

La aviación ha sido y sigue siendo un laboratorio del ingenio humano. En su camino hacia la neutralidad de carbono, la tecnología e innovación aerodinámica combinan física, ingeniería de materiales, inteligencia artificial y economía en una de las misiones tecnológicas más ambiciosas del siglo XXI, como lo es mantener al mundo conectado, sin dejar huella de carbono en el cielo.

El desafío

En una sociedad cada vez más globalizada, el avión es el medio más utilizado para el transporte de personas a larga distancia debido a su rapidez y su alto grado de seguridad. Pero hoy en día, la aviación comercial enfrenta uno de los mayores desafíos de su historia: *volar sin contaminar*. Los aviones son responsables de cerca del 4% de las emisiones globales de dióxido de carbono y la demanda de vuelos sigue creciendo. Alcanzar el objetivo de cero emisiones netas en 2050 requiere innovaciones profundas en materiales, combustibles y diseño. Los esfuerzos se concentran en tres caminos principales: *uso de biocombustibles sostenibles; hidrógeno; o propulsión eléctrica*.

La transición ha comenzado, pero es lenta y costosa, especialmente para los grandes aviones de pasajeros que representan más del 90% de la flota comercial. Lograr que estas tecnologías sean seguras, eficientes y rentables se estima llevará décadas.

Cómo vuela un avión

El vuelo se explica a partir del equilibrio entre cuatro fuerzas: *sustentación; peso; empuje; y resistencia*. Las alas generan sustentación, o sea, la fuerza que permite que el avión se mantenga en el aire oponiéndose a la gravedad. El Principio de Bernoulli explica cómo la forma del ala fuerza al aire a viajar más rápido por su superficie superior, lo que reduce la presión en esa zona y crea una fuerza ascendente. Por otro lado, el motor a reacción de cada turbina respeta la Tercera Ley de Newton: por cada acción hay una reacción igual y opuesta. Al expulsar gases calientes hacia atrás, el motor impulsa el avión hacia adelante venciendo la resistencia del aire. Y también, a mayor velocidad, mayor diferencia de presión entre arriba y abajo del ala, o sea, mayor sustentabilidad.

Alas inteligentes

El diseño de alas es complejo por su relevancia para la sustentación y además porque contienen los reservorios de combustible. Ellas constantemente sufren pequeñas innovaciones. Una de ellas es el agregado de los "winglets" (puntas dobladas) que reducen la resistencia aerodinámica y ahorra combustible. NASA y grandes empresas (Boeing y Airbus) desarrollan alas cada vez más largas, delgadas y adaptables, capaces de modificar su forma durante el vuelo para optimizar el consumo de combustible. También se exploran diseños integrados donde el ala se fusiona con el cuerpo del avión. Para lograrlo, se usan supercomputadoras capaces de realizar un trillón de cálculos por segundo, y algoritmos de inteligencia artificial que simulan el comportamiento real del aire alrededor de las alas. Aun así, diseñar y fabricar una nueva generación de alas puede llevar más de una década.



Avión con turbinas tradicionales y winglets en la punta de sus alas.

Motores que desafían el calor

Desde su invención en los años 30, los motores a reacción han mejorado su eficiencia un 1% cada año. Su funcionamiento se basa en el ciclo de Brayton, en el que el aire se comprime, se mezcla con el combustible, se quema y finalmente impulsa una turbina. Parte de esa energía se usa para mantener el ciclo, y el resto se transforma en empuje. Pero esta tecnología se acerca a su límite teórico. Para mejorarla, los ingenieros buscan materiales capaces de resistir temperaturas de hasta 2.000 °C sin fundirse ni deformarse. Las *superaleaciones monocristalinas* y los *materiales cerámicos compuestos* son el nuevo estándar, pero su desarrollo puede tardar 20 a 30 años, con costos elevados.

Dos arquitecturas para el motor del futuro

Los motores de los aviones comerciales actuales son *turbofán*, con un gran ventilador frontal que mueve el aire en dos flujos: uno pasa por el núcleo donde ocurre la combustión y otro que rodea el motor, lo que lo hace más eficiente y silencioso. Hoy, los fabricantes también investigan una arquitectura revolucionaria como lo es el motor de turbina abierta, sin capota (cowling) exterior. Esta configuración permitiría un ahorro de combustible de entre 20% y 30%, lo que es un salto enorme para la industria, tanto por razones ambientales como económicas. Esto se debe a que el combustible representa cerca del 30% de los costos operativos de una aerolínea. Empresas como GE Aerospace y Safran ya prueban estos diseños de turbinas sin capota, que podrían estar listos entre 2030 y 2040.



Arquitectura de rotor abierto, sin capotas CFM-GE.
(Fuente: GE Aerospace website – 19/Nov/24)



Motores a reacción sin capota podrían entrar en servicio 2030-2040.
(Fuente: Aerospace Manufacturing – 09/Abr/25)

Dos arquitecturas para el motor del futuro

La aviación comercial es una de las industrias más exigentes y costosas del planeta. Crear un nuevo avión de gran porte requiere entre 10 y 15 años, y puede llegar a costar 20 a 30 mil millones de dólares. Lo mismo ocurre con los motores. Cada nueva generación necesita al menos un 20% de mejora en eficiencia para justificar su desarrollo, lo que cuesta entre 5 a 10 mil millones de dólares y lleva más de una década. Solo grandes compañías tienen la capacidad técnica y financiera para hacerlo. Actualmente, el reto no es entender la física del vuelo —esas leyes ya se conocen— sino en llevar la ciencia a la práctica, creando motores más eficientes, materiales más resistentes y alas más livianas, a precios que las aerolíneas puedan pagar.

CIENCIA A GOTAS

“Lo que sabemos es una gota, lo que no sabemos es un océano”. Isaac Newton

Esta publicación es editada por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Delta)
Campana - Provincia de Buenos Aires - ARGENTINA | JUNIO 2026

Si querés recibir las próximas ediciones, hacé click aquí

**ALDO MURUT**

Ingeniero Metalúrgico (UTN-FRBA).
Master en Materiales
(Michigan Tech University – EE.UU.)
Trabajó entre 1991 y 2024 en GE Aerospace
General Electric (EE.UU.)