

La hora del electroqueroseno

Por qué es imprescindible para el sector de la aviación y cómo implantar su uso de manera sostenible

Noviembre 2022

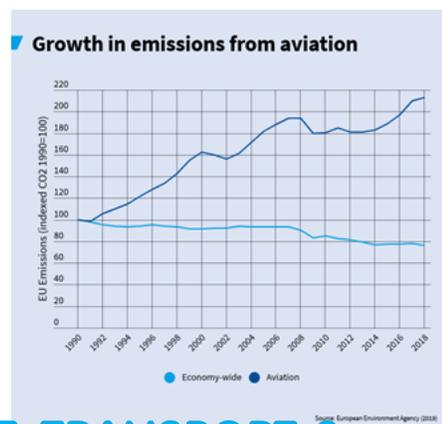
Resumen

Aunque es sabido que el electroqueroseno, también conocido como «e-queroseno», permitiría reducir considerablemente el impacto climático de la aviación, uno de los sectores con mayores emisiones de carbono, se trata de un tipo de combustible que sigue despertando muchas dudas, en particular, en relación con su sostenibilidad y con la manera en que se podría implantar su uso en el sector aéreo.

Para responder a estas dudas, y coincidiendo con las negociaciones de la Unión Europea sobre la legislación destinada a impulsar la adopción de los combustibles avanzados sostenibles (SAF, por sus siglas en inglés), la iniciativa ReFuelEU, publicamos esta recopilación de preguntas frecuentes, de las que se desprende que el despliegue del e-queroseno en el sector de la aviación es imprescindible, pero pasa necesariamente por la adopción de medidas regulatorias contundentes en Europa.

1. ¿Cuál es la magnitud de las emisiones de CO₂ y de otros tipos de gases de la aviación?

Con anterioridad a la pandemia por COVID-19 y fruto de décadas de regulaciones fallidas, la aviación se encontraba entre los mayores emisores de CO₂ en Europa, con niveles en rápido crecimiento (un 26% entre 2013 y 2018) y actualmente



es [responsable del 3,7% de las emisiones europeas](#). En cuanto a las emisiones de otros tipos de gases, son dos veces superiores a las de CO₂, lo que amplifica aún más el [impacto climático de volar](#). El resultado es la necesidad urgente de tomar medidas regulatorias para impulsar la descarbonización del sector.

2. ¿Por qué es tan necesario el e-queroseno en el sector de la aviación?

Para garantizar una descarbonización a tiempo, el sector de la aviación necesita una alternativa al queroseno fósil con suficiente potencial de ampliación para responder a las demandas del sector. De igual importancia es el hecho de que el e-queroseno ya está listo para utilizarse, puesto que podría introducirse en el sector en forma de mezcla con el combustible fósil para aviones, sin necesidad de grandes cambios en la infraestructura.

Tampoco se puede pasar por alto el papel que podrían desempeñar en la reducción de emisiones los nuevos modelos de aeronaves, tales como los aviones de hidrógeno o eléctricos, aunque no se espera que estas entren en funcionamiento en un número significativo hasta finales de la década de 2030 o principios de la de 2040, y será especialmente difícil que lleguen a sustituir a los aviones convencionales en vuelos de larga distancia. También será crucial reducir las horas de vuelo, sobre todo hasta que se adopten los nuevos combustibles y tecnologías, pero no será suficiente sin otras medidas.

Por consiguiente, sabemos que seguirá existiendo una demanda significativa de combustible líquido hasta 2050, por lo que es esencial buscar la manera de descarbonizar esos combustibles, y en ese sentido, el e-queroseno es la solución.

3. ¿Qué es el e-queroseno, cómo se produce y cómo puede alcanzar la neutralidad de carbono?

Los electrocombustibles o «e-combustibles» engloban al conjunto de combustibles que se producen utilizando electricidad. El e-queroseno es una subcategoría dentro de este tipo de combustibles apta para su uso en la aviación, y se genera mediante la combinación de hidrógeno (H₂) y dióxido de carbono (CO₂). La expresión «queroseno sintético» también puede utilizarse para hacer referencia al

e-queroseno, pero puede aludir a otras formas de producción de esta sustancia, por ejemplo, a partir de carbón directamente, como se hacía durante la Segunda Guerra Mundial.

Para reducir a cero las emisiones de gases de efecto invernadero del e-queroseno, existen dos condiciones indispensables. En primer lugar, el hidrógeno tiene que producirse con energía eléctrica renovable, o lo que es lo mismo, tiene que ser «hidrógeno verde». Esta energía renovable debe ser [adicional](#), es decir, que no puede ser energía renovable que ya esté en uso en otros sectores. En segundo lugar, el dióxido de carbono tiene que ser capturado desde la atmósfera, un proceso que también se conoce como captura directa del aire (DAC, en inglés). Solo de este modo, además de generar algunas emisiones residuales, el e-queroseno será prácticamente neutro en carbono. Los efectos de otras emisiones son otro tema, y los veremos más adelante.

4. ¿Por qué utilizar la DAC en lugar del CO₂ producido en chimeneas?

Efectivamente, existe otra manera de generar dióxido de carbono, que consiste en capturarlo directamente de una fuente concentrada, como puede ser una planta industrial. Esta técnica, que se denomina «CO₂ de punto fijo», consiste en recoger el gas de las industrias usuarias de combustibles fósiles, y por lo tanto no está completamente libre de carbono, como sí ocurre con el CO₂ extraído de la atmósfera. Además, tendría el impacto adverso de incentivar a las industrias para que sigan utilizando combustibles fósiles.

5. ¿Cuál es la ventaja del e-queroseno frente a otros combustibles avanzados sostenibles (SAF)?

En primer lugar, el e-queroseno utiliza una fuente de energía renovable con más posibilidades de ampliación: la electricidad renovable frente a las materias primas de biomasa que se utilizan para los biocombustibles. En segundo lugar, a día de hoy no sólo se ha demostrado que los biocombustibles basados en cultivos son un [remedio peor que la enfermedad](#), sino que algunos biocombustibles avanzados son, además, [mucho menos sostenibles de lo que parecen](#). Algunas materias primas incluidas en el Anexo IX de la Directiva sobre energías renovables (RED II) como combustibles avanzados sostenibles, como el aceite de pino o las grasas animales, preocupan por su utilización actual en otras industrias, que finalmente da lugar a la adopción de otros sustitutos más baratos. Si una materia prima no es suficientemente buena como para transformarla en combustible de aviones,

es probable que ya se esté utilizando para otros fines energéticos o económicos, lo que implica que tendrá que ser sustituida por otra. Por ejemplo, si se decide destinar los ácidos grasos de aceite de palma (PFAD, en inglés) a la producción de SAF, en los sectores donde actualmente se utilizan los se sustituirán por aceite de palma, lo que supone [más emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida](#) que en el caso de los combustibles fósiles. Además, la cantidad de biocombustibles avanzados sostenibles es extremadamente limitada.

6. ¿Cuáles son los impactos que genera el e-queroseno más allá del CO2?

En el aire, el e-queroseno podría reducir la formación de estelas de condensación, que [contribuyen considerablemente al calentamiento global debido a su efecto invernadero sobre la radiación terrestre](#). De hecho, el e-queroseno podría ser 100% parafínico, es decir, libre de aromas, los compuestos químicos responsables de la producción de hollín, el principal «culpable» de la formación de estelas de condensación.

En la tierra, el e-queroseno también puede contribuir a mejorar la calidad del aire local, sobre todo en los alrededores de los aeropuertos, gracias a sus niveles especialmente bajos de emisiones de partículas y sulfuros (SOx) en comparación con los combustibles fósiles.

Por último, el uso de e-queroseno también puede reportar beneficios operativos a las aerolíneas: este combustible puede tener hasta un 2% más de energía específica que el queroseno fósil, debido a que el e-queroseno presenta una ratio de hidrógeno-carbono superior, y reduciría los costes de mantenimiento gracias a una acumulación menor de hollín en los motores. En cualquier caso, es necesario investigar más, puesto que estos beneficios todavía no se han cuantificado.

7. ¿Cuánto cuesta el e-queroseno?

En un [estudio](#) reciente que T&E encargó a la consultora Ricardo Energy & Environment, se estimó un coste nivelado de la energía de 137-233 €/MWh (es decir, 1,3 - 2,2 €/L) para el e-queroseno en 2030, variable en función del coste de la captura directa del aire. Esto equivale a entre 3 y 4 veces el precio del queroseno fósil en 2019¹.

¹ 557€/t según datos de Stratas Advisor (combustible para aviones en el noroeste de Europa).

No obstante, la [Administración de Información Energética de Estados Unidos](#) prevé que el precio del combustible de aviación Jet-A se incremente hasta el doble del actual en 2050, mientras que es probable que los precios del e-queroseno caigan a medida que el mercado gane en madurez y la tecnología mejore. Los costes de producción del e-queroseno también se reducirán considerablemente cuando se abarate la energía renovable. Por ejemplo, según [DENA](#), los costes internos de producir queroseno a partir de la captura directa del aire en EE. UU. bajarán de 125 €/MWh en 2030 a 70 €/MWh en 2050.

En cualquier caso, estimar las trayectorias de costes no es tarea fácil. Algunos informes sugieren que, en las condiciones adecuadas, el e-queroseno podría alcanzar la paridad de precios con el queroseno fósil gravado en 2030, aunque para otros esto ocurrirá más adelante. El despliegue de las renovables y de nuevas tecnologías en otros sectores ha dejado patente que si se cuenta con el apoyo suficiente, se pueden conseguir reducciones de precios aún mayores.

8. ¿Cómo podríamos reducir el precio del e-queroseno?

Como se indica a continuación, el coste del e-queroseno se podría reducir mediante una combinación de enfoques centrados en la demanda con otros orientados al suministro (contratos por diferencia, política de inversión industrial). Para que el e-queroseno sea competitivo con el queroseno fósil en términos de costes, es imprescindible que estas políticas entren en vigor lo antes posible. Además, gravar el queroseno fósil puede contribuir a reducir la diferencia de precio entre este último y el e-queroseno. Por otro lado, en la Unión Europea existe potencial para [importar e-queroseno de forma más barata](#), habida cuenta del menor coste de la energía renovable fuera de Europa y del insignificante coste de transporte. Sin embargo, la producción interna seguirá siendo crucial, puesto que la Unión Europea tampoco debería limitarse a sustituir su dependencia de las importaciones de queroseno fósil por importaciones de e-queroseno.

9. ¿Podría verse afectada la competitividad del sector de la aviación por la obligación de utilizar e-queroseno?

No, por dos razones. En primer lugar, la obligación tendría un impacto mínimo sobre el precio de los billetes. Establecer un objetivo del 2% de e-queroseno en 2030 supondría un coste adicional de sólo 1 € por pasajero por cada 1000 km de vuelo (la distancia media de un vuelo interno en la UE)².

² Según la [Evaluación de impacto sobre la aviación de la iniciativa ReFuelEU](#), en 2030, producir 1 kg de queroseno líquido a partir de energía (PtL, en inglés) costaría hasta 2,97 €, mientras que el combustible

En segundo lugar, para cuando el objetivo obligatorio sea más elevado, los costes de producción del queroseno sintético se habrán reducido lo suficiente como para garantizar la competitividad con el queroseno fósil gravado.

10. ¿Los electrocombustibles son una solución exclusiva de la aviación?

Sí, puesto que son [completamente ineficientes para el transporte por carretera y para otras modalidades distintas a la aviación](#) y requieren una cantidad considerable de electricidad renovable. Por lo tanto, su utilización se limita a modos de transporte que (todavía) no pueden beneficiarse de la electrificación directa o el uso directo de hidrógeno verde/amoníaco, como es el caso de los aviones.

11. ¿Se dispone de la suficiente electricidad renovable como para producir e-queroseno?

En caso de no gestionarse la demanda de la aviación, [de aquí a 2050, el sector necesitará alrededor de un cuarto del total de la energía renovable que se genere en la UE para producir el e-queroseno necesario para su descarbonización, es decir, 1304 TWh](#). Evidentemente, dedicar una proporción tan grande de la electricidad producida internamente a un solo sector resulta problemático. Y la importación de electricidad o de e-queroseno tampoco está exenta de problemas —como garantizar que se trata de energía renovable adicional— y contradice el principio de soberanía energética. Por ello, dar respuesta a esta demanda en los próximos años será crucial para descarbonizar el sector de la aviación en Europa. Si se eliminan la mitad de los viajes de negocios y los de ocio se mantienen en los niveles de 2019, [la electricidad necesaria para la aviación podría reducirse a la mitad \(658 TWh\)](#).

Existen, además, otras dificultades asociadas a la producción de electrocombustibles, como la considerable cantidad de superficie terrestre, superficie marítima y agua que requieren. Los e-combustibles representan un uso ineficiente de la electricidad en comparación con las electrificaciones directas, y esto obliga a los legisladores a tomar las decisiones correctas ahora y a limitar su uso a los sectores que no tienen otra alternativa, como el de la aviación.

de aviación fósil tendría un coste de 1 €/kg (sin impuestos adicionales). Así, la diferencia de coste entre las dos opciones es de aproximadamente 2 € por kilo. También en 2030, el consumo de combustible de las aeronaves que se utilizan a día de hoy sería de 24 kg por pasajero por cada 1000 kilómetros. Esto significa que para ese año, en un vuelo de 2000 km, cada pasajero consumirá 48 kg de combustible, con un coste de 48 €. Si el 2% de esos 48 kg (aproximadamente, 1 kg) cuesta 2 € más, el coste añadido resultante por pasajero en un vuelo de 2000 km sería de 2 €.

Mas información: [Un estudio revela que utilizar electrocombustibles en el transporte por carretera sería malgastarlos: son mucho más necesarios para descarbonizar aviones y barcos](#)

12. ¿Es el e-queroseno el «milagro» que necesita la aviación?

Por desgracia, todavía pasará mucho tiempo hasta que sea posible suministrar e-queroseno en cantidades suficientes y, hasta entonces, los aviones propulsados con queroseno fósil seguirán causando serios daños en términos climáticos. Por eso es imprescindible promover otras medidas, como la fijación de precios y la gestión de la demanda.

Lo que debemos aprender de todo esto es que los gobiernos deberían haber iniciado la descarbonización del sector de la aviación mucho antes. Desafortunadamente, se ha desperdiciado un tiempo muy valioso en falsas soluciones, como la compensación. De nuevo, queda patente la urgencia de que los gobiernos actúen inmediatamente.

Mas información: [La Unión Europea publica un informe que condena las compensaciones de emisiones y pone en entredicho su estrategia climática en materia de aviación](#)

13. ¿En qué consiste la obligación de utilizar e-queroseno?

La obligación de utilizar e-queroseno es un instrumento de políticas vinculante que establece la obligación de que todos los combustibles de avión disponibles en el mercado contengan una determinada proporción de e-queroseno («obligación de mezcla») o que garanticen una determinada reducción de la huella de carbono del combustible («objetivo de reducción de la intensidad de GEI»). Aunque en la actualidad existen obligaciones de uso de combustibles alternativos aplicables al transporte por carretera, el desarrollo de estas normas sigue planteando problemas. De hecho, la efectividad climática de una obligación se determina en función de la sostenibilidad de las fuentes de energía que permite. Favorecer el uso de fuentes insostenibles como los biocombustibles basados en cultivos supone, en realidad, un remedio peor que la enfermedad. Por otro lado, el establecimiento de obligaciones con objetivos demasiado elevados también resulta problemático. Aunque las intenciones sean buenas, los objetivos elevados tienen el efecto no deseado de promover la adopción de fuentes de energía baratas e insostenibles con el único fin de cumplirlos.

Lamentablemente, [ambos problemas persisten a día de hoy en las obligaciones nacionales en materia de combustibles avanzados sostenibles.](#)

14. ¿Por qué estas obligaciones son necesarias para apoyar la implantación de nuevos combustibles?

Existen dos razones principales. La primera es que, a día de hoy, la diferencia de costes entre el e-queroseno y el queroseno fósil es considerable (ver más arriba) y supone un freno a la gestión de la demanda. Las obligaciones generan una demanda de e-queroseno que a su vez propiciará una bajada de su precio. Y la segunda es que, al ofrecer una mayor certeza sobre la demanda, las obligaciones promueven una mayor confianza entre los inversores, con el consiguiente aumento de inversiones y, una vez más, reducciones en los costes de producción del e-queroseno. Esta es la experiencia que se ha observado hasta ahora en otros ámbitos, [tales como la implantación de la electricidad renovable.](#)

15. ¿Por qué las obligaciones deben aplicarse a todas las ventas de combustibles en Europa?

Europa tiene competencias para regular todas las ventas de combustibles y, por consiguiente, debería hacerlo con vistas a cubrir el mayor número posible de emisiones de la aviación. Los vuelos extracomunitarios son responsables de [la mayor parte de las emisiones de la aviación de la Unión Europea](#), por lo que es pertinente incluir también todos los vuelos que repostan en territorio de la Unión. Otro argumento que apoya la inclusión de los vuelos extracomunitarios es que reducir el mandato a los intracomunitarios podría conllevar alteraciones del mercado, y para algunas aerolíneas europeas la mayor parte de su combustible estaría exento.

16. ¿Es conveniente que las obligaciones incentiven únicamente el e-queroseno?

Seguramente, el e-queroseno sea una de las vías más prometedoras para introducir combustibles renovables de cero emisiones en el sector de la aviación. Sin embargo, existen otras opciones, como el desarrollo de aeronaves de emisión cero (eléctricas o de hidrógeno). Desplegar estos aviones a una escala adecuada requerirá tiempo, pero, aun así, los legisladores deberían manifestar desde ya que ese tipo de desarrollos contarán con apoyos a nivel regulatorio, algo que

se puede hacer mediante el reconocimiento de la importancia de adoptar la electricidad o el hidrógeno renovables.

17. Aparte de las obligaciones, ¿qué más se puede hacer para promover el e-queroseno?

Las dificultades que plantea reforzar el objetivo de e-queroseno indican que la estrategia en esta materia no puede limitarse a un objetivo sectorial, y que debe ir acompañada de [una estrategia industrial](#) que promueva el desarrollo de estos combustibles, así como una descarbonización más rápida del sector eléctrico actual. Además, el suministro de e-queroseno puede beneficiarse de apoyos directos en forma de pagos a la producción. En este sentido, la estrategia más eficaz serían los contratos por diferencia (CFD, en inglés), en virtud de los cuales se utilizan ayudas públicas para cubrir la diferencia entre lo que cuesta producir este tipo de combustible y lo que se paga por él en el mercado. Los CFD se deberían financiar con ingresos derivados del sector de la aviación, así como de la retirada de los derechos de emisiones contemplados en el Régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea. También es de vital importancia que las inversiones en instalaciones de producción de e-queroseno vayan [acompañadas de inversiones dirigidas a la nueva capacidad renovable](#). Adoptar medidas que orienten la demanda (obligaciones) y el suministro (estrategia industrial y CFD) contribuiría a reducir los costes del queroseno sintético, que podría llegar a ser competitivo frente al queroseno tradicional incluso antes de 2035.

18. ¿Por qué no son suficientes las medidas preventivas previstas en la actual RED II?

En primer lugar, es cierto que la RED II estaba destinada a proteger el medio ambiente de los efectos adversos de la primera generación de biocombustibles y determinados biocombustibles avanzados, pero sólo ha cumplido esta misión en parte. En su Anexo IV, donde supuestamente se definen los biocombustibles «avanzados» con un mayor potencial desde el punto de vista ambiental, se incluyen materias primas cuya sostenibilidad es dudosa, como los cultivos energéticos o los árboles. En segundo lugar, con arreglo a la RED II, el CO₂ capturado directamente del aire no se considera un requisito para la producción de e-queroseno. De este modo, se permite la utilización de e-queroseno producido con CO₂ de chimenea —como explicamos más arriba—, algo que no es sostenible a largo plazo por incentivar a la industria a seguir realizando

actividades intensivas en carbono. La revisión de esta Directiva por parte de la Unión Europea en el marco del Pacto Verde Europeo supone una buena oportunidad para solventar estos problemas.

19. ¿Se necesitará también regulación a nivel mundial?

En un escenario ideal, un marco legislativo firme de aplicación mundial supondría un gran impulso para la adopción del e-queroseno. Sin embargo, la única organización competente para establecer un marco de ese tipo sería la Organización de Aviación Civil Internacional de las Naciones Unidas (OACI), que ha demostrado ser extremadamente lenta y [opaca](#) a la hora de alcanzar acuerdos en materia de nuevos instrumentos de política. De hecho, es probable que cualquier medida que salga de la OACI resulte insuficiente y que no contenga ningún tipo de apoyo financiero, lo que supondría un freno a la adopción del e-queroseno. En su lugar, la Unión Europea podría implementar un marco ambicioso que empuje a otros de los principales mercados de la aviación a adoptar políticas similares en materia de e-queroseno. A falta de un panorama global más fiable y ambicioso que permita eliminar los impactos ambientales de la aviación, la Unión Europea puede y debe marcar el rumbo para el resto del mundo.

20. ¿Los aviones nuevos (de hidrógeno o de baterías) no son una opción mejor?

Aunque las aeronaves de última generación pueden desempeñar un papel clave a la hora de transformar la aviación en un sector verdaderamente sostenible, esta estrategia plantea una serie de dificultades importantes, por lo que no es fiable a corto y medio plazo. En primer lugar, debido a problemas relacionados con el peso de las baterías o el volumen de hidrógeno, el rango aéreo y la carga de pasajeros que pueden ofrecer a día de hoy estos aviones están muy lejos de poder cubrir las necesidades de la aviación regional, por no hablar de los vuelos de larga distancia. Por otro lado, la seguridad se ha convertido en una preocupación fundamental para todas las partes interesadas en la industria de la aviación y, en este sentido, se espera que los marcos de certificación oficial tarden en alcanzarse. En tercer lugar, el coste del desarrollo también se prevé elevado, y no está claro si los fabricantes están preparados para realizar las inversiones necesarias sin la certeza de que las aerolíneas vayan a comprar este tipo de aviones.

Y por último, y más importante si cabe, el compromiso de reducir las emisiones a cero en 2050 exige necesariamente que se vayan alcanzando resultados concretos desde ya. Hemos desperdiciado demasiado tiempo escurriendo el bulto del impacto climático de la aviación.

En cualquier caso, a largo plazo, el desarrollo de nuevos diseños de aeronaves y el avance en materia de e-queroseno pueden convivir perfecta y complementariamente. Por ejemplo, en rutas de corto recorrido o para los jets privados, las aeronaves de emisión cero serían la mejor opción (siempre y cuando el cambio modal sea verdaderamente imposible). La futura política en materia de combustibles para la aviación debería dejar la puerta abierta a medidas que incentiven estas tecnologías.

21. Recomendaciones

Los legisladores de la Unión Europea deberían reconocer el increíble potencial que ofrece el e-queroseno para contribuir al cumplimiento de los objetivos ambientales del sector de la aviación de manera sostenible y escalable, y sin la necesidad de una reconversión tecnológica de gran envergadura. Para ello, es imprescindible que se incluya en la iniciativa ReFuelEU para la aviación un plan de acción inminente y ambicioso, que deberá:

- Proponer una obligación de mezcla del e-queroseno del 0,04% en 2025 y del 2% en 2030, aplicable a todos los vuelos intracomunitarios, tanto procedentes como con destino en la Unión Europea.
- Apoyar la producción de e-queroseno mediante contratos por diferencia (CFD), financiados con ingresos derivados del sector de la aviación, por ejemplo, eliminando los derechos de emisión contemplados en el Régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea.
- Es fundamental acompañar estas medidas de una estrategia industrial que promueva el desarrollo de estos combustibles y acelere la descarbonización de la electricidad que se utiliza actualmente en el sector.
- Mantener la puerta abierta al desarrollo de nuevas tecnologías, como las aeronaves de hidrógeno, especialmente para los vuelos de corto y medio recorrido, y prever apoyos para ello.
- Por último, la Unión Europea debería presionar a los países terceros de la región y del ámbito internacional en general para que adopten medidas similares.