

La sobrealimentación de los motores de aviación

Por GEORGE IVANOW

Ingeniero consejero, director de Estudios y de Investigaciones de las fábricas Stampe y Vertongen

ES sabida la importancia de la sobrealimentación en la técnica de los motores de aviación. El problema de la sobrealimentación preocupa a los constructores de motores, a los de aviones, a las grandes instituciones nacionales de investigación aeronáutica, tales como la N. A. C. A. (National Advisory Committee for Aeronautics), y a los utilizadores del material, como Aeronáuticas militares, Compañías de transporte, etc. En cuanto se trata de *performances*, especialmente a grandes alturas, la importancia de la sobrealimentación se pone de manifiesto.

En el presente artículo expondremos en forma tan concreta como nos sea posible el estado actual de esta técnica, cuya importancia exige una atención particular de todos los que se interesan en el progreso de la aeronáutica.

Fundamentos de la sobrealimentación

El principio de la sobrealimentación es muy sencillo. Consiste en reemplazar la aspiración de la mezcla gaseosa en los cilindros por una impulsión por medio de un compresor.

El papel de la sobrealimentación en el funcionamiento de un motor es múltiple.

Primero. Adaptando un compresor al motor se mejora el llenado de los cilindros. Al enviar el compresor la mezcla gaseosa bajo una cierta presión, no solamente aumenta la cantidad de mezcla introducida en los cilindros, sino que se favorece la evacuación de residuos de gases quemados.

La sobrealimentación produce un aumento de potencia independiente de la velocidad de rotación del motor.

Hay que observar que a menudo no se aprecia el efecto del barrido de gases en un motor de cuatro tiempos.

Nosotros no podemos hacer más, en lo que concierne a este punto, que citar a un conocido especialista de la sobrealimentación, M. Waseige, de la Sociedad Farman: «Si por una ligera modificación en el perfil de las levas de la distribución se dejan las válvulas de escape y admisión abiertas durante un período muy pequeño al fin del período de escape, se verificará un barrido de los gases residuales calientes por la llegada de gases frescos, puesto que éstos llegarán al cilindro a una presión superior a la presión ambiente que existe en el escape. Los gases calientes quemados son así evacuados del cilindro; la tem-

peratura al fin de la compresión será más baja, a pesar de la sobrealimentación, que en un motor no sobrealimentado. Será, pues, posible obtener un aumento de potencia sin temor al auto-encendido.»

Segundo. La potencia del motor depende de su número de vueltas y de la presión media efectiva; es posible para una misma cilindrada aumentar la potencia haciendo girar el motor más de prisa. Desgraciadamente, con el aumento de velocidad es cada vez más corto el llenado y también la evacuación de gases quemados es cada vez más deficiente y llega un momento en que la potencia empieza a decrecer.

Existe, pues, para cada motor de explosión (o de combustión) un máximo de potencia y un régimen correspondiente a este máximo. La sobrealimentación, por mejorar el llenado, permite aumentar este máximo y alejar el punto de caída de la curva de potencia.

La sobrealimentación permite, pues, obtener más potencia para una cilindrada dada. Este ha sido su papel en los extraordinarios motores Rolls Royce de la última copa Schneider.

Pero una función más importante, tratándose de motores de aviación, es el restablecimiento de la potencia a grandes altitudes. En efecto, la aviación futura en primer lugar y la orientación de la técnica de los transportes aéreos hacia la fórmula de aviones estratosféricos en segundo término, exigen aparatos de *performances* elevadas a gran altura. Pero estas *performances* no son realizables si el motor no conserva una potencia suficiente a la altura de utilización.

El peso específico del aire γ disminuye con la altura, y la potencia N del motor depende de este peso específico

$$N = z (N_0 \gamma) \propto N_0 \frac{\gamma}{\gamma_0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \quad [1].$$

Siendo N la potencia del motor a la altura en que el peso específico del aire es γ , N_0 y γ_0 son, respectivamente, la potencia y peso específico del aire a nivel del mar; n y n_0 son el número de vueltas a las alturas respectivas.

Si el número de vueltas es constante, se obtiene:

$$N = N_0 \frac{\gamma}{\gamma_0} \quad [2].$$

Esto hace que con la alimentación ordinaria la presión de admisión de aire disminuya muy de prisa. Un motor de este género sin compresor, desarrollando 600 cv. a ni-

vel del mar, no da más que 300 cv. a 5.800 metros y 150 a 11.000 metros.

La sobrealimentación cambia radicalmente este estado de cosas; los gráficos de las figuras 1 y 2 demuestran las

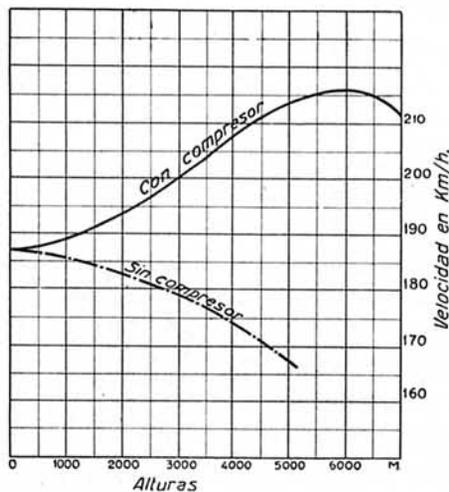


Fig. 1.

anteriores consideraciones. El gráfico (fig. 1) expresa la variación de la velocidad horizontal del vuelo con la altura. Las curvas se refieren a los ensayos comparados de dos Farman Goliath bimotores, uno con motores sobreali-

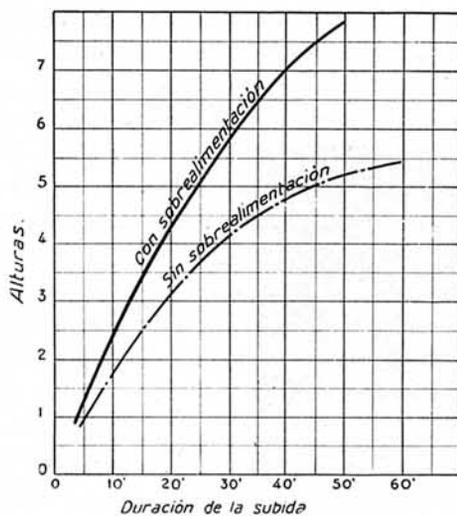


Fig. 2.

mentados y otro con motores normales, sin compresores. El gráfico (fig. 2) demuestra la influencia de la sobrealimentación en la velocidad ascensional.

Modelos de compresores actualmente en uso

El compresor centrífugo es el más (por no decir el único) empleado en los motores de aviación. Más adelante explicaremos la razón de esta preferencia. De momento recordaremos brevemente su fundamento.

Un compresor centrífugo se compone esencialmente de

una rueda de paletas, animada de un movimiento de rotación más o menos rápido en el interior de un cárter apropiado. El aire, o la mezcla gaseosa, es aspirado por una tubería de admisión dispuesta en el centro del compresor. La rueda arrastra el aire y lo impulsa por la fuerza centrífuga hacia la periferia. El aire comprimido se encuentra, pues, en el toro que envuelve el rotor y sale por un orificio establecido con este objeto.

La depresión se produce en la parte central de la rueda, provocando la aspiración del aire ambiente que es arrastrado por el rotor y lanzado a la tubería de salida. La eficiencia de la sobrealimentación depende de la relación de compresión, es decir, de la relación entre las presiones a la salida y a la entrada del compresor.

Veamos cómo se comporta, desde este punto de vista, el compresor centrífugo.

La presión de entrada puede ser considerada como constante a una altura determinada. En cuanto a la pre-

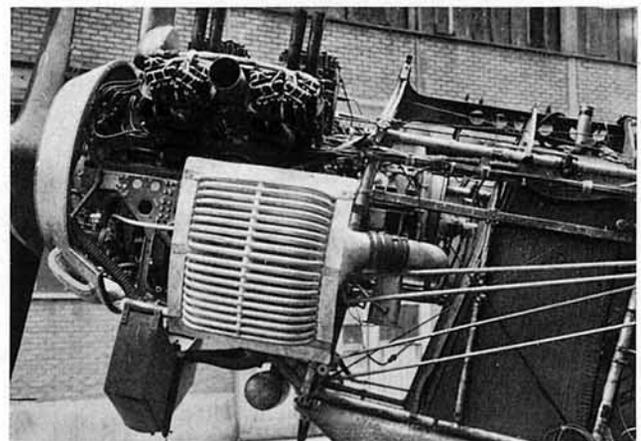


Fig. 3. — Compresor Rateau de mando mecánico, instalado sobre motor Farman 12 WE, 500 cv.

sión a la salida, depende de la velocidad periférica del rotor, pues para un diámetro dado de la rueda se puede hacer variar la presión aumentando su velocidad de rotación.

Examinemos la realización práctica de un compresor centrífugo. La figura 3 muestra un compresor de mando mecánico Rateau. Se compone de tres partes:

1.º El compresor, propiamente dicho, formado por un rotor que gira a gran velocidad en el interior de una cámara apropiada y que produce cierto gasto de mezcla carburada o de aire a presión más o menos elevada. El aire penetra en el cárter de compresión por un orificio dispuesto en la parte central del sistema; por fuerza centrífuga es lanzado hacia el exterior del rotor con tanta más presión cuanto mayor sea la velocidad de la rueda.

El vacío que se produce en la parte central asegura la aspiración del aire. El aire comprimido penetra en el toro que envuelve al rotor y sale por los orificios mencionados anteriormente.

El gasto depende de la anchura de las palas del rotor.
 2.º El embrague para enlazar o independizar el motor y el compresor.

3.º La caja de velocidades, cuyo papel es multiplicador y permite con el sistema de embrague un arrastre progresivo, cualquiera que sea la rapidez de la maniobra. La

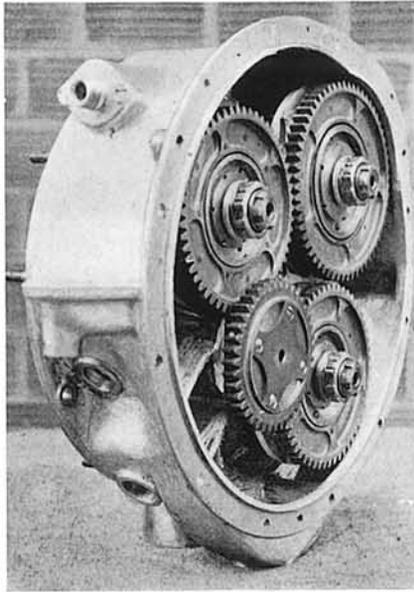


Fig. 4. - Caja de velocidades del compresor centrífugo Farman.

figura 4 muestra una vista de la caja de velocidades del compresor centrífugo Farman. El grupo embrague y caja de velocidades constituyen un elemento importante del compresor centrífugo. En efecto, no es posible pensar en embragues ordinarios, tipo automóvil, para enlazar piezas, cuyas diferencias de velocidades de rotación son del orden de 20.000 a 25.000 revoluciones por minuto; en este caso, se utilizan embragues centrífugos en que la presión de apoyo que permite el arrastre crece como el par necesario para este arrastre, es decir, como el cuadrado de la velocidad.

La figura 5 es un corte esquemático de un compresor basado en un principio totalmente diferente:

Este es un compresor volumétrico Roots; el estudio experimental de este tipo de compresor ha sido particularmente estudiado en América y especialmente por la N. A. C. A., que ha examinado metódicamente sus características comparándolas con las de un compresor centrífugo.

En la construcción automóvil, los compresores Roots han encontrado partidarios entre constructores de gran renombre, como Bugatti, en Francia, y Mercedes-Benz, en Alemania.

No se conocen más que realizaciones experimentales en lo que concierne a los motores de aviación. El compresor Roots se compone de dos móviles de forma especial

(fig. 5), que giran en sentido inverso en un cárter apropiado, provisto, generalmente, de aletas de enfriamiento; 1, es la entrada de aire y de mezcla; 2, es la salida. El compresor da cuatro pulsaciones de compresión por vuelta completa de los dos móviles. Contrariamente a lo que ocurre con un compresor centrífugo, el aumento de la velocidad de rotación del compresor no aumenta más que el gasto, la presión permanece sensiblemente constante.

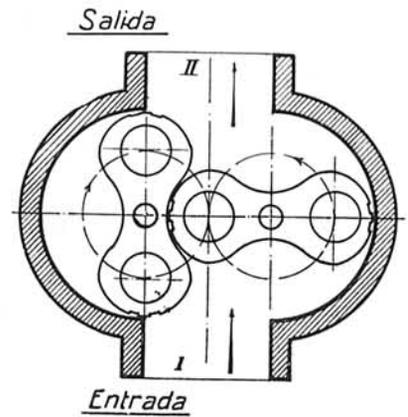


Fig. 5. - Compresor Roots.

La comparación entre los dos compresores, prueba que el compresor centrífugo no es ventajoso sin la condición de que su régimen de utilización sea casi constante. Si el motor ha de funcionar a regímenes muy variables este compresor no producirá la sobrealimentación efectiva más que a regímenes elevados, o si se regula la alimentación para utilizarlo a bajo régimen, el motor se descebará a regímenes elevados.

En los motores de aviación, cuyos regímenes de utilización normales son sensiblemente constantes, y en donde se trata de compensar, por la sobrealimentación, la pérdida de carga debida a la disminución de densidad del aire por la altitud, el compresor centrífugo es superior al compresor volumétrico tipo Roots.

Por el contrario, montado sobre un motor de automóvil, que puede funcionar a regímenes variados en todo momento, este último se muestra superior al compresor centrífugo.

Por esta razón, en el automóvil se emplea preferentemente el compresor volumétrico, en tanto que en los motores de aviación, el centrífugo.

En lo que concierne a los compresores excéntricos, tipo «Powerplus», la falta de experiencia sistemática hace difícil la precisión de su valor práctico. En todo caso, como el Roots, este compresor, igualmente volumétrico, parece apropiado de momento al automóvil, en donde se adapta muy bien, asegurando una regularidad de presión suficiente para una gama de regímenes de utilización muy extensa.

¿Cuáles son las características de un buen compresor centrífugo moderno para aviación?

- 1.º Debe ser tan ligero, compacto y seguro como sea posible.
- 2.º Debe ser desembragable. En efecto, el compresor de aviación servirá para restablecer la presión atmosférica

en la admisión; no debe intervenir a baja altura, salvo en el caso en que desempeñe al mismo tiempo el papel de mezclador. En este caso particular, su velocidad de rotación debe ser apropiada a esta función.

3.º Debe poseer un sistema de cambios de velocidades, porque la relación de compresión debe variar con la altitud. Como esta relación depende, como hemos visto, para un compresor dado, de la velocidad de rotación, ésta debe ser variable.

Para el mando de los compresores de aviación se usan dos sistemas: 1.º El mando mecánico, que es el más utilizado actualmente. 2.º El mando por una turbina, accionada por gases de escape. Por razones prácticas, la primera solución cuenta con la aprobación de la mayoría de los especialistas, por lo menos actualmente.

La brevedad de este trabajo nos impide hacer un estudio comparativo de los dos sistemas de accionamiento.

El porvenir de la sobrealimentación

La sobrealimentación parece ser la fórmula del porvenir, mientras el motor de expulsión o de combustión sea el elemento activo del grupo motopropulsor de aviación.

La técnica aeronáutica se orienta en este momento hacia la superaviación, es decir, aviación a gran velocidad, a gran altura, o, como se le llama ahora, aviación estratosférica.

Las mayores dificultades que se encuentran en este sentido son debidas al grupo motopropulsor. La única solu-

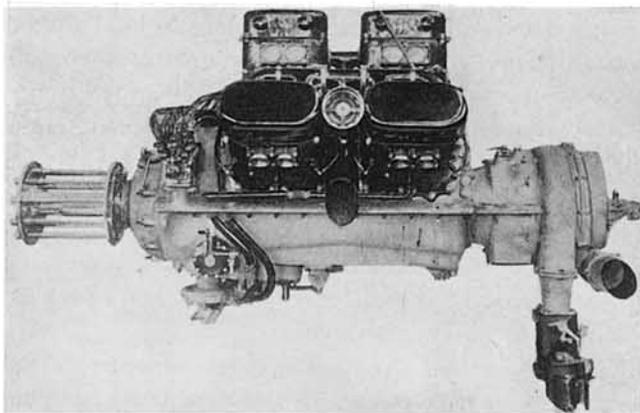


Fig. 6. — Motor Farman 12 WE, equipado con compresor de mando mecánico Rateau. Potencia del grupo, 520 cv. a 5.500 metros de altura.

ción que se presenta es el empleo de compresores. La técnica de la aviación estratosférica es la de los motores sobrealimentados, llevados a un límite muy lejano.

¿Qué forma toma la sobrealimentación en este caso?

El examen de algunos aviones estratosféricos, actualmente terminados o en vía de acabarse, dan una respuesta concreta a esta cuestión.

El avión estratosférico «Guerchais», provisto de un motor Lorraine-Orion de 700 cv., equipado con un compre-

sor centrífugo, tipo especial, construido por la Sociedad Suiza Brown Boveri. Este compresor es de tres escalones, gira a 12.500 revoluciones por minuto y pesa unos 80 kilogramos. No obstante su pequeña velocidad, restablece la presión hasta a 7.000 metros de altura, por lo que

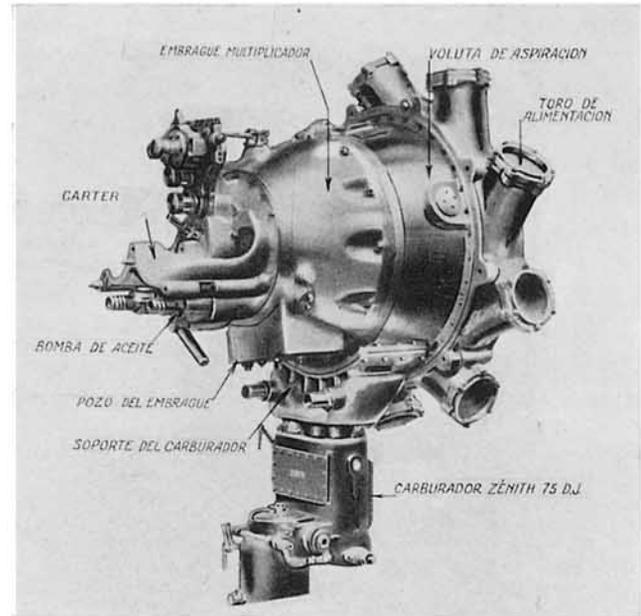


Fig. 7. — Compresor de mando mecánico para motor en estrella Siemens & Halske de 420 cv.

espera Guerchais obtener una velocidad de 337 kilómetros por hora en el suelo; 400 kilómetros, a 7.000 metros, y 324, a 15.000 metros, con su avión de 2.500 kilogramos de peso total y 45 metros cuadrados de superficie sustentadora.

El compresor lleva un sistema especial de embrague, que fué objeto de estudios muy detallados.

El avión estratosférico Farman-Waseige, que debe realizar sus primeros vuelos cuando escribimos estas líneas, está equipado de un motor Farman invertido, de 350 cv. 8 cilindros en V, enfriado por agua.

Este motor va equipado con tres compresores centrífugos, de mando mecánico desembragable, que giran a 25.000 revoluciones por minuto.

Los tres compresores funcionan en serie, permitiendo restablecer la presión atmosférica hasta 15.000 y 17.000 metros de altura.

Las compresiones sucesivas aumentan sensiblemente la temperatura del aire, por lo cual existen radiadores entre la salida de cada compresor y la entrada al siguiente. Estos radiadores son del tipo tubular de aluminio.

La potencia absorbida por cada uno de los compresores es de unos 60 cv. En la partida, todos los compresores permanecen inactivos. A los 5.000 metros entra en acción el primer compresor; más tarde, a medida que la densidad del aire disminuye, entran sucesivamente en servicio los otros dos compresores.