y topografía). Por otra parte, en el medio plazo, el Reglamento Europeo aumentará, más si cabe, el tipo de operaciones permitidas y definirá un mercado común en toda la Unión Europea que facilitará la exportación a otros países de los servicios de nuestros operadores. Debemos implantar los procedimientos que faciliten y agilicen la operación de las empresas en condiciones de seguridad, porque ello favorecerá, sin duda, que nuestras empresas puedan crecer e innovar.

Nuestro país cuenta con empresas, entidades y profesionales de primer nivel que han situado a España en un lugar de referencia mundial. Éstos han sabido aprovechar la apuesta firme de la Unión Europea por el desarrollo de este sector a través de la participación en sus proyectos de I+D. En gran medida, el objetivo de esta financiación europea es configurar el nuevo paradigma de la operación de drones, que pasa por el desarrollo de un sistema específico de gestión de tráfico aéreo para estas aeronaves y su coexistencia en el espacio aéreo con las tripuladas (U-Space). Nuestras empresas, que participan de

manera intensa en estos programas de investigación partirán con una clara ventaja competitiva y podrán posicionarse como líderes en Europa.

Muchas de las tecnologías necesarias para este nuevo escenario están iniciando su desarrollo y ello genera oportunidades de negocio a las que ya se están sumando algunas empresas de nuestro país.

Debemos continuar mejorando nuestro esfuerzo inversor en I+D+i para aproximarlo al de nuestros principales competidores, a través, por ejemplo, de programas de colaboración público-privadas que están dando frutos muy positivos en estos primeros años de este novedoso sector.

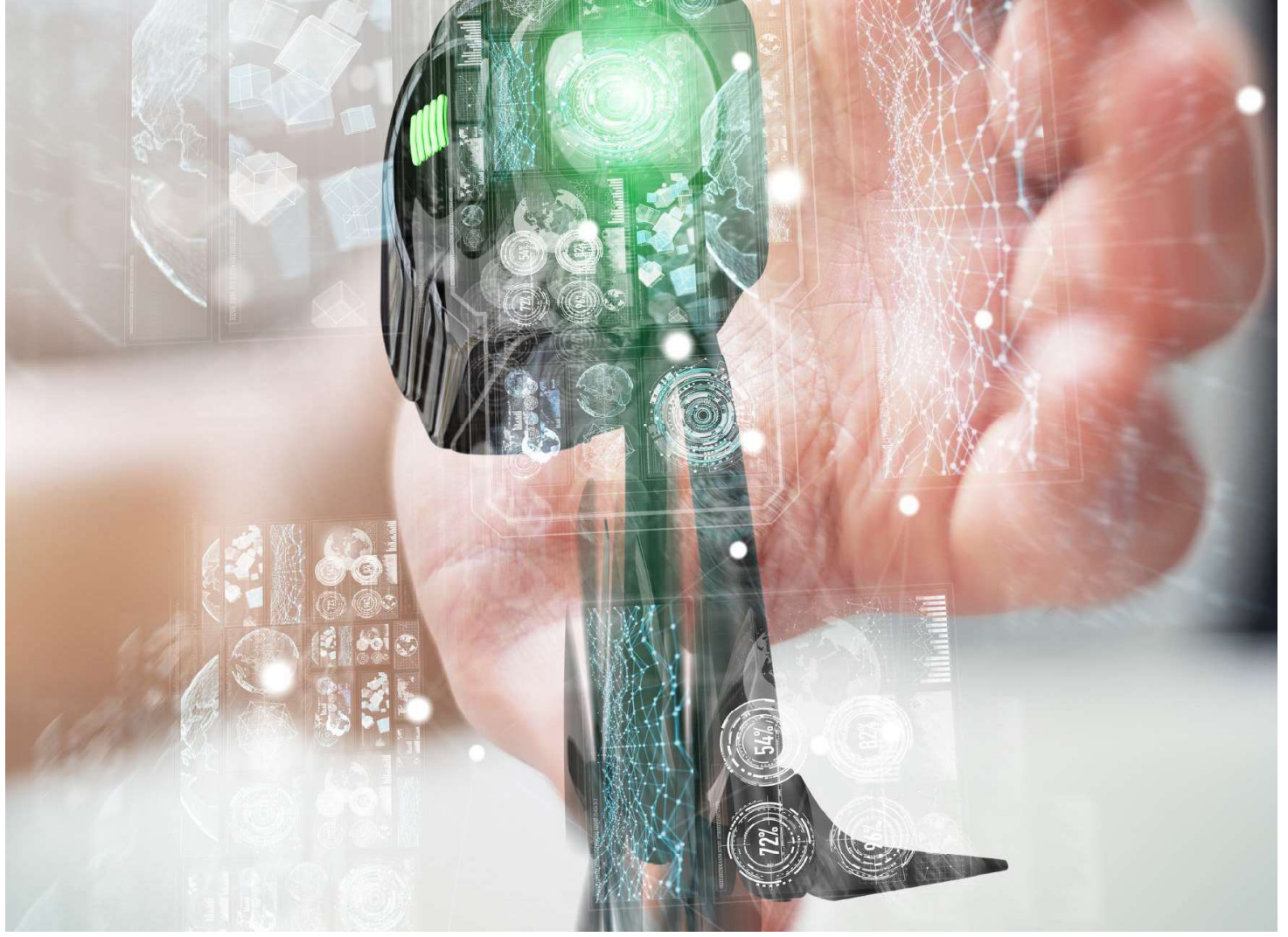
España cuenta con infraestructuras de ensayos especializadas de este tipo de aeronaves, que trabajan proactivamente junto con las empresas diseñadoras y fabricantes, y les ayudan a alcanzar sus objetivos: drones y tecnología embarcada capaz de operar en condiciones de seguridad. Es importante apostar por el desarrollo de estos centros facilitando las autorizaciones a las empresas para que puedan realizar pruebas en estos centros de experimentación y, de esta forma, desarrollar nuevas tecnologías, productos y aplicaciones.

Existe un gran potencial de desarrollo de soluciones adecuadas para la vigilancia y defensa frente a actos ilícitos realizados con drones. El desarrollo de este tipo de sistemas está cobrando cada vez más importancia en el mercado internacional pero son muy pocas las soluciones que han sido desarrolladas por empresas españolas, por lo que ello supone una ventana de oportunidad que debemos aprovechar.

La oferta formativa relacionada con el sector se centra principalmente en la formación de pilotos y no está estandarizada. Fortalecer los programas de formación en materia de diseño de componentes, sistemas y su integración en plataformas aéreas facilitará la labor de las empresas tecnológicas españolas en el desarrollo de nuevos productos.

Es fundamental realizar labores de difusión entre la sociedad sobre los grandes beneficios que presenta esta tecnología y sobre la importancia del uso adecuado de estas aeronaves. De esta forma, a través de una adecuada concienciación, podremos conseguir la aceptación social necesaria que permitirá el desarrollo de esta actividad.

Nos encontramos, por tanto, ante un sector de gran pujanza y en el que las empresas españolas tienen mucho que decir en el panorama internacional. Por ello, es necesario poner todos los esfuerzos para transformar las pequeñas barreras detectadas en oportunidades y de esta forma reforzar nuestro tejido tecnológico, industrial y de servicios logrando así que esta nueva tecnología tenga un impacto positivo en la sociedad española en su conjunto.



4. Ejes estratégicos

El Plan Estratégico para el Desarrollo del Sector Civil de los Drones en España tiene como objetivo principal potenciar el desarrollo ordenado del sector, alineando el progreso tecnológico y la seguridad, favoreciendo el avance de sus múltiples aplicaciones en aras de la mejora y modernización de la sociedad. En este sentido, el Plan realiza una apuesta decidida por la tecnología y la innovación, persiguiendo el posicionamiento de liderazgo de nuestro país en el ámbito internacional.

Actualmente, el sector de los drones presenta un enorme potencial de desarrollo y transformación. Consolidar esta senda de crecimiento hace necesario establecer un marco general adecuado, que

aporte certidumbre y predictibilidad a los diferentes agentes del sector, a la vez que seguridad y privacidad a la ciudadanía, y que permita superar las barreras que existen en los ámbitos regulatorio, técnico, económico y social.

Con un presupuesto estimado de 15 millones de euros, este Plan Estratégico consta de 29 iniciativas que se enmarcan en 4 ejes estratégicos que plantean, respectivamente: la implantación del marco normativo actual y desarrollo de la normativa futura; el impulso al desarrollo empresarial y a la I+D+i del sector; la divulgación de información sobre el sector y, finalmente la coordinación entre las Administraciones involucradas en este segmento de actividad.



Eje Estratégico 1: Implantación del marco normativo actual y desarrollo de la normativa futura

El segmento de actividad de los drones, como parte del sector de aviación, se encuentra condicionado por el ámbito normativo, que persigue la consecución y mantenimiento de los más altos estándares de seguridad operacional.

En este sentido, para alcanzar todo el potencial de desarrollo del sector de forma que se favorezcan nuevas aplicaciones y la consolidación de las ya existentes, garantizando la seguridad y el respeto a los derechos individuales, se consideraba fundamental disponer de un avanzado marco normativo que sustituyese al marco regulatorio hasta entonces establecido (en la Ley 18/2014). Por ello, desde el Ministerio de Fomento se impulsó la elaboración de un nuevo Real Decreto que lo sustituyese y que fue aprobado por el Consejo de Ministros el pasado 15 de diciembre, el Real Decreto 1036/2017, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto. Asimismo, este nuevo marco regulatorio debe ir acompañado del establecimiento de unos medios de cumplimiento y material guía que permitan al sector desarrollar su actividad en condiciones de eficiencia.

En el futuro, el marco regulatorio bajo el que se desenvolverá la actividad tendrá alcance europeo. Dicho marco se encuentra actualmente en fase de definición, por lo que se considera vital nuestra participación activa y de una forma destacada, con objeto de defender y trasladar los intereses de nuestro país. Asimismo, la participación en los programas de colaboración entre los socios europeos se identifica como una oportunidad para fomentar las sinergias y reforzar el papel de España en el ámbito internacional.

En definitiva, este Plan Estratégico debe promover la definición de un marco de actuación amplio, que abarque tanto las áreas de regulación como las de supervisión e incorpore, además, un modelo de relación óptimo entre servicios y un modelo de comunicación, dirigido tanto a los agentes propios del sector como al resto de la sociedad.

Como parte de este objetivo, la implantación eficiente del marco normativo actual y desarrollo de la normativa futura, se han establecido tres líneas estratégicas que responden a los distintos ámbitos de adecuación de las iniciativas.

E1. Implantación del marco normativo actual y desarrollo de la normativa futura

E1L1. Seguridad aérea

La primera línea incluye iniciativas y actividades enfocadas al desarrollo de Medios Aceptables de Cumplimiento (AMC) y Material Guía (GM) para el cumplimiento con los requisitos establecidos en el Real Decreto de RPAS. Asimismo, dicha línea incorpora iniciativas relacionadas con la definición de procesos de inspección, coordinación, comunicación o acceso a la información aeronáutica. Finalmente, la línea estratégica tiene en cuenta la participación activa en la definición de las políticas y regulaciones de alcance europeo.

E1L2. Protección de los enlaces de comunicaciones

La segunda línea, incluye iniciativas y actuaciones orientadas a la utilización eficiente del espectro radioeléctrico evitando, entre otras cuestiones, posibles interferencias a otros usuarios y asegurar que los enlaces de comunicaciones son seguros.

Finalmente, como parte del desarrollo normativo, se considera esencial la elaboración de una guía específica para la captura y tratamiento de los datos obtenidos a través de drones, con objeto de asegurar la privacidad de los ciudadanos.

E1L3. Protección de los derechos individuales



Eje estratégico 2: Impulso al desarrollo empresarial y a la I+D+i del sector

En materia de innovación, el Ministerio de Fomento ha elaborado el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras que materializa una apuesta ambiciosa para consolidar a España en una posición de liderazgo internacional en dichas materias a través de la innovación, con el usuario final como centro del proceso y con la participación de toda la sociedad. En el ámbito de los drones, dicho Plan ha tenido en cuenta iniciativas orientadas a la creación de un Laboratorio destinado al desarrollo de nuevas aplicaciones para drones y al desarrollo de una Plataforma para la gestión del tráfico de estas aeronaves. Dichas iniciativas se han incluido en el presente Plan Estratégico.

Adicionalmente este Plan Estratégico incorporará iniciativas que tienen como objetivo, entre otras cuestiones, la incorporación de estas plataformas a la actividad productiva y social, para lo que será fundamental el desarrollo empresarial del sector. Actualmente, el ámbito nacional de drones se caracteriza por una atomización de empresas que mayoritariamente son muy reducidas en tamaño y que se enfocan básicamente a actividades de fotografía y filmación.

Asimismo, se considera conveniente estandarizar la oferta formativa de forma que las empresas puedan contar con profesionales altamente cualificados con capacidad para desarrollar soluciones tecnológicas adaptadas a las demandas del sector.

E2. Impulso al desarrollo empresarial y a la I+D+i del sector

E2L1. Desarrollo empresarial

La primera línea estratégica, relativa al desarrollo empresarial tiene en cuenta, entre otras iniciativas, la elaboración y potenciación de un currículo estándar para la formación de alta cualificación en materia de drones o el desarrollo de un centro de excelencia en materia de drones. Asimismo, tiene en cuenta el impulso de la utilización de drones en las distintas áreas

E2L2. Fomento I+D+i

de la Administración y sus empresas, como agentes tractores de la actividad.

Finalmente, como parte de este eje estratégico, se define otra línea estratégica que incluye todas las acciones relacionadas con la promoción y el apoyo en la financiación de tareas de I+D+i.

Teniendo en cuenta que se trata de un sector altamente innovador y competitivo en el ámbito internacional, es importante crear un entorno que favorezca el crecimiento sólido de las empresas españolas y su posicionamiento en los mercados globales. De esta forma, se debe trabajar en iniciativas enfocadas a facilitar la financiación de las empresas, impulsar su internacionalización y crear un tejido de conocimiento en toda la cadena de valor del sector. Aquí, el ICEX y algunas líneas contempladas en el Plan de Internacionalización del Transporte y las Infraestructuras 2018-2020, elaborado por el Ministerio de Fomento, desempeñarán un rol fundamental.

En materia de financiación, es un firme propósito del Ministerio de Fomento apoyar al sector para que pueda acceder a fuentes de financiación que permitan su desarrollo, entre otras, las provenientes de fondos europeos como H2020, CEF (Connecting Europe Facility), etc.; así como otras de ámbito nacional como ayudas a la iniciativa Industria conectada 4.0, programas Neotec, etc.

El impulso al desarrollo empresarial del sector debe también apoyarse en la potenciación de las tareas de I+D+i en las empresas. Para ello, la Administración asumirá un papel destacado como agente promotor, a través del fomento de la innovación y el desarrollo de nuevas aplicaciones.



Eje estratégico 3: Divulgación de información sobre el sector

El nuevo marco regulatorio recientemente aprobado, hace necesario reforzar la difusión entre los agentes del sector. Para ello, se considera imprescindible definir este eje estratégico, con objeto de que esta información global sobre el sector sea difundida entre la ciudadanía y se creen vías de comunicación con la Administración, favoreciendo tanto el desarrollo seguro de la actividad como la aceptación social del sector.

A su vez, cabe destacar que la diversidad de los usuarios de drones hace que exista una importante heterogeneidad en la formación aeronáutica de los mismos. Especialmente para aquellos usuarios con una menor formación en esta materia, se considera necesario promover la difusión de información que se oriente hacia una mayor especialización.

Para que exista un canal único en el que los agentes involucrados puedan acceder a la información de

una manera homogénea, este plan ha incluido entre sus iniciativas, la creación de un Portal para la Difusión del Sector. Parte de la información del Portal se apoyará en un Observatorio sobre el sector de los drones, responsable de recopilar, gestionar y analizar la información de este segmento de actividad y que se creará como otra iniciativa del presente Plan Estratégico.

Finalmente, se difundirá la labor innovadora de las empresas españolas, premiando su desempeño a través de la creación de un premio específico de la Fundación Enaire.

Las líneas que se han incorporado como parte de este eje estratégico tienen en cuenta, por un lado, la divulgación al público general y por otro, la divulgación en los sectores productivos.

E3. Divulgación de información sobre el sector

E3L1. Divulgación global

La primera línea estratégica, la divulgación global, tiene en cuenta la participación activa en foros y congresos del sector de drones y conferencias informativas en universidades o colegios. Asimismo, considera relevante el fomento de la cultura aeronáutica a través de material divulgativo de apoyo y la coordinación de campañas de divulgación con las autoridades locales.

E3L2. Divulgación en sectores productivos

En relación con la segunda línea, la divulgación en sectores productivos, cobrarán especial importancia los desarrollos relativos al Portal para la difusión del sector y el Observatorio del sector de drones.





Eje estratégico 4: Coordinación entre Administraciones

El conjunto de retos y ejes estratégicos planteados hasta ahora involucra a los diversos agentes del sector, siendo, por tanto, necesaria una gestión adecuada de su coordinación.

Con objeto de promover el desarrollo de la industria de los drones en España y coordinar a los distintos organismos públicos implicados en sus operaciones, se ha creado un Grupo Interministerial, liderada por la Dirección General de Aviación Civil del Ministerio de Fomento.

Este Plan tiene en cuenta la potenciación de este Grupo como instrumento esencial de coordinación de la actividad en materia de drones en España. Bajo este cuarto eje estratégico, se crearán asimismo foros de diálogo entre administraciones para el cumplimiento del conjunto de iniciativas del Plan Estratégico.

Todas las iniciativas orientadas a la coordinación entre administraciones se engloban dentro de este cuarto eje de naturaleza transversal.

E4. Coordinación entre Administraciones

E4L1. Coordinación

Esta línea estratégica da respuesta a la necesidad de una coordinación eficaz entre administraciones que permita el desarrollo ordenado del sector, esta-

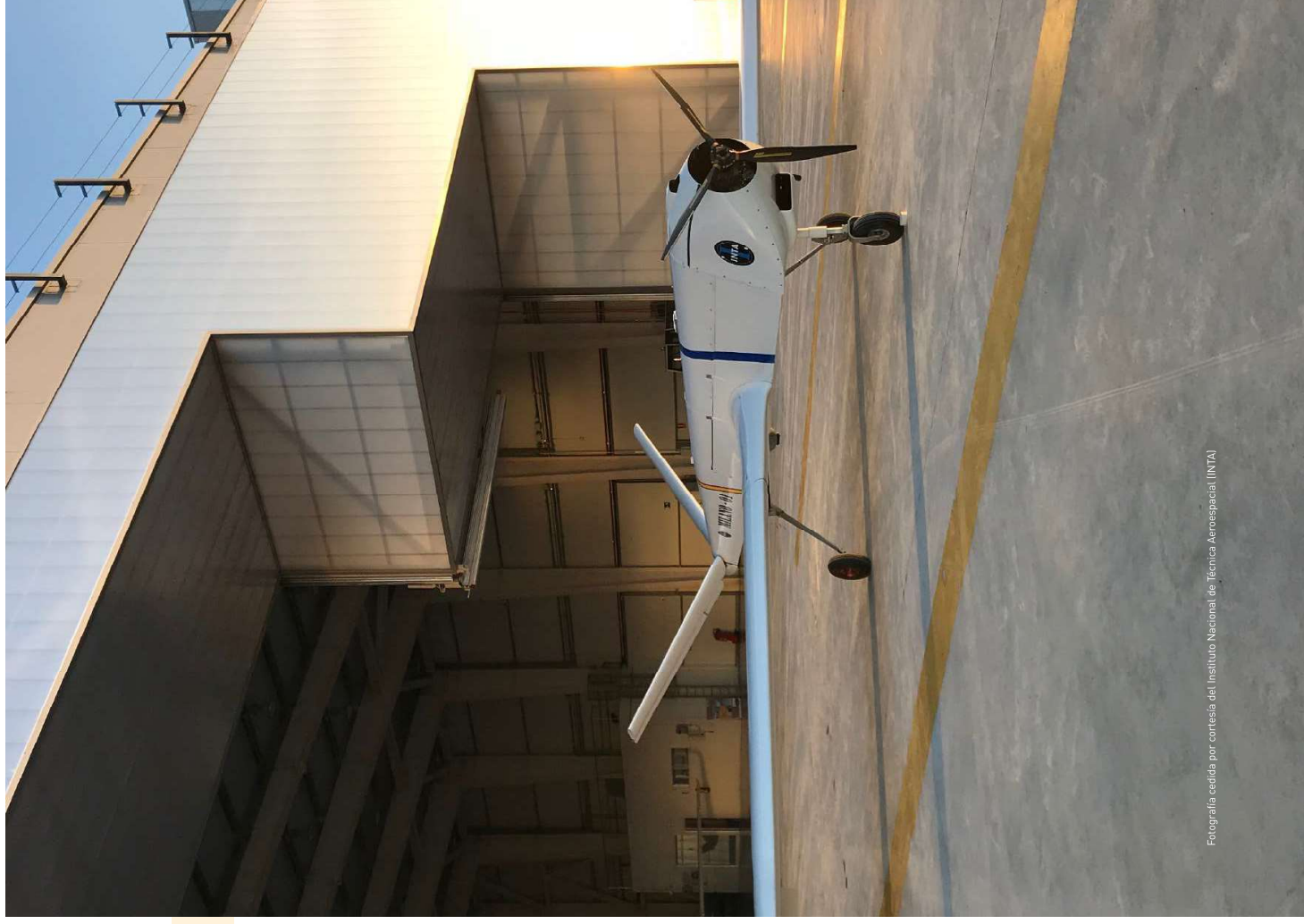
bleciéndose los foros de diálogo adecuados en los que coordinar las distintas iniciativas de las que los organismos involucrados en las mismas sean participantes.



El cumplimiento de los cuatro Ejes estratégicos definidos permitirá afrontar con éxito los retos identificados en el análisis, y de esta forma situar a España como un actor relevante en el panorama internacio-

nal en el sector. Es por tanto que dichos ejes son la guía fundamental sobre la que se establecen las diferentes líneas estratégicas e iniciativas del presente Plan Estratégico.

Fotografía cedida por cortesía del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)



5. Iniciativas

De acuerdo al análisis realizado, los Ejes Estratégicos definidos constituyen una respuesta global a los objetivos establecidos en el plan.

Para la consecución de cada uno de los cuatro Ejes, se definen una serie de iniciativas. Estas se presentan en formato de fichas para facilitar su análisis, comprensión y seguimiento.

Cada una de las iniciativas persigue un objetivo específico e indica las acciones y proyectos a poner

en marcha. Se identifica, además, el horizonte para la implementación de las iniciativas y se incluye un presupuesto estimado de ejecución. Asimismo, se identifica al agente responsable de cada una de las iniciativas y a otros agentes involucrados en el desarrollo de las mismas.

El responsable de la iniciativa se corresponde con el agente de mayor implicación en la misma. Éste debe asumir la labor de coordinación de los diferentes agentes involucrados y de las actuaciones. Asimismo, debe desarrollar y elevar informes de seguimiento al Comité de Evaluación y Seguimiento.



E2

Impulso al desarrollo empresarial y a la I+D+i del sector

E2L1-1

Impulso del papel de la Administración en el desarrollo del sector.

E2L1-2

Promoción de las exportaciones de las empresas españolas.

E2L1-3

Apoyo a la financiación a la I+D+i de las empresas del sector.

E2L1-4

Desarrollo de un Currículum Estándar.

E2L2-1

Plan de acción nacional para la implantación de U-Space.

E2L2-2

Desarrollo de un centro de excelencia en materia de drones.

E2L2-3

Potenciación de la red de infraestructuras especializadas para la I+D+i en drones.

E2L2-4

Potenciación de los centros tecnológicos.

E2L2-5

Fomento de nuevos modelos de negocio de gran impacto.

E2L2-6

Impulso a la integración de los drones en Smart Cities.

E2L2-7

Desarrollo de contramedidas para prevenir actos ilícitos.

E2L1. Desarrollo empresarial

E2L2. Fomento I+D+i

E3

Divulgación de información sobre el sector

E3L1-1

Creación del portal digital para la difusión del sector.

E3L1-2

Acciones divulgativas del sector

E3L1-3

Divulgación de buenas prácticas para la protección de la privacidad y el derecho a la intimidad de terceras personas.

E3L1-4

Reconocimiento público a la innovación.

E3L2-1

Desarrollo de un observatorio del sector de drones.

E3L2-2

Divulgación de las vías de financiación del sector

E3L1. Divulgación global

E3L2. Divulgación en sectores productivos

E4

Coordinación entre Administraciones

E4L1-1

Impulso del Grupo Interministerial

E4L1-2

Desarrollo de un Foro de diálogo Interadministrativo

E4L1. Coordinación

El seguimiento de las acciones debe efectuarse de forma continua a lo largo de la implantación del Plan, permitiendo medir y controlar la evolución y el desarrollo de las iniciativas; pudiendo corregir y subsanar posibles carencias mediante la modificación o aprobación de nuevas metas a partir de los resultados obtenidos.

Para poder llevar a cabo dicho seguimiento, cada una de las iniciativas incorpora una serie de indicadores de resultados, que serán evaluables a lo largo del tiempo. Estos indicadores se han identificado con el requisito de ser relevantes para diagnosticar




Ejes Estratégicos	Iniciativa	Horizonte			
		2018	2019	2020	2021

 E1. Implantación del marco normativo actual y desarrollo de la normativa futura	E1L1-1	Desarrollo de Medios de Cumplimiento y Material Guía para fabricantes, centros de formación y operadores	●	●	○
	E1L1-2	Desarrollo de medios electrónicos para la gestión de operaciones	●	●	○
	E1L1-3	Plan de inspecciones para drones, centros de formación y operadores	●	●	●
	E1L1-4	Desarrollo de procedimientos para facilitar el acceso a la información aeronáutica	●	○	○
	E1L1-5	Participación activa en la definición de las políticas y regulaciones comunitarias	●	●	●
	E1L1-6	Participación activa en la definición de los estándares U-Space	●	●	○
	E1L2-1	Desarrollo de Medios de Cumplimiento y Material Guía para protección de comunicaciones	●	●	○
	E1L2-2	Plan de inspecciones para equipos radioeléctricos de drones	●	●	●
	E1L2-3	Participación activa en la definición del espectro radioeléctrico disponible	○	●	○
	E1L3-1	Desarrollo de guía para la captura y tratamiento de datos obtenidos mediante drones	●	○	○

 E3. Divulgación de información sobre el sector	E3L1-1	Creación del portal digital para la difusión del sector	●	●	○
	E3L1-2	Acciones divulgativas del sector	●	●	●
	E3L1-3	Divulgación de buenas prácticas para la protección de la privacidad y el derecho a la intimidad de terceras personas	●	○	○
	E3L1-4	Reconocimiento público a la innovación	○	●	●
	E3L2-1	Desarrollo de un Observatorio del sector de drones	●	●	●
	E3L2-2	Divulgación sobre las vías de financiación del sector	●	●	●

Ejes Estratégicos	Iniciativa	Horizonte			
		2018	2019	2020	2021

 E2. Impulso al desarrollo empresarial y a la I+D+i del sector	E2L1-1	Impulso del papel de la Administración para el desarrollo del sector	●	●	●
	E2L1-2	Promoción de las exportaciones de las empresas españolas	●	●	●
	E2L1-3	Apoyo a la financiación a la I+D+i de las empresas del sector	●	●	●
	E2L1-4	Desarrollo de un currículum estándar	○	●	○
	E2L2-1	Plan de Acción Nacional para la implantación U-Space	●	●	○
	E2L2-2	Desarrollo de un centro de excelencia en materia de drones	●	●	○
	E2L2-3	Potenciación de la red de infraestructuras especializadas para I+D+i en drones	●	●	○
	E2L2-4	Potenciación de los centros tecnológicos	●	●	●
	E2L2-5	Fomento de nuevos modelos de negocio de gran impacto	●	●	●
	E2L2-6	Impulso a la integración de los drones en las smart cities	●	●	○
	E2L2-7	Desarrollo de contramedidas para prevenir actos ilícitos	●	●	●

 E4. Coordinación entre Administraciones	E4L1-1	Impulso del Grupo Interministerial	●	●	●
	E4L1-2	Desarrollo de un Foro de diálogo interadministrativo	●	●	●



Anexo II. Implementación en CPLEX Studio de los Modelos Matemáticos

Implementación en CPLEX Studio del Modelo 3.3

```
/******  
* OPL 12.6.0.0 Model  
* Author: José Luis López Ramón  
* Creation Date: 2018  
*****/  
int C=...; range cust = 1..C; //Conjunto de C clientes  
range V0 = 0..C;  
range VF= 1..C+1; //Conjunto de nodos finales de la red  
int M=...; range K=1..M; //Conjunto de M drones  
range V=0..C+1; //Conjunto de todos los nodos  
  
//Parámetros  
float Q[K]=...; //Llamada a datos de capacidad de los drones  
float S[K]=...; //Llamada a datos de velocidad de los drones  
float c[V0][VF]=...; //Llamada a datos de distancia entre nodos  
float d[cust]=...; //Llamada a datos de demanda de clientes  
  
//Variables de Decisión  
dvar boolean x[V0][VF][K]; //Xijk: el dron k va de i a j  
dvar boolean y[cust][K]; //Yik: el cliente i es visitado por el dron k  
dvar float+ u[V]; //Variable para la eliminación de subtours  
  
//Función Objetivo (Minimizar el tiempo de la ruta)  
minimize (sum(i in V0) sum(j in VF) sum(k in K) (c[i][j]/S[k])*x[i][j][k]);  
  
//Restricciones
```



```

subject to {

/*Todos los clientes son atendidos, entrando y saliendo a su localidad
si el dron la visita*/
    forall(i in cust, k in K){
        sum(j in VF) x[i][j][k]==y[i][k];
        sum(j in V0) x[j][i][k]==y[i][k]
    }

/*Se visita con un solo dron*/
    forall(i in cust)
        sum(k in K) y[i][k]==1;

/*El dron no puede entrar al depósito si ya se encuentra allí*/
    forall(k in K)
        x[0][C+1][k]==0;

/*No se debe superar la capacidad máxima*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust) d[i]*y[i][k] <= Q[k];

/*Eliminación de subtours*/
    forall(i in V0, j in VF, k in K)
        u[i] - u[j] + (C+1)*x[i][j][k] <= C;

/*Desigualdad válida: si un vehículo está activado sale del almacén*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust) y[i][k] <= C*sum(i in cust) x[0][i][k];

/*Desigualdad valida: si un dron no sale, no puede regresar al depósito*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust) x[i][C+1][k] <= sum(i in cust) x[0][i][k];
}

```

Implementación en CPLEX Studio del Modelo 3.4

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: José Luis López Ramón
* Creation Date: 2018
*****/
int C=...; range cust = 1..C; //Conjunto de C clientes
range V0 = 0..C; //Conjunto de nodos origen de la red
range VF= 1..C+1; //Conjunto de nodos finales de la red
int M=...; range K=1..M; //Conjunto de M drones

```

```

range V=0..C+1;                                //Conjunto de todos los nodos

//Parámetros
float Q[K]=...;                                //Llamada a datos de capacidad de los drones
float S[K]=...;                                //Llamada a datos de velocidad de los drones
float c[V0][VF]=...;                          //Llamada a datos de distancia entre nodos
float d[cust]=...;                            //Llamada a datos de demanda de clientes

//Variables de Decisión
dvar boolean x[V0][VF][K];                    //Xijk: el dron k va de i a j
dvar boolean y[cust][K];                      //Yik: el cliente i es visitado por el dron k
dvar float+ u[V];                            //Variable para la eliminación de subtours

//Función Objetivo (Minimizar el tiempo de la ruta)
minimize (sum(i in V0) sum(j in VF) sum(k in K) (c[i][j]/S[k])*x[i][j][k]);

//Restricciones
subject to {

/*Todos los clientes son atendidos, entrando y saliendo a su localidad
si el dron la visita*/
    forall(i in cust, k in K){
        sum(j in VF) x[i][j][k]==y[i][k];
        sum(j in V0) x[j][i][k]==y[i][k]
    }

/*Se visita con un solo dron*/
    forall(i in cust)
        sum(k in K)y[i][k]==1;

/*El dron no puede entrar al depósito si ya se encuentra allí*/
    forall(k in K)
        x[0][C+1][k]==0;

/*No se debe superar la capacidad máxima*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust) d[i]*y[i][k] <= Q[k];

/*Eliminación de subtours*/
    forall(i in V0, j in VF, k in K)
        u[i]- u[j] + (C+1)*x[i][j][k] <= C;

/*Desigualdad válida: si un vehículo está activado sale del almacén*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust)y[i][k]<= C*sum(i in cust) x[0][i][k];

```

```

/*Desigualdad valida: si un dron no sale , no puede regresar al depósito*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust)x[i][C+1][k]<=sum(i in cust) x[0][i][k];

/*No se rebasa la batería*/
    forall(k in K)
        sum(i in V0, j in VF) e[i][j]*x[i][j][k] <= B;
}

```

Implementación en CPLEX Studio del Modelo 3.5

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: José Luis López Ramón
* Creation Date: 2018
*****/
int C=...; range cust = 1..C; //Conjunto de C clientes
range V0 = 0..C;             //Conjunto de nodos origen de la red
range VF= 1..C+1;            //Conjunto de nodos finales de la red
int M=...; range K=1..M;     //Conjunto de M drones
range V=0..C+1;              //Conjunto de todos los nodos

//Parametros
float Q[K]=...;               //Llamada a datos de capacidad de los drones
float S[K]=...;               //Llamada a datos de velocidad de los drones
float B[K]=...;               //Llamada a datos de capacidad de la batería
float TR=...;                 //Llamada a datos de tiempo de recarga
float c[V0][VF]=...;          //Llamada a datos de distancia entre nodos
float d[cust]=...;            //Llamada a datos de demanda de clientes
float e[V0][VF]=...;          //Llamada a datos de consumo de batería
int RC[cust]=...;             //Llamada a datos de disponibilidad de recarga

//Variables de Decisión
dvar boolean x[V0][VF][K];    //Xijk: el dron k va de i a j
dvar boolean y[cust][K];      //Yik: el cliente i es visitado por el dron k
dvar float+ u[V];             //Variable para la eliminación de subtours
dvar float+ bl[VF][K];        //Batería restante al llegar al nodo
dvar float+ bs[V0][K];        //Batería restante al salir del nodo
dvar boolean f[V0][K];        //Fik: el dron k recarga en el nodo i
dvar float+ s[V0][VF][K];     //V.Auxiliar para evitar la no linealidad
dvar float+ t[cust][K];       //V.Auxiliar para evitar la no linealidad

//Función Objetivo (Minimizar el tiempo de la ruta)
minimize (sum(i in V0) sum(j in VF) sum(k in K) (c[i][j]/S[k])*x[i][j][k])+

```



```

sum(i in V0,k in K) f[i][k]*TR;

//Restricciones
subject to {

/*Todos los clientes son atendidos, entrando y saliendo a su localidad
si el dron la visita*/
    forall(i in cust, k in K){
        sum(j in VF) x[i][j][k]==y[i][k];
        sum(j in V0) x[j][i][k]==y[i][k]
    }

/*Se visita con un solo dron*/
    forall(i in cust)
        sum(k in K)y[i][k]==1;

/*El dron no puede entrar al depósito si ya se encuentra allí*/
    forall(k in K)
        x[0][C+1][k]==0;

/*No se debe superar la capacidad máxima*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust) d[i]*y[i][k] <= Q[k];

/*Eliminación de subtours*/
    forall(i in V0, j in VF, k in K)
        u[i]- u[j] + (C+1)*x[i][j][k] <= C;

/*Desigualdad válida: si un vehículo está activado sale del almacén*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust)y[i][k]<= C*sum(i in cust) x[0][i][k];

/*Desigualdad valida: si un dron no sale, no puede regresar al depósito*/
    forall(k in K)
        sum(i in cust)x[i][C+1][k]<=sum(i in cust) x[0][i][k];

/*No se rebasa la batería*/
    forall(k in K)
        sum(i in V0, j in VF) e[i][j]*x[i][j][k] <= B[k];

/*Si un dron sale del almacén sale cargado, si un dron no sale del almacén
no sale cargado*/
    forall (k in K) {
        f[0][k]>= sum(i in cust) x[0][i][k];
        bs[0][k]<=B[k]*sum(i in cust) x[0][i][k];
    }

```

```

        bs[0][k]>=B[k]*f[0][k];
    }

/*Un dron no se puede recargar en un nodo que no visita o no tiene estación*/
    forall (k in K, i in cust){
        f[i][k]<=RC[i];
        f[i][k]<=y[i][k];
    }

/*Si un dron no visita i, la variables son 0...
    forall(k in K, i in cust){
        bs[i][k]<=B[k]*y[i][k];
        bl[i][k]<=B[k]*y[i][k];
    }

//...en un cliente cualquiera cuando se visita*/
    forall(k in K, i in cust){
        bs[i][k]==B[k]*f[i][k]+t[i][k];
        t[i][k]<=bl[i][k]+f[i][k]*B[k];
        t[i][k]>=bl[i][k]-f[i][k]*B[k];
        t[i][k]<=(1-f[i][k])*B[k];
    }
    forall(k in K, i in VF)
        bl[i][k]==sum(j in V0) (s[j][i][k]-e[j][i]*x[j][i][k]);

/*Determinar el valor de las variables s*/
    forall(j in V0, i in VF, k in K){
        s[j][i][k]<=bs[j][k]+(1-x[j][i][k])*B[k];
        s[j][i][k]>=bs[j][k]-(1-x[j][i][k])*B[k];
        s[j][i][k]<=B[k]*x[j][i][k];
    }
}

```

Ejemplo de fichero de parámetros de entrada

```

*****
* OPL 12.6.0.0 Data
* Author: José Luis López Ramón
* Creation Date: 2018
*****/
C = 14;                //Numero de clientes
M = 5;                //Numero de drones
Q=[195 50 50 50 50]; //Capacidad de los drones en kg
S=[72 60 60 60 60];  //Velocidad de los drones en km/h
B=[172 180 180 180 180]; // Autonomía de los drones en km

```

```

d=[30.9 30.4 18.1 12.7 87.2 14.2 3.9 33.3 16.7 31.9 9.3
  45.6 32.8 25.5];          //Demanda de los habitantes en kg

//Distancia entre nodos en km

c=[[ 11.16 18.67 26.46 27.79 34.62 34.42 34.77 28.47 26.18 29.96 33.18
  28.19 20.50 15.91 0 ]
 [ 0.00 8.07 15.37 17.00 23.59 23.27 23.68 17.50 16.25 19.98 23.42 19.83
  14.17 5.57 11.16 ]
 [ 8.07 0.00 8.22 9.11 16.07 16.89 17.73 12.61 14.57 17.51 20.88 20.21
  17.69 7.57 18.67 ]
 [ 15.37 8.22 0.00 3.40 8.26 8.78 9.84 6.53 11.89 13.33 16.03 18.23 19.34
  12.17 26.46 ]
 [ 17.00 9.11 3.40 0.00 7.20 9.87 11.31 9.51 15.28 16.54 19.09 21.62 22.58
  14.66 27.79 ]
 [ 23.59 16.07 8.26 7.20 0.00 5.67 7.47 10.36 16.97 16.59 18.11 22.78
  26.15 20.31 34.62]
 [ 23.27 16.89 8.78 9.87 5.67 0.00 1.91 6.77 12.83 11.62 12.72 18.03 22.67
  18.95 34.42 ]
 [ 23.68 17.73 9.84 11.31 7.47 1.91 0.00 6.50 11.94 10.27 11.04 16.72
  21.92 19.08 34.77 ]
 [ 17.50 12.61 6.53 9.51 10.36 6.77 6.50 0.00 6.62 7.07 9.65 12.65 16.03
  12.65 28.47 ]
 [ 16.25 14.57 11.89 15.28 16.97 12.83 11.94 6.62 0.00 3.79 7.16 6.34
  10.02 10.94 26.18 ]
 [ 19.98 17.51 13.33 16.54 16.59 11.62 10.27 7.07 3.79 0.00 3.52 6.46
  12.86 14.57 29.96 ]
 [ 23.42 20.88 16.03 19.09 18.11 12.72 11.04 9.65 7.16 3.52 0.00 7.20
  15.03 17.87 33.18 ]
 [ 19.83 20.21 18.23 21.62 22.78 18.03 16.72 12.65 6.34 6.46 7.20 0.00
  8.43 14.93 28.19 ]
 [ 14.17 17.69 19.34 22.58 26.15 22.67 21.92 16.03 10.02 12.86 15.03 8.43
  0.00 10.43 20.50 ]
 [ 5.57 7.57 12.17 14.66 20.31 18.95 19.08 12.65 10.94 14.57 17.87 14.93
  10.43 0.00 15.91 ]];

//Consumo de batería entre nodos en km

e=[[ 11.16 18.67 26.46 27.79 34.62 34.42 34.77 28.47 26.18 29.96 33.18
  28.19 20.50 15.91 0 ]
 [ 0.00 8.07 15.37 17.00 23.59 23.27 23.68 17.50 16.25 19.98 23.42 19.83
  14.17 5.57 11.16 ]
 [ 8.07 0.00 8.22 9.11 16.07 16.89 17.73 12.61 14.57 17.51 20.88 20.21
  17.69 7.57 18.67 ]
 [ 15.37 8.22 0.00 3.40 8.26 8.78 9.84 6.53 11.89 13.33 16.03 18.23 19.34

```

```

12.17 26.46 ]
[ 17.00 9.11 3.40 0.00 7.20 9.87 11.31 9.51 15.28 16.54 19.09 21.62 22.58
14.66 27.79 ]
[ 23.59 16.07 8.26 7.20 0.00 5.67 7.47 10.36 16.97 16.59 18.11 22.78
26.15 20.31 34.62]
[ 23.27 16.89 8.78 9.87 5.67 0.00 1.91 6.77 12.83 11.62 12.72 18.03 22.67
18.95 34.42 ]
[ 23.68 17.73 9.84 11.31 7.47 1.91 0.00 6.50 11.94 10.27 11.04 16.72
21.92 19.08 34.77 ]
[ 17.50 12.61 6.53 9.51 10.36 6.77 6.50 0.00 6.62 7.07 9.65 12.65 16.03
12.65 28.47 ]
[ 16.25 14.57 11.89 15.28 16.97 12.83 11.94 6.62 0.00 3.79 7.16 6.34
10.02 10.94 26.18 ]
[ 19.98 17.51 13.33 16.54 16.59 11.62 10.27 7.07 3.79 0.00 3.52 6.46
12.86 14.57 29.96 ]
[ 23.42 20.88 16.03 19.09 18.11 12.72 11.04 9.65 7.16 3.52 0.00 7.20
15.03 17.87 33.18 ]
[ 19.83 20.21 18.23 21.62 22.78 18.03 16.72 12.65 6.34 6.46 7.20 0.00
8.43 14.93 28.19 ]
[ 14.17 17.69 19.34 22.58 26.15 22.67 21.92 16.03 10.02 12.86 15.03 8.43
0.00 10.43 20.50 ]
[ 5.57 7.57 12.17 14.66 20.31 18.95 19.08 12.65 10.94 14.57 17.87 14.93
10.43 0.00 15.91 ]];

```


Anexo III. Especificaciones técnicas de los helicópteros no tripulados utilizados en la resolución de los modelos

En este anexo se incluyen las especificaciones técnicas de los dos modelos de helicópteros no tripulados utilizados para resolver los modelos matemáticos. Ya que de los drones multirrotor eléctricos solamente se tenía información consultable de manera online, esto es, los fabricantes no proporcionan una hoja de especificaciones, no han podido ser incluidos.



Scout B-330 UAV

Product Brochure Scout B-330 UAV Helicopter



Aeroscout GmbH
Technikumstrasse 21
6048 Horw
Switzerland

info@aeroscout.ch
www.aeroscout.ch
+41-41-3493385

© Aeroscout GmbH, Switzerland

Subject to change without notice

Product Description



The Scout B-330 UAV helicopter is designed to carry payloads up to 50kg (110lbs) for at least three hours in a typical mission scenario. This includes a fully autonomous take-off sequence, a mission flight at variable speed, and a landing sequence. The mission can be a preprogrammed on the ground control station (GCS) or it can be continuously adapted by the operator.

Various safety features such as autonomous homing and automatic landing in case of link-loss as well as redundant backup links are part of the standard UAV helicopter system.



The Scout B-330 UAV helicopter is fully boarded and sealed to operate under dusty, rainy and humid conditions like in the mountains or offshore. The extremely stable flight behaviour in strong wind is crucial for perfect data acquisition of many sensor applications.

The development and production of the Scout B-330 UAV helicopter, located in Switzerland, is based on modern CAD tools and laser production technology and fulfills highest certification standards

Mission Scenarios



The Scout B-330 UAV helicopter can carry almost every payload up to 50kg (110lbs). In the following, two typical payload configurations are described. Aeroscout as a system integrator has more than 10 years of experience with the integration of highest grade sensor equipment on the well-known Scout B1-100 UAV helicopter.

Laser Scanning with the Riegl VP-1

Area covered [km ²]:	1	6	10
Flight Velocity [m/s]:	5	10	15
Flight Altitude [m AGL]:	50	80	100
Scanning Angle [deg]:	75	110	110
Point to Point Distance [cm]:	6	10	15
Line to Line Distance [cm]:	6	10	15
Points density [pts/m ²]:	300	100	50
Mission Duration [min]:	60	60	60
Data Size [GB]:	8	12	12
Photo overlay:	yes	yes	yes



Power Line Inspection

Carrying a multi sensor payload composed of:

- Laser scanner VUX-1
- Gimbal mounted Corona camera
- Gimbal mounted high resolution photo camera
- Infrared camera for orthophoto (looking downwards)
- High definition video live stream

This results in a total payload weight of approx. 20kg (44lbs). The excess power allows power line inspection above 2000m AMSL under heavy wind conditions.

Datasheet



Feature	Value
Dimensions, length, width, height	420 x 104 x 120cm
Maximum take-off weight MTOW	140kg
Engine (gasoline, heavy fuel optional)	21kW (28HP)
Typical payload at 500m above mean sea level (AMSL)	30kg (66lbs)
Maximum payload at 500m above mean sea level (AMSL)	50kg (110lbs)
Service ceiling (AMSL) with reduced payload of 13kg	3050m (10000ft)
Endurance with maximum payload	3h
Maximum horizontal velocity	100km/h (54kn)
Maximum rate of climb at MTOW and 500m AMSL	7m/s (1370 ft/min)
Internal fuel tank (95 Octane gasoline)	15L
Onboard power generator for payload	1500W
Lifespan (true flight time)	2000h
Small maintenance interval (true flight time)	100h
Big maintenance interval (true flight time)	300h
Operating temperature	-10°C to 40°C



www.dragonflypictures.com

Tel 610-521-6115 ext. 202

DP-14 Hawk

430 Lbs Payload Tactical UAV

VTOL: No Runway Required

Specifications



Modular configurations



External hard points for oversized items

DP-14 Hawk

Payload: 430 lbs

Speed: 105 KTAS

Cruise speed: 72 KTAS

Rapid climb under load:
500 ft / minute

Stall speed: None

Stable hover: Yes

Crosswinds: 40 kts

Altitude: 15,000 ft

Our UAV are military-proven and have successfully flown thousands of hours. They are now available for industry.

* Requires additional technology

Copyright © 2014 Dragonfly Pictures, Inc. (DPI).
All Rights Reserved.



DP-14 Hawk, 430 lbs payload, Internal cargo area 23 cubic feet

DPI is the industry leader in rotary wing unmanned aerial vehicles (UAV) in the U.S. The DPI DP-14 Hawk is a vertical take-off/land (VTOL) UAV that carries up to 430 lbs internal payload. The internal cargo area is 23 cubic feet in size, over 6 ft long, and over 20 inches wide. The Hawk's tandem configuration permits fast, agile aerial delivery and haul back with precision flight, self-deploy and self-recover, and precision drops (better than 3 meters) in unprepared, complex terrain. Onboard LIDAR and powerful computers perform efficient path planning and intelligent landing-site selection. Use of a relative positioning system allows the DP-14 Hawk to self-launch and self-recover on heaving, rolling, pitching ships with 8-inch accuracy CEP.*

Performance

Model	DP-14-T62
Hybrid heavy fuel engine	Solar T62
Fuel	JP-5 or JP-8
Power	80 Hp
Electric generator	4.5 kW
Gross weight	900 lbs
Empty weight	500 lbs
Payload volume	23 cubic feet
Internal fuel capacity	39.3 gal (270 lbs)
External fuel capacity	30 gal (130 lbs)

Increase range:

Trade payload for fuel to optimize endurance for your application



www.dragonflypictures.com

Tel 610-521-6115 ext. 202

DP-14 Hawk

430 Lbs Payload Tactical UAV

VTOL: No Runway Required

Specifications



Fits in utility trailer or standard van



Add fuel to increase range, endurance



Carrying cargo inside the aircraft allows for fast, agile flight even under load — up to 50% faster than a comparable sling-loaded aircraft.

DP-14 Hawk

- Deploy in 15 minutes
- User-friendly waypoint navigation
- Simple, one-person operation
- No runway required
- Hand off control to a remote team
- Onboard processing for real-time, high-bandwidth imagery, data
- User-defined lost link protocols
- Detailed aircraft status

† Other options available.

Airframe Specifications

Model	DP-14
Gear type	Fixed/wheeled†
Fuselage length	13.5 ft
Fuselage width	24 inches
Minimum rotor height	66 inches
Rotor diameter	13 feet
Rotor separation	8 feet

Endurance with typical payloads

- 2.4 hours, 430 lbs payload
- 4.3 hours, 100 lbs payload

Sensors and Capabilities

LIDAR, IMU, GPS	Yes
Ultrasonic rangefinder	Yes
Nap of earth (NOE) flight	Yes
NLOS operation	Yes

Communication Package

Iridium Satcomm†	Yes
Encrypted communications	Yes



Learn more:

www.dragonflypictures.com

www.youtube.com/dragonflypicturesinc

600 West End of 2nd Street Essington, PA 19029

Info@dragonflypictures.com