

# El motor a reacción centrífugo

**JAVIER SÁNCHEZ-HORNEROS PÉREZ**  
Ingeniero en el Programa FCAS

Si bien, en la actualidad las turbomáquinas en la aviación son una realidad inherente al hablar de un avión de altas prestaciones, el camino para lograr este punto ha sido largo y difícil.

Los primeros desarrollos se remontan al siglo XIX, aplicándose inicialmente en la generación de electricidad, mediante el aprovechamiento del caudal de agua como fuente de energía mecánica en centrales por tanto de enormes dimensiones, empleándose las turbinas Pelton, Francis y Kaplan para más señas.



Sir Frank Whittle en 1939. (Imagen: Imperial War Museum. Londres)

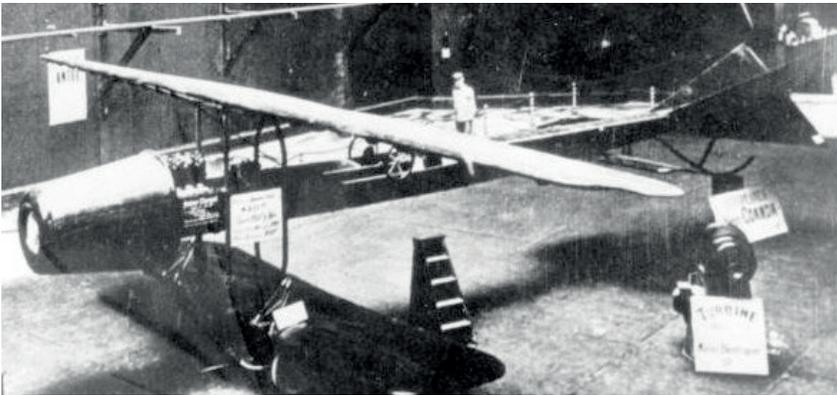
El mundo de la automoción también tuvo su referente en el compresor, ingeniado por Gottlieb Daimler en 1885, empleando esta vez los gases de escape de la combustión para accionarlo y a su vez, comprimir el aire de admisión al motor. Estos dos ingenios tan diferentes pero a la vez tan similares tenían un denominador común: el aprovechamiento de la energía de un fluido de una u otra forma. La cuestión era cómo podría

diseñarse un motor de altas prestaciones que no se viera limitado por el fenómeno de la compresibilidad, acentuado en la década de 1920 y 1930 ante las cada vez mayores prestaciones, que se sufrían especialmente en cuanto la velocidad de las puntas de las hélices se aproximaban al mach 0.75. En los motores de émbolo, la compresibilidad se evitaba ingeniosamente, aumentando el diámetro de las palas del rotor y/o añan-

diendo un mayor número de estas, aumentando el par proporcionado sin hacer lo propio con la velocidad, impulsando hacia atrás una mayor cantidad de aire.

Lo cierto es que los primeros intentos de aplicación de las turbomáquinas a la aviación se remontaban a 1910, en donde Henri Coanda presentó su motor Coanda 1910 en el Segundo Salón Aeronáutico de París de ese mismo año: un motor híbrido, llamado termorreactor en donde la energía que accionaba el compresor, de aluminio de 50 centímetros de diámetro, era suministrada por un motor de émbolo refrigerado por agua mediante una caja de cambios de relación 1:4 (100 revoluciones por minuto hacían que el compresor girase a 400 revoluciones, 2500 revoluciones a 10 000). A pesar de ello, no suscitó el interés necesario, generando más bien múltiples dudas en cuanto a durabilidad y fiabilidad.

Los desarrollos continuaron durante los años 20 y 30, sustituyendo el motor por una turbina de gas, sin dejar de lado diseños híbridos como el Caproni Campini N.1. Sin embargo, los problemas que aparecían eran siempre los mismos: falta de fiabilidad, peso, gasto en combustible y la incapacidad de mantener un funcionamiento continuo. Así llegamos a Frank Whittle, piloto e ingeniero de la RAF y conside-



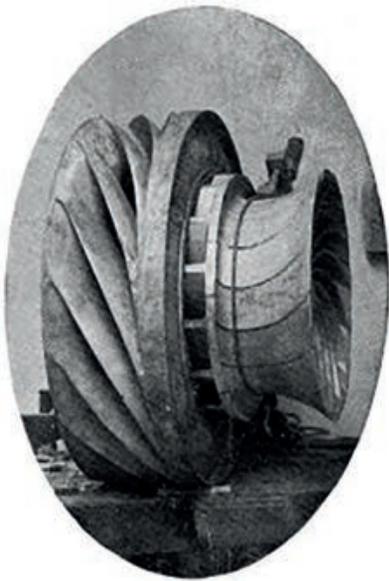
rado en Inglaterra padre del motor a reacción, que pidió y recibió una patente en 1930 y 1932 respectivamente para el motorjet, en el que empleaba un motor de pistón convencional para proporcionar aire comprimido a una cámara de combustión, utilizando los gases de escape para producir el empuje, tras demostrar en su tesis de graduación *Future Developments in Aircraft Design* la dificultad de realizar vuelos a gran altura y velocidad (por encima de las 500 millas por hora) con un motor de hélice convencional.

Superando problemas de todo tipo que terminaron afectando a su salud, el 12 de abril de 1937, la W.U (Whittle Unit) funcionó demostrando que en cuestión de capacidades, el motor estaba muy por delante de los existentes hasta la fecha. Finalmente, dos variantes (el Power Jets/Whittle W1 y la W2) se montaron en un avión especialmente diseñado para alojar el motor, el Gloster E.28/39, con un enorme éxito.

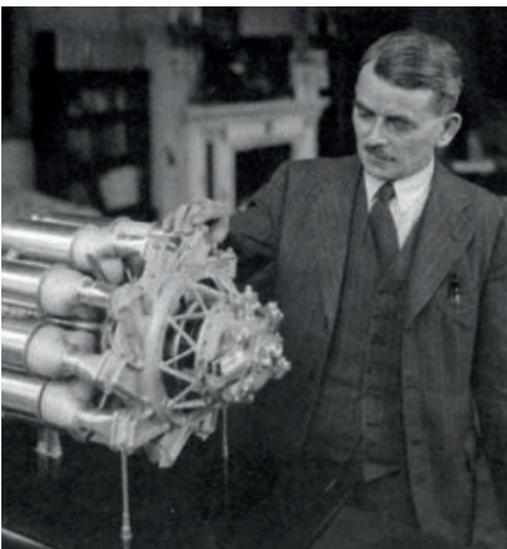
El motor a reacción centrífugo, fue una realidad desde entonces.

### ¿CÓMO FUNCIONA ESTE MOTOR?

El mayor problema a superar era el de la compresión, por lo que Whittle planteó el motor de reac-



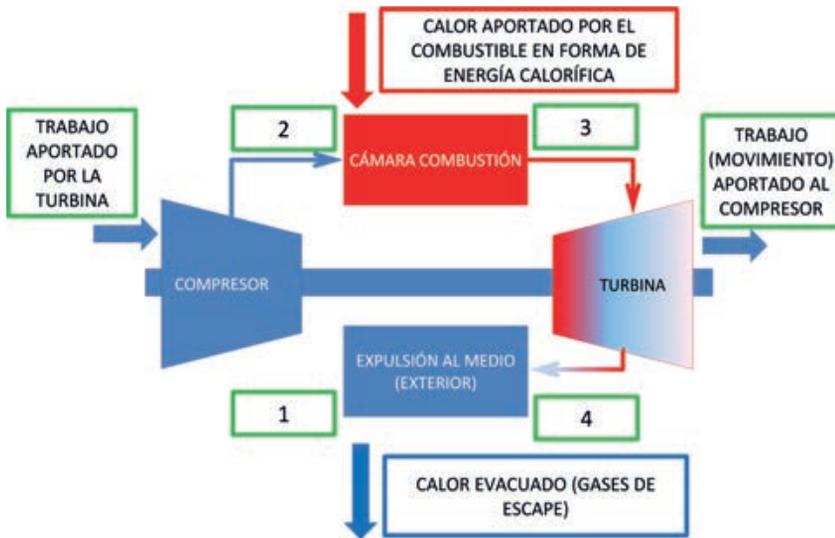
Detalles del Coanda 1910, con su ala en forma de dardo y su compresor. (Imágenes de la época de Henri Coanda)



Sir Frank Whittle y una maqueta de su prototipo. (Imagen: Royal Air Force)



Caproni Campini N.1. (Imagen: Wikipedia)



Ciclo Bryton adaptado a un motor a reacción. (Infografía del autor)

ción como un motor que desarrollase un ciclo continuo admitiendo y expulsando el aire con sus transformaciones evidentes, evitando usar un motor alternativo como medio de accionamiento del compresor, sustituyéndose por una turbina y adaptando el Ciclo Bryton como sigue:

El proceso sería:

- El compresor comprime el aire (1-2).
- Este se introduce a unas ciertas condiciones de presión y temperatura en la cámara de combustión (2-3).
- Este aire, a muy alta presión se mezcla y reacciona con combustible atomizado (2-3).
- El producto (gas de combustión), que se encuentra en condiciones de alta presión y temperatura, actúa sobre los alabes de la turbina, accionando el compresor a través del árbol de transmisión (3-4).
- El gas remanente, de baja presión pero muy alta velocidad, sale por la tobera de escape, de sección convergente para aprovechar el efecto venturi, generando empuje (4-1).

## LOS COMPONENTES DE UN MOTOR CENTRÍFUGO

Nada mejor que mostrar los componentes sobre una imagen del De Havilland Goblin del Museo de Aeronáutica y Astronáutica, describiéndose en la imagen inferior:

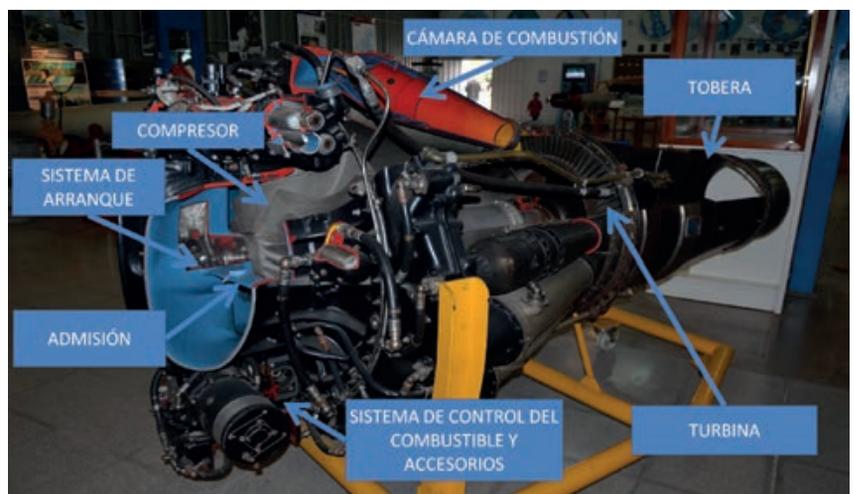
El difusor de admisión (simplemente admisión), es un conducto en el que la corriente de aire pierde velocidad hasta cerca de mach 0.5 conforme gana presión, canalizando un

volumen de aire entre 6 y 10 veces superior al de un motor alternativo que tuviera el mismo tamaño que el motor de reacción.

Inmediatamente después se encuentra el compresor, que aumenta la presión del fluido en dos fases: en la primera, un rotor transforma en energía cinética el aire que proviene del difusor. En la segunda, esa energía cinética se transforma en energía de presión en el estator o difusor. Ambos elementos (rotor y estator), forman lo que se denomina escalón o etapa del compresor.

En el siguiente elemento, la cámara de combustión, se produce la reacción aire-combustible. Solo una parte del aire del motor se emplea en la combustión, en proporción del orden de 1/3 a 1/6 del total. El restante se introduce en la cámara tras la combustión, permitiendo la refrigeración de los álabes de la turbina. La combustión requiere de una pequeña zona controlada gracias a un estabilizador o deflector de baja velocidad, en la zona cercana a la llama, cerca del inyector.

La turbina transformará la energía mecánica generada en las secciones anteriores del motor en energía que haga funcionar el compresor y la cámara de combustión. Consta de estator y rotor por este orden. El flujo restante de aire es el que proporciona el em-



Motor De Havilland Goblin del Museo de Aeronáutica y Astronáutica con los elementos destacados (Imagen: autor)



Detalles de la admisión y tobera en el T-33. (Imagen: autor)

puje del que es capaz el motor con la ayuda de la tobera de escape. El fluido procedente de la mezcla efectuada en la cámara de combustión choca con un ángulo de ataque muy fuerte contra los álabes, por ello, sufren enormes esfuerzos. Para disminuir los efectos perjudiciales, se actúa de dos formas: refrigerándose mediante una derivación de aire procedente del compresor inyectándose a través de un canal interior del propio álabe y a la vez, empleando aleaciones especiales en su fabricación, como la llamada nimonic, que data de los inicios de los motores a reacción y compuesta principalmente por níquel (junto con otros elementos como silicio, molibdeno etc.) y cromo. Hay diversos tipos, que pueden encontrarse en normas AECMA, DIN, HR y similares.

Finalmente, en la tobera de escape el gas procedente de la sección de la turbina aumenta de velocidad a costa de disminuir su presión gracias al estrechamiento por diseño con el que contaban (efecto venturi), siendo en sus primeros años de tipo convergente y fija por diseño (como la del T-33 o la del F-86 Sabre por citar algunos ejemplos), debiendo controlar constantemente la temperatura de salida de los gases o EGT (Exhaust Gas Temperature) de forma que nunca se sobrepasase un cierto valor que la

dañase. A veces, extraordinariamente, se empleaban ingenios, como placas integradas que redujesen aún más la sección de salida, pero demandaba mucha mayor atención por parte del piloto.

### EL LEGADO

Hoy en día, casi 80 años después de su aparición, este tipo de motores han sido desplazados en aviación casi totalmente por los axiales, dotados por diseño de una serie de características más adecuadas para su empleo en aeronáutica.

El significado y legado de esta enorme contribución al desarrollo de la aviación puede verse en la siguiente anécdota: a principios de la década de 1980 y con 76 años, Frank Whittle viajó a Washington a bordo

de un Concorde. Tras finalizar el vuelo, el capitán Monty Burton, radió a los pasajeros: «señoras y caballeros, bienvenidos a Washington en esta bonita tarde. Hemos cubierto 3900 millas desde Londres a Washington en 3 horas y 37 minutos, a una velocidad media de 1000 millas por hora y una máxima de 1340, a una altitud máxima de 60000 pies. Hoy, hemos tenido el gran honor de tener a sir Frank Whittle a bordo, inventor del motor a reacción que ha hecho esto posible». Una ovación seguida de aplausos, extremadamente raros en el contexto de la época y categoría social de los pasajeros que podían permitirse el viaje en Concorde, siguieron a estas palabras, con el casi octogenario y modesto protagonista recibiendo el merecido reconocimiento. ■

