

LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA TÁCTICA

Por el Teniente JOAQUIN CHAPAPRIETA

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Cuántos no han oído esta frase: "Tal avión es mejor que tal otro." E inmediatamente la réplica: "Pero el otro vira más." Y así sucesivamente, "in crescendo", llegar a una discusión que inunda los pabellones de Oficiales en las horas de ocio. Esta discusión, que algunos no le dan importancia, tiene un interés extraordinario. Veamos el porqué.

Cuando una unidad aérea, en especial una unidad de caza, sale a efectuar un servicio, siempre lleva entre sus componentes un cierto número de pilotos no muy entrenados. Estos pilotos desconocen la potencia bélica de la aviación enemiga. Los primeros choques son, como si dijésemos, a ciegas. Se lucha sin saber cómo. No se saca de nuestro avión y de las circunstancias del combate todo el partido posible. Otra cosa sería si el piloto conociera a fondo las características de los aviones enemigos. No obstante, pasados varios encuentros, el piloto, si ha tenido la suerte de sobrevivir, conoce ya punto por punto a qué altura y qué maniobras son las precisas para conseguir una ventaja que le encamine a la victoria.

Por otra parte, el jefe de la unidad o el Mando superior debe también poder comparar las posibilidades tácticas de los diferentes tipos de aviones, tanto propios como enemigos. Si un Estado Mayor tuviera a su alcance en todo momento los datos necesarios para efectuar esta comparación, podrían desarrollarse los combates aéreos siguiendo principios similares a los combates navales. Cada unidad entraría sobre el objetivo a la altura óptima de utilización, desde el punto de vista combatiivo, y una vez comenzado el combate, cada avión efectuaría el tipo de maniobra que más conviniera, conocidas las características de la aviación enemiga.

Un ejemplo de la importancia de conocer desde el punto de vista técnico los aviones enemigos lo tenemos en nuestra pasada guerra. Todos sabíamos, más o menos, cómo se combatía a los I-16, llamados *Ratas*; pero fué a costa de pasar malos ratos en el aprendizaje. En los primeros combates que con ellos se hacían se luchaba con el corazón, no con la cabeza, y extrañaba que a diferentes alturas la manejabilidad variase. El motivo de esta anomalía se estudia en aerodinámica aplicada. Si observamos la fórmula que da el radio mínimo de viraje,

$$r_{\min} = \frac{2}{C_{L, \max} - C_L} \frac{w}{\rho g},$$

se ve que será mínimo cuanto mayor sea la diferencia $C_{L, \max} - C_L$; es decir, considerando aviones similares, se verificará cuando sea menor C_L , o sea cuando mayor es la velocidad, ya que ésta, a una altura dada, la obtenemos por la fórmula

$$V = \sqrt{\frac{2w}{\rho C_L}}$$

Por tanto, en el caso del *Rata*, como su altura de utilización es 2.000 metros, a esta cota tendremos su máximo de velocidad; es decir, alcanzará el radio su mínimo *minimorum*. Por el contrario, el *Fiat CR-32* tiene su altura de restablecimiento a 3.600, y por el mismo motivo a ella corresponde su óptima maniobrabilidad. A alturas inferiores la velocidad decrece, la diferencia $C_{L, \max} - C_L$ lo hará también, y el radio mínimo será mayor.

Como se ve, lo que a 3.600 metros podía ser una ventaja manifiesta, se convierte, para el *Fiat*, en alturas inferiores, si no en una situación de inferioridad, por lo menos en un caso más desfavorable en lo que a la manejabilidad en el combate se refiere. Cierto es que se llegó a ver esto, que la teoría nos enseña de una manera tan sencilla, pero fué a costa de pasar malos momentos.

No creo que sea machacar el repetir la importancia que tiene conocer técnicamente las posibilidades tácticas de los aviones enemigos.

Por otra parte, al proyectar un avión se hace barajando una serie de factores, que dan como resultado final unas características. Prescindimos de la velocidad mínima de aterrizaje, altura de restablecimiento, etc., que nos vienen impuestas por el concepto de seguridad y por el tipo de motor empleado. Unas y otras tendremos que fijarlas al empezar el proyecto. Desde el punto de vista puramente combatiivo pierden importancia, ya que al ser datos no tendremos más remedio que aceptar sus consecuencias. Pero existen otra serie de cualidades de gran importancia. Estas son: velocidad máxima horizontal, velocidad de subida, radio mínimo de viraje, techo, etc. El proyectista, en el cálculo, antepone en importancia unas a otras, y saca a la luz un nuevo tipo de avión. Ha llegado el momento del juicio. La crítica, si el avión se calculó tratando de conseguir una gran velocidad horizontal, dirá seguramente que sube poco. Si, por el contrario, se trató de hacer un avión con gran velocidad de subida, no dejarán de decir que tiene una velocidad inferior a la de los demás cazas del mundo. O bien, si el avión es rápido, alegarán que es poco manejable.

Pero, me pregunto yo: Un avión, en especial un caza, ¿por qué razón se puede juzgar como mejor o peor que otros? A mi manera de ver, faltan elementos de juicio para ello. Que sea el más veloz, que sea el más manejable o que sea el más rápido en la subida, no quiere decir nada. El caza es un avión complejo, en el que intervienen un sinnúmero de factores que definen su potencialidad táctica. Aparte de las que ya dijimos, influyen, entre otras, el armamento en sus dos manifestaciones: potencia y fijeza de tiro; la resistencia estructural; la visibilidad de la cabina del piloto; el blindaje y, en fin, una serie de circunstancias que no es necesario enumerar.

Un ejemplo de todo esto es la comparación del *Rata* con el *Fiat*. Aquél subía más y era más rápido que éste. Según los críticos de café, tenía que ser más eficaz el primero; pero que hubiesen ido a los cazadores nacionales a proponerles el cambio, y estoy seguro de que todos habrían dicho rotundamente que no.

De lo dicho se desprende, por tanto, que es necesario idear algo que nos permita comparar con cierta facilidad y un mínimo de precisión unos aviones con otros. Por una parte, para conocimiento de los usuarios; por otra, para orientación del proyectista. Es de importancia capital para éste saber en los primeros tanteos lo que ha de ser su engendro. A la vista de un resultado halagüeño, no importa lanzarse a tan monumental trabajo si se tiene el convencimiento de que con cierta probabilidad nuestro avión será, en una palabra, un caza.

Visto lo que antecede, tratemos de encontrar la manera de resolver el problema del modo más satisfactorio.

No pretendo en este artículo sentar una teoría; tampoco puedo dar a conocer los resultados de un estudio práctico. Nada más difícil como abordar el problema desde el punto de vista teórico; me atrevería a juzgarlo imposible. Tampoco es nada fácil el llegar a su resolución siguiendo un criterio práctico. Dadas las dificultades con que tropieza la estadística de la técnica aeronáutica española, por el momento no será posible llegar ni a resultados siquiera aproximados. Serían necesarios muchos años de trabajos estadísticos, efectuando a la vez comparaciones prácticas. El que esto escribe no ha podido disponer más que de unas modestas horas para esta obra. Por tanto, hago constar que sólo expongo la idea, la orientación de lo que podría ser la resolución de este problema. Es posible que mientras no se mejore se pueda utilizar el contenido de este trabajo como pauta comparativa de la potencialidad táctica de los diferentes tipos de cazas.

FACTOR DE MANIOBRABILIDAD O MANEJABILIDAD

Tratemos de encontrar un número que nos haga comparables en manejabilidad diferentes aviones.

Dos aviones tendrán la misma manejabilidad cuando viren con la misma velocidad angular. Según se desprende de la figura I, dos aviones, A y B, virarán lo mismo cuando se verifique

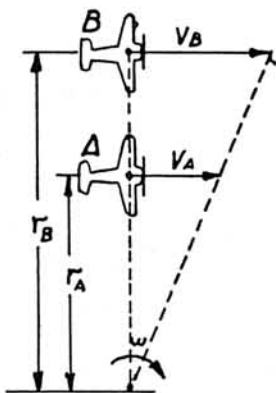


Fig. I

$$\frac{V_A}{r_{\min A}} = \frac{V_B}{r_{\min B}}$$

Definiremos el factor de maniobrabilidad F_M como la relación entre la velocidad máxima horizontal y el radio mínimo de viraje:

$$F_M = \frac{V_{\max}}{r_{\min}}$$

Dos aviones que tengan el mismo F_M tendrán la misma maniobrabilidad.

Como la V_{\max} y el r_{\min} varían con la altura, también

lo hará el factor F_M . Podremos representar en un gráfico F_M en función de la altura, tal como se representa en la figura II.

El punto P nos dará la máxima maniobrabilidad $F_{M\max}$, correspondiente a una altura h_1 , óptima de utilización desde este punto de vista.

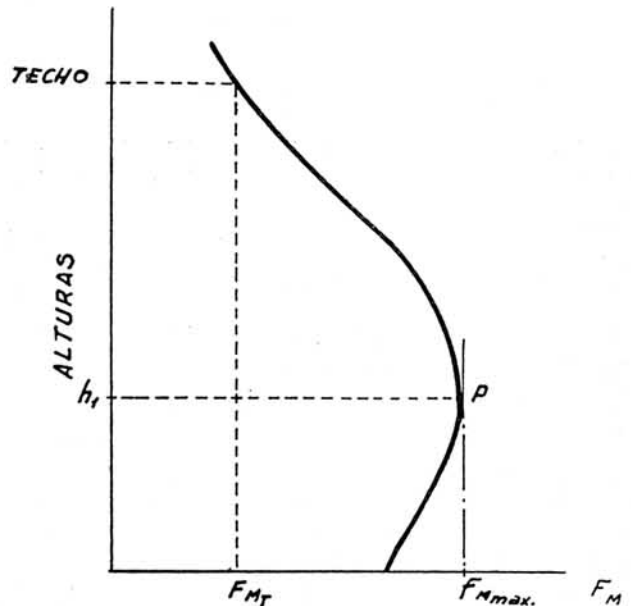


Fig. II.

Si queremos comparar dos aviones, superpondremos sus gráficos respectivos y nos quedará el resultante indicado en la figura III.

El área P nos dará idea de la superioridad maniobrera de un avión sobre otro entre las alturas h_2 y h_1 , mientras que la Q corresponde a una posición ventajosa del otro

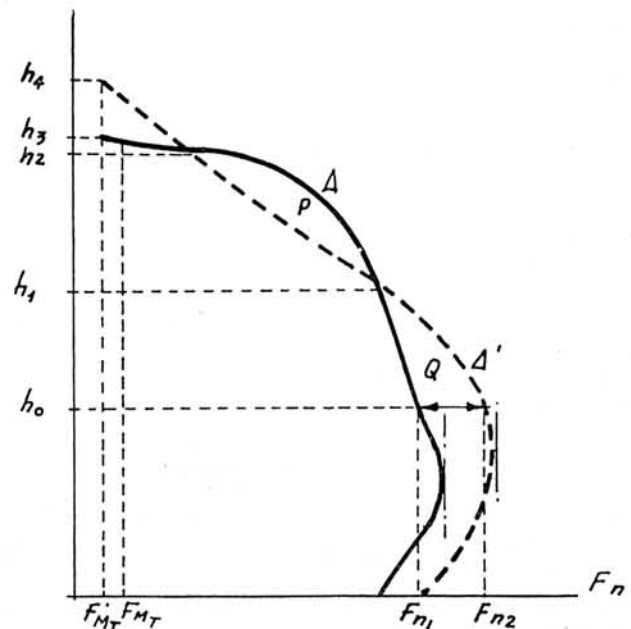


Fig. III.

avión. Para una altura dada, la diferencia de abscisas $F_{n_2} - F_{n_1}$ nos indica el exceso de maniobrabilidad de un avión sobre otro. Por tanto, siempre que las circunstancias lo permitan, deberá combatir a la altura en la cual la diferencia $F_{n_2} - F_{n_1}$ sea máxima.

FACTOR DE VELOCIDAD

Si resultó sencillo el caso anterior, la cuestión se complica al querer encerrar en un número la influencia que la velocidad, en cualquier trayectoria, tiene en la determinación de la potencialidad del avión. Tenemos que tener en cuenta varios tipos de velocidad, lo que hace menos fácil el problema.

Aceptemos que desde el punto de vista combatiivo son iguales dos aviones que subiendo a una cierta altura y bajando por una trayectoria a 45° hasta la cota de partida, efectúan el recorrido en el mismo tiempo. Tendremos una relación que será función de la velocidad de subida y de la velocidad de descenso en planeo con motor. Llamando t al tiempo total, h a la altura y e a la distancia recorrida sobre la trayectoria inclinada, tendremos:

$$t = \frac{h}{V_s} + \frac{e}{V}$$

Donde V_s es la velocidad de subida y V la velocidad de planeo con motor, que es función, a la vez, de la velocidad máxima, como veremos más tarde. Entre los caminos recorridos existe la siguiente relación:

$$e = \frac{h}{\text{sen } 45^\circ} = \sqrt{2} h$$

Si tomamos $h = 1$, la expresión tomará la forma

$$t = \frac{1}{V_s} + \frac{\sqrt{2}}{V} = \frac{V + \sqrt{2} V_s}{V_s V}$$

Definimos el factor de velocidad F_v como la inversa de este tiempo

$$F_v = \frac{1}{t} = \frac{V_s V}{V + \sqrt{2} V_s}$$

Dos aviones que tengan el mismo F_v efectúan el recorrido en el mismo tiempo, y podemos suponer que se encuentran, en lo que a velocidad se refiere, en idénticas condiciones combatiivas.

Podemos, como en el caso anterior, trazar los gráficos en función de la altura y sacar de ellos las consecuencias pertinentes.

FACTOR TOTAL O FACTOR DE CUALIDAD

Llegamos al punto álgido del problema. Tendríamos que realizar un largo y concienzudo trabajo estadístico-experimental para llegar a una fórmula suficientemente aproximada que nos relacione los factores F_v y F_M . No obstante, como no quiero dejar inacabado el desarrollo de esta idea, definiré *grosso modo* el factor de cualidad como el producto de los dos anteriores: $F_c = F_v \times F_M$. Trazaremos los gráficos de F_c en función de la altura, y con ellos compararemos la potencialidad de los diferentes tipos de cazas.

Hago omisión de la gran influencia que el armamento y el blindaje pueden tener en el factor de cualidad. Dejaremos su estudio para los especialistas. Ellos, mejor que nadie, pueden agregar el tercer término, no menos importante que los otros dos, en ese parámetro de comparación de aviones.

METODOS DE CALCULO

Pasemos ahora a la selección de los datos necesarios para el cálculo de los diferentes factores.

Para el cálculo de F_M necesitamos conocer $V_{m\acute{a}x}$ y $r_{m\acute{i}n}$, y para el de F_v nos es necesaria la velocidad de subida y la velocidad de planeo con motor.

Los datos necesarios los dividiremos en dos grupos: el primero, formado por $V_{m\acute{a}x}$ y V_s a diferentes cotas, incluyendo también la determinación del techo que nos es necesaria para el trazado de los gráficos.

En el segundo grupo tendremos que calcular el radio mínimo por la fórmula

$$r_{m\acute{i}n} = \frac{2}{C_{L\ m\acute{a}x} - C_L} \frac{\omega}{\rho g}$$

y si se trata de grandes velocidades, en las que C_L es muy pequeño,

$$r_{m\acute{i}n} = \frac{2 \omega}{C_{L\ m\acute{a}x} \rho g}$$

siendo ω = carga alar, ρ = densidad del aire, g = aceleración de la gravedad.

Para la velocidad de planeo con motor sobre trayectoria a 45° aplicamos las fórmulas

$$V = V_{m\acute{a}x} \left(-\frac{1}{2} \sqrt{2,25 - \left(\frac{L}{D_0}\right) \frac{1}{V^2}} \right),$$

para relación $\frac{\text{paso}}{\text{diámetro}}$ de la hélice, baja.

$$V = V_{m\acute{a}x} \left(-\frac{1}{4} \sqrt{1,5625 - \left(\frac{L}{D_0}\right) \frac{1}{V^2}} \right),$$

para relación $\frac{\text{paso}}{\text{diámetro}}$ de la hélice, alta.

correspondiendo los valores de L y D_0 a la velocidad máxima.

Lo que presenta mayor dificultad es la determinación de las características del primer grupo. Para ello existen tres métodos principales, que explicaré sin entrar en detalles por encontrarse perfectamente desarrollados en cualquier tratado de aerodinámica aplicada.

Primer método.—Llamado método paso a paso. Consiste en determinar las potencias disponibles y las necesarias para diversas velocidades y diferentes alturas. Con estos valores trazamos el diagrama de potencias, y de él sacamos todo cuanto precisamos.

El método resulta extremadamente laborioso y además es necesaria una detallada información del avión estudiado.

Segundo método.—Conocido por método logarítmico. Tal vez sea éste el método más exacto para nuestro caso, en que escasean los datos sobre aviones extranjeros.

Para aplicar este método obtenemos la polar del avión por ensayo de su maqueta en el túnel.

Partiendo de las ecuaciones fundamentales

$$W = L_o V^2 \quad \text{,,} \quad P = D_o V^3,$$

donde W es el peso, P la potencia útil, L_o y D_o la sustentación y la resistencia por unidad de velocidad, trazariamos el diagrama logarítmico, y de él sacaríamos los resultados buscados.

Tercer método.—Método de Oswald.

Es, sin duda, alguna, el método de Oswald el más cómodo para la determinación de las características; pero tiene el inconveniente de ser algo impreciso, ya que se basa en la elección de unos factores arbitrarios (entre ciertos límites), que si el que lo emplea no es persona experimentada, puede dar lugar a errores de bastante consideración. Se funda el método en la elección de dos factores: el e , o factor de rendimiento del avión, y el f , que representa la superficie de la placa plana equivalente. Con estos números y los datos de nuestro avión calculamos las relaciones:

$$l_p = \frac{W}{f} \quad \text{Llamada carga parásita.}$$

$$l_s = \frac{W}{e (K b)^2} \quad \text{carga sobre la envergadura efectiva.}$$

$$l_t = \frac{W}{P_m \eta_m} \quad \text{carga de potencia tractora.}$$

representando:

- W = el peso.
- K = el factor de envergadura de Munk.
- b = la envergadura.
- P_m = la potencia máxima al nivel del mar.
- η_m = el rendimiento de la hélice.

En función de l_s , l_t y $\frac{l_p}{l_t}$, calculamos lo que Oswald llama parámetro de características Δ . Mediante fórmulas más o menos complicadas podemos determinar, en función de los factores definidos, todas las características del avión. Existen unos gráficos que facilitan la labor. Ahora bien: los gráficos que hoy día se manejan en España no corresponden a las velocidades en uso. Por tanto, desaparece la ventaja de la rapidez de este método mientras no tengamos los gráficos calculados para velocidades mayores.

En resumen: se podría aplicar el segundo método, es decir, el logarítmico. Para ello sería necesario que el servicio técnico correspondiente se encargara de efectuar los ensayos en túnel, con el fin de proporcionar las polares necesarias para aplicar el método.

Hoy día cualquier método analítico es impreciso, ya que algunos de los datos necesarios no están en nuestros ficheros, teniéndolos que sustituir por otros relativamente aproximados.

Bajo este criterio se ha llegado a los resultados del ejemplo incluido al final de este trabajo.

Conocidas las características, no tenemos más que aplicar las fórmulas que nos definen F_M y F_v . Con el fin de ordenar el trabajo, se puede hacer el cálculo siguiendo el encasillado del cuadro siguiente:

| h | $V_{m\acute{a}x}$ | $r_{m\acute{i}n}$ | F_M | V_s | V | $V V_s$ | $V + \sqrt{2} V_s$ | F_v | F_c |
|-----|-------------------|-------------------|-------|-------|-----|---------|--------------------|-------|-------|
| | | | | | | | | | |

en donde

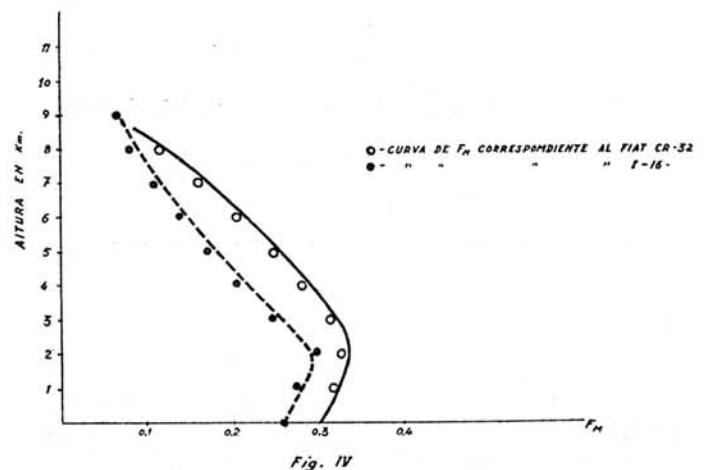
- h = la altura.
- $V_{m\acute{a}x}$ = la velocidad máxima.
- $r_{m\acute{i}n}$ = radio mínimo de giro a la velocidad máxima.
- V_s = velocidad de subida.
- V = velocidad de planeo con motor.

Conocidos los valores F_M , F_v y F_c , trazaremos los gráficos, y con ello quedará terminado nuestro trabajo.

CONCLUSION

Con el fin de fijar ideas incluyo los gráficos correspondientes a un estudio aproximado sobre los factores de maniobrabilidad, velocidad y cualidad correspondientes al Fiat CR-32 y al Rata I-16.

La figura IV representa la variación del F_M con la altura.



Puede verse que el Fiat es superior en maniobrabilidad a cualquier cota. Pero conviene observar que a 2.000 metros y por debajo de ellos la diferencia de manejabilidad es mínima. Resultado muy de acuerdo con la realidad. Sacamos la consecuencia de que el Fiat debe combatir a alturas superiores a 2.000 metros.

En la figura V tenemos trazadas las curvas de F_v . En este caso el Rata es superior al Fiat, siendo mayor esta diferencia a cotas bajas.

Por último, en la figura VI tenemos representado el factor total F_c . En ella vemos que entre 0 y 3.500 metros el Rata es superior, y entre esta cota y 8.000 es el Fiat más eficaz desde el punto de vista combativo. Pasada esta altura vuelve el Rata a imponerse, cosa lógica, ya que su techo es mayor.

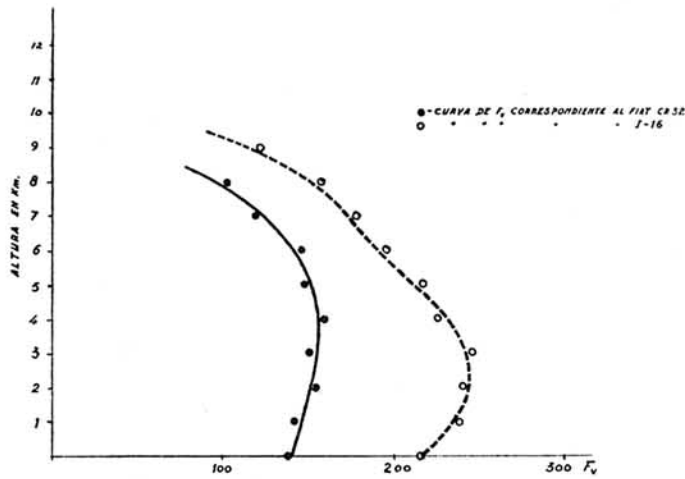


Fig. V.

Los resultados obtenidos están bastante de acuerdo con la realidad. Además hay que tener en cuenta que no se considera la influencia del armamento y del blindaje; cuestiones de gran importancia cuando de aviones de caza se trata, que beneficiarían la cualidad del Fiat.

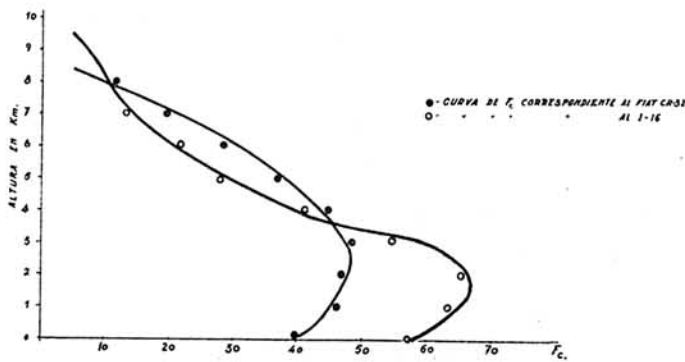


Fig. VI

Factor de efectividad.—Como para poder aplicar lo que antecede al estudio comparativo que nos ocupa es necesario disponer en todo momento de los gráficos correspondientes, y éstos no tienen sitio en un sencillo catálogo de aviones, es conveniente definir un parámetro que englobe en un solo número la cualidad del avión. De esta manera, en los múltiples libros que nos dan noticias de todos los tipos de aviones existentes en el mundo, podría figurar, junto a sus más importantes dimensiones y características, este nuevo factor, que nos permita de una manera rápida hacernos una idea de lo que es el avión que nos interesa estudiar o conocer. Llamamos a este nuevo parámetro factor de efectividad y lo definimos como sigue:

$$F_e = \int_0^{h_T} F_c dh.$$

Es decir, nos representa el área encerrada por la curva entre las alturas 0 y la h_T que corresponde al techo práctico del avión.

Una vez el factor F_e en los catálogos, la difícil labor comparativa quedaría muy facilitada.

Hemos dedicado este estudio únicamente al avión de caza; de la misma manera podría aplicarse a otros tipos de aviones. Para ello sólo es condición imprescindible que sean del mismo tipo de utilización, o al menos que en el cumplimiento de sus diferentes misiones tengan que enfrentarse. Tal ocurre con el caza y el avión de bombardeo.

Hacer un nuevo estudio sería demasiado laborioso y extenso, saliéndonos de los límites impuestos. No obstante, trataremos de orientar la teoría del factor caza-bombardero. Antes de nada veamos lo que podría ser el factor de cualidad del aparato de bombardeo. Interesa al aparato de bombardeo llevar la máxima carga a la máxima distancia y en las máximas condiciones de seguridad. La carga y la autonomía pudiéramos relacionarlas por un factor que fuese la relación entre la carga de bombas y la autonomía sin bombas. Las condiciones de seguridad sería necesario expresarlas en función de la potencia de tiro, del blindaje y de la velocidad.

Conviene tener en consideración que la potencialidad de un bombardero nos viene definida por su potencia ofensiva, su potencia defensiva y su vulnerabilidad ante la D. C. A. Nos falta ver la influencia de esta última. La D. C. A. limita la velocidad y la altura a las cuales hay que sobrevolar el objetivo con cierta seguridad. Por tanto, será necesario estudiar las posibilidades de la D. C. A. También sería necesario conocer las posibilidades del caza en el ataque a los bombarderos. Todas estas y otras múltiples consideraciones, las cuales se podían someter a simplificaciones, nos fijarían el factor de cualidad del bombardero.

Volviendo a ocuparnos de la relación caza-bombardero, sería necesario estudiar el número de pasadas o ataques que el avión de caza puede efectuar contra un avión de bombardeo que navega con una cierta velocidad. Habría que definir también un coeficiente de derribo, etc.

Se podría extender esta teoría a los aviones de turismo, en los que relacionaríamos la velocidad mínima de aterrizaje, el margen de velocidades mínima-máxima, el consumo por kilómetro, la autonomía, etc.

De la misma manera sería interesante, entre otras muchas, poder hacer comparaciones entre diferentes aviones de escuela.

Como la intención de este trabajo es lanzar la idea, dejo al afán de superación de los investigadores la puesta a punto de ella.

Cuando se llegue, después de un largo trabajo experimental, a fórmulas suficientemente exactas, podremos decir que el cálculo de aviones desde el punto de vista utilitario marchará por derroteros plenamente iluminados.

