



Las aeronaves energéticamente eficientes: una llave para la sostenibilidad

Ana Carolina Aguilar Barradas¹, Luz Paulina Aguilar Barradas², Eduardo Hernández Hernández^{1,3}

Volar, un sueño humano que se volvió realidad gracias a la tecnología, se ha convertido en un problema para lograr mantener la salud de nuestra atmósfera. ¿Por qué? Caminar resulta sencillo, correr no tanto, ejecutar un sprint es agotador, tan solo imagina lo energéticamente costoso que es despegarte del suelo y moverte a una velocidad moderada. Ahora, una persona adulta normalmente pesa entre 50 y 100 kg, ¿cuánta energía se requiere para mover una aeronave de toneladas de peso cargada con decenas de personas, y sus equipajes, dentro? ¿qué tan costoso será transportar diariamente a miles de individuos por todo el mundo? Ahora traduce ese gasto energético a combustible fósil y ahí tienes el impacto ecológico de volver realidad un sueño humano.

Recuerda, por un momento, el sueño más hermoso que has tenido en la vida, ¿ya lo tienes? Ahora respóndete esto, si tuvieras la elección, ¿despertarías de ese sueño? De forma muy semejante, ahora no podemos imaginar nuestra vida

moderna sin la existencia de la aeronáutica. Nos es indispensable el transporte a través del aire, mover personas de un continente a otro, evitar las complicadas y deterioradas carreteras por una mejor opción. Hay muchas razones por las que la aeronáutica es esencial, pero algo es innegable, históricamente sigue siendo muy sucia y nuestro planeta ya no puede más. Entonces, ¿qué estamos haciendo para no despertar de nuestro sueño y no acabar con nuestro planeta en el intento? Aquí hablaremos de la evolución de la aeronáutica y cómo esta se está reinventando para proteger el ambiente.

La Agenda 2030: una promesa no cumplida

El calentamiento global y el cambio climático afectan a todas las personas en el mundo. A pesar de que los sectores poblacionales más vulnerables padecen pérdidas más profundas, también las clases media y alta son afectados con pérdidas económicas y de calidad de vida. Tan evidente es el cambio que los líderes mundiales decidieron reunirse en la Organización de las Naciones Unidas y llegar a acuerdos comunes. ¡Ningún país por sí solo podrá mitigar plenamente el cambio climático o el calentamiento global! Entonces hubo un acuerdo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), una llamada de atención universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz, prosperidad y, especialmente, de un ambiente sano (UNDP, 2015).

Es importante reconocer que ha habido esfuerzos por cumplir los ODS 2030 y, aunque se ha logrado observar un progreso, no se han podido completar debido a la gran cantidad de factores y agentes involucrados. Una de las entidades destacadas es la industria en todos sus ramos, pues hacer sostenibles los procesos que ya funcionan se vuelve complejo, costo y tardado. De hecho, la tendencia global en emisiones de CO₂ es clara y, hasta ahora, ha sido indetenible (Figura 1).

La industria aeronáutica y de la aviación es una de las ramas más contaminantes. “Según DKV (2024), la aviación genera el 13.9% de las emisiones del transporte. Según la Comisión Europea, las emisiones de la aviación se han incrementado 130% desde 1990. De acuerdo con la Unión Europea el número de vuelos aumentó un 8% entre 2014 y 2017 y prevé que esta cifra podría incrementarse hasta un 42% entre 2017 y 2040 (DKV, 2024). Por esto, las aerolíneas, las empresas fabricantes de aeronaves y el resto de la industria de la aviación se han comprometido a reducir a cero emisiones netas de carbono para 2050. Este objetivo no busca disminuir el volumen de vuelos diarios, sino desarrollar aeronaves de bajo consumo de combustible, ejecutar



La aviación contribuye con el 13.9% de las emisiones del transporte, y desde 1990, estas han aumentado un 130%, según la Comisión Europea.

Emisiones anuales de CO₂

Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) procedentes de combustibles fósiles e industria¹. No se incluyen las emisiones derivadas del cambio de uso del suelo¹.

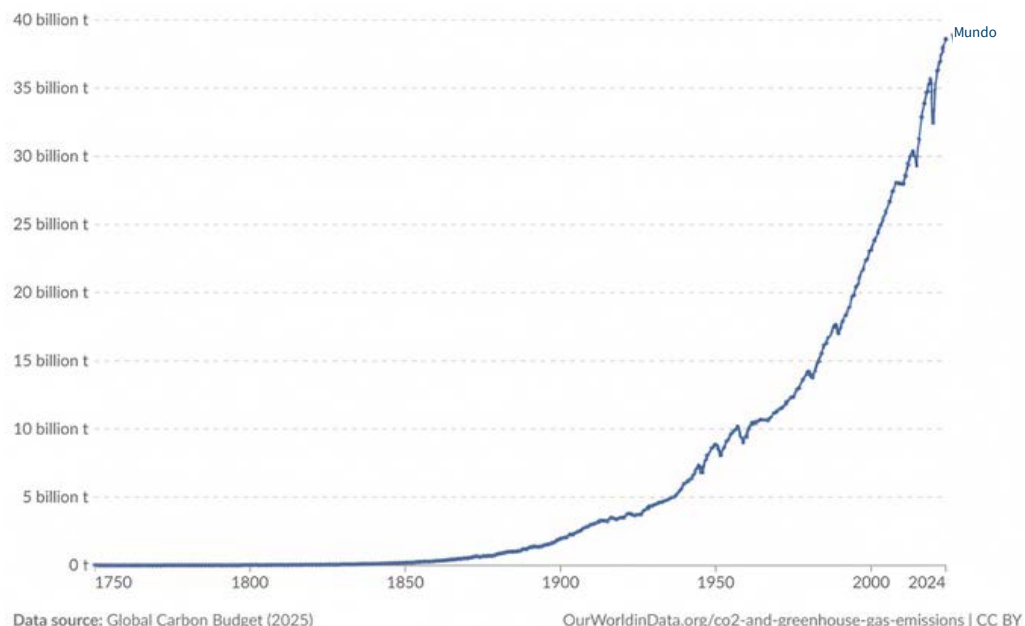


Figura 1. Emisiones anuales de CO₂ procedentes de combustibles fósiles e industria (excluye cambios en el uso del suelo), 1750–2024: aumento sostenido desde la Revolución Industrial con una aceleración pronunciada después de 1950, alcanzando aproximadamente 40 mil millones de toneladas en 2024. Fuente: (Global Carbon Budget, 2025; Ritchie & Roser, 2020).

estrategias logísticas que disminuyan las emisiones de carbono, además de crear nuevos combustibles y promover su uso. Aunque estas acciones coinciden con la agenda 2030, es necesario destacar que en la aviación y la aeronáutica este es un proceso más lento que en las demás industrias debido a los estrictos estándares de fabricación y operación de aeronaves, incluyendo los extensos plazos/tiempos de diseño, implementación, pruebas y certificación.

Materiales innovadores: si no funciona, mejóralo o reemplázalo

Toda tecnología tiene el objetivo de resolver un problema o mejorar la calidad de un objeto de uso humano. ¿A caso no es molesto comprar un artículo que, después de uno o dos usos, se rompa? Pasa todo

el tiempo con celulares inteligentes, gafas, juguetes, incluso ropa de diseñador. Afortunadamente, los celulares, las gafas, juguetes, etc., no cuestan tanto como una aeronave. Dado que las aeronaves son extremadamente costosas, mejorar la resistencia y durabilidad de ellas es siempre un objetivo del desarrollo tecnológico.

Antiguamente, las aeronaves estaban hechas de fibras de vidrio. Aunque efectivas para el vuelo, estos aviones tenían algunas deficiencias o desventajas como mayor peso estructural, menor rigidez y resistencia a la fatiga, limitaciones en la capacidad de carga y una eficiencia aerodinámica y de consumo de combustible inferior. ¿Cómo resolver esos problemas? Reemplazando algunos materiales. Hoy se ha integrado el uso de fibras de carbono para reducir el peso y aumentar la rigidez estructural, mejorar la resistencia a la fatiga y a impactos, optimizar el rendimiento aerodinámico y

el consumo de combustible, y prolongar la vida útil de los componentes reduciendo los costos de mantenimiento.

Entre los avances tecnológicos de aeronaves hoy disponibles se encuentran los materiales compuestos, que son una combinación de dos materiales que poseen diferentes propiedades físicas y químicas (Infinitiva, 2022). Los materiales compuestos que se generan presentan mejores características, por ejemplo, pueden ser más fuertes, más ligeros o resistentes a la electricidad, ya que suelen diseñarse para ejercer un determinado uso que requiera mayor resistencia, eficiencia o durabilidad, entre otras características. De esta forma los aviones se hacen más fuertes y seguros, ayudando a que duren más años y no se tengan que hacer más gastando recursos. Por ejemplo, en vez de hacer dos piezas que duren 5 años cada una, mejor se hace una pieza que dure 10 años.



Combustibles: más eficiencia, menor costo ambiental

La gasolina, diesel o, para este caso en particular, la turbosina, se refinan a partir del petróleo crudo. Si no lo sabías, ahora sabrás que el crudo es un recurso natural que requiere millones de años para generarse. Imagínalo como un fósil orgánico, un cadáver que quedó sepultado sin poder descomponerse y reintegrarse a la naturaleza. Ese cadáver simplemente se quedó esperando por tanto tiempo que se convirtió en una masa oscura, negra y peligrosa, cualquier incitación podría hacerle estallar. Ese es el petróleo y, debido a que necesita tanto tiempo para producirse, se considera un recurso no renovable, es decir, que se agotará en algún momento (Gobierno de México, 2024).

Esencialmente ya es peligroso, inflamable, explosivo, pero, además, químicamente está compuesto de muchas sustancias “aromáticas” que son tóxicas para los seres vivos. Cualquiera sería perdonado por pensar que es una tontería excavar por cientos de metros en el suelo para sacar una sustancia así y liberarla en el ambiente en forma de gas, pero eso es exactamente lo que estamos haciendo. Encima de todo, su procesamiento también es un riesgo que ya ha cobrado muchas vidas (Figura 2).

El uso de materiales compuestos mejoran las características de las aeronaves, haciéndolas más fuertes, ligeras y resistentes

Figura 2. Incendio en Dos Bocas, Tabasco (2021). La imagen muestra un siniestro de gran intensidad que evidencia los riesgos operativos y ambientales asociados a la extracción y procesamiento de petróleo en México, subrayando la peligrosidad e insostenibilidad de un modelo energético dependiente de combustibles fósiles. Fuente: (Forbes México, 2021).



Si el problema es que el petróleo se toma del suelo y se libera en el ambiente, entonces suena razonable reemplazar al petróleo por una sustancia que aproveche recursos de la atmósfera, los llene de energía y, al usarse en los aviones, regrese a la atmósfera nuevamente. Esa es la idea de los biocombustibles, sustancias que pueden alimentar motores de aviones, pero derivan de materiales orgánicos disponibles. En otras palabras, aprovechan las estructuras vegetales para asimilar luz del sol y acumular la energía en forma de aceites o carbohidratos, estos se cosechan, se procesan y se obtiene un reemplazo de la turbosina. A diferencia del petróleo crudo, las materias primas son diversas en su composición y pueden ser sujetas de mejora.

Por ejemplo, se pueden utilizar semillas o caña de azúcar, o incluso aceite de cocina residual y algas, las materias primas pueden ser prácticamente cualquier biomasa, ya sea cultivada a partir de cultivos energéticos o procedente de residuos. Emite, como mínimo, 75% menos de CO₂ que el combustible fósil para aviones.

Máquinas nuevas que reemplazan máquinas obsoletas

Los motores de los aviones nos han servido bien, pero los avances e innovación tecnológica continúan evolucionando cada día. Un vehículo 2026 no puede compararse ni siquiera un poco con un viejo automóvil de principios de los 80's, ni en rendimiento de combustible, ni en el tipo de combustible, tampoco en la protección y comodidad del usuario, compatibilidad tecnológica con los gadgets que te han hecho adicto (redes sociales y música en streaming). Lo mismo ocurre con las aeronaves.

Las turbinas eficientes son máquinas novedosas diseñadas para convertir la mayor cantidad posible de energía de un fluido (viento, agua, gas) en energía mecánica o eléctrica útil. Pongamos de ejemplo los rehiletes, estos una vez agarran impulso con el aire sigue dando vueltas, entre más fuerte el aire, más

gira, en cambio si el aire disminuye igual el rehilete. Lo que se busca en las turbinas más eficaces es algo parecido, que por sí solas tengan un mejor rendimiento. Avances semejantes son de suma importancia dentro de la industria aérea pues siempre está en busca de innovar, mejorar, sustentar, crear algo nuevo en ocasiones con cosas viejas para contaminar o dañar menos.

En el caso de avances tecnológicos de aeronaves próximamente disponibles serían las nuevas turbinas pensadas y hechas con materiales compuestos. Modelos con propulsión híbrida y eléctrica. Normalmente se busca la promoción de reutilización de piezas del avión para no tener que crear nuevas y generar gastos de recursos en la creación de piezas nuevas (Rendón, 2021).

Gracias a estas innovaciones se han desarrollado muchos avances como los “taxis aéreos”, estas son aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL) para transportar grupos pequeños sobre zonas urbanas densamente pobladas creados en Los Ángeles. Existe un mayor uso de biocombustible dentro de las aeronaves, en la actualidad se usa el 50% de combustible de turbina renovable, mezclado con combustible de turbina tradicional del petróleo. Entre una de las innovaciones está la propulsión híbrida-eléctrica, que ofrece flexibilidad operativa gracias a la mayor cantidad de componentes. Esta se usa de forma indirecta, en los dispositivos de monitoreo, pero se busca usar en las aeronaves.

Todos los factores anteriores buscan beneficios esperados de la aplicación de nuevas tecnologías reducir la huella de carbono, la contaminación auditiva y desechos de aviones.

Conclusión

En un mundo donde la sostenibilidad es cada vez más urgente, la aviación enfrenta uno de sus mayores retos que es volar sin comprometer el futuro del planeta. Por esto se crearon, se crean y se crearán formas de hacer la aviación sostenible, desde su producción hasta su uso, con biocombustibles o materiales compuestos y/o reutilizados. Con todo esto nos llevamos que dentro de la industria aérea si se busca la renovación y sostenibilidad, tal vez no se puede aplicar rápido y

se lleguen a usar hasta después del 2030, como se busca en los ODS, pero ya se tienen planes establecidos. Existen muchas ideas de sostenibilidad, unas ya planteadas y otras en desarrollo, pero ¿cuáles serán las siguientes innovaciones que veremos en la industria aérea? ¿cuál será el siguiente sueño humano que se haga realidad?



Las turbinas eficientes convierten energía de fluidos en mecánica o eléctrica. Los avances en aeronaves incluyen turbinas de materiales compuestos.

Referencias

CEF Energy, (2025). ¿Cómo se fabrican los biocombustibles?
Recuperado de: <https://www.cfp.energy/en/insights/how-are-biofuels-made>

DKV (2024). Aviones y contaminación: ¿cómo afectan al cambio climático?. Recuperado de: <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/contaminacion/aviones>

Forbes México (2021) Pemex controla incendio en tanque de almacenamiento de Dos Bocas. Recuperado de: <https://forbes.com.mx/pemex-controla-incendio-en-tanque-de-almacenamiento-de-dos-bocas/>

Gobierno de México. (2024). Combustible de Aviación Sostenible. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/939353/Ficha_tecnica_combustibles_SAF24.pdf

Hannah Ritchie and Max Roser (2020) - "CO₂ emissions" Published online at OurWorldinData.org. Recuperado de: 'https://archive.ourworldindata.org/20260417-112857/co2-emissions.html' [Online Resource] (archived on April 17, 2026).

Infinitiva (2022). Materiales compuestos: ¿Qué son y para qué sirven?.

<https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-compuestos-que-son-y-para-que-sirven/>

Rendón, M. (06, 2021). Propulsión híbrida-eléctrica en aeronaves: tendencias de desarrollo, desafíos y oportunidades. Recuperado de: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8207818/>

UNDP (2015). Los ODS en acción. Recuperado de: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

1 Universidad Euro Hispanoamericana, Av. de los Álamos 1, La Pradera, 91097 Xalapa-Enríquez, Ver.

2 Universidad Aeronáutica en Querétaro, Carretera Estatal 200 Querétaro – Tequisquiapan No. 22154, Col. Parque Aeroespacial de Querétaro, 76278, Querétaro

3 Polo Universitario Agroecológico y Pecuario, Universidad Popular Autónoma de Veracruz, Calle Universitaria s/n, 91480 Actopan, Veracruz