

EL FUTURO VERDE **DE LA AVIACIÓN** EN ESPAÑA

¿Un despegue
sin combustible
suficiente?



GLOSARIO	05
1. RESUMEN EJECUTIVO	06
2. INTRODUCCIÓN	09
¿De dónde venimos y hacia dónde vamos en la aviación española?	
3. NORMATIVA RELEVANTE	15
¿De dónde venimos y hacia dónde vamos en la aviación española?	
4. IMPACTOS DEL COMBUSTIBLE	24
• Impacto ambiental	25
• Impacto social	26
• Impacto económico	27
5. MODOS DE DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE AÉREO	28
Combustibles sostenibles de aviación (SAF)	
• Combustible sintético (e-SAF) y de bajas emisiones	30
• Biocombustibles avanzados y biocombustibles (bioSAF)	34
• Combustibles de carbono reciclado (RCF)	39
• Hidrógeno (H ₂) renovable y de bajas emisiones	40

6. PROYECTOS ACTUALES Y PRODUCCIÓN PREVISTA	42
• Proyectos de biocombustibles	
• Proyectos de combustible sintético (e-SAF)	
7. PROYECTOS DE I+D+i	49
8. PRINCIPALES LÍNEAS DE FINANCIACIÓN PREVISTAS	53
9. LOS RETOS PARA CANARIAS Y BALEARES	57
10. PRIMEROS IMPACTOS DE ReFuelEU Y EL EU ETS EN LA AVIACIÓN EN ESPAÑA	63
Producción y necesidades actuales de SAF	
11. CONCLUSIONES	69
12. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES	73

Título

El futuro verde de la aviación en España

Subtítulo

¿Un despegue sin combustible suficiente?

Autor

Marcos Raufast García,

*responsable del proyecto de aviación
en ECODES*

Agradecimientos

**Este informe ha sido apoyado
por la Fundación Europea para el Clima**
(European Climate Foundation)

Editor

Fundación Ecología y Desarrollo
(ECODES)

Publicado

Enero 2026

Glosario

AESA: Agencia Española de Seguridad Aérea.

AFIR: Reglamento de Infraestructura para Combustibles Alternativos.

bioSAF: Biocombustibles avanzados de aviación (Parte A de la RED) y biocombustibles de aviación (Parte B de la RED).

CH4: Metano.

CORSIA: Régimen de Compensación y Reducción de las Emisiones de Carbono de la Aviación Internacional (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*).

CO₂: Dióxido de Carbono.

EASA: Agencia Europea de Seguridad Aérea (*European Aviation Safety Agency*).

e-SAF: Combustibles sostenibles de aviación sintéticos (*electro-sustainable aviation fuels*).

EU ETS/ RCDE: Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (*Emissions Trading Scheme*).

FID: Decisión Final de Inversión (*Final Investment Decision*).

FRE: Forzamiento Radiativo Efectivo.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

H₂: Hidrógeno.

HEFA: Ésteres y Ácidos Grasos Hidroprocesados (*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*).

IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo (*International Air Transport Association*).

I+D+i: Investigación, Desarrollo e Innovación.

IEA: Agencia Internacional de la Energía (*International Energy Agency*).

ILUC: Cambio Indirecto del Uso de la Tierra (*Indirect Land Use Change*).

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel of Climate Change*).

IRENA: Agencia Internacional de Energías Renovables (*International Renewable Energy Agency*).

LCA: Análisis del Ciclo de Vida (*Life Cycle Analysis*).

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

MITMS: Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

NOx: Óxidos de Nitrógeno.

PIB: Producto Interior Bruto.

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

POME: Efluentes de Aceite de Palma (*Palm Oil Mill Effluent*).

PFAD: Destilados de ácidos grasos de palma (*Palm Fatty Acid Distillate*).

RCF: Combustibles de carbono reciclado (*Recycled Carbon Fuels*).

RED: Directiva de Energías Renovables (*Renewable Energy Directive*).

RFNBOs: Combustibles Renovables de Origen No Biológico (*Renewable Fuels of Non Biological Origin*).

RSU: Residuos Sólidos Urbanos.

RUP: Región Ultraperiférica de la Unión Europea.

SAF: Combustibles Sostenibles de Aviación (*Sustainable Aviation Fuels*).

UCO: Aceite de Cocina Usado (*Used Cooking Oil*).

ZEF: Zero-Emission Fuels (Vuelos Cero Emisiones).

Resumen ejecutivo

La aviación española y europea se enfrenta a uno de los mayores retos de la transición ecológica: reducir sus emisiones en línea con los objetivos europeos y globales de neutralidad climática. En España, el sector transporte representa el 33% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y la aviación, aunque con menor peso relativo, es el segmento con mayor crecimiento en emisiones. Ante este escenario, los combustibles sostenibles de aviación (SAF por sus siglas en inglés) se revelan como la alternativa con mayor capacidad de reducir emisiones. Además, la reducción de demanda, mejoras en la eficiencia de los aviones y tecnología, compensaciones de carbono, modelos cero emisiones y la reducción de *contrails* complementan los esfuerzos por una aviación limpia.

El marco regulatorio europeo, en el que destacan la Directiva de Energías Renovables (RED III), Directiva del Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS) y el Reglamento ReFuelEU Aviation, trata de reducir el impacto de la aviación mediante objetivos obligatorios como los recogidos en ReFuelEU, que establece obligaciones crecientes de uso de SAF, con un objetivo del 70% en 2050 y un sub-objetivo específico para combustibles sintéticos (e-SAF por sus siglas en inglés) del 35% en 2050. En España, el Parlamento ha transpuesto y recogido estas normas en la normativa nacional mediante la Ley 8/2025 de Navegación y Seguridad Aérea y el Real Decreto de Fomento de los Combustibles Renovables.

Los beneficios del combustible sintético (e-SAF) se centran en la disponibilidad de materia prima local (agua, electricidad renovable y CO₂), que hacen que sea fácilmente escalable. Además, puede ser neutro en carbono y reducir de gran manera la formación de estelas de vapor de agua, conocidas como *contrails*. Los obstáculos a su desarrollo recaen sobre todo en el coste y en la madurez de la tecnología de captura de CO₂. En contraposición, la producción de biocombustibles y biocombustibles avanzados (bioSAF) resulta más económica, pero arroja graves preocupaciones sobre la sostenibilidad de la materia prima, que debe importarse de países tan lejanos como China o Malasia y puede ser susceptible de fraude. El coste del SAF en comparación con el queroseno fósil es uno de los principales obstáculos para la reducción de emisiones de la aviación. En 2024, producir biocombustible de aviación (bioSAF) a partir de residuos tuvo un coste medio de 2.085€/tonelada, frente a 734€/tonelada del queroseno fósil. Por otro lado, producir combustible sintético (e-SAF) es entre 7 y 11 veces superior al queroseno fósil, con un

precio medio de 6.163€/tonelada. El Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS por sus siglas en inglés) puede cubrir parte de esta diferencia, pero la dependencia de las ayudas es total.

En 2024, los aeropuertos españoles obligados consumieron 6,2 Megatoneladas (Mt) de queroseno fósil y apenas 0,03 Mt de SAF, lo que evidencia la brecha entre objetivos y realidad. Para garantizar el cumplimiento de los objetivos de ReFuelEU Aviation y la reducción efectiva de emisiones, resulta imprescindible asegurar decisiones finales de inversión (FID) en España en 2026 y alcanzar volúmenes significativos de producción en los próximos dos o tres años. Sin esta capacidad, los compromisos podrían fracasar y ser revisados a la baja en 2027.

El combustible sintético de aviación (e-SAF) debe ser reconocido como un elemento estratégico, ya que combina independencia energética, reducción real de emisiones y competitividad futura. Aunque los proyectos de e-SAF han crecido de 130.000 t/año a 450.000 t/año, es urgente elaborar una hoja de ruta y promover alianzas público-privadas que cierren la brecha de inversión. Además, los proyectos de biocombustible de aviación a partir de residuos (bioSAF) se han reducido drásticamente, con la suspensión del proyecto de BP en Castellón y el abandono del proyecto de Repsol en Puertollano. Para ello, la financiación europea (*InvestEU, Innovation Fund, Banco del Hidrógeno*), los proyectos piloto locales y de I+D+i son esenciales para escalar la producción y garantizar que España no quede rezagada. Sin una movilización rápida de volúmenes de combustible en los próximos 2-3 años, el cumplimiento de ReFuelEU Aviation corre riesgo de fracasar.

También, los archipiélagos de Canarias y Baleares concentran retos específicos: alta dependencia del turismo (36–40% del PIB), consumo de más del 20% del queroseno nacional y limitaciones geográficas para producir SAF. Canarias, como Región Ultraperiférica (RUP), queda exenta de la obligación de mezclar SAF, mientras que Baleares sí debe cumplirla: los aeropuertos de las Islas Baleares tuvieron una demanda estimada de 16.800 toneladas de SAF en 2025.

La transparencia y trazabilidad son esenciales. El SAF producido a partir de residuos no constituye una solución definitiva, pues las importaciones de materia prima y producto lo hacen vulnerable a fraude y mantienen la dependencia energética de terceros países. La creación de un registro único, con auditorías independientes, permitiría seguir el recorrido del SAF desde la planta y la materia prima hasta el suministro en aeropuertos, garantizando la veracidad de los datos. Además, la certidumbre normativa constituye otro elemento

clave para asegurar la planificación de inversiones y suministro. Electrificar aquellos sectores con menor dificultad de descarbonización tecnológica y económica, como el transporte por carretera, y utilizar combustibles sostenibles para aviación y marítimo permitirá un mejor uso de los recursos disponibles.



Introducción

¿De dónde venimos y hacia dónde vamos en la aviación española?

¿De dónde venimos y hacia dónde vamos en la aviación española?

La descarbonización del sector transporte representa uno de los desafíos más complejos en la transición ecológica. En España, el sector representa el 33% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su contribución neta no deja de crecer.¹ Sin olvidar que 2024 fue el año más caluroso desde que se tienen registros, por lo que urge actuar rápido.²

La aviación es uno de los medios de transporte más intensos en emisiones de gases de efecto invernadero y uno de los más difíciles de descarbonizar.³ En España, la aviación doméstica representa el 1,3% de las emisiones de GEI y es el sector con mayor aumento relativo respecto a 2023 (+4,7%).⁴ A nivel europeo, la aviación emite el 4% del total de GEI.⁵ La Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés) cifra en un 2,5% la contribución de la aviación a las emisiones de GEI a nivel global.⁶

En contraste con otros medios de transporte, como el transporte por carretera, donde la descarbonización resulta más fácil debido a la apuesta de gran parte del sector privado, la madurez y disponibilidad de la tecnología y la incorporación de baterías alimentadas con electricidad, la descarbonización de la aviación es de mayor complejidad debido al coste, peso y autonomía que pueden ofrecer las soluciones a base de electricidad e hidrógeno. Actualmente, los proyectos piloto de aviación cero emisiones (ZEF por sus siglas en inglés) se concentran en aviones de corto radio y regionales.^{7,8}

A escala global, el **Acuerdo de París**, adoptado en 2015, establece el objetivo vinculante de limitar el calentamiento global a muy por debajo de 2°C, preferiblemente a 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales.⁹ El IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) es claro:

¹ Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (2025). *Nota informativa*

² Copernicus Climate Change Service. (2024). Year 2024 set to end as warmest on record. <https://climate.copernicus.eu>

³ UK House of Commons Library. (2025). Research Briefing CBP-8826. <https://commonslibrary.parliament.uk/>

⁴ Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (2025). *Nota informativa*

⁵ European Union Aviation Safety Agency. (2025). European Aviation Environmental Report 2025 – Brochure (Spanish version). https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/eaer-downloads/EASA_EAER_2025_BROCHURE_WEB_es_v2.pdf

⁶ International Energy Agency. (2025). Aviation – Energy System. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>

⁷ Híbridos y Eléctricos. (2025). Noruega firma un vuelo histórico: avión eléctrico Beta recorre 160 kilómetros en 55 minutos por 15 €. [Noruega firma un vuelo histórico: el avión eléctrico de BETA recorre 160 kilómetros en 55 minutos por 15 €](https://www.hibridosyelectricos.com/noruega-firma-un-vuelo-historico-el-avion-electrico-beta-recorre-160-kilometros-en-55-minutos-por-15-e/)

⁸ ZeroAvia (2025). Products. Products - ZeroAvia

⁹ United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). El Acuerdo de París. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

“La actividad humana, principalmente a través de las emisiones de gases de efecto invernadero, ha causado calentamiento global, con la temperatura de la superficie de la Tierra alcanzando 1.1°C por encima del periodo 1850-1900 en 2011-2020. Las emisiones de GEI globales han continuado aumentando, con contribuciones pasadas y presentes desiguales que provienen de un uso insostenible de la energía, del uso y cambio de uso de la tierra, estilos de vida y patrones de consumo y producción regionales, entre países y dentro de ellos, y entre las personas.”¹⁰ El cambio climático antropogénico (creado por la acción del ser humano), está llevando a impactos negativos, daños y pérdidas a la naturaleza y la humanidad, y cada aumento del calentamiento global, los cambios regionales en el clima medio y los fenómenos extremos se vuelven más generalizados y pronunciados.

Según el IPCC, todos los modelos que limitan este calentamiento a 1.5°C y 2°C implican reducciones rápidas y profundas y, en la mayoría de los casos, inmediatas de las emisiones de GEI en todos los sectores durante esta década, aunque no todos los sectores mantendrían un ritmo de reducción igual.¹¹

“Algunas emisiones de sectores difíciles de descarbonizar, como es el caso de la aviación, necesitarán además otra tecnología, como la captura de carbono, para alcanzar las cero emisiones.”¹²

La **Asociación Internacional del Transporte Aéreo** (IATA por sus siglas en inglés) ha establecido 2050 como fecha para alcanzar las cero emisiones en la aviación, siendo los combustibles sostenibles de aviación (SAF por sus siglas en inglés) los responsables de la mayoría de la reducción de emisiones (65%). El 35% restante correspondería a mejoras tecnológicas, de infraestructura, operacionales y compensación de emisiones/captura de carbono.¹³

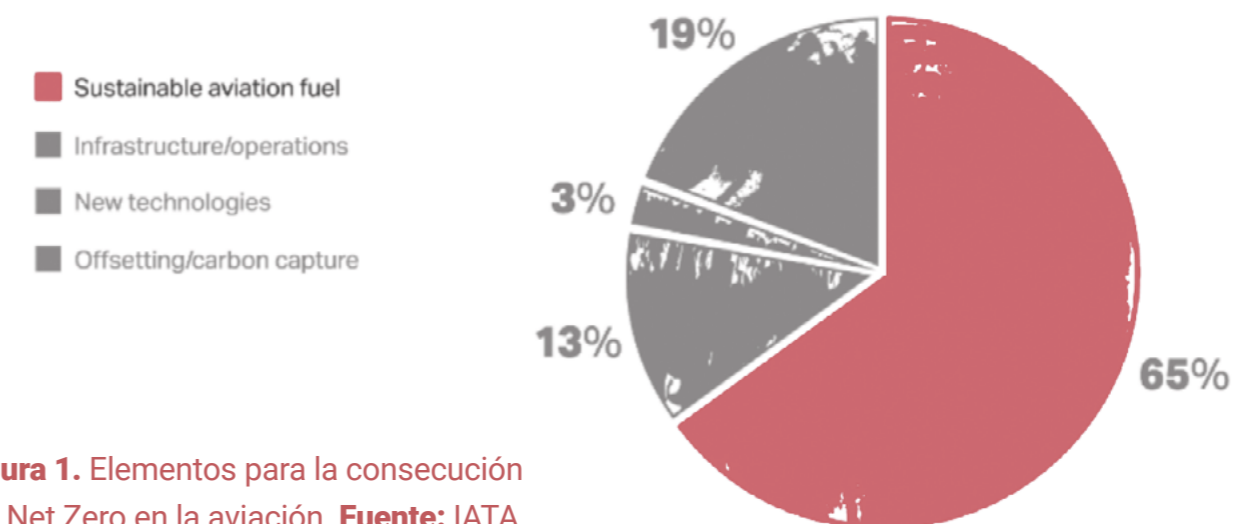


Figura 1. Elementos para la consecución del Net Zero en la aviación. **Fuente:** IATA.

¹⁰ IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

¹¹ Íbid.

¹² Íbid.

¹³ International Air Transport Association. (2025). Fact Sheet: Sustainable Aviation Fuels. <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-sustainable-aviation-fuels/>

A nivel regional, la Unión Europea ha lanzado diversas iniciativas para reducir las emisiones de la aviación como parte del Pacto Verde Europeo:

Como punta de lanza, la UE ha apostado por los combustibles sostenibles de aviación (SAF por sus siglas en inglés) a través del **Reglamento (UE) ReFuelEU Aviation** en 2025. La mezcla de SAF con el queroseno convencional podría reducir las emisiones netas de CO₂ de Europa en al menos 65 millones de toneladas (47 % del total) en 2050.¹⁴ Además, lo complementan la inclusión efectiva de las emisiones de la aviación en el **Régimen de Comercio de Derechos de Emisión** (EU ETS por sus siglas en inglés) y los incentivos para SAF, el **Reglamento de Infraestructura de Combustibles Alternativos** (AFIR por sus siglas en inglés), el **Seguimiento, Notificación y Verificación** (MRV por sus siglas en inglés) **de los efectos no-CO₂ y el Innovation Fund** para apoyar proyectos de descarbonización del sector. También, la Comisión está trabajando en una **Estrategia industrial para el sector aéreo**.¹⁵

Igualmente, los dos informes de los ex-presidentes italianos Mario Draghi y Enrico Letta recogen algunas de las principales ideas sobre la senda que debería tomar la Unión Europea. El **Informe Draghi “El futuro de la Competitividad de la Unión Europea”** es claro: Se necesitan inversiones por valor de 61 mil millones de euros anuales de 2031 a 2050 para descarbonizar la aviación.¹⁶ Por su parte, el **Informe Letta “Much More than a Market”** señala la fragmentación de los espacios aéreos europeos y apunta a la adopción del Cielo Único Europeo (SES2+) y a incentivos para rutas eficientes que permitan reducir el impacto ambiental del queroseno de aviación.¹⁷

A nivel nacional, los hitos más relevantes de 2025 en España se encuentran la aprobación de la **Ley 8/2025 de Navegación y Seguridad Aérea de 29 de septiembre**, que establece las sanciones a aerolíneas y gestores aeroportuarios que no cumplan los requisitos mínimos de uso de SAF establecidos en ReFuelEU.¹⁸ También, la **transposición de la Directiva de Energía Renovable III** (RED III por sus siglas en inglés) por medio del **Proyecto de Real Decreto de Fomento de los Combustibles Renovables** recoge las sanciones a los suministradores de SAF.¹⁹ La **Ley de Movilidad Sostenible**, recientemente aprobada, recoge la

¹⁴ European Union Aviation Safety Agency. (2025). Informe medioambiental de la aviación europea 2025. https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/eaer-downloads/EASA_EAER_2025_BROCHURE_WEB_es_v2.pdf

¹⁵ Sciencebusiness (2025). Commission plans industrial strategy for aviation. [Commission plans industrial strategy for aviation](https://commission.europa.eu/document/download/)

¹⁶ Draghi, M. (2024). The future of European competitiveness: In-depth analysis and recommendations. <https://commission.europa.eu/document/download/>

¹⁷ Letta, E. (2024). Much more than a market. [Enrico Letta - Much more than a market \(April 2024\)](https://www.commission.europa.eu/document/download/)

¹⁸ Boletín Oficial del Estado. (2025). Ley 8/2025, de 29 de septiembre, por la que se modifican la Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea y la Ley 21/2003 de Seguridad Aérea. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-19339

¹⁹ [PROYECTO DE REAL DECRETO DE FOMENTO DE LOS COMBUSTIBLES RENOVABLES](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-19339)

creación de un Plan Estratégico para la Sostenibilidad del Transporte Aéreo en España, así como la reducción de los vuelos domésticos en rutas con alternativa ferroviaria con una duración menor de dos horas y media, salvo en conexiones con aeropuertos que enlacen con rutas internacionales.²⁰

Según la última actualización, en España, **21 de los 49 aeropuertos estuvieron obligados a utilizar SAF a partir de 2025, que transportan la mayor parte de los pasajeros (82%) y mercancías (91%)**. En 2024, las aerolíneas de estos aeropuertos, entre los que se encuentran Madrid-Barajas, Barcelona-El Prat o Palma de Mallorca y que todavía no incluían al aeropuerto de Almería, consumieron 5,6 Mt de queroseno de origen fósil y 30.000 toneladas de SAF clasificado como biocombustible de aviación.²¹

Propuestas de la sociedad civil

Debido a la baja presión fiscal de la aviación en España, y tratamiento favorable en relación a otros medios de transporte más sostenibles, eficientes y con menor impacto, se han propuesto varias medidas desde la sociedad civil, partidos políticos y gobierno, que van desde tasas a los viajeros frecuentes,²² a los jets privados, al combustible o a los billetes, gravar los jets privados y vuelos premium,^{23,24} la reducción de los vuelos domésticos con alternativa ferroviaria recogida en la Ley de Movilidad Sostenible.²⁵ Destaca la **tasa a los combustibles**, que tiene como objetivo gravar los combustibles utilizados en los aviones mediante un incremento relacionado con el consumo de combustible. Es un impuesto progresivo por naturaleza si los costes se trasladan a los pasajeros, e incentiva a las aerolíneas a reducir el consumo de combustible. Los desafíos a este impuesto residen en las exenciones a las tasas sobre el combustible recogidas en los acuerdos de transporte aéreos bilaterales.²⁶

Como elemento relevante, el 1 de octubre de 2025, la sociedad civil organizó un **debate** en el **Congreso de los Diputados**, donde expertos, autoridades y partidos políticos trata-

²⁰ Boletín Oficial del Estado. (2025). Ley 9/2025, de 3 de diciembre, de Movilidad Sostenible. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2025-24545>

²¹ European Union Aviation Safety Agency. (2024). EASA publishes report: Sustainable aviation fuel scale-up progress. [EASA publishes report on Sustainable Aviation Fuel scale-up, progress and pressure points](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/eaer-downloads/EASA_EAER_2025_BROCHURE_WEB_es_v2.pdf)

²² Stay Grounded. (2023). Frequent Flying Levy. <https://stay-grounded.org/frequent-flying-levy/>

²³ El Periódico. (2025, 7 de noviembre). Sánchez acudirá a la cumbre del clima en Brasil (COP30). <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20251107/sanchez-cumbre-clima-brasil-cop30-123469961>

²⁴ La Vanguardia. (2025, 8 de octubre). Habrá impuesto climático para jets y vuelos en primera clase. <https://www.lavanguardia.com/natural/20251008/11138181/habra-impuesto-climatico-jets-vuelos-primera.html>

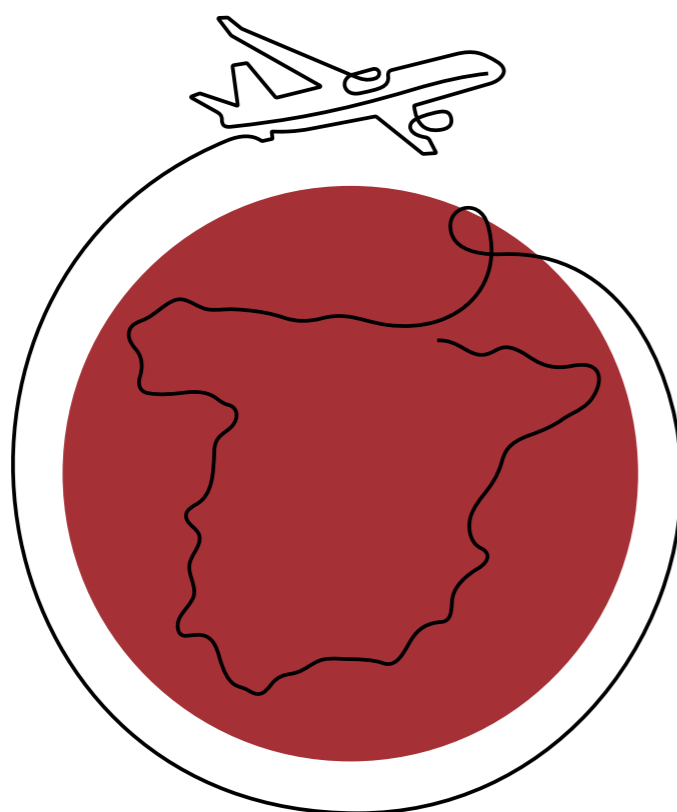
²⁵ Boletín Oficial del Estado. (2025). Ley 9/2025, de 3 de diciembre, de Movilidad Sostenible.

²⁶ CE Delft. (2025). Fiscal instruments in aviation – Presentation by Sjoerd Boerdijk. [Fiscal policy instruments in the aviation sector](https://www.ce-delft.nl/en/aviation/fiscal-instruments-in-aviation)

ron la necesidad de una hoja de ruta para reducir los impactos del transporte aéreo en España y donde se discutió la implementación de ReFuelEU, la Ley de Movilidad Sostenible, fiscalidad, la ampliación de aeropuertos y los impactos del transporte aéreo en España.²⁷

La ciudadanía como impulsora del cambio

Tampoco debemos olvidar el impacto que pueden tener nuestras decisiones a la hora de viajar, y la importancia de establecer mejores hábitos para reducir nuestros desplazamientos, como por ejemplo, los viajes de negocios.²⁸ Establecer una **política de viaje** factible que promueva el uso de transporte más sostenible, como el tren, y además compensar emisiones, contribuirá a la lucha contra el cambio climático con pedagogía y ejemplos a seguir que puedan ser replicados en nuestro día a día. Iniciativas como [Cero-CO₂](#) permiten analizar las emisiones de nuestros viajes a través de su calculadora VIAX-CO₂ y compensarlas en forma de proyectos que capturen la cantidad de CO₂eq (equivalente) que generamos con nuestro desplazamiento.



²⁷ European Union Aviation Safety Agency. (2024). EASA publishes report: Sustainable aviation fuel scale-up progress.

[EASA publishes report on Sustainable Aviation Fuel scale-up, progress and pressure points](#)

²⁸ ECODES. (2025). Los viajes corporativos se reducen en un tercio. [Las empresas han reducido los viajes corporativos en un 34 %](#)

Normativa relevante

Es necesario profundizar en la normativa que insta a la reducción de emisiones de la aviación en España y Europa para poder analizar el escenario que se nos presenta en la aviación europea.



Marco Europeo Directiva de Energías Renovables (RED III)

La Directiva de Energías Renovables, conocida como RED III, es la piedra angular del impulso a la energía renovable en la Unión Europea y fija un objetivo mínimo de 42,5% de energía renovable en el mix energético de los Estados Miembros para 2030, con ánimo de alcanzar el 45%. La normativa marca asimismo un objetivo de al menos un 29% de energía renovable en el transporte para 2030 o una intensidad de GEI de al menos el 14,5% para 2030.²⁹ La Directiva establece que el porcentaje combinado de biocombustibles avanzados y biogás producidos a partir de las materias primas de la Parte A del Anexo IX y los RFNBO en el transporte debe ser de al menos 1% en 2025 y 5,5% en 2030, con un mínimo del 1% de RFNBO en 2030. Para el cálculo de los objetivos, los biocombustibles avanzados y biogás producidos a partir de las materias primas de la Parte A del Anexo IX cuentan como 1,2 veces su contenido energético, mientras que los RFNBOs (combustibles renovables de origen no biológico, por sus siglas en inglés), como el e-SAF, cuentan 1,5 veces. Actualmente, la RED se encuentra en fase de transposición al ordenamiento jurídico español por medio del segundo borrador del **Real Decreto de Fomento de los Combustibles Renovables**.³⁰

²⁹ European Union (2023). Directiva (EU) 2023/2413 del Parlamento Europeo y el Consejo. [EU - 2023/2413 - EN - Renewable Energy Directive - EUR-Lex](#)

³⁰ MITECO (2025). Audiencia e información pública. [Audiencia e información pública sobre el proyecto de Real Decreto de impulso a la descarbonización del sector del transporte y fomento de los combustibles renovables](#)

Reglamento (UE) ReFuelEU Aviation

El Reglamento (UE) ReFuelEU Aviation establece objetivos obligatorios de combustibles sostenibles de aviación (SAF) a partir de 2025 para todos los aeropuertos obligados, que aumenta gradualmente hasta alcanzar el 70% de todo el combustible de aviación -llamado queroseno- utilizado en el año 2050. Además, ReFuelEU establece un sub-objetivo obligatorio para la utilización de combustible sintético (e-SAF) de al menos el 1,2% a partir del periodo 2030-2031, con un mínimo del 0,7% anual, y un 35% en 2050.³¹ El borrador del Real Decreto elaborado por el Gobierno, mencionado arriba, es más ambicioso, y establece un sub-objetivo del 2,5 % de combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO) para 2030, aplicable a todos los sectores.

Objetivos obligatorios de combustible de ReFuelEU Aviation

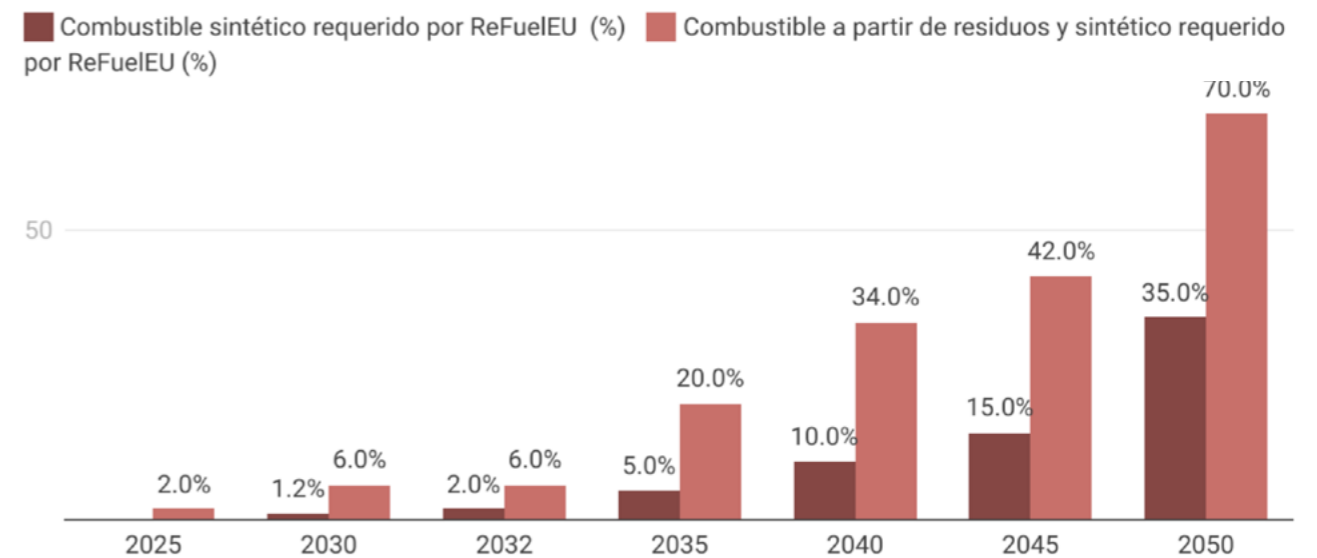


Figura 2. Fuente: Elaboración propia a partir de ReFuelEU.

Del mismo modo, para evitar los impactos en las áreas con biodiversidad y de la conversión de tierras, ReFuelEU ha ido más allá que la RED III, excluyendo los cultivos para alimentación humana y animal, así como la palma y soja y el jabón para la fabricación de biocombustible de aviación. También, ReFuelEU Aviation recoge la prohibición del *tanke-ring* o el repostaje de al menos, un 90% del combustible cuando despeguen de los aero-

³¹ Unión Europea (2023). Reglamento del Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (ReFuelEU Aviation). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81529>

puertos de la UE, evitando que únicamente se cargue queroseno en aeropuertos con un precio del combustible más bajo, que suelen ser no europeos. Además, establece un sistema de etiquetado voluntario sobre el comportamiento medioambiental para aumentar la transparencia y ayudar a los consumidores a entender el impacto medioambiental real de cada aerolínea y vuelo, que las compañías podrán mostrar antes de 2026. La revisión del Reglamento tendrá lugar en 2027.

ReFuelEU Aviation fijó el 31 de diciembre de 2024 como fecha límite para establecer las sanciones a los sujetos obligados a utilizar SAF en la Unión Europea. Los Estados Miembros tienen la competencia para establecer estas sanciones, que en el caso de España, se realizaron por dos vías:

- **Sanciones a aerolíneas:** Compete al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS) y se establecen en la Ley 8/2025 de Navegación y Seguridad Aérea de 29 de septiembre.³²
- **Sanciones a suministradores:** Compete al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Están recogidas en el borrador del Real Decreto de Fomento de los Combustibles Renovables, que recoge la transposición de la RED III y está en vías de ser aprobado.

Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS)

Desde 2013, la aviación europea está sujeta al [Régimen de Comercio de Derechos de Emisión](#) (EU ETS por sus siglas en inglés),³³ por el cual las aerolíneas -europeas y no europeas- están obligadas a realizar el seguimiento, informar y verificar sus emisiones, y a entregar derechos de emisión (conocidos como *allowances*) por sus emisiones dentro del espacio económico europeo (EEE), según el principio de “quien contamina, paga”, recogido en el Art. 191.2 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE). Las compañías aéreas pueden emitir hasta un límite establecido y a recurrir a las subastas de derechos de emisión (conocido como cap and trade), por el cual cada allowance

³² BOE (2025). Resolución BOE-A-2025-19339. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-19339

³³ Comisión Europea. (2022). [Reducing emissions from aviation](#).

da el derecho a emitir 1 tonelada de CO₂eq, y este derecho puede comprarse y venderse. Sin embargo, al estar sujetos únicamente a vuelos dentro del EEE, hay una gran cantidad de rutas que quedan fuera y por las que las aerolíneas no tienen que entregar derechos de emisión, limitando la reducción de emisiones derivada de la asignación de *allowances*. Para los vuelos extracomunitarios, en 2016, la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional) aprobó CORSIA (Plan para la compensación y reducción de carbono para la aviación internacional) con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en el sector aéreo en 2050. En la Unión Europea, el EU ETS cubre los vuelos intracomunitarios y en el EEE, y CORSIA cubre vuelos internacionales con terceros países que participen en CORSIA (129 de 193 países).³⁴ Además, es importante destacar que hasta ahora, la mayoría de *allowances* se distribuían de manera gratuita, por lo que las aerolíneas no tenían la obligación de pagar por sus emisiones. En 2026, se elimina la distribución de *allowances* de manera gratuita y se producirá en todos los vuelos intracomunitarios y en el EEE. También en 2026, la Comisión Europea llevará a cabo una evaluación para determinar si es necesario incrementar la ambición y extender el EU ETS a los vuelos que tengan como destino aeropuertos fuera del espacio económico europeo.³⁵

Directiva 2023/958 y Fondo de Innovación

Desde 2024, se han reservado 20 mil millones de ETS *allowances* para cubrir la diferencia de precio entre el queroseno fósil y cualquier otro combustible alternativo en los vuelos cubiertos por la obligación de ETS, que contempla reducciones hasta el 100% para aeropuertos en islas de pequeño tamaño (e.g. Palma de Mallorca), aeropuertos en Regiones Ultraperiféricas (RUP) (e.g. Tenerife Norte) y aeropuertos que no se clasifiquen como Aeropuertos de la Unión (e.g. León). Para otros aeropuertos, se recoge un apoyo de un 95% al utilizar RFNBOs, 70% para biocombustibles avanzados o de segunda generación, obtenidos a partir de residuos industriales, biomasa y otros, y 50% para otros combustibles no fósiles. El Fondo de Innovación, también financiado a través del EU ETS, apoya el uso de combustibles sostenibles de aviación para la descarbonización del sector y mitigar los efectos no-CO₂.

³⁴ MITECO, Operadores aéreos – CORSIA, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/operadores-aereos-corsia>.

³⁵ Comisión Europea. (2022). [Reducing emissions from aviation](#).

Plan de Inversiones en Transporte Sostenible

En noviembre de 2025, la Comisión anunció el Plan de Inversiones para un Transporte Sostenible (STIP por sus siglas en inglés),³⁶ que recoge medidas por valor de 2.900 millones para combustibles sostenibles de aviación y marítimo (ver figura 3). Estas medidas comprenden destinar 2.000 millones de euros a través del programa *InvestEU* para combustibles alternativos sostenibles hasta 2027, otros 300 millones para apoyar la producción de hidrógeno para combustibles de aviación y marítimo mediante el Banco Europeo del Hidrógeno, 153 millones del Fondo de Innovación para combustibles sintéticos de aviación y 133,5 millones del programa Horizonte Europa para investigación e innovación en marítimo y aviación. Además, el Plan recogía el inicio de un proyecto piloto pionero de e-SAF, *Early Movers Coalition*. Formado por 8 Estados Miembros, entre los que se encuentra España, el proyecto se lanzó en diciembre de 2025 y tiene como objetivo movilizar como mínimo 500 millones de euros para combustibles sintéticos (e-SAF).³⁷

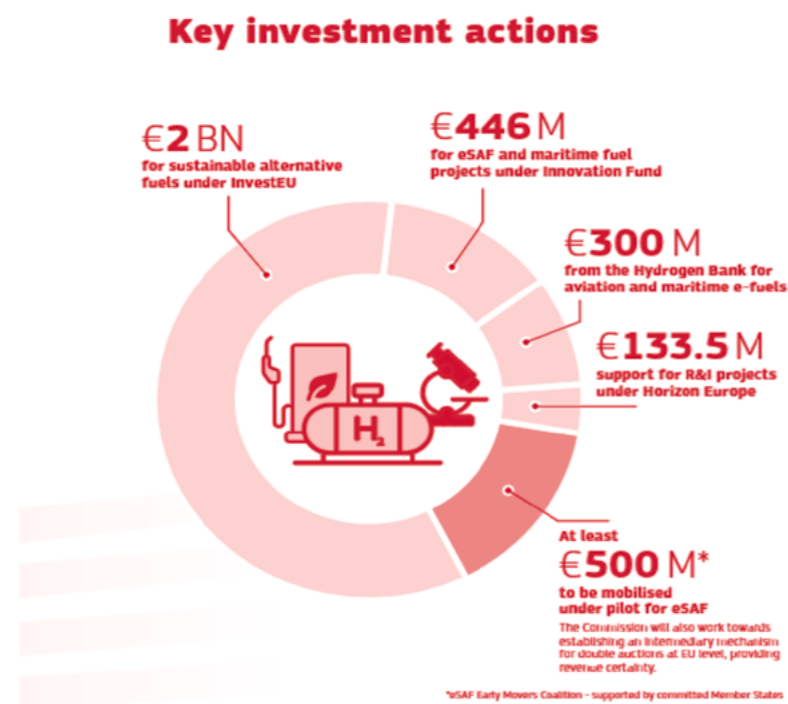


Figura 3. Líneas fundamentales de inversión del Plan de Inversiones en Transporte Sostenible. **Fuente:** Comisión Europea.

³⁶ Comisión Europea. (2025, 5 de noviembre). Commission unveils Sustainable Transport Investment Plan: strategic approach to boost renewable and low-carbon mobility. [Commission unveils the Sustainable Transport Investment Plan](#)

³⁷ Comisión Europea (2025). La Unión Europea lanza la Coalición Early Movers para acelerar el suministro de e-SAF. [EU launches Early Movers' Coalition to accelerate sustainable aviation fuel uptake](#).

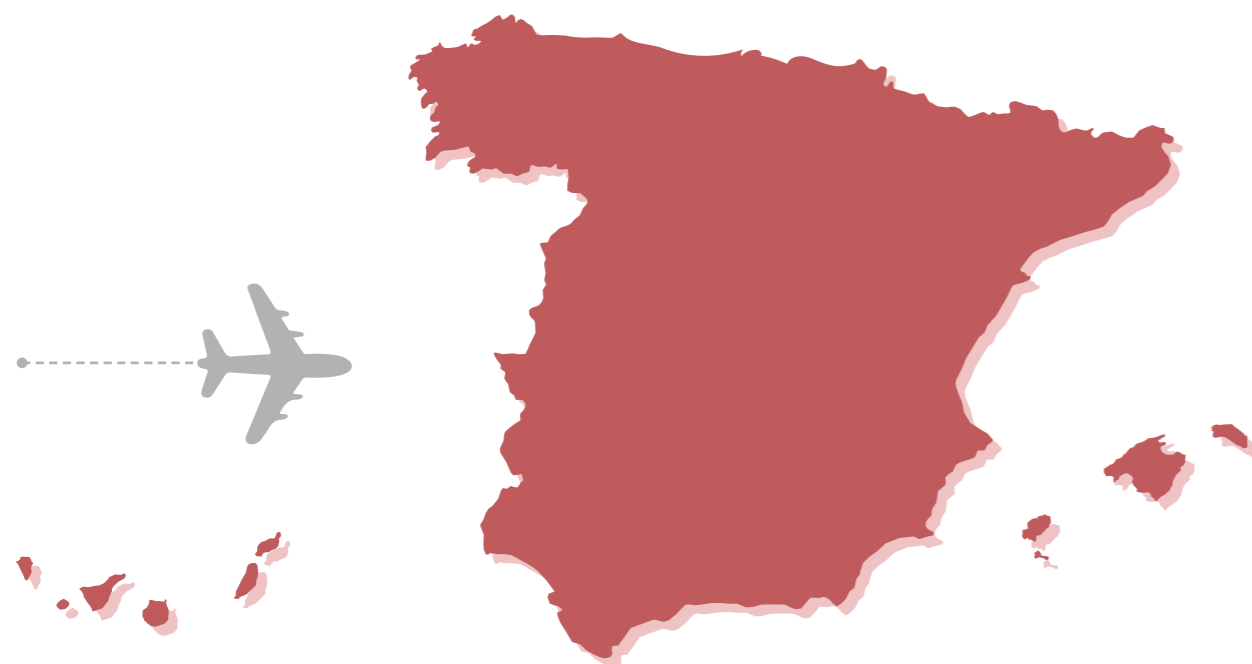
Interrelación de la RED III, ReFuelEU y EU ETS

El Informe sobre SAF del Comité Europeo de Estandarización (CEN-CENELEC),³⁸ en el que participó ECODES, recoge algunas incongruencias en la regulación de la descarbonización de la aviación en la Unión Europea:

Incongruencia	Descripción
Definición de suministrador y sujeto obligado	ReFuelEU no especifica quién es el suministrador de combustible de aviación ni quién está obligado a utilizar SAF; la interpretación queda a cargo de los Estados Miembros. En España, esta definición corresponde a la Dirección General de Aviación Civil (MITMS) y la Subdirección General de Hidrocarburos (MITECO).
Coherencia normativa	Falta de coherencia entre el régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE/EU ETS), el reglamento ReFuelEU Aviation y las especificaciones técnicas del combustible (ASTM, DEF STAN).
Obligación en aeropuertos cercanos al umbral	Incertidumbre para aeropuertos que rondan el umbral de 800.000 pasajeros o 100.000 toneladas de mercancías en el año anterior. La obligación depende de si se consideran "Aeropuerto de la Unión". Ejemplo: 786.931 pasajeros pasaron por el aeropuerto de Almería en 2024 y en 2025 se superó el umbral, con 801.689 pasajeros.
Incremento de SAF en ReFuelEU	El Reglamento establece saltos significativos cada cinco años en el porcentaje de SAF exigido, manteniéndose estable entre cada salto. Se recomienda un incremento más lineal para facilitar el cumplimiento de objetivos.

Figura 4. Incongruencia normativa en el sector en la Unión Europea. **Fuente:** Adaptado del Proyecto ALIGHT (CEN-CENELEC).

³⁸ ECODES. *Hacia una normativa coherente con la reducción de emisiones de la aviación*, [Hacia una normativa coherente con la reducción de emisiones de la aviación](#)



Marco Español Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) español menciona la descarbonización de la aviación en la medida 1.14 y prevé un programa de ayudas para instalaciones de SAF, que desde la actualización del Plan en 2024, no se han lanzado todavía. El PNIEC da prioridad al hidrógeno y los biocombustibles avanzados para la aviación, mencionando las medidas recogidas en la Hoja de Ruta del Hidrógeno.

Hoja de Ruta del Hidrógeno

La Hoja de Ruta del Hidrógeno del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico analiza los retos y oportunidades del desarrollo del hidrógeno verde en España.³⁹ El documento fija un objetivo de 4 GW de hidrógeno para 2030, que el PNIEC aumenta hasta 12 GW, y recoge medidas que van desde el desarrollo de plantas de combustible sintético hasta el análisis del diseño de las aeronaves para utilizar hidrógeno renovable o SAF para descarbonizar el transporte aéreo.

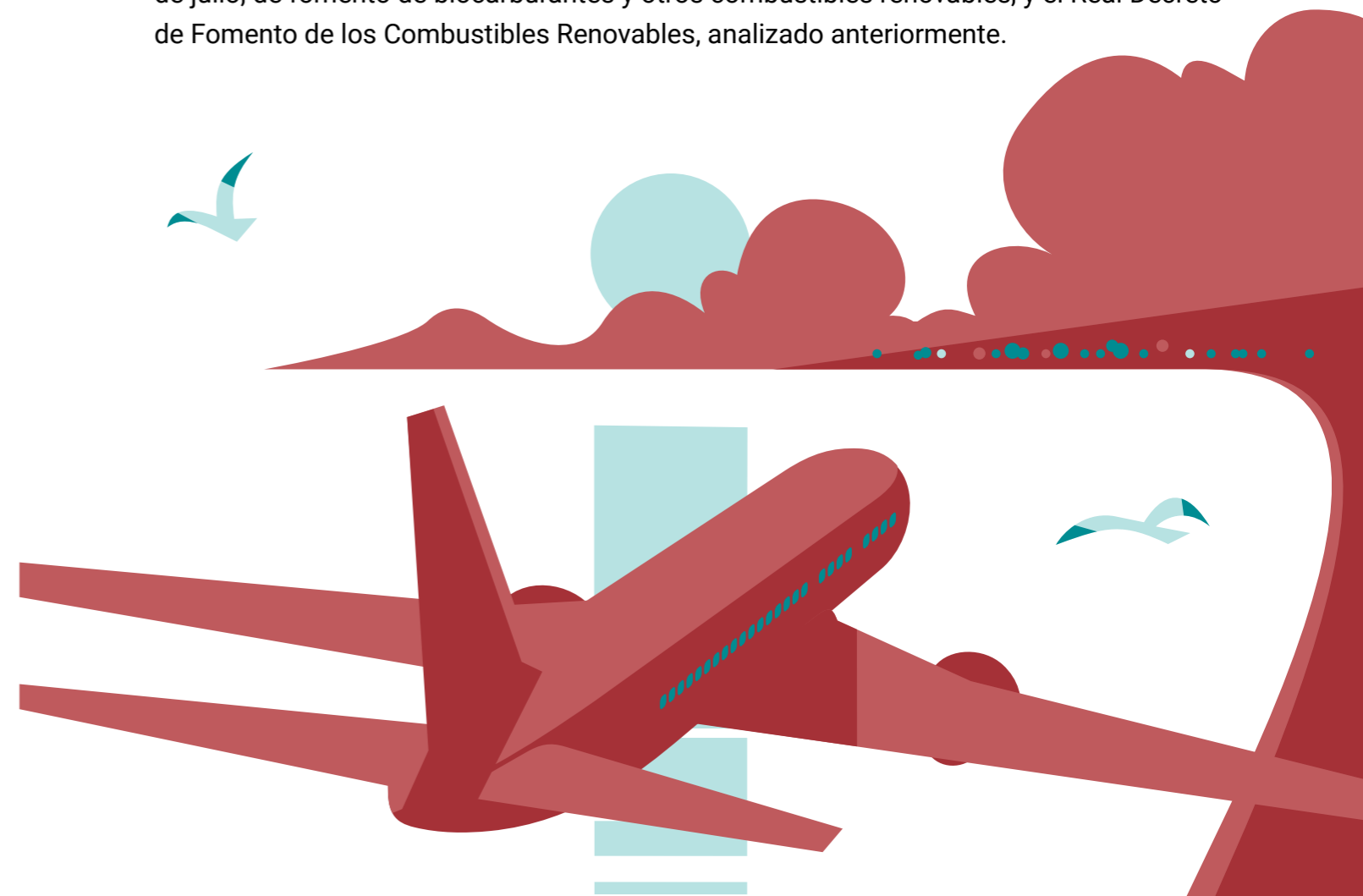
³⁹ MITECO (2020), *Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable*, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), [Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable en España](#)

Ley de Movilidad Sostenible

En 2025 el Congreso aprobó la Ley de Movilidad Sostenible, que prevé la creación de un Plan Estratégico para la Sostenibilidad del Transporte Aéreo en España. También, en aquellos casos que exista una alternativa ferroviaria y en aeropuertos que no enlacen con rutas internacionales, la normativa recoge la reducción de vuelos de duración menor a dos horas y media.⁴⁰

Transposición de la RED III

En la transposición de la Directiva RED resultan relevantes la Orden TED/728/2024, de 15 de julio, de fomento de biocombustibles y otros combustibles renovables, y el Real Decreto de Fomento de los Combustibles Renovables, analizado anteriormente.



⁴⁰ Boletín Oficial del Estado. (2025). Ley 9/2025, de 3 de diciembre, de Movilidad Sostenible. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2025-24545>

Impactos del combustible para la aviación

Esta sección evalúa el impacto ambiental, social y económico del combustible de aviación en España.

Dada la importancia del transporte aéreo en nuestro país y su inexorable relación con el turismo, que representa el 13% del PIB nacional,⁴¹ no puede desligarse el impacto ambiental del impacto social y económico.

Impacto ambiental

En 2024, el dióxido de carbono (CO₂) supuso el 79,4% de las emisiones brutas totales de GEI en España, seguido del metano (CH₄), con un 15,0 %, el óxido de nitrógeno (NO), con un 3,8%, y el conjunto de gases fluorados, con un 1,9%.⁴² En la aviación doméstica (excluyendo vuelos internacionales), según la metodología utilizada, las emisiones de **CO₂ supusieron más del 99,99% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en 2023.**

Gases como el **metano (CH₄)**, el **óxido nitroso (N₂O)** o los **óxidos de azufre (SO₂)**, representan una cantidad bastante irrisoria en la aviación en un primer momento, pero el potencial de calentamiento de estos gases es mucho mayor que el CO₂. El IPCC cifra el calentamiento del metano en 28 veces mayor que el CO₂, y 265 veces más en el caso del N₂O en un periodo de 100 años.⁴³ En un periodo de 20 años, el metano tiene un impacto climático 80 veces mayor que el dióxido de carbono.⁴⁴ Estos efectos no-CO₂ poseen en la actualidad un nivel de incertidumbre⁴⁵ 8 veces mayor que el del CO₂: en la serie 1940-2018, el forzamiento radiativo efectivo (FRE)⁴⁶ estimado de las emisiones no relacionadas con el CO₂ representó más de la mitad del efecto neto del calentamiento provocado por la aviación.^{47,48} Contando con que las emisiones de metano y óxidos de nitrógeno han aumentado un 265% y un 125%, respectivamente, desde los niveles preindustriales, y que las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) han crecido más rápido que las de CO₂ desde 2005 y se espera que sigan haciéndolo, es necesario un cambio de rumbo urgente en la aviación europea.⁴⁹

⁴¹ Exceltur (2025), *PIB turístico español*, Exceltur – Informes, <https://www.exceltur.org/pib-turistico-espanol/>

⁴² Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (2025). [Nota informativa](#)

⁴³ Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. (2024, marzo) [Edición 2024](#)

⁴⁴ Para saber más, visita IPCC. Chapter 7: [The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity, The Imperative for Methane Action](#), [ECODES: Metano y cambio climático](#) y [Por un plan nacional de reducción de emisiones de metano](#)

⁴⁵ El IPCC define el concepto de incertidumbre como el estado de conocimiento incompleto que puede ser el resultado de una falta de información o de desacuerdo sobre lo que se conoce o puede ser conocido (Moss and Schneider, 2000; IPCC, 2004; Mastrandrea et al., 2010).

⁴⁶ El forzamiento radiativo efectivo cuantifica el cambio en los flujos de energía originados por variaciones en la acción de los agentes naturales y antropogénicos de la Tierra, por la cual se producen desequilibrios en su balance energético y da como resultado el cambio climático.

⁴⁷ EASA (2025), *INFORME MEDIOAMBIENTAL DE LA AVIACIÓN EUROPEA 2025*. Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/eaer-downloads/EASA_EAER_2025_BROCHURE_WEB_es_v2.pdf

⁴⁸ MITECO., *Guía resumida del Grupo de Trabajo I – CENEAM*, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia-resumida-grupo-trab>

⁴⁹ EASA (2025), *INFORME MEDIOAMBIENTAL DE LA AVIACIÓN EUROPEA 2025*.

Otros efectos no-CO₂ provocados por la aviación, como los llamados *contrails* o estelas de condensación, representan alrededor del 1-2% de las emisiones de gases de efecto invernadero mundiales, es decir, es equivalente a todo el CO₂ emitido por la aviación mundial. Los *contrails* se forman a partir de la mezcla de vapor de agua, calor y hollín emitidos por la combustión de los motores, que se condensa y congela, formando partículas de hielo que se concentran en nubes en ciertos puntos de la atmósfera. Estas nubes se conocen como cirros y generan un efecto atrapador del calor en la atmósfera, aumentando el calentamiento global.⁵⁰ En la actualidad, se están produciendo avances para la reducción de las emisiones de estos efectos, como la entrada del marco de seguimiento, informe y verificación (MRV por sus siglas en inglés) de los efectos no-CO₂ en Europa, en vigor desde el 1 de enero de 2025.⁵¹ Entre las medidas clave para mitigar sus efectos, se encuentran la planificación de rutas alternativas que eviten las zonas con mayor potencial de formar *contrails*, el uso de combustibles sostenibles de aviación (SAF), que pueden reducir las emisiones de hollín y CO₂, y sustituir los actuales motores de los aviones por los de nueva generación, reduciendo el riesgo de formación de *contrails* hasta en un 70%.⁵²

Impacto social

Desde el aspecto social, los aviones emiten partículas en suspensión, y en concreto, las partículas ultrafinas (UFP por sus siglas en inglés), están asociadas a enfermedades graves, como presión arterial, problemas respiratorios, demencia o diabetes. En España, las UFP pueden afectar a 8 millones de españoles debido a la cercanía a los aeropuertos.⁵³ Además, el ruido de los aviones genera un impacto ambiental y social altamente perjudicial. En la Unión Europea, 2,6 millones de habitantes están expuestos por encima de los niveles aceptados de 55 decibelios (dB).^{54,55} También, las ampliaciones de aeropuertos en proceso y las proyectadas por el gestor aeroportuario con mayoría de capital público, AENA, han recibido numerosas críticas por parte de sociedad civil y partidos políticos.^{56,57}

⁵⁰ *Contrails.org*. – *Understanding Contrails*, *Contrails.org* – Science Section, <https://contrails.org/science/>

⁵¹ Comisión Europea. (2022). *Reducing emissions from aviation*.

⁵² *Contrails.org*. – *Understanding Contrails*.

⁵³ Ecodes (2025), *Las partículas ultrafinas de los aviones pueden provocar enfermedades graves a 8 millones de españoles*, [Las partículas ultrafinas de los aviones pueden provocar enfermedades graves a 8 millones de españoles](https://www.ecodes.es/analisis/publicaciones/ambiental-noise-in-europe-2025)

⁵⁴ Environmental noise in Europe 2025. Publications | European Environment Agency (EEA). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/environmental-noise-in-europe-2025>

⁵⁵ EASA (2025), *INFORME MEDIOAMBIENTAL DE LA AVIACIÓN EUROPEA 2025*.

⁵⁶ El Periódico (2025), *ERC y Comuns marcan la ampliación del aeropuerto como línea roja en las negociaciones con el Govern*, El Periódico – Política, [ERC y Comuns rechazan la ampliación del aeropuerto de Barcelona pero no la fijan como "línea roja" para pactar con el Govern](https://www.elperiodico.com/es/politica/20250515-erc-y-comuns-rechazan-la-ampliacion-del-aeropuerto-de-barcelona-pero-no-la-fijan-como-linia-roja-para-pactar-con-el-govern)

⁵⁷ Aviacionline (2025), *Environmental groups reject Spain's EUR 13 billion Aena airport expansion plan*, Aviacionline – News, <https://www.aviacionline.com/environmental-groups-reject-spains-eur13-billion-aena-airport-expansion-plan>

Estas críticas se centran sobre todo en el [impacto de los aviones en la salud de la ciudadanía](#) y en el modelo de sobreturismo, que amenaza el modo de vida de los habitantes de las ciudades afectadas, como recoge ECODES en su [informe sobre las viviendas de uso turístico en España](#), y sus consecuencias para un modelo de ciudad que experimenta la expulsión de la ciudadanía con menor poder adquisitivo de los centros históricos y núcleos turísticos. Además, los archipiélagos Balear y Canario mantienen una vulnerabilidad mayor debido a la interrelación del cambio climático, el turismo y sus características insulares.^{58,59}

Impacto económico

Por otro lado, el aspecto económico de la aviación en España está marcado por una férrea defensa de la causalidad entre crecimiento económico y crecimiento del transporte aéreo.⁶⁰ En los últimos años, las tensiones sociales antes mencionadas, la proliferación de un turismo poco sostenible con una reputación a la baja⁶¹ y un gasto medio por turista en plena moderación,⁶² hacen que este modelo se tambalee. [Un estudio reciente realizado por la New Economics Foundation](#) cuestiona la relación entre el crecimiento del transporte aéreo y la actividad económica, concluyendo que sólo en una tercera parte de las regiones existe una relación causal positiva entre las dos variables. Según el estudio, Madrid se clasifica como región "saturada", es decir, es una región donde ampliar la capacidad de transporte aéreo ya no favorece el crecimiento empresarial. En el resto de las provincias, existe una probabilidad moderada de que la conectividad aérea vaya ligada al PIB, aunque se ve atenuada por la dependencia del transporte aéreo, el turismo interno y la infraestructura turística, y la duración de las estancias.⁶³

⁵⁸ ECODES (2025). *Islas Conectadas y Competitivas: Hacia una transformación de la aviación en Baleares*. [Islas Conectadas y Competitivas. Hacia una transformación de la aviación en Baleares](#)

⁵⁹ *Ibid.*

⁶⁰ En palabras del Presidente del Gobierno, "este modelo -público-privado- se beneficia de importantes sinergias y economías de escala y de alcance que, combinadas con una exigente regulación económica, ha hecho de nuestra red de aeropuertos una palanca para aumentar la competitividad de la economía, estimular la inversión y los intercambios comerciales, seguir desarrollando el sector turístico y jugar un papel clave en la vertebración territorial de nuestro país". Extraído de [Aena propone inversiones por unos 13.000 millones para los aeropuertos en España](#)

⁶¹ LLYC (2025), *Barómetro de Turismo*, LLYC – Plataforma interactiva, <https://barometroturismo.llyc.global/>

⁶² Hosteltur (2025), *Récord de gasto y nuevo modelo turístico: ¿demasiada euforia en los titulares?*, Hosteltur – Noticias de Turismo, https://www.hosteltur.com/172627_record-de-gasto-nuevo-modelo-turistico-demasiada-euforia-en-los-titulares.html

⁶³ Ecodes (2025), *Un nuevo estudio desmitifica la relación entre el crecimiento económico y el aumento del tráfico aéreo de pasajeros*, [Un nuevo estudio desmitifica la relación entre el crecimiento económico y el aumento del tráfico aéreo de pasajeros](#)

Modos de descarbonización del transporte aéreo

Combustibles sostenibles de aviación (SAF)

En España y la Unión Europea, la apuesta por los combustibles sostenibles de aviación (SAF por sus siglas en inglés) a través del Reglamento (UE) ReFuelEU Aviation y la inclusión de las emisiones de la aviación en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS por sus siglas en inglés) se presentan como las iniciativas más relevantes para la descarbonización del transporte aéreo.

Los combustibles sostenibles de aviación (SAF) son un grupo de combustibles que no derivan de fuentes de energía fósiles, pero que **mantienen características similares al queroseno convencional utilizado en los aviones y pueden mezclarse hasta en un 50% -conocido como *blending*- sin modificar las características de los aviones.** Dependiendo de la materia prima utilizada, los SAF pueden reducir las emisiones de la aviación hasta en un 90%,⁶⁴ como es el caso de algunos biocombustibles de aviación, como el HEFA (Ésteres y Ácidos Grasos Hidroprocesados) a partir de aceite de cocina usado o alcanzar la neutralidad en CO₂, como con la utilización de combustibles sintéticos (e-SAF). Sin embargo, aún seguirán emitiendo NOx y formando *contrails*. Los SAF pueden clasificarse en tres categorías: **combustibles de aviación sintéticos** (conocidos como e-SAF), **bio-combustibles (y biocombustibles avanzados) de aviación** (conocidos como bioSAF) y **combustibles de aviación de carbono reciclado**.⁶⁵

El marco normativo de los SAF en la Unión Europea incluye los **Reglamentos Delegados 2023/1184, 2023/1185 y la Directiva 2024/1788 y el Reglamento Delegado 2025/2359**, que establecen la metodología para el cálculo de la reducción de emisiones de los RFNBOs, combustibles de carbono reciclado y combustibles bajo en carbono, respectivamente.^{66,67}



Figura 5. Elementos del ciclo de vida de las emisiones de combustible sintético (e-SAF).

Fuente: Adaptado de EASA

⁶⁴ MITECO (2025). Estadísticas de biocarburantes. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/hidrocarburos-nuevos-combustibles/>

⁶⁵ Unión Europea (2023), Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02023R2405-20231031>

⁶⁶ European Union (2023), Regulation (EU) 2023/1184 of the European Parliament and of the Council of 12 June 2023 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1184-20240610>

⁶⁷ Unión Europea (2023), Reglamento (UE) 2023/1185 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de junio de 2023 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/TXT/?uri=CELEX:32023R1185>

Combustible sintético (e-SAF) y de bajas emisiones

Los combustibles de aviación sintéticos (e-SAF) son un tipo de RFNBOs (combustibles renovables de origen no biológico, por sus siglas en inglés) definidos por el Reglamento ReFuelEU Aviation. Se producen a partir de fuentes de energía renovable distintas de biomasa, CO₂ capturado de la atmósfera y agua y cumplen con el umbral del 70% de ahorro de emisiones durante el ciclo de vida establecidos en el Acto Delegado del Hidrógeno.⁶⁸ También se pueden clasificar como **combustibles de aviación sintéticos de bajas emisiones** si la electricidad utilizada se produce a partir de fuentes de energía de bajas emisiones, como la energía nuclear, y cumplen con la reducción de emisiones del ciclo de vida de al menos un 70%. Las rutas de producción de combustibles sintéticos para aviación más representativas son Fischer Tropsch (FT), Etanol a Jet (EtJ) y Metanol a Jet (MtJ).⁶⁹

Los beneficios del e-SAF para un país con las características de España son escalabilidad, debido a la abundancia de materia prima local (electricidad renovable, CO₂ y agua), seguridad energética y reducción de dependencia de materia prima y combustible de terceros países, reducción de las emisiones hasta un 100%, creación de empleo y diversificación de la actividad económica del turismo. **Los obstáculos a su desarrollo** se centran en la materia prima (electricidad renovable, agua y CO₂ capturado de la atmósfera) y en el impacto sobre el territorio. Además, aunque las emisiones de CO₂ se puedan reducir a cero, los e-SAF todavía podrían generar NO_x y *contrails*.⁷⁰

La electricidad renovable es necesaria para la electrólisis del hidrógeno, y representa el 70-77% del coste total del e-SAF.⁷¹ La producción de combustibles sintéticos (e-SAF) es un proceso caro en términos energéticos, y la eficiencia ronda el 10%-45%, dependiendo de la fuente.^{72,73} La posición de España como potencia renovable barata y limpia puede

⁶⁸ Unión Europea (2023), *Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02023R2405-20231031>

⁶⁹ International Air Transport Association – IATA (2024), pág. 15, *Global Feedstock Assessment for SAF Production: Outlook to 2050. Global Feedstock Assessment for SAF Production – Outlook to 2050*

⁷⁰ Stay Grounded. (2023). Fact Sheet 5 - Synthetic Electro-fuels. *Greenwashing Fact Sheet Series*

⁷¹ EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. *State of the EU SAF market in 2023*

⁷² Agora Verkehrswende (2025). Defosilización de la aviación con e-SAF. *Defosilización de la aviación con e-SAF*

⁷³ Stay Grounded. (2023). Frequent Flying Levy. <https://stay-grounded.org/frequent-flying-levy/>

marcar una diferencia en la reducción de emisiones a nivel nacional y europeo de modo competitivo. En 2024, el 56,8% de toda la electricidad generada en nuestro país provino de fuentes de energía renovable como el sol, el agua y el viento.⁷⁴ Los desafíos actuales para el despliegue de e-SAF son los relacionados con la estructura de generación de electricidad y los costes regulados del sistema (peajes, cargos, costes de los servicios de ajuste, IVA al consumo y a la generación de la electricidad). También, una política climática centrada en el desarrollo de los ZEF podría requerir menor electricidad que la que requerirán los combustibles sintéticos (e-SAF).⁷⁵ Además, el “apagón” (cero eléctrico) que tuvo lugar el 28 de abril de 2025 en España, Portugal y partes del sur de Francia, ha obligado a reforzar la estabilidad del sistema. Según el informe de ENTSO-E, la Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad, el suceso se desencadenó por una rápida sucesión de fallos técnicos.⁷⁶ En respuesta al suceso, el Gobierno de España aprobó en noviembre un Real Decreto que recogía medidas de supervisión, análisis, almacenamiento y flexibilidad del sistema eléctrico ante la “necesidad urgente de reforzar la resiliencia, robustez y estabilidad del sistema eléctrico tras el incidente del 28 de abril de 2025”.⁷⁷

La captura de CO₂ directamente de la atmósfera representa uno de los obstáculos principales para el desarrollo de los proyectos de e-SAF. La falta de madurez tecnológica y el coste,⁷⁸ de 43€/tonelada en el caso de captura de CO₂ de la biomasa o la industria a 132€/tonelada con captura directa de CO₂ de la atmósfera provoca que los proyectos escojan la captura de la biomasa o de la industria.⁷⁹ Mientras la madurez tecnológica de la captura directa de CO₂ de la atmósfera va tomando ritmo, la mayoría de proyectos de combustible sintético (e-SAF) van a utilizar CO₂ capturado de biomasa o industria a corto plazo. La captura de CO₂ se regula en el Anexo del Reglamento Delegado de la Comisión (EU) 2923/1185 y para clasificarse como cero emisiones, la captura debe realizarse de la atmósfera o cumplir alguna de las siguientes condiciones:

⁷⁴ Red Eléctrica de España – REE (2025), *La producción renovable crece en España un 10,3 % en 2024 y alcanza mayores registros. La producción renovable crece en España un 10,3% en 2024 y alcanza sus mayores registros | Red Eléctrica*

⁷⁵ Fathom Consulting. (2025). Europe’s flightpath to economic competitiveness. *Europe’s flightpath to economic competitiveness*

⁷⁶ ENTSO-E (2025), *Incident Report: System Disturbance in Spain and Portugal – April 2025, European Network of Transmission System Operators for Electricity, Grid Incident in Spain and Portugal on 28 April 2025 » ICS Investigation Expert Panel » Factual Report »*

⁷⁷ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2025), *Real Decreto 997/2025, de 5 de noviembre, por el que se aprueban medidas urgentes para el refuerzo del sistema eléctrico*, Boletín Oficial del Estado, <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2025-22434>

⁷⁸ EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. *State of the EU SAF market in 2023*

⁷⁹ Ibid.

- CO₂ de origen no renovable capturado de las actividades incluidas en el Anexo I de la Directiva EU ETS. Permitido hasta 2036 si proviene de electricidad o 2041 en otros casos.
- CO₂ procedente de biocombustibles según la Directiva RED que no haya recibido créditos de carbono por captura y sustitución.
- CO₂ de combustión de RFNBO o RCF y que cumpla el umbral del 70% de ahorro de emisiones en su ciclo de vida.
- CO₂ de origen geológico que proceda de fuentes naturales y se haya liberado previamente de forma natural.

Por otro lado, **la disponibilidad y gestión del agua** es un reto mayúsculo en un país con ingentes proyectos vinculados a la electricidad renovable y estrés hídrico histórico que se ha visto agravada en las últimas décadas debido a los efectos del cambio climático. El auge de proyectos atraídos por la disponibilidad de energía renovable y barata, como los centros de datos,⁸⁰ podría competir por el acceso al agua y la electricidad de la red. También, se debe tener en cuenta **la perspectiva territorial**. Se necesita superficie suficiente, un análisis de los impactos del proyecto y una adecuada información, comunicación abierta y transparencia de cara a la comunidad local donde se vaya a implementar el proyecto de SAF, asegurando que exista un retorno al territorio.

Coste del combustible sintético (e-SAF) y de bajas emisiones

Las estimaciones de coste para los **combustibles sintéticos (e-SAF)** de EASA, que denominamos **escenario pesimista**, arrojan un precio de **7,05€/kg de hidrógeno verde** en España, equivalente en España a 7.600€/tonelada (t) de e-SAF a partir de CO₂ biogénico/industrial y 8.325€/t de e-SAF a partir de CO₂ capturado de la atmósfera.⁸¹ En un **escenario neutro**, con una reducción del precio a **5,85€/kg de hidrógeno verde**, siguiendo el

⁸⁰ Ver más sobre el consumo de agua de los centros de datos en: Rubio Navarro, C.E. y Pernía, R., (2025) [Consumo de agua por los centros de datos: retos y oportunidades](#)

⁸¹ Argus Media and Platts, S&P Global Commodity Insights. Precio del hidrógeno renovable mediante la producción por medio de electrólisis alcalina con un contrato de compraventa de energía (PPA) en España según Platts. Extraído de EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023.

precio del primer índice ibérico del hidrógeno renovable MIBGAS IBHYX,⁸² podría reducir el coste del e-SAF hasta los 6.163€/t de e-SAF a partir de CO₂ biogénico/industrial y 6.850€/t de e-SAF a partir de CO₂ capturado de la atmósfera.⁸³ **En un escenario optimista**, un precio indicativo de **4,68€/kg de hidrógeno verde**, calculado a partir de estimaciones del Observatorio Europeo del Hidrógeno, el Banco de España, de MIBGAS y del Operador del Mercado de la energía en Portugal y España (OMIE), podría reducir el coste del e-SAF hasta los 5.631€/t con CO₂ biogénico/industrial y hasta 6.366€/t con CO₂ capturado de la atmósfera.

Con un precio indicativo del queroseno fósil de 734€/t,⁸⁴ el escenario pesimista arroja una diferencia de coste entre el queroseno fósil y el combustible sintético (e-SAF) de 10 a 11 veces mayor. En el escenario neutro, el coste del e-SAF es de 8 a 9 veces superior. En el escenario optimista, el coste del e-SAF sería 7 u 8 veces superior al queroseno fósil. Respecto al coste del **combustible sintético de bajas emisiones**, EASA arroja una estimación de 5.525€/t, es decir, 7,5 veces superior al queroseno fósil convencional.

Escenario	Precio del H ₂ verde (€/kg)	Coste estimado (€/t)	Diferencia de coste respecto al queroseno fósil (734 €/t)
Optimista (e-SAF)	4,68 €/kg	5.631 €/t	7–8 veces superior
Neutro (e-SAF)	5,85 €/kg	6.163 €/t	8–9 veces superior
Pesimista (e-SAF)	7,05 €/kg	7.695 €/t	10–11 veces superior
Combustible sintético de bajas emisiones*	-	5.525 €/t	7,5 veces superior

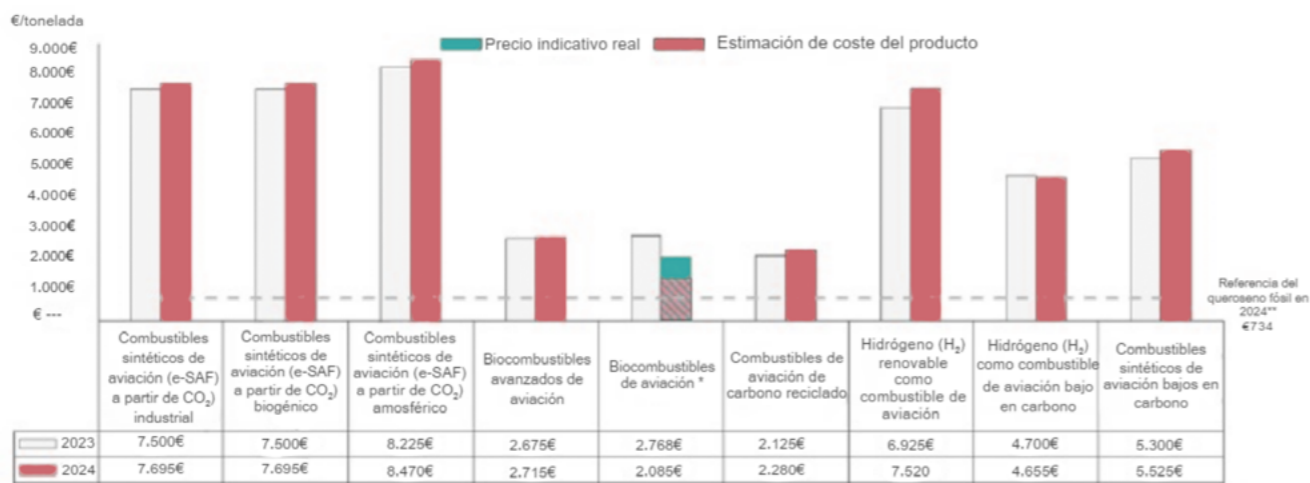
Figura 6. Coste de producción de combustible sintético (e-SAF) y de bajas emisiones en España. **Fuente:** Elaboración propia.

*No se utiliza hidrógeno verde en su fabricación. Estimación de EASA

⁸² MIBGAS (2025), MIBGAS-IBHYX: el primer índice ibérico del precio del hidrógeno renovable se publica a partir de marzo de 2025. <https://www.mibgas.es/es/news/>

⁸³ La modelización se ha realizado en base a los costes de EASA. Ver explicación detallada en [Análisis del SAF en España](#).

⁸⁴ Al realizar la comparación con el Análisis de SAF publicado por ECODES en agosto de 2025, existe una ligera variación en la diferencia de coste entre el queroseno fósil y el potencial de coste del e-SAF, explicado por la disminución del precio de referencia del queroseno fósil de 2024 (734€/t) respecto al año anterior (816€/t en 2023). Nuevo precio de referencia extraído de EASA. (2025). ReFuelEU Aviation Annual Technical Report. [ReFuelEU Aviation Annual Technical Report](#).



*La columna con rayas amarillas y azules representa la estimación del coste del producto en 2024 (con fines de información).
 **Referencia: El precio del queroseno fósil en 2023 fue 816 €/t.

Figura 7. Referencias de precio de los combustibles de aviación en 2024. Fuente: Adaptado de EASA.

Biocombustibles avanzados y biocombustibles (bioSAF)

Los **biocombustibles avanzados de aviación** se producen a partir de las materias primas enumeradas en la Parte A del Anexo IX de la Directiva (EU) 2018/2001 (RED), e incluyen residuos agroforestales, domésticos e industriales, así como cultivos intermedios que no requieren una mayor demanda de tierra. ReFuelEU Aviation va más allá que la RED y excluye materias primas de contar para los objetivos, como palma, soja, existencias de jabón y destilados de ácidos grasos de palma (PFAD).⁸⁵ En España, la utilización de palma para la producción de biocombustibles con fines de transporte fue prohibida a partir de 2025.⁸⁶ Además, los biocombustibles de aviación tienen que cumplir con un 65% de reducción de CO₂eq comparado con el factor de emisión del queroseno fósil.

En un sentido amplio, los biocombustibles pueden clasificarse en cuatro generaciones. Las materias primas de la primera generación, como los cultivos, están restringidas en el Espacio Económico Europeo debido a su competición con el consumo animal y humano.

⁸⁵ Transport & Environment (2024), *Advanced Biofuels: Status and Outlook Report*, Transport & Environment Publications, [The advanced and waste biofuels paradox](#)
⁸⁶ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2024), *Real Decreto 646/2024, de 16 de julio, por el que se regula la producción y el suministro de combustibles renovables de origen no biológico para el transporte aéreo*, Boletín Oficial del Estado, [Disposición 14545 del BOE núm. 171 de 2024](#)

Otras materias primas pueden utilizarse para producir bioSAF, como lodos o residuos sólidos urbanos (RSU) mencionados anteriormente, y pertenecientes a la segunda generación, o biocombustibles a partir de algas, clasificadas como de tercera generación y aún en un estado de desarrollo muy temprano. Igualmente, surgen dudas sobre la sostenibilidad de los biocombustibles a gran escala debido a la dependencia por los residuos, el desplazamiento de la producción de alimentos al competir por recursos y tierras agrícolas y la expansión de monocultivos, con consecuencias negativas para la biodiversidad y el suelo.^{87,88}



Figura 8. Elementos típicos del ciclo de vida de las emisiones del biocombustible de aviación. Fuente: Adaptado de EASA.

Existen **11 rutas de producción de SAF** aprobadas por la ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés). Las más relevantes en la Unión Europea son la ruta Fischer Tropsch - Queroseno sintético (FT-SPK), Alcohol a Jet (AtJ) y HEFA (HEFA-SPK).⁸⁹

- **Ruta Fischer-Tropsch (FT-SPK):** Es un proceso de gasificación que tradicionalmente se ha utilizado para la producción de gasolina y queroseno a partir del carbón.⁹⁰ Existe un creciente interés por utilizar residuos sólidos urbanos (RSU)^{91,92,93} o biomasa como materia prima para producir bioSAF. El *blending* máximo autorizado con queroseno convencional es del 50%.⁹⁴

⁸⁷ Ver generaciones de biocombustibles en Berna, L.(2024) [Escenario de los biocombustibles en España](#).
⁸⁸ International Air Transport Association – IATA (2024), pág. 15, *Global Feedstock Assessment for SAF Production: Outlook to 2050. Global Feedstock Assessment for SAF Production – Outlook to 2050*
⁸⁹ EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. [State of the EU SAF market in 2023](#)
⁹⁰ El Confidencial (2015), *El aragonés que logró petróleo sintético y desapareció en una cárcel republicana*, El Confidencial – Tecnología, [El aragonés que logró petróleo sintético y desapareció en una cárcel republicana](#)
⁹¹ Zhang, J., Wang, F., Ting, Z.J. et al. Powering air travel with jet fuel derived from municipal solid waste. *Nat Sustain* (2025). <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01644-3>
⁹² Air Transport Action Group – ATAG (2020), *Waypoint 2050: Aviation’s path to net-zero*, ATAG Publications, https://artfuels-forum.eu/wp-content/uploads/2020/09/W2050_FULL.pdf
⁹³ International Air Transport Association – IATA (2024), pág. 15, *Global Feedstock Assessment for SAF Production: Outlook to 2050. Global Feedstock Assessment for SAF Production – Outlook to 2050*
⁹⁴ European Union Aviation Safety Agency – EASA (2024), *Sustainable Aviation Fuels: Figures and Tables*, EASA Environment Domain, <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/eaer/sustainable-aviation-fuels/figures-and-tables>

- **Ruta Alcohol a Jet (AtJ):** Permite convertir alcohol en combustible de aviación. La ruta se utiliza en Brasil y Estados Unidos a partir de maíz o caña de azúcar, materias que la RED prohíbe debido a su uso y potencial competencia con su consumo humano y animal. En la Unión Europea se podría producir a partir de materias primas tales como residuos y desechos lignocelulósicos.⁹⁵ El *blending* máximo autorizado con queroseno convencional es del 50%.
- **Ruta HEFA (HEFA-SPK):** Ampliamente utilizada hoy en día debido a su coste relativamente reducido, madurez tecnológica y desarrollo, utiliza las materias primas de la Parte A del Anexo IX basadas en lípidos para la producción de biocombustible de aviación avanzado. Se revela como la tecnología que domine el escenario de SAF europeo, complementado por bioSAF co-procesado.⁹⁶ El *blending* máximo autorizado con queroseno convencional es del 50%.

Además, si utiliza materias primas de la Parte B del Anexo IX de la RED, tales como UCO y sebo y cumplen con el umbral del 65% de ahorro de emisiones en el ciclo de vida, se clasifican como **biocombustibles de aviación**.

Materias primas para combustibles avanzados de segunda generación	Parte A
a- Algas cultivadas en estanques terrestres o fotobiorreactores	
b- Fracción de biomasa de residuos municipales mezclados (no domésticos separados sujetos a reciclado)	
c- Biorresiduos recogidos de hogares particulares sujetos a recogida separada (Directiva 2008/98/CE)	
d- Fracción de biomasa de residuos industriales no apta para alimentación humana o animal (excluye Parte B)	
e- Paja	
f- Estiércol animal y lodos de depuración	
g- Efluentes de molinos de aceite de palma y racimos de palma vacíos	
h- Alquitrán de aceite de resina	
i- Glicerol en bruto	
j- Bagazo	
k- Orujo de uva y lías de vino	
l- Cáscaras de frutos secos	
m- Envolturas	
n- Residuos de mazorca limpios de granos de maíz	
o- Fracción de biomasa de residuos y desechos de la silvicultura e industrias forestales (cortezas, ramas, serrín, virutas, lejías, lignina, aceite de resina, etc.)	
p- Otras materias celulósicas no alimentarias	
q- Otros materiales lignocelulósicos (excepto trozas de aserrío y para chapa)	
r- Aceites de fusel procedentes de la destilación alcohólica	
s- Metanol bruto de la pasta kraft resultante de la producción de pasta de madera	
t- Cultivos intermedios (intercalados o de cobertura) en zonas de una sola cosecha, siempre que no generen demanda adicional de tierras y se mantenga la materia orgánica del suelo	
u- Cultivos plantados en tierras gravemente degradadas (excepto alimentarios y forrajeros), para biocarburantes de aviación	
v- Cianobacterias	

⁹⁵ EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. [State of the EU SAF market in 2023](#)

⁹⁶ Ibid.

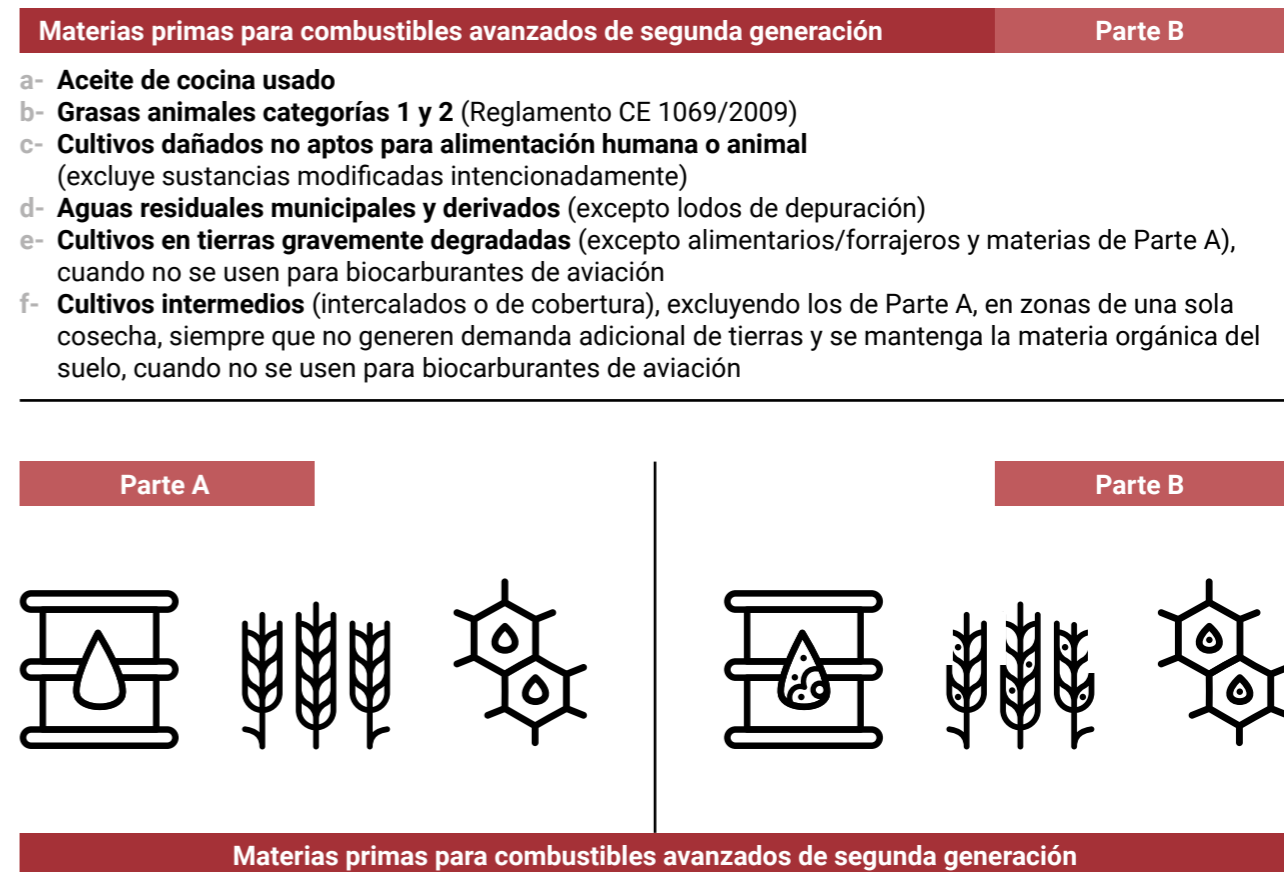


Figura 9. Partes A y B del Anexo IX de la Directiva (UE) 2018/2001, correspondientes a materias primas para la producción de biocombustibles y biocombustibles avanzados para el transporte. **Fuente:** Directiva (UE) 2018/2001.

Existen graves preocupaciones sobre la sostenibilidad de los bioSAF, derivadas de la utilización de materia prima de terceros países y que además puede ser susceptible de cambios en el uso de la tierra, deforestación, fraude,^{97,98} y en consecuencia, revertir la reducción de emisiones de los bioSAF e incluso liberar más emisiones de CO₂. EASA recomienda el cálculo de los valores reales en vez de aplicar un valor predeterminado.⁹⁹ En 2030, el crecimiento de la producción a través de esta ruta se estancará debido a la falta de disponibilidad de materia prima, algo que ya se está evidenciando en España: **en 2024, el 100% de la materia prima utilizada para producir biocombustible de aviación por la ruta HEFA -el único bioSAF producido en España- fue aceite de cocina usado (UCO) y la mayoría provino de Asia** (ver figura 10).

⁹⁷ Transport & Environment. (2023). Used Cooking Oil: The Certified Unknown. [Used Cooking Oil: The Certified Unknown | T&E](#)

⁹⁸ Transport & Environment. (2025). [Biofuels in cars: A dead end for Europe | T&E](#)

⁹⁹ EASA. (2025). How "sustainable" are SAF?. [How 'sustainable' are SAF? | EASA](#)

Desde una perspectiva de desarrollo rural y sostenibilidad, la obtención de la materia prima para la producción de biocombustibles es uno de los puntos críticos, que implica su recolección y/o adquisición mediante acuerdos con los actores del ecosistema.¹⁰⁰ La escasez de materia prima local obliga a que el aceite de cocina usado tenga que importarse de terceros países y exista riesgo de fraude en la mezcla, el etiquetado y los certificados de sostenibilidad,¹⁰¹ así como existencia de doble conteo de emisiones evitadas,¹⁰² amenazando la transición ecológica y socavando nuestra independencia energética.

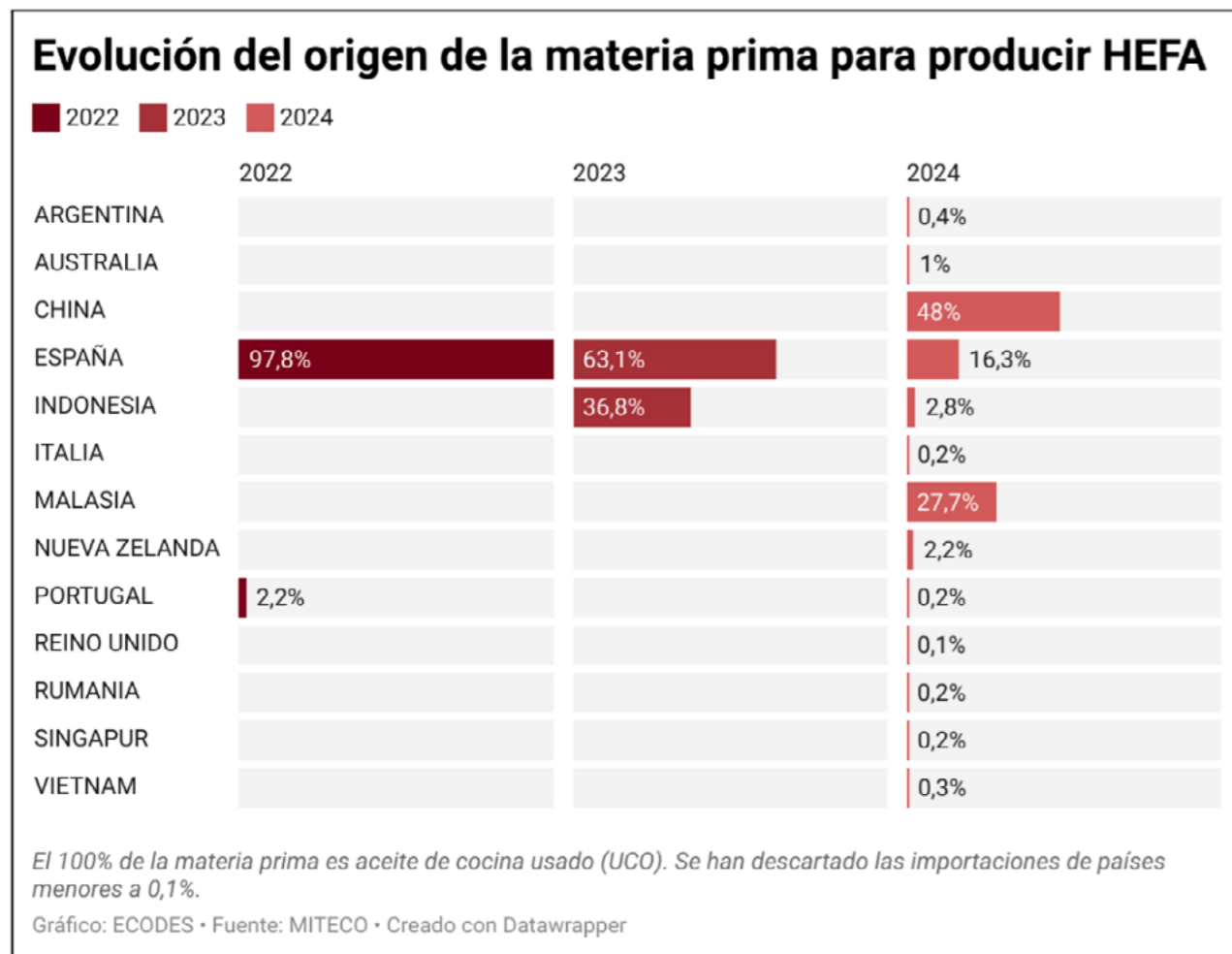


Figura 10. Fuente: Elaboración propia a partir de MITECO.

¹⁰⁰ Berna, L (2024). Estado de los biocombustibles en España, ECODES, [Escenario de los biocombustibles en España](#)
¹⁰¹ Transport & Environment. (2023). Used Cooking Oil: The Certified Unknown [Used Cooking Oil: The Certified Unknown | T&E](#)
¹⁰² Aviation Environment Federation (2025) [Double counting risks and incomplete documentation in global accounting of emissions reductions from SAF](#)

Coste del biocombustible y biocombustible avanzado (bioSAF)

El coste de los biocombustibles de aviación, los únicos combustibles con precio certificado, en 2024 fue de 2.085€/t, un coste casi 700€ inferior en comparación al año anterior. En comparación con el queroseno fósil convencional (734€/t), representa un coste casi tres veces superior.¹⁰³ En contraposición, la estimación del coste de los biocombustibles avanzados aumentó ligeramente, hasta los 2.715€/t, representando un coste 3,7 veces superior al queroseno fósil (ver figura 11).

Combustibles de carbono reciclado (RCF)

Los combustibles de aviación de carbono reciclado (RCF por sus siglas en inglés) se producen a partir de residuos líquidos o sólidos de origen no renovable, según se recoge en el Reglamento ReFuelEU Aviation, y que no pueden recuperar los materiales de los que se componen, según la Directiva 2008/98/EC, o de procesamiento de gas de residuos de origen no renovable de procesos industriales. Requieren cumplir con el umbral del 70% de reducción de emisiones en su ciclo de vida.

Coste del combustible de carbono reciclado

Según el informe de EASA, el coste del combustible de aviación de carbono reciclado estaría en 2.280€/t. (ver figura 11) Esto supondría un coste 3 veces superior al queroseno fósil convencional.

Tipo de combustible	Coste estimado (€/t)	Diferencia de coste respecto al queroseno fósil (734 €/t)
Biocombustible (bioSAF). Precio certificado	2.085 €/t	2,8 veces superior
Biocombustibles avanzados (bioSAF)	2.715 €/t	3,7 veces superior
Combustibles de carbono reciclado (RCF)	2.280 €/t	3 veces superior

Figura 11. Coste de producción de biocombustibles bioSAF y RCF en España.

Fuente: Elaboración propia a partir de EASA.

¹⁰³ EASA (2025). [ReFuelEU Aviation Annual Technical Report](#)

Hidrógeno (H₂) renovable y de bajas emisiones

El hidrógeno (H₂) renovable para aviación se recoge en el Reglamento ReFuelEU como el hidrógeno susceptible de ser utilizado directamente en los aviones, a partir de fuentes de energía renovables distintas de la biomasa y que cumple con el umbral del 70% de reducción de emisiones del ciclo de vida.¹⁰⁴ Si la electricidad utilizada proviene de fuentes de energía no fósiles pero no renovables y cumplen con la reducción de emisiones del ciclo de vida de al menos un 70%, se clasifican como **hidrógeno para aviación de bajas emisiones**.¹⁰⁵

Actualmente, la provisión de hidrógeno como combustible no es compatible con el diseño de las aeronaves y la infraestructura existente para su almacenamiento, distribución, pero su desarrollo es prometedor.^{106,107} Estudios como **“El vuelo de Europa hacia la competitividad económica”**, de Fathom Consulting, comparan la política climática actual basada en los SAF basados en residuos, con un potencial limitado debido al problema de escalabilidad, y una política basada en los ZEF (vuelos cero emisiones, por sus siglas en inglés), con una mayor dificultad técnica pero mayores beneficios para la economía en general debido a la curva de aprendizaje y las economías de escala. Al realizar el análisis de los costes y beneficios de SAF y ZEF en relación al queroseno fósil, los autores afirman que, con una I+D que traslade los ZEF al mercado, se obtendría la opción más barata y escalable para descarbonizar la aviación a corto plazo. **El desarrollo de los ZEF podría reportar beneficios a la economía en general y ayudaría a cerrar la brecha de productividad con EEUU y otros países.** Inicialmente, los ZEF se deberían centrar en el corto radio (<2000km) y en los aviones de fuselaje estrecho, priorizando los vuelos de batería eléctrica para las rutas de corto recorrido y reservando los aviones de hidrógeno para rutas más largas. El estudio reconoce que el combustible sintético (e-SAF) y los bioSAF serán necesarios para las rutas largas hasta que la tecnología e infraestructura estén preparadas.¹⁰⁸

Zeroavia, con sede en el Aeropuerto de Costwold, en Reino Unido, ha desarrollado un sistema propulsor de 600 kW que utiliza células de combustible para generar electricidad

¹⁰⁴ EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. [State of the EU SAF market in 2023](#)

¹⁰⁵ European Commission (2025), *Commission Delegated Regulation (EU) 2025/2359 of 5 September 2025 supplementing Regulation (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of a Union database for renewable fuels*, Official Journal of the European Union, https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2025/2359/oj/eng

¹⁰⁶ EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. [State of the EU SAF market in 2023](#)

¹⁰⁷ ZeroAvia (2025). ZeroAvia Receives Design Organisation Approval from UK CAA [ZeroAvia Receives Design Organisation Approval from UK CAA](#)

¹⁰⁸ Fathom Consulting. (2025). Europe’s flightpath to economic competitiveness. <https://www.fathom-consulting.com>

a partir de hidrógeno. Actualmente, se encuentra en proceso de certificación y puede instalarse en un modelo de avión capaz de transportar hasta 20 personas. Su desarrollo promete cero emisiones y la expulsión de vapor de agua como único subproducto. También aseguran que la formación de *contrails* es más fácil de controlar.¹⁰⁹

Coste del Hidrógeno (H₂) renovable y de bajas emisiones

La estimación del **coste del hidrógeno (H₂) renovable para aviación** se cifra en 7.520€/t, más de 10 veces superior al queroseno fósil. Respecto al **hidrógeno (H₂) bajo en emisiones para aviación**, EASA estima un coste de 4.655€/t, que supondría un coste seis veces superior al queroseno fósil convencional.

Tipo de combustible	Coste estimado (€/t)	Diferencia de coste respecto al queroseno fósil (734 €/t)
H ₂ renovable para aviación	7.520 €	10 veces superior
H ₂ bajo en emisiones para aviación	4.655 €	6 veces superior

Figura 12. Coste de producción de H₂ renovable para aviación y H₂ bajo en emisiones para aviación en España. **Fuente:** Elaboración propia a partir de EASA.



¹⁰⁹ ZeroAvia (2025). ZeroAvia Receives Design Organisation Approval from UK CAA. <https://zeroavia.com>

Proyectos actuales y producción prevista

En España existen hasta 15 proyectos de SAF anunciados, de los cuales, 2 están en operación y 11 están en fase de construcción o en búsqueda de inversión. Además, otros 2 proyectos han sido abandonados o están en suspensión.¹¹⁰ Los proyectos de SAF en España actualmente en operación utilizan residuos, como aceite de cocina usado, para la producción de biocombustible de aviación, como son los proyectos de HEFA de Repsol y Moeve. De los 11 proyectos todavía no están en operación, la mayoría producirá combustible sintético (e-SAF) a partir de agua, energía renovable y CO₂ capturado de la biomasa.

Proyectos de SAF en España



Leyenda:

- 🔹 Proyecto de HEFA
- 🔹 Proyecto de SAF en pausa
- 🔹 Proyecto de e-SAF

Sólo los proyectos en verde (HEFA) se encuentran en operación. Los proyectos de e-SAF no cuentan con FID todavía. Ric Energy no ha anunciado dónde se situará la tercera planta. Synhelion no ha anunciado dónde se situará la planta en Andalucía. MOEVE está evaluando la viabilidad de una planta de oleofinas sostenibles.

Figura 13. Fuente: Prensa y sitios web oficiales.

¹¹⁰ Datos a diciembre de 2025.

Proyectos de biocombustibles

Las empresas petroleras y gasistas en la Unión Europea están interesadas en proyectos de biocombustibles de aviación HEFA debido a su menor complejidad, desembolso de capital y preservación de su modelo de negocio. Estas plantas utilizan aceite de cocina usado (UCO), que proviene mayoritariamente de Asia (ver figura 10), y se sitúan en zonas cercanas a los grandes puertos, de manera que la ventaja logística permite recibir la materia prima y canalizar el producto final hacia refinerías o clientes finales.¹¹¹ A diferencia de los proyectos de combustibles sintéticos (e-SAF), que no han alcanzado decisiones finales de inversión (ver figura 15), hay plantas ya en operación y otras se esperan antes de 2030. En España, los actores son unas pocas multinacionales, tienen un gran volumen de producción y se concentran en el sur de la península, donde existe cercanía a los grandes puertos que reciben la materia prima del exterior, como Repsol, Moeve (ex-CEPSA) y BP (cuyo proyecto está en suspensión).¹¹²

Año de operación (construcción)	Proyecto	Empresa	Producción de bioSAF (t/año)
En operación	Complejo Industrial de Cartagena	Repsol	250.000
En operación. Ampliación en 2026	La Rábida, Huelva	Moeve	500.000
2027 (2026)	Zona Franca de Cádiz	Alfa Laval y Drexo Energy	Datos no disponibles
2030 (2027)	-	Castellón (BP)	500.000
Totales (t)			750.000

Figura 14. Proyectos de biocombustibles de aviación en España. **Fuente:** Prensa y sitios web oficiales.

Moeve ha invertido 1.200 millones de euros para la construcción de la planta de biocombustibles de segunda generación “La Rábida” en **Palos de la Frontera, Huelva** y cuenta con el apoyo del Banco Europeo de Inversiones con un préstamo de 285 millones de euros. Actualmente, MOEVE suministra a aerolíneas como Iberia, Etihad, Wizz Air, Volo-tea o Vueling.¹¹³ La inversión duplicaría su capacidad actual de producción de 250.000 a 500.000 (e incluso 800.000 en 2030) toneladas anuales de biocombustible de aviación bioSAF y diésel HVO. Ambos productos están en el punto de mira de la sostenibilidad debido a sus problemas de fraude, transparencia y dependencia energética, que obliga a

¹¹¹ El Economista (2025), *Drexo Energy se alía con Alfa Laval para una planta de biocombustibles en la Zona Franca de Cádiz*, Industria, [Drexo Energy se alía con Alfa Laval para una planta de biocombustibles en la Zona Franca de Cádiz](#)

¹¹² EASA. (2024). State of the EU SAF market in 2023. [State of the EU SAF market in 2023](#)

importar las materias primas, como aceite de cocina usado (UCO) y efluente de almaza-ra de palma (POME) de terceros países, mayoritariamente del Sudeste Asiático.^{114,115,116,117,118}

Repsol opera en **Cartagena** una planta de biocombustibles con una capacidad de produc-ción de 250.000 toneladas anuales. En el proyecto se han invertido 250 millones de euros y fabrica biocombustibles para el transporte por carretera, marítimo y aviación, suminis-trando a aerolíneas como Iberia, Vueling o Ryanair. A pesar de los acuerdos para recolec-tar aceite de cocina usado local, la falta de materia prima disponible hace que provenga del Sudeste Asiático y suscite problemas de fraude y dependencia energética.^{119,120,121,122}

Además, conviene recordar el fracaso del proyecto de hidrógeno verde en Puertollano (Ciudad Real), que recibió más de 10 millones de euros de fondos públicos y en julio de 2025 Repsol anunció que no se llegaría a concretar.¹²³

Alfa Laval y Drexo Energy producirán biocombustibles de aviación HEFA y biodiésel HVO a partir de UCO y otras materias primas en la **Zona Franca de Cádiz**. El proyecto empezará la construcción de la planta en 2026 y contempla inversiones de 46 millones de euros y la creación de hasta 250 empleos.¹²⁴

Otros proyectos anunciados, como la planta de HEFA de **BP y el Clúster de hidrógeno de la Comunidad Valenciana en Castellón**, que prometía 500.000 toneladas anuales de SAF en 2030, se han suspendido, achacando el tropiezo al débil crecimiento de la deman-da.¹²⁵ El proyecto de hidrógeno ha recibido 15 millones de euros de fondos europeos Next Generation. Caminos similares han tomado sus planes en Inglaterra o Alemania,¹²⁶ o en Rotterdam por parte de la empresa **Shell**.¹²⁷

¹¹³ Moeve Global (2024), *Combustible SAF: qué es y cómo impulsa la aviación sostenible*, Moeve Aviation, <https://aviation.moeveglobal.com/es/combustible-saf>

¹¹⁴ Repsol (2023), *Primera planta de combustibles renovables a gran escala en España*, Repsol – Actividad Industrial, [La primera planta de producción de combustibles renovables a gran escala](#)

¹¹⁵ MITECO (2025). Estadísticas de biocombustibles. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/hidrocarburos-nuevos-combustibles/>

¹¹⁶ El Economista (2025), *Moeve se convierte en el primer proveedor externo de combustible sostenible de aviación (SAF) que se une a Avelia*, <https://www.economista.es>

¹¹⁷ Berna, L. (2024) *Escenario de los biocombustibles en España*.

¹¹⁸ El Debate (2025), *La futura planta de biocombustibles 2G de Moeve en Huelva encara la recta final de su desarrollo*. [La futura planta de biocombustibles 2G de Moeve en Huelva encara la recta final de su desarrollo](#)

¹¹⁹ Repsol (2024), *Repsol y Bunge se alían en España para impulsar el suministro de combustibles renovables*, Repsol – Sala de Prensa, [Repsol y Bunge se alían en España para impulsar el suministro de combustibles renovables](#)

¹²⁰ El País (2024), *De la sartén al depósito del coche: cómo se convierte el aceite de cocina usado en combustible 100% renovable*, El País – Sociedad, [De la sartén al depósito del coche: cómo se convierte el aceite de cocina usado en com-bustible 100% renovable | Sociedad | EL PAÍS](#)

¹²¹ El País (2025), *Irse de vacaciones con el aceite de freír croquetas*, El País – Gastronomía, <https://elpais.com/gastrono-mia/2025-08-22/irse-de-vacaciones-con-el-aceite-de-freir-croquetas.html>

¹²² ReciclaAceite (2025). Las cifras del reciclaje de aceite usado. [Las cifras del reciclaje de aceite usado](#)

¹²³ El Salto (2025), *Del hidrógeno verde al hidrógeno gris 'light': el eterno ecopostureo de Repsol en Puertollano*, El Salto – Ciudad Real, [Del hidrógeno verde al hidrógeno gris 'light': el eterno ecopostureo de Repsol en Puertollano - El Salto](#)

¹²⁴ El Economista (2025), *Drexo Energy se alía con Alfa Laval para una planta de biocombustibles en la Zona Franca de Cádiz*, [Drexo Energy se alía con Alfa Laval para una planta de biocombustibles en la Zona Franca de Cádiz](#)

¹²⁵ El Periódico de la Energía (2025), *BP frena su plan de producir combustible limpio para aviones en su planta de Castellón*, [BP frena su plan de producir combustible limpio para aviones en su planta de Castellón](#)

¹²⁶ Expansión (2025), *Economía sostenible: artículo del 2 de diciembre de 2025*, Expansión – Economía Sostenible, <https://www.expansion.com/economia-sostenible/2025/12/02/692ebf74468aeb1a678b457d.html>

¹²⁷ Shell (2025), *Shell will not restart construction of Rotterdam biofuels plant*, Shell – News and Media Releases, [Shell will not restart construction of Rotterdam biofuels plant](#)

Proyectos de combustible sintético (e-SAF)

A diferencia de los proyectos de biocombustibles, donde las grandes empresas de combustibles fósiles buscan posicionarse como referentes, los proyectos de combustible sintético (e-SAF) no suscitan tal interés entre ellas en España. Esto guarda relación con la complejidad tecnológica del combustible sintético (e-SAF) y su coste. A pesar de que existen estudios de viabilidad y plantas piloto por parte de Repsol y Moeve, el ecosistema de la producción de e-SAF está dominado por desarrolladores de proyectos y empresas ligadas al negocio de la energía renovable y el hidrógeno (ver figura 15).

Los proyectos se situarán en el sur de Andalucía y el Norte de España y algunas zonas de Castilla La Mancha, Castilla y León y Aragón. Por lo general, las plantas se levantarán en territorios que posean gran superficie, disponibilidad de CO₂ capturado de la biomasa, agua y disponibilidad de energía renovable. El combustible sintético (e-SAF) se posiciona también como un elemento fundamental en la transformación industrial de los antiguos territorios mineros.¹²⁸ Los actores principales en cuanto a volumen y estado de los proyectos son Ric Energy, Avalon Renovables y Solarig, además de algunos más modestos y plantas piloto.¹²⁹

Año de operación (construcción)	Proyecto	Empresa	Producción de e-SAF (t/año)
2025 (2027)	RISE	Synhelion	<1.000
2026	Repsol-Petronor	Repsol-Petronor	2.000
2027	Breogán	Greenalia y P2X-Europe	20.000
2028	Numantia SAF	Solarig	48.000
2028 (2030)	Compostilla Green	Ric Energy	60.000
2028 (2030)	Turboleta SAF	Solarig	60.000
Fecha no anunciada	Datos no disponibles	Ric Energy	90.000
	Besaya H2	Ric Energy y Copsesa	Datos no disponibles
	Bahía de Huelva	Avalon Renovables	25.000
	ECO2FLY	Exolum, IGNIS P2X y Holcim	100.000
	H2 Valdepeñas	Avalon Renovables	25.000
	La Joya - Málaga	Avalon Renovables	20.000
Totales (t)			450.000

Figura 15. Proyectos de combustible sintético (e-SAF) en España anunciados.

Fuente: Prensa y sitios web oficiales.

¹²⁸ Diario de León (2025), *Hidrógeno verde: la esperanza renovable que impulsa León*, Diario de León – Monográficos Inno-va, [El hidrógeno verde: la esperanza renovable que busca impulsar a León](#)

¹²⁹ EASA publishes report on the European Union Sustainable Aviation Fuels (SAF) market

El proyecto **Composilla Green, de Ric Energy**, estará situado en **Cubillos del Sil (León)** y fabricará hasta 60.000 toneladas anuales de combustible sintético (e-SAF) para aviación. Según la empresa, la decisión final de inversión tendrá lugar en 2027.¹³⁰ En junio de 2025, el proyecto recibió una ayuda de 81,4 millones de euros como parte de la convocatoria del programa H2 Valles del Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE). El proyecto contempla una inversión total de 700 millones de euros.¹³¹ Además, tiene otros dos proyectos: **Besaya H2**, en **Torrelavega y Santillana del Mar (Cantabria)** y otro proyecto cuyo nombre no ha sido anunciado, que producirían al menos 90.000 toneladas de combustible sintético (e-SAF).

La empresa **Solarig** desarrollará el proyecto **Numantia SAF** para la producción de 48.000 toneladas anuales de e-SAF en **Soria**, y se espera que entre en fase de operación en 2028. Otro proyecto, **Turboleta SAF**, situado en **Teruel**, estima una producción de 60.000 toneladas de e-SAF anuales. Éste último se presentó a la convocatoria del IDAE y su solicitud fue desestimada debido a que no alcanzó la puntuación mínima en los criterios técnicos y en los ambientales y socioeconómicos.¹³²

En **Teixeiro (A Coruña)**, **Greenalia** está desarrollando el **proyecto Breogán**, que previsiblemente tendrá un volumen de producción anual de 20.000 toneladas y cuya entrada en operación se espera para 2027.¹³³ Debido a la magnitud de su inversión, la Xunta de Galicia declaró el proyecto Iniciativa Empresarial Prioritaria.

En la refinería de **Repsol** en **Bilbao**, **Petronor**, junto a Enagás Renovable, Aramco y el Ente Vasco de la Energía, están construyendo una planta de combustibles sintéticos a partir de CO₂ capturado de la refinería, previsiblemente finalizada a mediados de 2026.¹³⁴

En **Villanueva de la Sagra, Toledo**, **Exolum**, **IGNIS P2X** y **Holcim** desarrollarán el proyecto **ECO2FLY**, con el objetivo de capturar CO₂ de la industria cementera para producir cerca de 100.000 toneladas anuales de combustible sintético (e-SAF).¹³⁵ Las empresas implicadas han anunciado que presentarán el proyecto en la siguiente convocatoria del Fondo de Innovación europeo.

¹³⁰ Europa Press (2025), *RIC Energy adjudica a Técnicas Reunidas la ingeniería pre-FEED del proyecto SAF Compostilla Green en León*, [RIC Energy adjudica a Técnicas Reunidas la ingeniería pre-FEED del proyecto e-SAF Compostilla Green en León](#)

¹³¹ IDAE (2025), *Resolución definitiva de la 1ª convocatoria del programa Valles de Hidrógeno*, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), [RESOLUCIÓN DEFINITIVA](#)

¹³² Ibid.

¹³³ P2X Europe (2025), *The Breogán Project promoted by P2X Europe and Greenalia declared a Priority Business Initiative (PBI) by the Xunta de Galicia*, P2X Europe – News, [The Breogán project, promoted by P2X-Europe and Greenalia, declared a Priority Business Initiative \(PBI\) by the Xunta de Galicia](#)

¹³⁴ Basque Hydrogen (2025), *Work begins on construction of e-fuels plant at the Port of Bilbao*, Basque Hydrogen – News, <https://basquehydrogen.com/en/work-begins-construction-e-fuels-plant-port-of-bilbao/>

¹³⁵ Exolum (2025), *Holcim, Ignis, P2X and Exolum present Eco2Fly: a pioneering project for the decarbonization of the construction materials and air transport industries*. [Holcim, IGNIS P2X and Exolum present ECO2FLY: a pioneering project for the decarbonization of the construction materials and air transport industries](#)

Avalon Renewables está desarrollando tres proyectos situados en **Andalucía (Bahía de Huelva y La Joya-Málaga) y Castilla la Mancha (H2 Valdepeñas)** con un volumen de 70.000 toneladas anuales de combustible sintético (e-SAF). El proyecto Bahía de Huelva producirá 25.000 toneladas anuales, La Joya-Málaga, 20.000 toneladas y H2 Valdepeñas 25.000 toneladas. Las fechas de la construcción de las instalaciones no han sido anunciadas.

Synhelion tiene previsto la construcción de una planta de combustible sintético (e-SAF) y otros combustibles sintéticos a partir de energía termosolar en **Andalucía**, que previsiblemente entrará en operación en 2027 en España. La fabricación del combustible se realiza a partir de la concentración de la radiación solar, que produce *syngas*, una mezcla de H₂ y CO₂ a través de procesos termoquímicos. El volumen de producción anual sería de 1.000 toneladas anuales para el transporte por carretera y aviación.¹³⁶

Proyectos de I+D+i

¹³⁶ PV Magazine España (2025), *La suiza Synhelion comenzará en 2027 a producir gasolina solar en España*, PV Magazine España – Energía, [La suiza Synhelion comenzará en 2027 a producir gasolina solar en España](#)

De modo no exhaustivo, se ha realizado la búsqueda de los proyectos de I+D+i de SAF más relevantes en España. Estos proyectos se centran en la demostración de la viabilidad de la producción de combustible sintético (e-SAF), así como la producción de biocombustibles para aviación de tercera generación y la utilización de residuos sólidos urbanos.

En Móstoles, Madrid, el consorcio europeo SUN-to-LIQUID II, que cuenta con la participación de entidades de cinco países (Alemania, España, Suiza, Países Bajos y Francia), está finalizando la construcción de una planta termosolar que utiliza luz solar, agua y CO₂ para la producción de combustible, especialmente de aviación, y demostrar la reducción de GEI de más del 80%.¹³⁷

En Huesca, el proyecto europeo +C2Fue-LS, coordinado por la Fundación Hidrógeno Aragón y el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón, tiene como objetivo contribuir a la producción de combustibles sintéticos para el transporte marítimo y aviación utilizando hidrógeno, electricidad renovable y CO₂. Se desarrollará junto a otras cinco entidades de España, Francia, Bélgica y Alemania durante cuatro años (2025-2029).¹³⁸ También, el **proyecto 4AirCRAFT** de la Fundación Hidrógeno Aragón, en colaboración con otras entidades y universidades de España, Bélgica, Japón, Italia, Brasil, Finlandia, Alemania, desarrolló de 2021 a 2025 la producción de e-SAF a partir de CO₂ capturado, agua y electricidad renovable.¹³⁹

Moeve (antigua CEPESA) está realizando el estudio de viabilidad de la ruta metanol a olefinas (MTO) como miembro de la plataforma Global Impact Coalition, que se prolongará hasta finales de 2026. El objetivo es producir olefinas a través de rutas de bajas emisiones y e-SAF.¹⁴⁰ Además, están llevando a cabo otro estudio de viabilidad para combustible sintético (e-SAF) junto a **Zaffra** en el Valle Andaluz del Hidrógeno Verde.¹⁴¹

En Donostia-San Sebastián, el proyecto **SINETIK**, coordinado por el consorcio **TECNALIA**, investigará nuevos procesos en la producción de *syngas* (utilizado para los combustibles sintéticos) y la conversión de amoníaco a hidrógeno, entre otros. Con una duración

¹³⁷ German Aerospace Center – DLR (2023), *Sun-to-Liquid 2 SUN-to-LIQUID II*

¹³⁸ Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2024), Aragón gestionará casi dos millones de euros de la Unión Europea para producir combustibles sintéticos renovables con el máximo ahorro energético. <https://delegacion.aragon.csic.es/aragon>

¹³⁹ 4AirCraft Consortium, 4AirCraft, <https://4aircraft-project.eu/project/>

¹⁴⁰ Moeve (2025), Moeve impulsa e-SAF con Global Impact Coalition, *Moeve impulsa e-SAF con Global Impact Coalition*

¹⁴¹ Moeve (2024), Moeve firma memorando de entendimiento con Zaffra para impulsar e-SAF. *Moeve y Zaffra desarrollarán e-SAF en España*

de dos años (2025-2026), el proyecto ha sido subvencionado por el Gobierno Vasco a través del programa ELKARTEK 2025.¹⁴²

En Cubillos del Sil (León), la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN), dependiente del Instituto para la Transición Justa (ITJ), planea construir una planta piloto de combustible sintético para aviación, metanol renovable y gas natural sintético (*syngas*). Estará en funcionamiento en junio de 2026.¹⁴³

También, la **Junta de Andalucía** ha lanzado el **Programa de fomento de SAF 2025 - 2026**, que contiene 8 medidas para impulsar el desarrollo de los proyectos de SAF y dar apoyo económico, identificar recursos y barreras.¹⁴⁴

De la mano de **Eurecat**, la red H₂ CAT realizó una demostración en el aeropuerto de **Lleida-Alguaire** para convertir CO₂ capturado e hidrógeno renovable en queroseno compatible con la flota actual.¹⁴⁵

En **Monfarracinos, Zamora**, la empresa **Reolum** construirá una de las mayores plantas de metanol verde de Europa, destinada a la descarbonización del transporte pesado, en el que se incluye el marítimo, y supondrá una inversión de 700 millones de euros. El metanol verde puede transformarse en e-SAF a través de la ruta Metanol a Jet (MTJ por sus siglas en inglés). El proyecto promete crear 500 empleos empezará su construcción en 2027 y se une a las dos proyectadas en León. Juntos sumarán 420.000 toneladas de metanol verde y un total de 500 empleos fijos directos.¹⁴⁶

Proyectos de I+D+i de biocombustibles

El proyecto FUELGAE, formado por 13 centros de 6 países europeos, busca la captura de CO₂ de microalgas y la obtención de biocombustibles de tercera generación, con el objetivo de alcanzar la escala y comercializarse en el mercado.¹⁴⁷

¹⁴² Basque Energy Cluster (2023), Comienza el proyecto ELKARTEK SINETIK para la investigación de nuevas tecnologías de generación y conversión de combustibles sintéticos renovables, Basque Energy Cluster, *Comienza el proyecto Elkartek SINETIK para la investigación de nuevas tecnologías de generación y conversión de combustibles sintéticos renovables*

¹⁴³ Fundación Ciudad de la Energía – CIUDEN (2024), CIUDEN pondrá en marcha una planta piloto para producir combustible sintético sostenible destinado a la aviación, <https://ciuden.es/en/noticias>

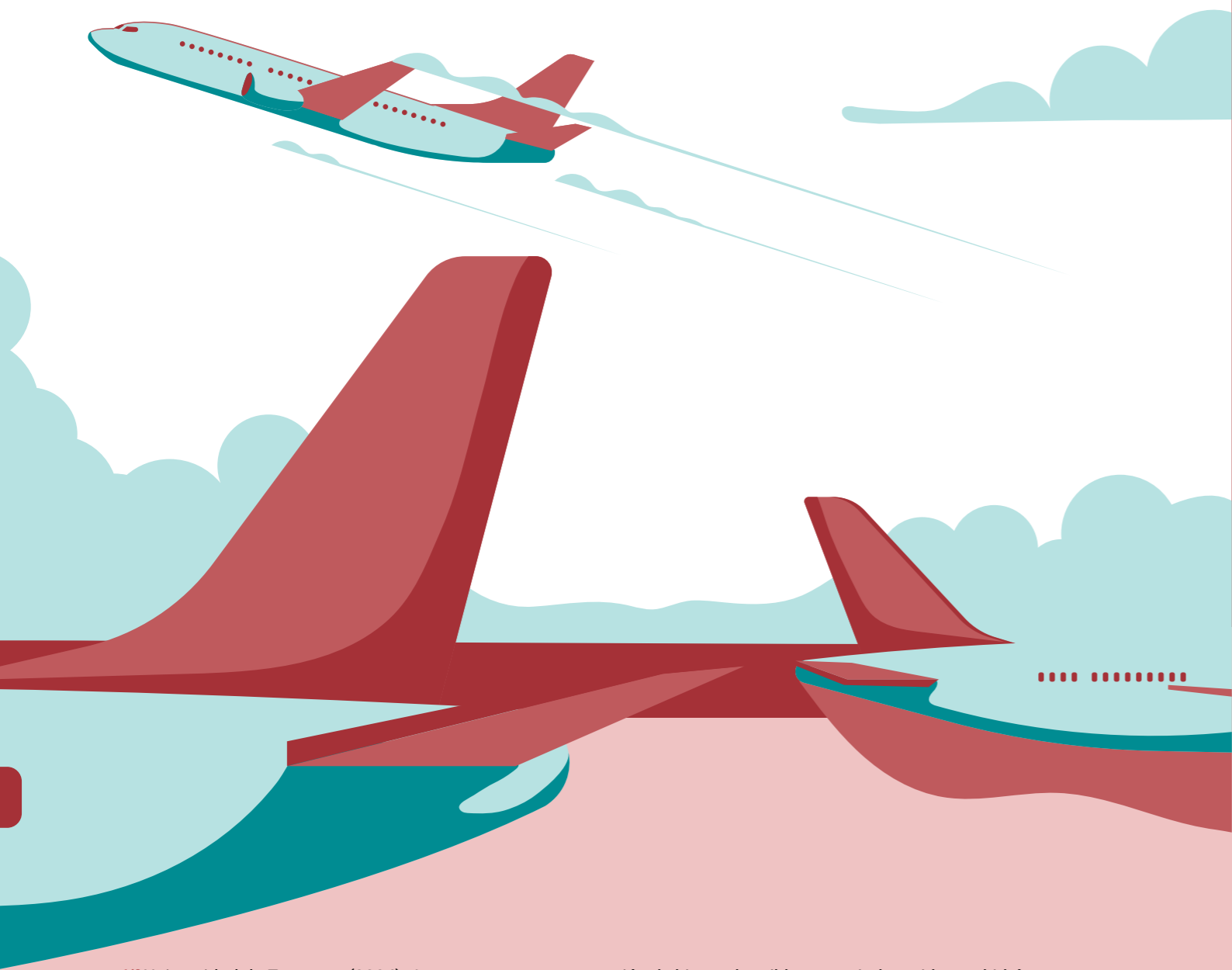
¹⁴⁴ Junta de Andalucía (2025) *Programa de fomento de combustible alternativo para aviación (SAF)*

¹⁴⁵ I. (2025), *Eurecat acelera el eSAF con CO2 e hidrógeno verde en Lleida*, Renovables Verdes, <https://www.renovablesverdes.com/eurecat-acelera-el-esaf-con-co2-e-hidrogeno-verde-en-lleida/>

¹⁴⁶ Ojea, L. (2025) El Español. *Reolum da un paso de gigante: anuncia 700 millones para su tercer proyecto industrial de metanol verde en España*

¹⁴⁷ Fuelgae Consortium (2025), About FUELGAE, Fuelgae, <https://fuelgae.eu/about-us/>

En la **Universidad de Zaragoza** se están llevando a cabo varios proyectos para la reducción de emisiones de la aviación. El **proyecto BioCAS-CCU** del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) investiga la obtención de biocombustibles a partir de residuos e hidrógeno verde.¹⁴⁸ El grupo de **Procesos y Reciclado** investigó de 2021 a 2025 la producción de SAF a partir de glicerina y residuos sólidos urbanos.¹⁴⁹ También, el **proyecto ChemCon** del Grupo multidisciplinar de Procesos Termoquímicos (GPT) comenzó en enero de 2025 y cuenta con el objetivo de reducir las emisiones de la aviación y su capacidad para producir partículas finas.¹⁵⁰



Principales líneas de financiación previstas

¹⁴⁸ Universidad de Zaragoza (2024), *Avanza una nueva generación de biocombustibles a partir de residuos e hidrógeno verde*, [Avanza una nueva generación de biocombustibles a partir de residuos e hidrógeno verde](#)

¹⁴⁹ Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón, *Grupo de Investigación IQTMA*, Universidad de Zaragoza, <https://iqtma.unizar.es/node/36>

¹⁵⁰ Oficina de Proyectos Europeos – Universidad de Zaragoza, *CHEMCON Project.*, <https://ope.unizar.es/chemcon>

Banco Europeo del Hidrógeno y Fondo de Innovación: El Banco Europeo del Hidrógeno tiene como función coordinar la financiación existente y aumentar la transparencia en el mercado, con el objetivo de reducir la brecha entre el coste de producción del H2 renovable y el fósil. En las sucesivas subastas, los proyectos compiten para recibir financiación en forma de un pago extra por la producción de hidrógeno renovable certificado (€/ kg) durante un máximo de diez años de operación. Una vez cerrado, los proyectos deben reunir financiación en 2 años y medio y empezar la producción en cinco años. Las subastas se realizan a través del Fondo de Innovación cuenta con alrededor de 40 mil millones de euros disponibles para el periodo 2020-2030, financiados por los ingresos del EU ETS. Los Estados Miembros también realizan aportaciones al Banco, que pueden ampliar con aportaciones voluntarias destinadas a proyectos nacionales que hayan sido seleccionados pero no hayan recibido financiación al agotarse los fondos. Hasta la fecha, se han realizado tres subastas. Los proyectos financiados en España se centran en hidrógeno renovable, CO₂ capturado y e-metanol para transporte marítimo e industria química. A diferencia de **Francia**, con proyectos para la certificación de aviones eléctricos e híbridos-eléctricos; **Noruega**, con proyectos de aeronaves de hidrógeno y SAF; o **Dinamarca**, con proyectos de e-SAF; **España** no registra proyectos de hidrógeno verde para combustibles de aviación o uso directo en aeronaves.^{151,152,153} Recientemente, la Comisión ha destinado 300 millones de euros a combustibles sostenibles para aviación y marítimo al Banco Europeo del Hidrógeno, y 153 millones del Fondo de Innovación para combustibles sintéticos de aviación.¹⁵⁴ Además, el MITECO ha sumado otros 415 millones para proyectos nacionales de hidrógeno verde, de los cuales 278,6 millones se destinarán a la producción de hidrógeno renovable de origen no biológico, (RFNBO por sus siglas en inglés) y 136,4 millones a apoyar la producción de hidrógeno RFNBO limitado a proyectos que abastezcan al sector marítimo y aviación con RFNBO.¹⁵⁵ En total, España ha contribuido con casi 800 millones de euros al fondo.

Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE): son proyectos de carácter estratégico, de carácter público privado y con gran capacidad de arrastre para el crecimiento económico, el empleo y la competitividad de la economía española, con un alto componente de colaboración público privada y transversales a las

¹⁵¹ European Commission (2025). *Innovation Fund projects - Climate Action*. [Innovation Fund projects - Climate Action - European Commission](#)

¹⁵² Ibid.

¹⁵³ European Commission (2025). *European Hydrogen Bank*. [European Hydrogen Bank](#)

¹⁵⁴ Agencia EFE (2025). *La CE destinará 2.900 millones para fabricar combustible sostenible para aviones y barcos*. [La CE destinará 2.900 millones para fabricar combustible sostenible para aviones y barcos - EFE](#)

¹⁵⁵ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2025). *Sara Aagesen anuncia 465 millones para proyectos españoles*. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitco/es/prensa/20251202>

diferentes administraciones. Se realizan a partir del MITECO y se ejecutan a través de los organismos dependientes del Ministerio. Se han aprobado doce categorías de proyectos, de los cuales el PERTE de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento (ERHA) y el PERTE Aeroespacial son los relevantes para la descarbonización de la aviación.^{156,157}

- El **PERTE ERHA** no financia proyectos de SAF directamente, pero sí que financia proyectos de H2 renovable, almacenamiento y energía renovable. El órgano adjudicatario de las subvenciones es el IDAE, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y con cargo al NextGenerationEU. En la resolución de la convocatoria del PERTE ERHA de almacenamiento de 2024, Ric Energy resultó beneficiaria de casi 20 millones de euros en ayudas a cuatro proyectos de almacenamiento.¹⁵⁸ Aunque no menciona a los combustibles de aviación, conviene destacar también la adjudicación de casi 44 millones de euros al proyecto de ELYSE EM-NUMANCIA S.L. para la producción de hidrógeno renovable y su transformación en metanol verde para la industria química, maderera y marítima en el municipio de Garray (Soria), donde se ubicará la futura planta de e-SAF de Solarig.¹⁵⁹
- En el **PERTE Aeroespacial**, la adjudicación de los proyectos se realizó por el Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación E.P.E (CDTI), con fondos Next Generation EU en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia se llevó a cabo en las convocatorias 2021-2023. Las solicitudes no recogen proyectos de producción de e-SAF y se centran en la mejora de la tecnología de las aeronaves y la propulsión cero emisiones. En 2021, los proyectos estimados se centraron en la propulsión híbrida-eléctrica, como los 3 millones de euros recibidos por el proyecto *HEAVEN*, y en la integración de pilas de combustible de hidrógeno en plataformas no tripuladas, como los casi 3 millones de euros recibidos por el proyecto *H2-Drone*.¹⁶⁰ En 2022, destacan los proyectos de combustible de hidrógeno en aviación y avances en propulsión eléctrica con turbomáquinas, con más de 7 y 5 millones de euros adjudicados en los dos proyectos, liderados ambos por Industria de Turbo Propulsores S.A. Otras solicitudes de modelos de aeronaves cero emisiones fueron desestimadas,

¹⁵⁶ Gobierno de España (2025). *PERTEs - Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. [Proyectos estratégicos para la recuperación y transformación económica \(PERTE\)](#)

¹⁵⁷ Ibid.

¹⁵⁸ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2024). *Resolución del Director General de Política Energética y Minas y Vicepresidente del Consejo de Administración de E.P.E Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)*. [\[Documento oficial\]](#)

¹⁵⁹ IDAE (2025). *Resolución del proyecto EM Numancia promovido por Elyse EM-Numancia SL*. <https://sede.idae.gob.es/sites>

¹⁶⁰ CDTI (2021). *Resolución definitiva de la Presidencia del CDTI en la convocatoria del Programa Tecnológico Aeronáutico (PTA)*. [\[Documento oficial\]](#)

debido a la insuficiencia de las convocatorias, por la clasificación de la empresa “en crisis” o por no respetar el principio de no causar un perjuicio significativo al medio ambiente.¹⁶¹ Finalmente, En la convocatoria de 2023, aparecen proyectos por valor de más de 26 millones, de los cuales destacan los de propulsión cero emisiones a base de hidrógeno y electricidad, que suman conjuntamente más de 12 millones de euros, así como de materiales y estructuras para los aviones cero emisiones, por valor de 5 millones de euros en dos proyectos. El proyecto que cuenta con mayor financiación, alrededor de 5 millones de euros, es *TOPFAN*, que busca la integración de motores de primera generación y está desarrollado por Airbus.¹⁶²

Horizonte Europa es la principal iniciativa de la Unión Europea para la investigación y el desarrollo en el periodo 2021-2027. Cuenta con 95 500 millones de euros, de los cuales 5 400 proceden del instrumento Next Generation EU¹⁶³ En el marco del STIP, la Comisión contribuirá a la iniciativa con alrededor de 133 millones de euros.¹⁶⁴

FEDER y *Clean Aviation Joint Undertaking*: La plataforma público-privada *Clean Aviation Joint Undertaking*, financiada por la Unión Europea firmó un Memorandum de Cooperación en julio de 2025 con el Gobierno de Andalucía para acelerar el desarrollo de aeronaves de bajas emisiones que puedan competir en el mercado. Los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) y la Consejería autonómica de Industria, Energía y Minas, han comprometido movilizar hasta 15 y 20 millones para apoyar sus objetivos, respectivamente.^{165,166}

InvestEU es un programa de la Unión Europea para impulsar la inversión en Europa. Proporciona apoyo financiero y técnico dirigido a reducir la brecha inversora en sectores prioritarios que por su perfil de riesgo o grandes necesidades de capital no encuentran financiación en el mercado. Cuenta con una garantía de 26 200 millones para apoyar proyectos. El Eje 1. Infraestructuras Sostenibles, se centra en proyectos en energías renovables y transporte, entre otras. El STIP ha anunciado la movilización de otros 2.000 millones para SAF.¹⁶⁷

¹⁶¹ CDTI (2022). Resolución definitiva de la Presidencia del CDTI en la convocatoria del Programa Tecnológico Aeronáutico (PTA). [\[Documento oficial\]](#)

¹⁶² CDTI (2023). Resolución definitiva de la Presidencia del CDTI en relación con la convocatoria del Programa Tecnológico Aeronáutico del año. [\[Documento oficial\]](#)

¹⁶³ European Commission (2025). Proyecto CORDIS 101150862 - ES. <https://cordis.europa.eu/project/id/101150862/es>

¹⁶⁴ European Commission (2025). Sustainable Transport Investment Plan. [Sustainable transport investment plan](#)

¹⁶⁵ *Clean Aviation Joint Undertaking* (2025). Who we are. [Get to know who we are | Clean Aviation](#)

¹⁶⁶ *Clean Aviation Joint Undertaking* (2025). Clean Aviation and Andalusia join forces for more competitive and sustainable aeronautics. [Clean Aviation and Andalusia join forces for more competitive and sustainable aeronautics](#)

¹⁶⁷ Ibid.

Los retos para Canarias y Baleares

La descarbonización de la aviación no se da por igual en toda España. Por un lado, los objetivos de ReFuelEU son obligatorios únicamente en los Aeropuertos de la Unión, que son aeropuertos que dependiendo de su volumen de pasajeros, mercancías, y su ubicación, están obligados a mezclar SAF con queroseno fósil. En el caso de las Islas Canarias, los aeropuertos no están obligados a utilizar SAF debido al estatus del Archipiélago como “Región Ultraperiférica”. Por otro lado, la dificultad de descarbonizar la aviación en los archipiélagos de Canarias y Baleares contrasta con su elevada concentración turística, escasa diversificación del empleo y la economía y especial sensibilidad medioambiental.

Como elemento esencial para la adopción de SAF en las Islas, la **Directiva 2023/958 UE** fija incentivos específicos para aeropuertos situados en Regiones UltraPeriféricas (RUP), en islas menores a 10.000 km, como las que componen las Islas Baleares, y para aeropuertos no clasificados como “Aeropuertos de la Unión”. Estos tres tipos tienen cubierto el 100% en la diferencia de precio entre el uso de combustibles fósiles y alternativos por las *allowances* del EU ETS. Esto se traduce en que, en caso de producir biocombustible de aviación SAF a partir de residuos en un aeropuerto en uno de esos tres supuestos a un coste de 2.085€/t (precio medio en 2024), o producir combustible sintético (e-SAF) a un coste de 6.163€/t (ver escenario neutro de la figura 6), y el queroseno fósil tiene un precio de 734€/t, las *allowances* del EU ETS cubrirán 1.351€/t en el caso del biocombustible de aviación SAF a partir de residuos y 5.429€/t en el caso del combustible sintético (e-SAF).

En las **Islas Canarias**, Gran Canaria y Tenerife Sur ostentan la sexta y séptima posición a nivel nacional en número de pasajeros. A partir de las estadísticas de AENA, que arrojan un peso de los pasajeros en los aeropuertos canarios del 17% sobre el total nacional y el combustible reportado en los aeropuertos de la Unión en el Informe Técnico de 2025 de EASA, que expone que los aeropuertos de la Unión españoles reportaron 6,2 Mt de combustible, puede inferirse que las Islas Canarias representan alrededor del 10% del combustible. Sin embargo, el Anuario Energético de Canarias arroja unas cifras diferentes: en 2023, último dato disponible, los aeropuertos canarios consumieron 1,126 Mt y en total, se consumieron 6,664 Mt en los aeropuertos españoles, representando un 17% del combustible total.^{168,169} En definitiva, los aeropuertos de Canarias representan un consumo

¹⁶⁸ Gobierno de Canarias (2023). Anuario Energético de Canarias 2023. <https://www.gobiernodecanarias.org>

¹⁶⁹ CORES (2025) Consumo de productos petrolíferos. Año 2025. <https://www.cores.es/sites>

de queroseno fósil entre 10-17% del total nacional, que por la condición del archipiélago de RUP, no están obligados a utilizar SAF y no reducirán las emisiones. ReFuelEU recoge que los aeropuertos pueden incluirse en la definición de manera voluntaria si el aeropuerto lo solicita o si el Estado Miembro en el que se sitúa el aeropuerto lo notifica a la Comisión Europea.¹⁷⁰

Los retos de las Islas Canarias pasan también una dependencia estructural de la aviación para la conectividad de sus habitantes y para la llegada de millones de turistas cada año: el turismo aporta el 36% del PIB y emplea al 40% de la población activa.¹⁷¹ También, en Canarias los aeropuertos transportan a 52 millones de pasajeros cada año, que representan el 17% del total de pasajeros a nivel nacional). **Si tuvieran que utilizar SAF bajo ReFuelEU, quedarían cubiertos los aeropuertos que transportan al 99% de los pasajeros y el 94% de las mercancías**, es decir, la práctica totalidad del volumen de pasajeros y mercancías a nivel nacional quedaría cubierto, **y por lo tanto, permitirían una reducción de emisiones bastante homogénea en el territorio español**. Otro reto importante es la obligación de entregar derechos de emisión a partir de 2024 en virtud de la Directiva 2023/958 UE, que establece que las aerolíneas que realicen Vuelos entre un Estado Miembro y una región ultraperiférica de otro Estado, por ejemplo, Varsovia-Tenerife,. Los demás vuelos están excluidos. En materia de producción de SAF, las Islas tendrían un potencial de producción limitado, unas 100.000 toneladas, debido a sus condiciones geográficas, protección medioambiental y limitación de agua y de electricidad renovable en el mix eléctrico. A pesar de ello, la Comunidad está realizando grandes esfuerzos por el despliegue de combustible sostenible que permita la reducción de emisiones en los aeropuertos, diversifique la actividad económica y cree empleo en territorio canario. Algunas de las iniciativas más relevantes son la creación de la **Mesa del SAF en Canarias**, que aúna a los principales actores del ecosistema para estudiar la producción local, proyectos piloto, como **BIOGREENFINERY y el suministro voluntario y de carácter permanente de SAF** a los aeropuertos de Tenerife Norte (TFN) y Gran Canaria (LPA) por parte de Moeve, y que prevé extender al resto de aeropuertos.¹⁷²

¹⁷⁰ EASA (2025) ReFuelEU Aviation Annual Technical Report.

¹⁷¹ ECODES (2025). De la Conectividad a la Conectividad Sostenible. <https://ecodes.org>

¹⁷² ECODES (2025). De la Conectividad a la Conectividad Sostenible. <https://ecodes.org>

	Pasajeros en 2025	Mercancías en 2025
Total	321.586.306	1.280.626
en Aeropuertos de la Unión (con Almería)	264.903.281	1.176.583
en Regiones Ultraperiféricas (RUP)	54.620.280	33.284
no RUP ni Aeropuertos de la Unión	2.062.745	70.759
en Aeropuertos de la Unión (%)	82,37%	91,88%
Total en aeropuertos RUP (%)	16,98%	2,60%
en Aeropuertos de la Unión y RUP (%)	99,36%	94,47%
en el resto de aeropuertos (%)	0,64%	5,53%

Figura 16. Cálculo del porcentaje de pasajeros y mercancías en España en 2025 en base a las clasificaciones de Aeropuertos de la Unión, aeropuertos no obligados y Regiones Ultraperiféricas (RUP). Almería cumplió las condiciones para ser clasificado como Aeropuerto de la Unión, pero estará obligado a utilizar SAF cuando tenga lugar la comunicación de la Comisión Europea y EASA. **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de AENA.

En Baleares, el turismo es el motor económico de la Comunidad, ya que supone más del 40% del PIB balear y emplea a un 41% de la población activa. Es un territorio en el que el sector transporte representa un 65% de las emisiones, a partes iguales entre el transporte por carretera, marítimo y el aéreo, siendo la conectividad debido a los desplazamientos de los habitantes del territorio y a la dependencia del turismo es fundamental. En Baleares, existe una desconexión entre política aérea y turismo y entre los actores del ecosistema aéreo. Los esfuerzos a nivel autonómico se han centrado en la cogestión de los aeropuertos, y el desistimiento de realizar inversiones y ampliaciones en el aeropuerto de Menorca.¹⁷³

¹⁷³ Demócrata (2025). El Parlament de Illes Balears critica al presidente de AENA por su posición sobre la cogestión y el aumento de vuelos. <https://www.democrata.es/illes-balears/>

Las Islas enfrentan retos similares a Canarias, con la diferencia de que, **al no ser una Región Ultraperiférica, los aeropuertos de Baleares sí que están bajo la obligación de mezclar SAF con queroseno fósil debido a su tamaño.** Únicamente el aeropuerto de Son Bonet, sin apenas pasajeros y mercancías, no alcanza el umbral necesario. Además, las aerolíneas tienen que entregar derechos de emisión en sus rutas excepto a Canarias, debido a su estatus de Región Ultraperiférica y hallarse en el mismo Estado Miembro. Poniendo en foco en la adopción de SAF, a raíz del número de pasajeros en Baleares, 46 millones o un 15% de los pasajeros totales, puede inferirse que los aeropuertos consumen alrededor del 15% del queroseno a nivel nacional. Una vez extrapolado al SAF necesario en 2025 en los Aeropuertos de la Unión en base al Informe de EASA, se obtiene que los Aeropuertos de la Unión de Baleares necesitaron unas 16.800 toneladas de SAF en 2025 (ver figura 17).

Año	SAF total requerido por ReFuelEU (%)	SAF total requerido en España (t/año)	SAF requerido en Baleares (t/año)
2025	2%	112.000	16.800
2030-2031	6%	336.000	50.400
2032	6%	336.000	50.400
2035	20%	1.120.000	168.000
2040	34%	1.904.000	285.600
2045	42%	2.352.000	352.800
2050	70%	3.920.000	588.000

Figura 17. Cálculo del SAF requerido por ReFuelEU para los Aeropuertos de la Unión de Baleares. **Fuente:** Elaboración propia a partir de AENA y EASA.

En materia de producción de SAF, las Islas tendrían un potencial de producción similar a las Islas Canarias, limitado a 100.000 toneladas, debido a sus condiciones geográficas, protección medioambiental, una importante escasez de suelo y limitaciones en el reaprovechamiento de agua. En cuanto al mix eléctrico, este año 2026 entra en funcionamiento una segunda interconexión submarina desde la península, que permitirá un gran aumento de la electricidad de origen renovable disponible. Existen algunos proyectos de hidrógeno verde como **Green Hysland**, que buscan almacenar el excedente de fotovoltaica y utilizarlo como batería y sistema que aporte inercia al sistema. El proyecto, vinculado a la reindustrialización de la antigua planta de CEMEX, no se ha centrado en la descarbonización de los sectores más difíciles, sino en el transporte por carretera o en la hostelería.¹⁷⁴ Además, destacan los proyectos de conectividad sostenible interisla, como la ruta entre Ibiza y Formentera con ferries de propulsión eléctrica de la compañía **Baleària**.

También, conviene destacar el suministro de SAF a partir de aceite de cocina usado al aeropuerto de Melilla, que por su tamaño, no está obligado a utilizar SAF. Moeve fue pionero en el aeropuerto al suministrar SAF a la aerolínea Air Nostrum en 2024.¹⁷⁵

Primeros impactos de ReFuelEU y el EU ETS en la aviación en España

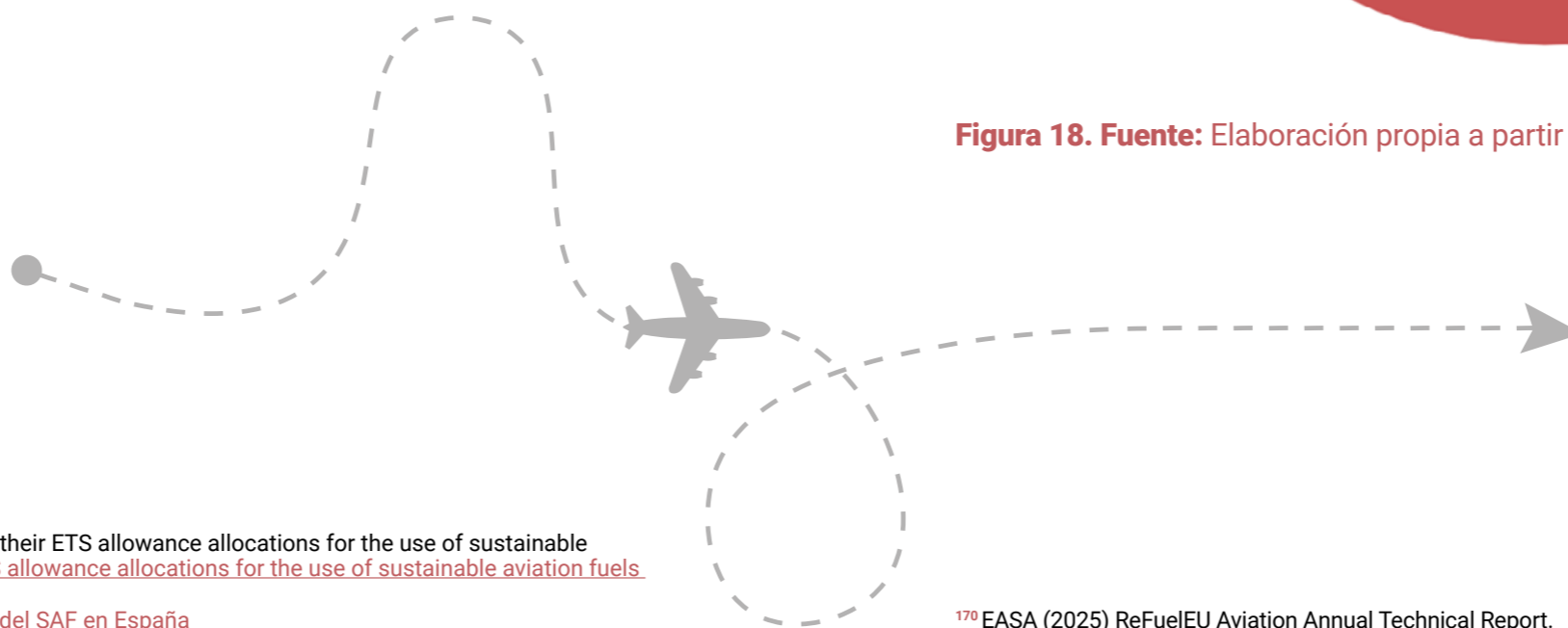
¹⁷⁴ ECODES (2025). Islas Conectadas y Competitivas: Hacia una transformación de la aviación en Baleares. <https://ecodes.org>

¹⁷⁵ Moeve Global (2025). Combustible sostenible en Melilla (SAF). <https://www.moeveglobal.com/es/prensa/>

En 2025 en España, 22 aeropuertos de 49 cumplieron con el umbral de pasajeros, mercancías y no pertenencia a RUP, y representan el 82% de los pasajeros y el 92% de las mercancías transportadas. Quedan fuera los aeropuertos de Canarias, como Tenerife Sur o Gran Canaria, debido a que están situados en una Región Ultraperiférica, y que transportan al 17% de los pasajeros y el 2% de las mercancías, y los aeropuertos de pequeño tamaño, que no cumplen los requisitos antes mencionados, como León o Burgos, que transportan el 0,6% de los pasajeros y el 5,5% de las mercancías.

En 2024 se ha realizado la distribución de las *allowances* entre las aerolíneas de la Unión Europea que reportaron utilizar SAF. En total, se han entregado 1,3 millones de *allowances* a 53 aerolíneas, de las cuales 6 fueron españolas y recibieron más de 384.000 *allowances* (ver figura 18). Si tomamos un precio medio de cada *allowance* de 64,74€ en 2024, en total se han entregado más de 84 millones de euros a las aerolíneas, de los cuales alrededor de 24 millones de euros corresponden a aerolíneas españolas.¹⁷⁶

En España, el 100% del SAF suministrado a los aeropuertos de la Unión fue biocombustible de aviación, que representó el 0,68% de todo el combustible suministrado y permitió evitar la emisión de 153.000 toneladas de CO₂. Las aerolíneas reclamaron el 66% del SAF utilizado a través del EU ETS. En agosto de 2025, ECODES publicó una estimación de las emisiones evitadas por el uso de SAF,¹⁷⁷ que de seguir la tendencia de reducción de 2024, **la reducción de 400.000 toneladas anuales de CO₂eq se habría cumplido al entrar el objetivo del 2% de SAF en 2025, e incluso se mostraría algo conservadora (alrededor de 450.000 toneladas de CO₂eq evitadas)**, al haber aumentado el porcentaje de reducción de emisiones del HEFA hasta el 90% en 2024.¹⁷⁸



¹⁷⁶ European Commission (2025). Aircraft operators and their ETS allowance allocations for the use of sustainable aviation fuels in 2024 [Aircraft operators and their ETS allowance allocations for the use of sustainable aviation fuels in 2024](#)
¹⁷⁷ ECODES (2025). Análisis del SAF en España. [Análisis del SAF en España](#)
¹⁷⁸ MITECO (2025). Estadísticas de biocarburantes. <https://www.miteco.gob.es/es/>

Derechos de emisión por utilizar SAF recibidos por las aerolíneas españolas en 2024

Iberia Vueling Air Europa Iberia Express Binter Canarias Volotea

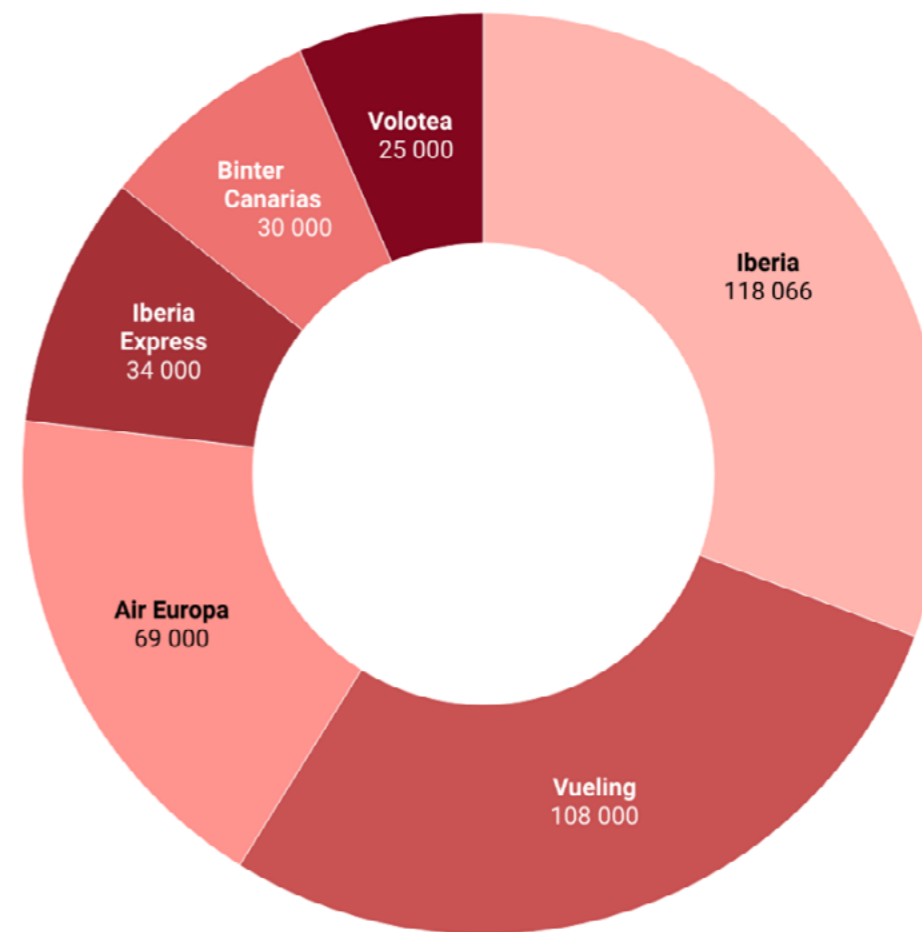


Figura 18. Fuente: Elaboración propia a partir de la Comisión Europea.

¹⁷⁰ EASA (2025) ReFuelEU Aviation Annual Technical Report.
¹⁷¹ ECODES (2025). De la Conectividad a la Conectividad Sostenible. <https://ecodes.org>
¹⁷² ECODES (2025). De la Conectividad a la Conectividad Sostenible. <https://ecodes.org>

Producción y necesidades actuales de SAF

El único SAF a partir de residuos producido en España es el biocombustible de aviación HEFA a partir de aceite de cocina usado (UCO), que en 2024 provino en su mayoría de Asia (79,02%), siendo China (48%), Malasia (27,7%) los principales países de origen. Sólo un 16,3% del aceite de cocina usado (UCO) utilizado para producir HEFA en 2024 fue recolectado localmente en España.¹⁷⁹ Los datos de 2024 evidencian un aumento del volumen de HEFA importado y producido y un aumento de la importación de materias primas del exterior: en 2023 un 64% del UCO provino de España y la fabricación del biocombustible HEFA tuvo lugar únicamente en territorio español. En 2024, sin embargo, el 79,2% de la materia prima provino de Asia y parte del biocombustible HEFA se importó. Además, sólo el 45% del combustible HEFA se ha producido en España, el resto ha sido importado de China y Singapur.

En 2024 se reportaron 6,2 Mt (megatoneladas) de queroseno en los aeropuertos de la Unión,¹⁸⁰ equivalente al 83,91% de todo el queroseno consumido en España en 2024,¹⁸¹ y que el consumo final de queroseno en 2025 fue de 7,7 Mt,¹⁸² puede inferirse que los aeropuertos de la Unión reportaron un consumo de 6,46 Mt y necesitaron 129.221 toneladas de SAF en 2025. En 2026, esa cantidad aumentará levemente debido a la inclusión de Almería como Aeropuerto de la Unión.

La recolección local de aceite de cocina usado (UCO) no es suficiente para cumplir con los objetivos de SAF de ReFuelEU Aviation. Dado el factor de conversión de 2 toneladas de UCO por 1 tonelada de HEFA, en España se necesitaron unas 248.000 toneladas de UCO para producir 129.221 toneladas de HEFA¹⁸³ y cumplir con ReFuelEU en 2025.¹⁸⁴ Según la Asociación de Gestores de Residuos y Subproductos de Aceites y Grasas Comestibles (GEREGRAS), en España se reciclan alrededor de 135.000 toneladas de aceite de cocina usado (UCO) anualmente, cuya gran mayoría proviene del sector de la hostele-

¹⁷⁹ MITECO (2025). Estadísticas de biocarburantes. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/hidrocarburos-nuevos-combustibles/>

¹⁸⁰ EASA (2025). *ReFuelEU Aviation Annual Technical Report*.

¹⁸¹ CORES (2025). Consumo de productos petrolíferos. Año 2025. <https://www.cores.es/sites>

¹⁸² Ibid.

¹⁸³ El factor de conversión se ha tomado de Mannion, L. A., Bell, A., Watson-Murphy, T., Kelly, M., Ghaani, M. R., & Dooley, S. (2024). *A physics constrained method for estimating biofuel conversion efficiencies*. *Biomass and Bioenergy*, 185, 107169 y Pavlenko, N., Searle, S., & Christensen, A. (2019). The cost of supporting alternative jet fuels in the European Union. International Council on Clean Transportation (ICCT).

¹⁸⁴ Se desconoce la cifra exacta debido a la ausencia de transparencia.

ría. La recolección en hogares supone el 5%.^{185,186,187} Además de la producción de HEFA, el aceite de cocina tiene otros usos como biodiésel, betún, pinturas, tintas, fertilizantes.¹⁸⁸

La siguiente tabla muestra la estimación del SAF necesario para cumplir con ReFuelEU desde 2025, con un consumo de queroseno constante, en los aeropuertos obligados.

Año	SAF total requerido (%)	SAF total requerido (t)	Combustible sintético (e-SAF) requerido (%)	Combustible sintético (e-SAF) requerido (t)	Biocombustible de aviación (bioSAF) requerido (%)	Biocombustible de aviación (bioSAF) requerido (t)
2025	2%	129.221	-	-	2%	129.221
2030-2031	6%	387.664	1,2%	77.533	4,80%	310.131
2032	6%	387.664	2%	129.221	4%	258.443
2035	20%	1.292.214	5%	323.054	15%	969.161
2040	34%	2.196.764	10%	646.107	24%	1.550.657
2045	42%	2.713.649	15%	969.161	27%	1.744.489
2050	70%	4.522.749	35%	2.261.375	35%	2.261.375

Figura 19. Estimación de SAF para cumplir los objetivos de ReFuelEU. Fuente: Elaboración propia a partir de ReFuelEU y EASA.

¹⁸⁵ ReciclaAceite (2025). Las cifras del reciclaje de aceite usado. [Las cifras del reciclaje de aceite usado](#)

¹⁸⁶ MITECO. Aceites de cocina usados. [Aceites de cocina Usados](#)

¹⁸⁷ REPSOL. (2023). El aceite, un tesoro gastronómico que se puede reciclar [El aceite, tesoro gastronómico que se debe reciclar](#)

¹⁸⁸ SIGAUS. ¿Qué se hace con el aceite usado? [¿Qué se hace con el aceite usado? - SIGAUS](#)

Si tomamos como referencia la estimación de SAF necesario, **los proyectos de combustible sintético (e-SAF)** actualmente anunciados y en fases tempranas, con una producción prevista de 450.000 toneladas anuales, **podrían cubrir la demanda de e-SAF asociada al objetivo de ReFuelEU Aviation para 2032, garantizando el suministro hasta el año 2034**. Por otro lado, si las importaciones de aceite de cocina usado (UCO) procedentes del Sudeste Asiático se mantuvieran constantes, se aplicarían los mismos porcentajes de origen que en 2024 y el 100% de la producción fuera HEFA y no HVO u otros, **el volumen proyectado de 750.000 toneladas anuales de producción de biocombustible de aviación bioSAF no sería suficiente para alcanzar el objetivo del 4% de mezcla obligatoria en 2032, asegurando igualmente la cobertura de la demanda hasta 2034** (ver figura 19). No obstante, la escasez de materia prima no permitiría un mayor volumen de producción, ya que se necesitarían cantidades ingentes de materia prima que no serían capaces de ser satisfechas ni siquiera por terceros países. Organizaciones de la sociedad civil alertan que existe una discrepancia entre la recolección de UCO y las exportaciones de países del Sudeste Asiático, lo que sugiere la existencia de fraude.¹⁸⁹ Algunos estudios sugieren que **China recolectó algo más de 3 millones de toneladas de UCO en 2023: solamente la aviación en España necesitaría una cantidad similar en 2040** (ver figura 20), algo inviable para la producción de HEFA y HVO a nivel mundial.¹⁹⁰

Año	UCO requerido (T/AÑO)	UCO importado de España (16,3%)	UCO importado de China (48%)	UCO importado de Malasia (27,7%)	UCO importado de Indonesia (2,8%)
2025	248.000	40.424	119.040	68.696	6.944
2030-2031	595.200	97.018	285.696	164.870	16.666
2032	496.000	80.848	238.080	137.392	13.888
2035	1.860.000	303.180	892.800	515.220	52.080
2040	2.976.000	485.088	1.428.480	824.352	83.328
2045	3.348.000	545.724	1.607.040	927.396	93.744
2050	4.340.000	707.420	2.083.200	1.202.180	121.520

Figura 19. Estimación para el cumplimiento de ReFuelEU. **Fuente:** Elaboración propia a partir de ReFuelEU, EASA y MITECO.

¹⁸⁹ Transport & Environment (2025). Biofuels in cars: a dead end for Europe. <https://www.transportenvironment.org/articles>

¹⁹⁰ Transport & Environment (2024). UCO Trade Briefing. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202406_UCO

Conclusiones

- **La aviación es uno de los medios de transporte más intensos en emisiones de gases de efecto invernadero y uno de los más difíciles de descarbonizar.** En contraste con otros medios de transporte, la reducción de emisiones pasa por la reducción de la demanda, la mejora de la tecnología, los combustibles sostenibles de aviación (SAF), especialmente los combustibles sintéticos (e-SAF), los aviones cero emisiones y la compensación/captura de carbono. **En España, 21 de 49 aeropuertos españoles estuvieron obligados a utilizar SAF a partir de 2025, que transportan la mayor parte de los pasajeros (82%) y mercancías (91%).**
- **Este 2026 es un año clave para la arquitectura normativa de la aviación europea.** Desde el 1 de enero de 2026, las aerolíneas deberán entregar derechos de emisión por las rutas que realicen dentro del espacio económico europeo y dejarán de distribuirse *allowances* de forma gratuita. Además, la Comisión Europea evaluará la necesidad de extender el EU ETS a los vuelos con destinos fuera del espacio económico europeo. También en 2026, se preparará la revisión de ReFuelEU Aviation en 2027, en la que se evaluará la viabilidad de los objetivos del Reglamento y podrán proponerse nuevas medidas.
- **El coste del SAF en comparación con el queroseno fósil es uno de los principales obstáculos para la reducción de emisiones de la aviación.** En 2024, producir biocombustible de aviación (bioSAF) a partir de residuos tuvo un coste medio de 2.085€/tonelada, frente a 734€/tonelada del queroseno fósil. Por otro lado, producir combustible sintético (e-SAF) es entre 7 y 11 veces superior al queroseno fósil, con un precio medio de 6.163€/tonelada. Si comparamos el precio de la gasolina en España (1,4€/litro), los precios medios del queroseno fósil estarían en 0,6€/l, elevándose hasta los 1,7€ en el caso del bioSAF y a 5€ en el caso del e-SAF. **El EU ETS puede cubrir parte de esta diferencia**, ya que a pesar de que la obligación no había comenzado aún, en 2024, **las aerolíneas españolas recibieron más de 24 millones de euros a través de derechos de emisión por haber mezclado SAF.** El 100% del SAF fue biocombustible a partir de residuos y representó el 0,68% del combustible suministrado en los aeropuertos de España. Su uso permitió evitar 153.000 toneladas de CO₂, o lo que es lo mismo, 2.100 vuelos en la ruta París-Zaragoza.
- **Hasta la fecha, existen 17 proyectos de SAF anunciados**, de los cuales 2 están en operación, 2 suspendidos o abandonados y 12 en fases tempranas o en construcción.
- **Los proyectos de biocombustible de aviación (bioSAF)** actualmente en operación, y liderados por Moeve y Repsol, producen biocombustible de aviación HEFA a partir de residuos como aceite de cocina usado (UCO). La importación de esta materia prima arroja dudas sobre la sostenibilidad del UCO, ya que existen discrepancias entre la cantidad de

- aceite recolectado en los países de origen, sus consumos y sus exportaciones. Además, la limitada disponibilidad de esta materia prima hace que no pueda ser capaz de satisfacer la demanda de biocombustible de aviación (ni de biodiésel HVO) a medio plazo. El volumen proyectado de 750.000 toneladas anuales de producción de biocombustible de aviación bioSAF sería suficiente para alcanzar el objetivo del 4% de mezcla obligatoria en 2032, asegurando igualmente la cobertura de la demanda hasta 2034. A partir de 2035, se requeriría producir una mayor cantidad de SAF y por lo tanto, una mayor cantidad de aceite de cocina usado, que no estaría disponible ni siquiera en los países de origen del Sudeste Asiático.
- **Los proyectos de combustible sintético (e-SAF)**, a base de agua, electricidad renovable, y CO₂ capturado se encuentran actualmente en fases tempranas de desarrollo. Con una producción prevista de 450.000 toneladas anuales, podrían cubrir la demanda de e-SAF asociada al objetivo de ReFuelEU Aviation para 2032, garantizando el suministro hasta el año 2034. Igualmente, la falta de Decisiones Finales de Inversión de los proyectos de combustibles sintéticos (e-SAF) parten de un conjunto de factores entre los que se encuentran la lentitud de los permisos, el acceso al sistema eléctrico e incertidumbre de los costes regulados, el potencial y la fuente de captura de carbono, lastrando su desarrollo en España.
 - **Es un momento crucial para la aviación española y europea**, en el que la falta de materia prima a medio y largo plazo para producir biocombustible de aviación y las dudas sobre su sostenibilidad solamente dejan una posibilidad para avanzar en la reducción de emisiones de la aviación: producir combustible sintético (e-SAF). A pesar de los obstáculos para su desarrollo, centrados sobre todo en el elevado coste, el combustible sintético es el único combustible que permite la escalabilidad y refuerza la independencia energética al estar producido a partir de materias primas locales como son el agua, el CO₂ y la energía renovable. **En caso de no asegurar las decisiones finales de inversión (FID), el despliegue del combustible sintético (e-SAF) en España y Europa podría peligrar**, del que debe iniciarse la producción en los próximos dos o tres años para cumplir con el objetivo de ReFuelEU del 1,2% en el periodo 2030-2031 y asegurar la reducción de emisiones de la aviación, diversificar la actividad económica y crear empleo.
 - **En comparación con el escenario de 2024**, se observa un notable incremento en los proyectos anunciados de **combustible sintético (e-SAF)**. De las 4 plantas inicialmente proyectadas por 3 entidades, con una capacidad de producción de 130.000 toneladas anuales, se ha pasado a 12 plantas impulsadas por 8 entidades, alcanzando un volumen estimado de 450.000 toneladas anuales. **La situación es diferente en el ámbito de los biocombustibles**

de aviación. De los 5 proyectos promovidos por 4 entidades, con una capacidad conjunta de 1.500.000 toneladas anuales, se ha reducido a 3 proyectos de 3 entidades, con un volumen de producción de 750.000 toneladas anuales. Dos iniciativas de gran relevancia –el proyecto de BP en Castellón, actualmente en fase de suspensión, y el de Repsol en Puertollano, que ha sido abandonado– ilustran claramente esta contracción.

- **La investigación y la innovación en España están sentando las bases para la futura producción de combustibles sostenibles de aviación.** Proyectos como SINTETIK, junto con iniciativas de la Fundación Hidrógeno Aragón o CIUDEN en León, o las plantas de Reolum de metanol verde, demuestran que existe un ecosistema científico-tecnológico capaz de producir e-SAF a partir de CO₂, agua y electricidad renovable. Estos proyectos piloto son esenciales para validar tecnologías, reducir emisiones en más del 70% y preparar la transición hacia una producción de escala en la próxima década.
- En paralelo, las **líneas de financiación europeas y nacionales** –Banco Europeo del Hidrógeno, Fondo de Innovación, PERTE ERHA y Aeroespacial, FEDER, Clean Aviation, Horizonte Europa e *InvestEU*– han movilizado ya miles de millones de euros para hidrógeno renovable, metanol verde y combustibles sintéticos. Sin embargo, España aún carece de proyectos de hidrógeno verde específicamente orientados a la aviación, lo que refleja una brecha estratégica frente a países como Dinamarca o Noruega. Para cerrar esa brecha, es imprescindible dotar de fondos suficientes, aprovechar los disponibles y orientarlos hacia la producción de e-SAF, asegurando decisiones finales de inversión en los próximos 2–3 años y evitando que la aviación española quede rezagada en la transición ecológica.
- **La descarbonización de la aviación en España presenta una marcada asimetría territorial en la producción y uso de SAF.** Mientras los Aeropuertos de la Unión están sujetos a la obligación de mezclar SAF con queroseno fósil bajo ReFuelEU, **los aeropuertos de las Regiones Ultraperiféricas (RUP), como Canarias, quedan exentos**, pese a concentrar alrededor del 10-17% del consumo nacional de queroseno y un peso decisivo en el turismo. Baleares, en cambio, sí está obligada a cumplir los objetivos, estimados en 16.800 toneladas de SAF en 2025. Esta disparidad refleja tanto la dependencia estructural de los archipiélagos de la aviación como las singularidades geográficas y ambientales que condicionan la producción local de combustibles sostenibles. Hasta la fecha, no hay proyectos de e-SAF o bioSAF anunciados. Aun así, iniciativas como la Mesa del SAF en Canarias, el suministro voluntario de SAF en Tenerife y Gran Canaria, o programas de hidrógeno verde en Baleares, muestran que **los territorios insulares están buscando fórmulas propias para avanzar en la transición, diversificar su economía y reducir emisiones, aunque partan de un marco regulatorio desigual.**

Propuestas y recomendaciones

1 **Asegurar Decisiones Finales de Inversión (FID) en España en 2026 y contar con volúmenes significativos de producción en 2-3 años:** Sin volúmenes suficientes, el cumplimiento de los objetivos de ReFuelEU Aviation y la reducción efectiva de emisiones corre riesgo de fracasar, y podrían ser revisados a la baja en 2027.

2 **Reconocer el combustible sintético de aviación (e-SAF) como un elemento estratégico:** Combina independencia energética, reducción real de emisiones y competitividad futura.

3 **Elaborar una hoja de ruta y alianzas público-privadas para cerrar la brecha de inversión en combustible sintético de aviación (e-SAF):** La capacidad proyectada de producción de combustible sintético de aviación (e-SAF), 450.000 toneladas, es insuficiente frente a la demanda a medio plazo y ningún proyecto ha alcanzado la Decisión Final de Inversión (FID).

4 **Reforzar y agilizar la financiación de la Unión Europea:** *InvestEU*, el *Innovation Fund* y el Banco del Hidrógeno deben movilizarse de forma rápida y eficaz para proyectos en España.

5 **Mejorar la coherencia normativa** en el régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE/ EU ETS) y el reglamento (UE) ReFuelEU Aviation, ya que genera incertidumbre para aeropuertos y operadores.

6 **Desarrollar herramientas específicas para reducir las emisiones de la aviación en Canarias y Baleares.** Los dos archipiélagos presentan una alta dependencia turística, elevado consumo de queroseno y limitaciones geográficas para producir SAF. Existen incentivos para suministrar SAF en las Islas mediante el uso de los derechos de emisión. Los aeropuertos de Baleares están obligados a utilizar SAF bajo ReFuelEU, pero los aeropuertos Canarios no.

7 **Exigir transparencia y trazabilidad:** el SAF a partir de residuos no es la solución final. Las importaciones de materia prima y producto lo hacen vulnerable a fraude y mantiene la dependencia energética de países terceros. Establecer un registro único que permita seguir el recorrido del SAF desde la producción (planta, materia prima, proceso) hasta el suministro en aeropuertos, que cuente con auditorías independientes, permitirá garantizar la veracidad de los datos.

8 **Promover certidumbre en la obligación de utilizar SAF para aeropuertos cerca del umbral exigido.** Un aeropuerto está obligado a utilizar SAF únicamente si entra dentro de la definición de "Aeropuerto de la Unión", esto es, que transporta a 800.000 pasajeros o 100.000 toneladas de mercancías dentro del periodo de informe anual anterior. Hasta el último momento, un aeropuerto puede no saber si va a estar obligado. El aeropuerto de Almería, por el que pasaron 786.931 pasajeros en 2024 y superó el umbral para 2025 en diciembre de 2025, es el ejemplo más claro.

Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES)

—
Plaza San Bruno, 9, 1º oficinas
50001 - Zaragoza, Aragón, España
—

www.ecodes.org

ecodes
tiempo de actuar

EL FUTURO VERDE **DE LA AVIACIÓN** EN ESPAÑA

¿Un despegue
sin combustible
suficiente?

