

Los termopropulsores de flujo continuo

Por A. RUEDA URETA
Coronel de Aviación.

(ESTATORREACTORES "RAM-JETS")

Hoy queremos ocuparnos de un tipo determinado de propulsores entre los "de reacción"; nos vamos a referir concretamente a los autorreactores, y entre ellos, en especial, al "termoestato".

Primero procedamos a situarlos exactamente dentro de la clasificación genérica de "motores de reacción".

Todo motor del nuevo tipo de acción continua o reacción debe considerarse formando una familia aparte de aquellos clásicos de pistón y cuatro tiempos.

Todos los nuevos motores de acción continua son en realidad "reactores", en cuanto a una designación genérica, y también todos son, propiamente dicho, "motores de chorro", pues su funcionamiento depende de la acción de un chorro continuo de fluido, sea pasando a través de una turbina que acciona a un compresor, sea sin turbina ni compresor. Incluso el "cohete" es un elemento de acción continua.

Pero a fin de ir concretando más, dentro de las denominaciones genéricas, se ha preferido reservar ciertas denominaciones para unos determinados tipos, y lo que importa es que las denominaciones sean lo más apropiadas posible a cada nueva subdivisión.

Se reserva "cohete" para el elemento de impulsión que puede funcionar fuera de la atmósfera terrestre sin necesidad de tomar

de ésta el comburente que, combinado con el combustible, permitirá el funcionamiento. Caracteriza, pues, al cohete el comportar el combustible y el comburente y la propiedad exclusiva de poder funcionar fuera de la atmósfera. Sus principales esclavitudes son, en cambio, el mucho mayor peso al despegue y el muy poco tiempo de funcionamiento, por consumir enormes cantidades de combustible por segundo. El complemento práctico para el alcance es su enorme velocidad y la "iono-altura" alcanzada, que a su vez se transforma en mayor velocidad y mayor alcance.

Todo motor que no pueda actuar fuera de la atmósfera no puede con propiedad llamarse "cohete".

Para los motores que no son cohetes se reserva el nombre genérico de "motores de chorro". Sinónimo de él es la denominación genérica de "reactores" (o motores de reacción).

El "termoestato", de que hoy nos ocupamos especialmente, es un reactor, pero no un motor cohete, pues necesita expresamente del aire de la atmósfera terrestre, no sólo para tomar de él su elemento comburente (el oxígeno), sino para lograr que el viento de la marcha provoque en su interior una autocompresión gracias a un efecto de golpe de ariete que se conoce con el nombre de

"efecto-ram", el cual es asimismo principio fundamental del funcionamiento continuo de este tipo de motor.

Hay, pues, en él una acción continua de admisión, de compresión, de elevación de temperatura, de explosión y de expulsión. La admisión, la compresión y la elevación automática de la temperatura, como asimismo la expulsión, todo corre a cargo del propio aire de la marcha del avión. De aquí que nunca funcionaría fuera de la atmósfera y el por qué, a pesar de haber sido concebido hace mucho tiempo, que no pudiese pasar a utilización práctica en los aviones mientras éstos tenían velocidades máximas inferiores a 400 kilómetros hora, pues no podía producirse entonces el fenómeno del "efecto-ram" y no se iniciaba ese ciclo continuo que caracteriza al automatismo de este tipo de motor.

Los reactores, en general, se dividen en dos grandes grupos: "turborreactores" y "autorreactores". Son turborreactores los que llevan turbina y compresor; la existen-

cia de la turbina va ligada siempre a la necesidad de lograr una sobrecompresión y, por tanto, a la existencia del compresor. Son motores que no fían al "efecto-ram" la compresión; por ello son motores con vistas a una relativamente menor velocidad. Los autorreactores, en cambio, van ligados a la idea de una alta velocidad y una autocompresión por "efecto-ram".

Los turborreactores pueden, además del compresor, llevar hélice, movida también por la turbina, y emplean parte de su chorro como en el motor turborreactor sin hélice; para diferenciarlos se aceptó el llamar al turborreactor con hélice "turbopropulsor" y reservar la denominación de "turborreactor" para el que lleva compresor (para eso la turbina) pero no lleva hélice, y en éstos todo su efecto depende del chorro. Los ingleses los llaman "turbo-propeller" y "turbo-jet", respectivamente.

Aclaremos con un cuadro lo dicho hasta ahora y veamos cómo se va clasificando el estatorreactor o termoestato:

Cohetes.....	{	Pueden funcionar fuera de la atmósfera.....	}	Combustibles sólidos.
	{	Comportan el combustible y el comburente.....	}	Combustibles líquidos.
Reactores:	{	Turborreactores:	{	Con hélice = turbopropulsor ("turbo-propeller").
No pueden funcionar fuera de la atmósfera.	{	Llevan turbina y compresor.	}	Sin hélice = turborreactor ("turbo-jet").
Comportan solamente el combustible; el comburente (oxígeno) lo toman de la atmósfera.	{	Termorreactores:	{	Pulsorreactores:
Sus combustibles son siempre líquidos.	{	Sin turbina ni compresor.	{	Con válvulas anteriores; son en realidad motores de dos tiempos; con cámara de explosión de volumen constante y presión variable; su acción, intermitente, rapidísima.
	{	También se les llama autorreactores.	{	Denominados "pulse-jet" por los anglosajones.
	{		{	Termoestatos:
	{		{	De acción verdaderamente continua; el más perfecto y elemental; con cámara de explosión de volumen variable y presión constante.
	{		{	Denominados por los ingleses "ram-jet" y por los americanos "athodyd".

Vemos clasificados los termoestatos como autorreactores o termorreactores, pues funcionan sin turbina ni compresor, por el propio "efecto-ram", automáticamente. Y, dentro de esa denominación genérica, nos referimos especialmente al termoestato, queriendo con ello dar a entender que dentro de él, durante su funcionamiento, no se efectúa ningún movimiento mecánico de ninguna pieza; y en efecto así es. Entra el aire por delante, se provoca con el "efecto-ram" la compresión y la explosión y sale el chorro por detrás en forma continua.

Tanto el termoestato como aquel otro que hemos señalado en el cuadro con el nombre de "pulsorreactor", son ambos autorreactores, por funcionar exclusivamente bajo el "efecto-ram", producido por la fuerza del viento de la marcha, sin intervención del compresor, y por tanto, sin turbina.

Pero el pulsorreactor lleva unas valvulillas tapando la entrada anterior del aire, que cuando se efectúa la explosión dentro de la cámara se cierran automáticamente (por ser en ese instante la presión interior superior a la fuerza exterior del viento de la propia marcha), y una vez efectuado el escape, la presión interior decrece y el viento exterior de la marcha supera y abre automáticamente las valvulillas, provocando, por "efecto-ram", una nueva compresión y una nueva explosión. Así, en ciclo continuo de dos tiempos, se efectúa el funcionamiento intermitente, a razón de 50 pulsaciones por segundo.

Aparece, pues, el pulsorreactor como un motor de dos tiempos, sencillísimo y automático; pero, propiamente dicho, no se le podría llamar "de acción continua". Sin embargo, ese ciclo de dos tiempos completos, que se efectúa a razón de 50 pulsaciones por segundo, es tan rápido, que permite considerar al chorro producido como una acción continua, pues las intermitencias prácticamente no se notan. A su vez, se comprenderá lo apropiada que es la denominación de "pulsorreactor", pues realmente el funcionamiento de las valvulillas es una pulsación rapidísima.

No se puede emplear el pulsorreactor en aviones pilotados, porque produce una ho-

rrible trepidación, que no puede resistirse físicamente por el piloto, y que desajustaría todo el avión a las tres o cuatro horas de funcionamiento. En cambio, por su sencillez, es muy apropiado para ingenios volantes auto o teledirigidos que no pasen de cierta velocidad. La V-1 lo llevaba.

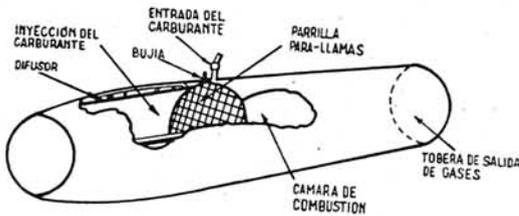
Decimos que no pasen de cierta velocidad porque con el aumento de velocidad aumenta la exigencia de la autocompresión y aumenta la vibración. Esto pondría en peligro el buen funcionamiento del mecanismo de autopilotaje o teledirección. Esta causa limitaba la velocidad de la V-1 y la hacía fácilmente interceptable y destructible por la artillería antiaérea y por la caza, que la superaba en velocidad (la V-1 sólo alcanzaba unos 500 kilómetros hora escasos).

Aquellas valvulillas que abren y cierran intermitentemente la parte anterior de la cámara de explosión en los pulsorreactores hacen que a su cámara de explosión la podamos considerar como de volumen constante y presión variable.

En cambio, el termoestato no lleva ni siquiera esas valvulillas anteriores. Está abierto por delante, constituido sintéticamente por un túnel, dentro del cual no hay nada más que su hechura (divergente, cilíndrica y, finalmente, convergente), que eleva la presión y la temperatura del fluido por el "efecto-ram", y como está abierto también por detrás, permite la salida continua del chorro. Al paso del aire se le inyecta el carburante, y existe una bujía de ignición en pleno cauce, siempre encendida.

No puede darse mayor sencillez ni más completa ausencia de elementos mecánicos que el que se da en el termoestato. Todo se verifica en él bajo el efecto del propio viento de la marcha, que comprime, hace de tapadera anterior (que cede hacia adelante al efectuarse la explosión y aumentar la presión y vuelve a entrar hacia atrás al efectuarse el escape y disminuir la presión). Su cámara de explosión, en cierto modo, puede considerarse como una cámara de presión constante y volumen variable (exactamente, lo inverso de lo que dijimos para el pulsorreactor), y el fenómeno es perfectamente continuo y no intermitente.

El termoestato carece totalmente de trepidación, hasta el extremo de que habrá que colocar en el cuadro de indicadores de a bordo un trepidador, para que las agujas de los relojes no parezca que se han quedado pegadas.



Esquema de un termoestato.

El termoestato es el motor más elemental y al mismo tiempo más perfecto entre todos los de acción continua. Su inconveniente radica en que es tanto menos económico cuanto más bajo se efectúe el vuelo y cuanto más reducida sea la velocidad, pues su consumo relativo, en estos casos, aumenta enormemente. Para dar una idea de lo que sería tener que esperar turno para aterrizar o volver a intentar una toma de tierra que no haya salido bien al primer intento, diremos, como dato, que una vuelta al campo en vuelo bajo y a régimen de velocidad reducida significa un consumo de 100 litros de gasolina. No hay, pues, posibilidad de hacer con garantía un cálculo de consumo para un vuelo en que puedan presentarse incidencias que varíen la altura de vuelo y la toma de tierra sin espera.

El hecho de que en estos motores autorreactores (y en especial en el termoestato, que hoy consideramos con preferencia) no haya, en su funcionamiento, nada propiamente dicho mecánico, sino solamente fenómenos de termodinámica, ha motivado que con mucha propiedad, y para poner esta cualidad de relieve, se suela, con bastante insistencia y aceptación, denominarlos "termorreactores", en genérico, y el que consideramos; "termoestato".

He aquí diversas denominaciones de los termoestatos:

a) Tobera termopropulsora, en Francia.

b) Estatorreactor, en Francia.

c) Tobera Loring termodinámica, en Alemania.

d) "Athodyd (Aero - Thermo - Dinamic - Duct), en Estados Unidos.

e) "Ram-jet" (reacción automecánica-impulsión), en Inglaterra.

Veamos un extracto de lo que a este respecto decía un artículo de *Science et Vie*:

"Sus principios en Francia fueron expuestos por la primera vez en 1913, por el ingeniero francés René Loring, y después, en 1914, por el ingeniero italiano Crocco."

"Pero, como hemos visto, su automatismo no se logra hasta que se ha efectuado el fenómeno o "efecto-ram" de la autocompresión y autoexplosión; y ese efecto no se produce sino por el viento de la marcha a altas velocidades. Exige, pues el estatorreactor un lanzamiento desde otro avión, o con cohetes o catapulta, que lo coloquen inicialmente por cima de los 310 kilómetros (mínimo del "efecto-ram"), y a ser posible, para asegurar el buen funcionamiento, por encima de los 400 kilómetros inicialmente."

"Las V-1 exigían repetir su lanzamiento con catapulta en un 27 por 100 de lanzamientos fallidos, y en un 14 por 100 fracasaba totalmente, con efectos catastróficos en la base de lanzamiento."

"En su estado de quietud, el estatorreactor es, pues, inicialmente inerte. Su puesta en marcha, en tierra quieto (y aun si se parase en vuelo), es problema de enorme dificultad, no resuelto todavía."

"Pero podemos suponer que resuelto el problema de su puesta en marcha inicial, y dado lo económico de su rendimiento (en proporción a la velocidad que rinde) para vuelos estratosféricos y supersónicos, el estatorreactor suplantará en ese terreno al turboreactor sin duda alguna, es decir, a partir de los 1.200 kilómetros hora y los 12.000 metros de cota de vuelo."

"He aquí una síntesis del funcionamiento termodinámico del estatorreactor, que no aspira más que a un concepto de vulgarización y no a una exactitud científica. El aire penetra por la boca anterior de esta tobera que

constituye el cuerpo del motor a enorme velocidad, porque el móvil va a enorme velocidad de vuelo; se mete por el conducto central, que tiene forma de tubo divergente, por lo cual, al aumentar el aforo, la velocidad de paso disminuye, debiendo quedar la potencia constante; de lo cual se deduce que la energía cinética se transforma en energía potencial bajo la forma de presión (o compresión). Un combustible que lleva el móvil es inyectado entonces en ese aire autocomprimido, y como la compresión, al aumentar, eleva la temperatura de la mezcla carburante, se provoca la explosión en una cámara sensiblemente cilíndrica, que constituye la segunda parte de la tobera; la masa de gas (fluido), llevado a tan alta temperatura, se escapa entonces hacia atrás, a través de una tobera convergente. Por un fenómeno termodinámico, inverso del anterior, su energía cinética crece al disminuir el aforo de la tobera de salida, y el gas es, finalmente, expulsado (o eyectado) hacia atrás a una velocidad muy superior a la que poseía cuando entró por la boca anterior del estatorreactor sólo por efecto de la marcha o vuelo; esa diferencia o desnivel de velocidad o energía cinética equivale al poder calórico del combustible quemado y es la fuente que, por reacción, provoca el empuje que actuará como propulsión de esta máquina termodinámica."

La construcción de la tobera no puede ser más simple. No tiene rotores ni cojinetes que engrasar y no habrá trepidación ninguna.

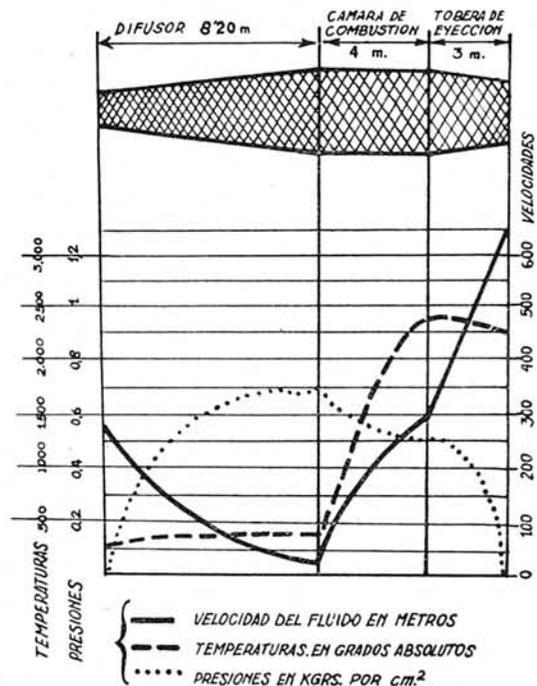
El peso puede suponerse que variará de 20 a 50 gramos por caballo hora, en vez de los 100 gramos de un turborreactor.

Los combustibles pueden ser: gasolina, petróleo o cualquier hidrocarburo pesado (gas-oil), o pólvoras o derivados metálicos alcoholizados.

No tiene (en el efecto dinámico de impulsión del chorro) ninguna pérdida a otros efectos; el turborreactor tiene la pérdida de mover la turbina y el compresor, por lo cual (si además lleva hélice) sólo $2/5$ quedan utilizados por el chorro; lo que absorbe el compresor se pierde, y el resto lo absorbe la turbina y la hélice (unos $3/5$).

Entre los inconvenientes del termoestato debe ponerse muy especialmente de relieve

que la compresión no pasa de dos atmósferas, y eso cuando el aire entra a la velocidad del sonido; mientras que con el compresor axial de un turborreactor se llega a seis atmósferas. De aquí el pésimo rendimiento y la mala economía (por mucho consumo de combustible) del termoestato a velocidades pequeñas y medias.



Como la combustión debe verificarse íntegramente (dentro de la cámara de combustión, en el escaso tiempo del paso del fluido a través de ella), para que se reduzcan al mínimo las pérdidas del combustible no quemado que no haya entregado toda su energía; y como ese paso del fluido por la cámara de explosión oscila entre $1/10$ y $1/100$ de segundo, según los regímenes o velocidades de vuelo, la mezcla del aire y del combustible debe ser rapidísima, lo que lleva a aumentar enormemente el número de inyectores y a aumentar la temperatura de combustión (hasta 1.800 ó 2.000° C), límite máximo que se considera soportable prácticamente por los materiales de que está construída la cámara de combustión de un termoestato (temperatura que no resistirían las aletas de la turbina de un turborreactor). Se aumenta fácilmente la temperatura dismi-

nuyendo la admisión del aire; pero se ha comprobado que esto tiene un límite, por encima del cual el rendimiento del termoestato disminuye al elevarse demasiado la temperatura de la cámara de combustión.

Como no funciona el motor con el avión parado en tierra (es inerte), los ensayos y pruebas de los termoestatos sólo pueden hacerse en túnel aerodinámico de alta velocidad, o en vuelo, instalándolos en un avión que lleve además otros motores.

Como no posee el termoestato ningún elemento mecánico móvil que sea aprovechable para la bomba de inyección del combustible y para alimentar los accesorios diversos del avión (eléctricos e hidráulicos), se necesita emplear otro pequeño motor auxiliar.

El rendimiento del termoestato, ya hemos dicho que no se muestra práctico y económico más que en el dominio de las velocidades supersónicas, ya que la compresión depende de esas grandes velocidades, y solamente entonces es favorable *la relación de la energía efectivamente utilizada a la energía liberada por la combustión del carburante*. Sólo por encima del número 1 de Mach se logra, penosamente, las 1,8 o las 2 atmósferas de compresión; bien débil, por cierto, es esta compresión.

Otra característica del termoestato es que su impulso y rendimiento aumentan en proporción al cuadrado de la velocidad lograda. Mientras que en un motor cohete y en un turboreactor (que nada o casi nada se influyen de esa velocidad) sus rendimientos son, práctica y sencillamente, independientes de la velocidad creciente adquirida.

La potencia equivalente del termoestato (que en quietud es cero) aumenta en relación al cubo de la velocidad adquirida en vuelo: a los 1.000 kilómetros hora (próximo al suelo), el impulso puede llegar a 3.000 kilogramos por metro cuadrado de sección de corte, y la potencia es equivalente a 10.000 caballos hora por metro cuadrado, siendo entonces 4,3 kilogramos por hora y por kilogramo de impulso el consumo específico.

Para una velocidad dada, el impulso del termoestato disminuye con la altura, por ser proporcional a la densidad del aire. Pero esta disminución viene muy compensada por el

aumento de velocidad que se logra en las cotas altas al disminuir la resistencia al avance; la cual resistencia es proporcional a esa misma densidad del aire.

El consumo de combustible disminuye con la altura, porque es proporcional a la masa de aire admitida. Por lo cual, el radio de acción aumenta también con la altura de vuelo, ya que se podrá volar a la misma velocidad con un consumo menor.

En las velocidades supersónicas.

Veamos ahora ciertos fenómenos que se provocan cuando un termoestato consigue llevar el avión al orden de las velocidades transónicas y supersónicas (número de Mach=1 y mayor de 1).

Entonces se forma en el difusor de entrada *la onda de choque* clásica de estas velocidades (a esta onda es en realidad a lo que llaman *barrera sónica*). Queremos recordar algunas nociones respecto a esta onda de choque.

Ya sabemos que la onda de choque está constituida como frontera o separación entre dos regiones del aire removido por el paso del avión supersónico: una región de enrarecimiento y otra de sobrepresión. El aire, al resbalar por las superficies del avión, no puede hacerlo al principio a la misma velocidad hacia atrás que el avión lleva hacia adelante, sino que, en cierto modo, queda un poco adherido a las superficies y frenado en su deslizamiento. Si el avión lleva, por ejemplo, una velocidad igual a la del sonido (núm. de Mach = $\frac{\text{velocidad avión}}{\text{velocidad sonido}} = 1$), el aire en la parte anterior del fuselaje y de las alas, al adherirse un poco a las superficies, se deslizará hacia atrás con una velocidad *subsónica* (número de Mach menor de 1); pero como el aire no queda adherido indefinidamente a las superficies, y para buscar su mismo anterior equilibrio (anterior al paso del avión) tiene en definitiva que escapar por el borde de salida y la parte posterior del fuselaje y del empenaje con la misma velocidad que lleva el avión (en el caso que consideramos de número de Mach=1, a la velocidad del sonido), se produce entre ambas zonas del aire (la de entrada y la de salida) un desnivel por enrarecimiento, en cuya zona el aire lleva pri-

mero menos velocidad que el sonido, y luego el aire, para recuperar la velocidad perdida y volver al número de Mach=1, tiene que deslizarse a más de la velocidad del sonido. En seguida, al recuperar el equilibrio y alcanzar la zona de velocidad de salida, hay un rápido frenazo, que es lo que provoca la llamada "onda de choque".

El lugar en que se forma esta onda de choque se sitúa en el perfil del ala sustentadora y en el perfil del empenaje, tanto más hacia atrás cuanto más elevada es la velocidad. En el momento de llegar al número de Mach=1 se encuentra en tal situación la onda de choque (en los perfiles clásicos), que puede destrozar el ala si la infraestructura no es muy fuerte, y retrasa enormemente el punto de presión sustentadora, lo que equivale a adelantar el centro de gravedad, y el avión pica con tal intensidad que pueden resultar impotentes los mandos de profundidad para levantar el morro del avión. Al mismo tiempo, la onda de choque, en el empenaje, está haciendo el efecto de elevar la cola y dejar inútiles los mandos de profundidad.

Un poco más allá de esa velocidad *sónica* (número de Mach mayor que 1) desaparecen otra vez esos fenómenos, por haberse retrasado más todavía la onda de choque y haberse salido ya fuera del ala por la parte posterior y también haberse salido del empenaje por su parte posterior. Hay, pues, una zona y unos momentos de peligro (por picar el avión y perderse los mandos) al atravesar la llamada "barrera sónica"; luego se normaliza todo otra vez en las velocidades supersónicas (si la estructura del avión ha resistido).

Así como se forma esa onda de choque en las superficies sustentadoras, así también se forma dentro del difusor del termoestato, marcando el paso del deslizamiento del aire del dominio supersónico al subsónico, con elevación simultánea de la presión y de la temperatura. El emplazamiento de esta onda de choque en el difusor influye y determina la presión en la cámara de combustión ("que es la máxima cuando la onda de choque está exactamente situada a la entrada del difusor").

Se consigue que la onda de choque se sitúe en un lugar conveniente (en las alas)

mediante los llamados "perfiles laminares" y las "alas en flecha". Y se consigue que la onda de choque se sitúe precisamente en la entrada del difusor del termoestato escogiendo previamente (para cada velocidad régimen de crucero) las debidas proporciones de la tobera y de la cámara de explosión.

La presencia de un "anillo" concéntrico en la tobera de admisión del termoestato favorece la localización deseada de aquella onda de choque en el mismo.

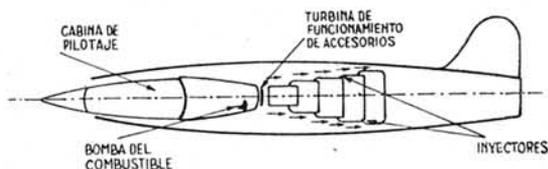
Como el termoestato es ligero de peso, por su sencillez de construcción y estructura, las exigencias de gran tamaño nunca serían un inconveniente grave.

Trabajos en Francia.

El avión Leduc 010.

Fué en 1933 (veinte años después de la tobera Loring, del cual él ignoraba los trabajos) que Leduc presentó de nuevo el principio de la tobera termopropulsora, la cual por las velocidades ya conquistadas, estaba la Aviación ya en condiciones de poderla utilizar y poderse interesar por ella.

En 1939 inició la construcción de un avión con este tipo de motor, cuya construcción fué interrumpida por la invasión alemana en 1940.



El modelo Leduc consiste esencialmente en un tubo de tres partes distintas: la primera, divergente; la segunda, sensiblemente cilíndrica, y la tercera, convergente. En la primera parte está la cabina estancia biplaza, de la cual la parte superior delantera emerge ligeramente en forma de parabrisa. Con excepción de la cabina, la envengadura sustentadora y el tren escamoteable, podría decirse que el avión está constituido prácticamente por el órgano propulsor mismo. En caso de avería o peligro en vuelo, toda la cabina estancia es proyectada fuera y desciende sostenida por tres paracaídas.

El peso en vacío del "Leduc" es de 1.700

kilogramos, y el peso total de 2.800 kilogramos, siendo la superficie de sustentación de 16 metros cuadrados.

En 1947 fué lanzado desde un "Langue-doc 161", y efectuó su prueba de planeo, y se cree que pronto el "Leduc-010" hará pruebas, utilizando, efectivamente, su propia potencia impulsora (su estatorreactor).

Proyectos alemanes con termoestatos.

Los alemanes decidieron equipar con termoestato los aviones de caza de interceptación del final de la guerra. Dado el enorme consumo y poca duración de vuelo, pero con su enorme velocidad y rápida subida, los termoestatos son especialmente indicados para las misiones de interceptación. Se estudiaron especialmente montados sobre aviones "Dornier", que en vuelo sustituían al túnel aerodinámico. En seguida se decidió construir prototipos equipados con termoestatos, de grandes dimensiones (longitudes de 15 metros y diámetros de 2,40 metros), que deberían desarrollar potencias de 60.000 cv. a 1.100 kilómetros hora. Pero los bombardeos aliados y el final de la guerra impidieron la realización.

Un proyecto alemán era el caza "Focke-Wulf", con dos toberas Lorin, que encabeza este artículo.

Trabajos en los Estados Unidos de Norteamérica.

La Marquardt Aircraft Company, trabajando por cuenta de la Aviación de los Estados Unidos, ha logrado un motor termoestato de 3,35 metros de largo y 75 centímetros de diámetro, designado como "Marquardt C-30". Tiene un largo difusor de 1,50 metros, que precede a la cámara de combustión, de la cual está separado por una parrilla anti-retroceso (anti-llamas), destinada a impedir todo encendido prematuro de la mezcla, que es introducida por la extremidad del cono divergente anterior.

Al mismo tiempo que el "Marquardt C-30", ha estudiado otros pequeños termoestatos de 51 centímetros de diámetro, montados para su ensayo en los extremos de las alas de un Lockheed F-80 "Shooting Star", o sobre los North American "Mustang".

Por otra parte, el proyectil radioteledirigido Gorgon IV está propulsado por uno de estos pequeños estatorreactores.

Utilización en los helicópteros.

Se han instalado pequeños termoestatos en los extremos de las aspas del rotor de un helicóptero (el "Ariol" S. O. 1100), como asimismo se han ensayado en las aspas del rotor del helicóptero "Little Henry"; cada uno de estos pequeños reactores pesa unos 4,5 kilogramos.

Porvenir del termoestato (estatorreactor).

Combinado con el turborreactor podrá dar en un momento dado un suplemento de potencia para subir, alcanzar o escapar, a los aparatos de caza de interceptación. En ellos el problema de puesta en marcha, una vez en vuelo, estará resuelto, por ser aviones con velocidades de más de 500 kilómetros. Y el empleo del estatorreactor será durante un mínimo de tiempo, sólo en ocasiones de suma necesidad, quedando limitado el consumo.

También, para escapar a la caza, se podrá emplear combinado con turborreactores, en los aviones ultrarrápidos de bombardeo.

Su empleo en los proyectiles teledirigidos será preferible al cohete por su menor consumo, pero no podrá salirse de las capas elevadas de la estratosfera, por necesitar del aire para la combustión, y las velocidades logradas serán siempre menores que con *motores cohetes ionosféricos*.

También en los cazas parásitos, que podrán llevar los grandes aviones de bombardeo para su propia y circunstancial defensa, y allí estará asimismo resuelto el problema de puesta en marcha inicial, porque a la velocidad del avión nodriza se sumará la velocidad de picado en el momento de la suelta.

Y por último, parece que será preferido el termoestato en los helicópteros ligeros de corto radio de acción (enlaces de Puestos de Mando), pues serán preferibles a los pesados y complicados mecanismos que hoy implica el giro del rotor de un helicóptero clásico. Pero aquí está en incógnita el problema de puesta en marcha.

Por hoy, con lo dicho, consideramos que hemos pasado revista y puesto al día, en un modesto terreno de vulgarización, este interesante extremo del estado actual del termoestato (estatorreactor), el verdadero motor del porvenir por excelencia.