

PROBLEMAS TÉCNICOS Y BALÍSTICOS DEL COMBATE AÉREO

Por el doctor W. SCHMIDT

(De *Luftwissen* núm. 1, enero de 1943.)

Con este título quieren condensarse un buen número de las cuestiones que aparecen al pretender poner en forma matemática el problema del combate aéreo, que al fin y al cabo no es sino un problema de encuentro entre móviles.

Puede parecer excesivo a primera vista tratar de fijar entre los rígidos límites matemáticos las numerosas reacciones que aparecen en el combate aéreo; y en efecto, sería absurdo encasillar en tablas el desarrollo de un combate y pretender resolverlo por medio de gráficos. No se trata de eso. Pero la verdad es que el problema en sí, aparte de las reacciones subjetivas, es un asunto matemático. Y si bien su desarrollo teórico no presentará inmediata aplicación práctica para el tirador, permitirá, sin embargo, poner de manifiesto las modificaciones que introducen las distintas calidades balísticas de las armas, contribuyendo así al progreso de las mismas.

Así lo entienden Centros técnicos de diversos países. Las líneas que se transcriben a continuación proceden, en su mayor parte, de publicaciones de "Luftwissen", partiendo de trabajos de Schmidt y Staumberger.

Nuestra Aviación, forjada ya durante la primera Gran Guerra, ha llegado a ser, por su progreso asombroso, factor indispensable y muchas veces decisivo en el desarrollo de la guerra. Por tanto, nos hemos propuesto hoy discutir problemas técnico-científicos del combate aéreo con objeto de atraer la atención sobre las misiones de investigación y proyección, sin cuyo trabajo previo no sería posible la actuación cada vez más victoriosa de la Aviación.

Hasta el comienzo de la guerra de 1914-18, los círculos militares consideraban aún la observación y el reconocimiento como las aplicaciones fundamentales del avión. La posibilidad del bombardeo desde un avión se discutió ocasionalmente, pero se rechazó de plano la instalación de armas en los aparatos. El combate aéreo mismo era considerado como una utopía de periodistas fantásticos. Sin embargo, las primeras semanas de guerra trajeron consigo una modificación total de estas opiniones; cuando en octubre de 1914 un biplano francés, con un arma fija, derribó a un aparato alemán, se dió el primer paso para el desarrollo del armamento en los aviones. A mediados de 1915, en las fábricas Fokker, de Schwerin, se perfeccionó técnicamente la idea del disparo a través del círculo de la hélice, tanto que gracias a ello los aviones alemanes mantuvieron la supremacía aérea en el Oeste hasta la primavera de 1916. Los aviones franceses, asimismo armados rigidamente, que eran superiores a los nuestros en velocidad, hicieron necesario un aumento de la fuerza combativa. En el invierno de 1916-17 los aviones alemanes aseguraron otra vez el dominio del aire, instalando dos ametralladoras en los aparatos.

Para contrarrestar esta superioridad alemana el enemigo tuvo que recurrir a aumentar la velocidad de sus aviones. Esto es, reconocer que un armamento apropiado venía a equivaler a una elevación del rendimiento. En la primavera de 1918 apareció en Alemania un tipo recién creado, el *Fokker D VII*. Este aparato fué superior a los demás tipos del adversario hasta que acabó la guerra, por sus excelentes calidades aerodinámicas. Como el enemigo no podía superar la calidad, no tuvo más remedio que contrarrestarla por la cantidad, poniendo en servicio un número cada vez mayor de aparatos.

En los años de 1918 a 1939 los resultados de investigaciones realizadas en Aerodinámica y construcción de motores condujeron a un aumento de la velocidad, de la autonomía y de la altura que superaron los límites considerados hasta entonces como máximos. Mientras tenía lugar este perfeccionamiento del avión como medio de transporte rápido, se dedicaba poca atención, y solamente en algunos círculos, a su desarrollo como medio combativo. Alemania estaba aún encadenada por el tratado de Versalles. Después los progresos realizados en el armamento de los aviones quedaron en un círculo reducido y no se tomaron en cuenta por la mayoría de la gente. Es ahora, durante la guerra, cuando se han conocido, aunque sólo sea en parte.

El tipo medio de armamento de un avión lo constituye aún la ametralladora, con un calibre aproximado de 8 a 12 milímetros. Su perfeccionamiento sucesivo en los años que siguieron a la Gran Guerra trajo como consecuencia un aumen-

to considerable de la cadencia de fuego, de más de 1.200 disparos por minuto, y por tanto, una densidad de fuego más eficaz en cada arma. No obstante la alta resistencia de los aviones metálicos forzó al montaje de varias armas. Instaladas las armas en el fuselaje y disparando a través del círculo de la hélice, dispuestas sobre los planos o fijas en el motor y disparando a través del buje hueco de la hélice, las trayectorias de los proyectiles de todas las armas del avión de caza se cruzan a una distancia media ante el visor del ametrallador, consiguiendo los resultados necesarios y una precisión eficiente. Este aumento de la densidad de fuego, exigido por el perfeccionamiento constructivo de la célula del avión, planteó el problema de si no sería mejor, en lugar de aumentar cada vez más el número de ametralladoras—hoy, por ejemplo, los ingleses disponen ocho ametralladoras en un avión de caza—, aumentar el calibre hasta 20 mm. para conseguir un rendimiento mayor empleando proyectiles rompedores sin alterar el peso. El problema del armamento más apropiado planteó este dilema: o muchas ametralladoras o pocos cañones.

La misión principal del avión de bombardeo es, naturalmente, el bombardeo. Sus armas sirven en primer lugar para defenderse de los cazas enemigos. En cambio, en los cazas las armas son medios de ataque, y ésta es su razón primordial de existir; con ellas tiene que procurar abatir a los aviones adversarios. El piloto apunta con todo el aparato y dispara en la dirección de vuelo. En los aviones de combate, por el contrario, las armas son desplazables para que sus servidores puedan disparar en todas direcciones. Resultan, por tanto, dos misiones completamente distintas del armamento en un avión, que nos llevan a problemas balísticamente diferentes.

De la disposición de las armas en los cazas, con respecto a la dirección de vuelo, se desprenden para la estática de ataque unas leyes cinemáticas determinadas y apropiadas para esta táctica de ataque, cuya validez es independiente de los adelantos técnicos. La misma instalación rígida de las armas corresponde a un antiguo principio de ataque. Hace más de mil años, Leo VI, Emperador de Bizancio, lo formuló con las siguientes palabras en sus observaciones sobre táctica: "En la proa de vuestros barcos tenéis que colocar unos tubos de bronce; después pondréis la proa hacia el enemigo para destruir sus buques con este fuego."

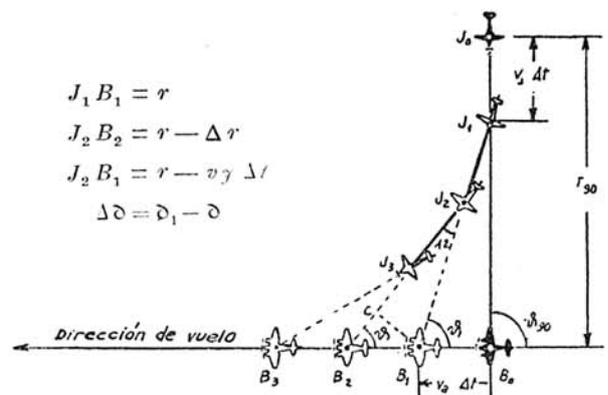
La instalación del armamento y la táctica de ataque de un caza corresponden todavía hoy a este principio. El aumento de las velocidades que se han conseguido desde el barco de vela al avión no ha modificado estas leyes fundamentales, sino que, por el contrario, las han revalorizado. Pues cuanto más corto es el tiempo en que se desarrolla su proceso, más pequeñas serán las influencias debidas a agentes exteriores, y por tanto, más claramente podrán reconocerse las leyes de su desarrollo. Sería absurdo querer representar el desarrollo total de un combate con fórmulas, curvas o tablas; pero puede ser excelente examinar las maniobras de un combate y las fases de un ataque en relación a sus cualidades particulares, representándolas matemáticamente y sacando de ellas nuevas enseñanzas. De esta manera se considerará esquemáticamente el ataque de un caza en un combate aéreo.

Las armas, instaladas rigidamente, permiten al caza solamente el disparo en su propia dirección de movimiento; por tanto, éste tiene que estar dirigido continuamente hacia el objetivo. El rumbo del ataque del caza tiene que estar, pues, relacionado minuciosamente con el camino que sigue el bombardero. La parte matemática de este antiguo problema la

expuso por primera vez el profesor de Hidrología Bouguer. En 1732 presentó a la Real Academia de Ciencias de París una teoría sobre una nueva clase de curvas, que llamó "curvas de persecución", limitándose a considerar un movimiento rectilíneo del objetivo. Para el caso de movimientos cualesquiera lo teorizó Maupertuis, oficial del Ejército francés, que llegó a ser más tarde presidente de la Sección Física de la Academia Prusiana de Ciencias, de Berlín.

Sin embargo, estos trabajos y otros sucesivos no dieron resultados en las aplicaciones técnico-militares, pues el desarrollo total de los movimientos de ataque de un buque a otro buque, por ejemplo, duraba tanto tiempo que estas leyes teóricas quedaban prácticamente anuladas por influencias externas o maniobras de desviación. Ahora otra vez se vuelven a poner al día con el combate aéreo en virtud de su desarrollo, mucho más rápido (dura frecuentemente unos segundos). En la Gran Guerra y años posteriores suscitaron estas cuestiones un interés creciente; solamente quedaron olvidados hasta hoy aquellos postulados básicos, en tanto que la mayor parte de las investigaciones recientes sobre las curvas de persecución se han producido como consecuencia de experiencias pasadas.

La figura 1 muestra las relaciones geométricas para el caso más sencillo de trayectoria rectilínea del objetivo. Siguiendo los métodos constructivos indicados y eligiendo un tiempo Δt suficientemente pequeño, se puede llegar a representar las "curvas de persecución" en un sistema fijo respecto a la tierra.



$$\begin{aligned}
 J_1 B_1 &= r \\
 J_2 B_2 &= r - \Delta r \\
 J_2 B_1 &= r - v\gamma \Delta t \\
 \Delta \delta &= \delta_1 - \delta
 \end{aligned}$$

Fig - 1 -

Origen de la curva de persecución.

Para el problema defensivo del bombardero con respecto al caza es apropiada la representación en un sistema que se mueva al mismo tiempo que el bombardero. Se obtiene así el cuadro que se ofrece al ametrallador en el puesto de ametralladoras del bombardero.

La forma de la curva de persecución depende, naturalmente, de la posición de partida y de la relación de velocidades caza-bombardero. La figura 2 representa curvas de persecución con distintas direcciones de ataque, pero que en su origen corresponden a la misma distancia del blanco. Se hacen menos curvadas cuanto menor es el ángulo con que ataca el caza.

La expresión matemática más sencilla para esta curva es su ecuación en coordenadas polares del bombardero.

y con $n = \frac{v_y}{v_B}$, tenemos que

$$\frac{dr}{r} = n \cdot \frac{d\delta}{\text{sen } \delta} - \text{ctg } \delta \cdot d\delta \tag{3}$$

La integración de la igualdad diferencial (3) da

$$\int \frac{dr}{r} = n \int \frac{d\delta}{\text{sen } \delta} - \int \text{ctg } \delta \cdot d\delta$$

$$\ln r = n \cdot \ln \text{tg } \frac{\delta}{2} - \ln \text{sen } \delta + C,$$

o

$$r = C \frac{\text{tg}^n \frac{\delta}{2}}{\text{sen } \delta}.$$

Para la determinación de la constante de integración C es conveniente tomar la aproximación vertical ($\delta_{90} = 90^\circ, r_{90}$) como punto o posición de partida de la curva de persecución (figura 1).

Entonces es

$$r_{90} = \frac{\text{tg}^n 45^\circ}{\text{sen } 90^\circ} \cdot C ; r_{90} = C.$$

Entonces la ecuación de la curva de persecución en el sistema fijo con respecto al bombardero es:

$$r = r_{90} \frac{\text{tg}^n \frac{\delta}{2}}{\text{sen } \delta}$$

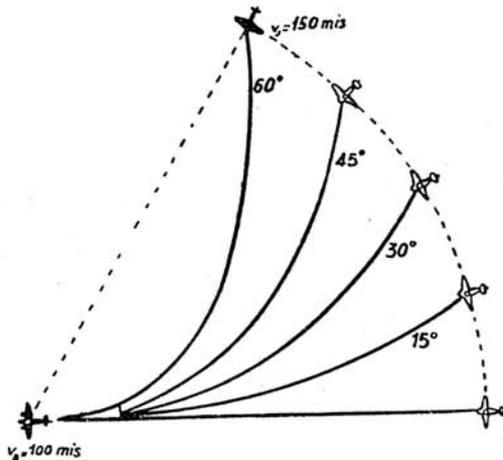


Fig-2-

Curvas de persecución en un sistema fijo al avión.

Haremos rápidamente su deducción. De los triángulos rectángulos J_2CB_1 y B_1CB_2 , de la figura 1, se desprende que

$$r - \Delta r = CB_2 + CJ_2 = v_B \cdot \Delta t \cos \delta + (r - v_y \cdot \Delta t) \cos \Delta \delta ;$$

de aquí sigue para

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt},$$

y puesto que $\cos \Delta \delta = 1$,

$$\frac{dr}{dt} = v_y - v_B \cdot \cos \delta. \tag{1}$$

Análogamente, es

$$CB_1 = (r - v_y \cdot \Delta t) \cdot \text{sen } \Delta \delta = v_B \cdot \Delta t \cdot \text{sen } \delta,$$

y con

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \text{sen } \delta}{\Delta t} = \frac{d\delta}{dt}$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{v_B \cdot \text{sen } \delta}{r} \tag{2}$$

De (1) y (2) se deduce la igualdad diferencial de la curva de persecución en las coordenadas polares:

$$\frac{dr}{r} = \frac{v_y - v_B \cos \delta}{v_B \cdot \text{sen } \delta} d\delta,$$

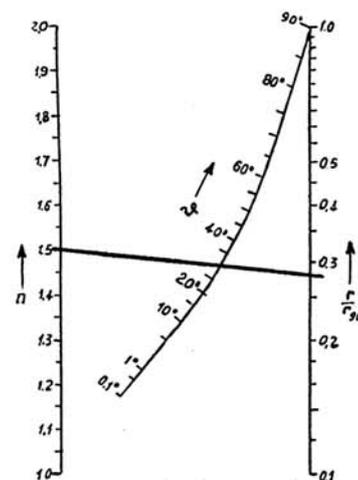


Fig-3-

Curva de persecución sin corrección.

La figura 3 muestra su representación como nomograma. Con su ayuda se puede lograr fácilmente la representación

de la curva de persecución que se desee. El ejemplo descrito da, para la relación de velocidad $n = 1,5$ y el ángulo $\vartheta = 30^\circ$, un valor de $r/r_{90} = 0,28$. Eligiendo una distancia de comienzo r_0 , se pueden determinar la correspondiente r_{90} y las coordenadas corrientes (r, ϑ) de la curva de persecución (tabla 1; $r_0 = 500$ metros; $\vartheta_0 = 45^\circ$).

ϑ	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
$\frac{r}{r_{90}}$	0	0,149	0,216	0,277	0,342	0,377	0,416	0,507	0,623	0,781	1,0
r	0	198	286	367	453	500	552	672	826	1036	1326

Las observaciones hasta aquí realizadas se limitan a la simple persecución del enemigo. La misión del caza es, sin embargo, destruir al adversario con sus armas automáticas. Para ello hay que modificar algo las condiciones del vuelo de aproximación. Todo cazador sabe que, tratándose de cualquier clase de animales en movimiento, tiene que apuntar a una cierta distancia delante para alcanzarlos. Este espacio, producido por el movimiento del objetivo durante el tiempo que tarda el proyectil en llegar a él, es considerable en los combates aéreos, dadas las velocidades actuales. La curva de persecución que tiene que describir el caza para alcanzar al bombardero deberá modificarse con arreglo a este hecho. La figura 4 muestra dicha modificación. Como posición de partida se ha elegido un ataque a 45° .

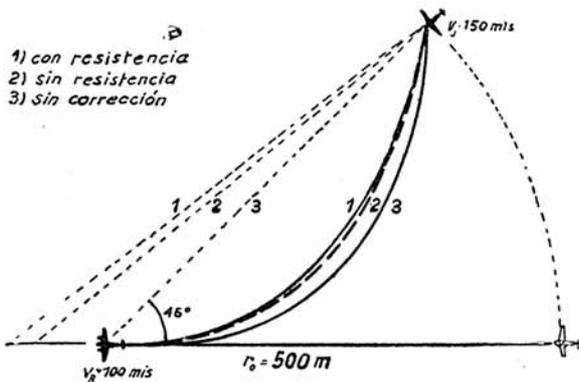


Fig - 4 -

Curvas de persecución sin y con corrección.

La curva 3 es la curva de persecución sencilla, sin ninguna clase de variación. En relación con ella vemos la línea recta 3 (rayada), que va directamente desde el caza atacante al bombardero. Esto ya no sucede con la curva 2. Al no existir resistencia del aire, la línea recta 2 llega a un punto delante del bombardero que tiene ante sí el espacio = velocidad propia \times tiempo que necesita el proyectil. Finalmente, la curva 1 representa cómo se podrían modificar las condiciones de un disparo por efecto de la resistencia del aire. Las diferencias entre las curvas 1 y 3 son manifiestas. Se da una cuenta

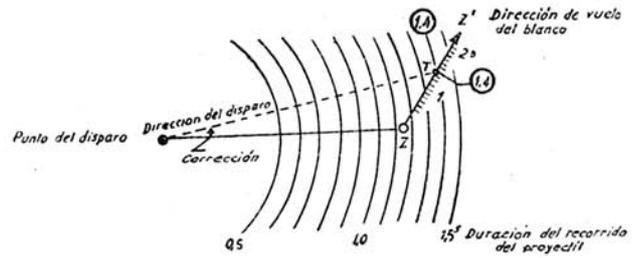


Fig - 5 -

Determinación de la corrección. Procedimiento de Pschorr (1918).

de que la balística de las armas del caza influye notablemente en el curso de su ataque, y por tanto hay que tenerlo en cuenta.

Se ha demostrado que el armamento rígido del avión de caza exige ineludiblemente un rumbo de ataque determinado minuciosamente. Aunque el vuelo durante el combate aéreo no tenga lugar a lo largo de una curva de persecución única desde el principio al fin del ataque, el caza, si quiere alcanzar a su adversario, se tendrá que encontrar mientras dispare en un trozo de esta curva. Las observaciones anteriores son plenamente válidas para estas fases del combate aéreo.

Como se desprende de ellas, la determinación de la corrección tiene un papel principal para la consecución del blanco en los combates aéreos. Suponiendo que, como siempre, se trate de trayectorias de vuelo rectilíneas y velocidad constante, debe tenerse en cuenta la incidencia del disparo en la superficie formada por el camino hacia el objetivo y el punto desde donde se dispara; la corrección se puede determinar gráficamente de modo fácil, según unas experiencias hechas por Pschorr durante la Gran Guerra (fig. 5). Sea A el punto en que está apoyada el arma, Z el del objetivo, ZZ' su dirección de vuelo. Se hará blanco si el proyectil y el objetivo se encuentran al mismo tiempo en un punto determinado. Este se determina describiendo círculos alrededor del punto de disparo, que se indican por el tiempo que tarda el proyectil. El punto de coincidencia buscado es el punto de intersección

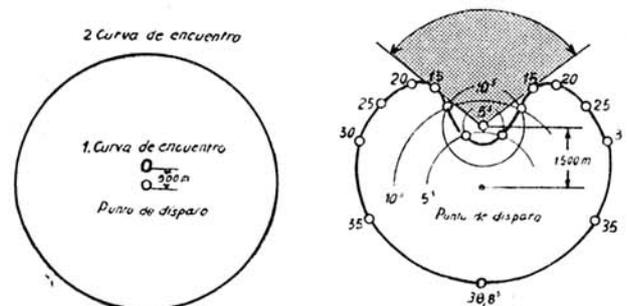


Fig - 6 -

Curva de encuentro: $V_2 = 100$ m/seg. Arma: Ametralladora M. 95 $v_0 = 620$ m/seg.

entre el arco de circunferencia y recorrido de blanco en que coinciden los números (en el ejemplo, 1,4 sec). La línea de unión *AT* es la dirección del proyectil buscada.

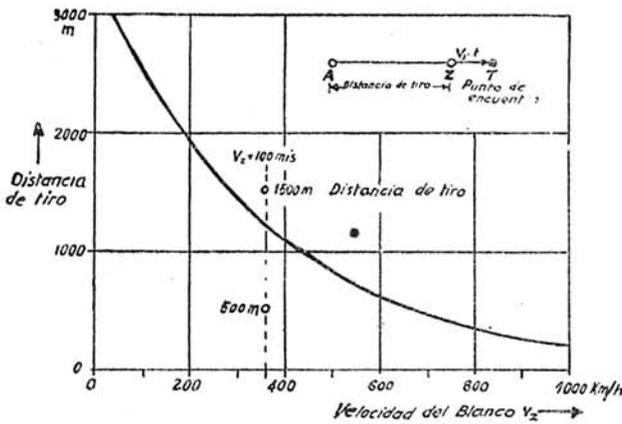


Fig - 7 -

Frontera cinemática del alcance de un arma.

Si se supone que el objetivo se mueve en todas las direcciones posibles—y por tanto, se encuentra al cabo de un tiempo determinado en un círculo alrededor de *Z*—, se obtiene un punto de coincidencia para cada dirección, y por tanto, en conjunto, una curva de puntos de coincidencia, que para una posición de partida dada *AZ* determina una velocidad fija del blanco y un arma dada. La figura 6 muestra las curvas de puntos de coincidencia para dos clases de comienzos, halladas según el método mencionado. Como arma se ha elegido el fusil de repetición austriaco, Modelo 95; la velocidad del objetivo es de 100 m/s. En el ejemplo de la izquierda de la figura, la distancia en la posición inicial es de 500 m. Por tanto, la pequeña curva se produce en el interior y en el centro de la figura. Corresponde a los lugares en que el proyectil, a causa de su mayor velocidad, alcanza rápidamente el blanco. Sin embargo, a consecuencia de la resistencia del aire, la velocidad del proyectil disminuye cada vez más, mientras que la velocidad del blanco es constante, pues el blanco (o sea el avión) dispone continuamente de energía para proseguir su movimiento, mientras el proyectil se alimenta sólo de la energía que se le imprimió al salir del arma. Por ello puede ser posible un segundo encuentro entre el proyectil y el blanco, y es que el blanco "vaya a buscar" al proyectil. Entonces se produce una segunda curva de encuentro. Este hecho, matemáticamente interesante, no tiene importancia en los disparos realizados a cortas distancias, porque para que se produzca se necesita mucho tiempo de duración de la trayectoria del proyectil.

Si se aumentan las distancias de disparo—en la literatura extranjera se toman distancias de 1, 2 y más kilómetros para los cañones—, se obtienen, sorprendentemente, curvas de puntos completamente distintas. En la parte de la derecha de la figura 6 se ha aumentado la distancia de disparo a 1.500 metros, sin que varíen las demás circunstancias. Las dos curvas de la figura de la izquierda se han fundido ahora en una sola, cuyo origen lo indican los círculos de los tiempos de proyectil

til y los círculos de tiempos de blanco para un tiempo de 5 y 10 sec. Lo esencial en este ejemplo es que haya ahora un campo determinado y extenso para el objetivo, en el que ya no pueda ser alcanzado, aunque la distancia de disparo de 1.500 metros sea menor que la mitad del alcance del arma, aproximadamente 3.300 metros. Este ejemplo muestra, pues, que el movimiento del blanco durante la duración de la trayectoria del proyectil puede limitar considerablemente el alcance máximo del arma, y que, por tanto, un avión rápido, sólo por el hecho de su elevada velocidad, posee ya una gran protección contra los disparos.

La figura 7 muestra la relación entre el alcance máximo del proyectil y la velocidad del blanco en el ejemplo anterior. Se ha llevado la máxima distancia de tiro, o sea la distancia en la cual ambas curvas de puntos se funden en una, y empieza a surgir el espacio muerto, como función de la velocidad del blanco en km/h. Existen espacios de tiro muerto para distancias cuyos puntos correspondientes queden encima de la curva límite. Para aclarar esto se han tomado los ejemplos antes señalados, en que $v_2 = 100 \text{ m/s.} = 360 \text{ km/h.}$

El alcance máximo en que se lograría siempre el blanco —y en cuya dirección se puede mover—es de 1.200 m. El desarrollo de la curva, que sirve también para el disparo de la artillería antiaérea contra un avión, muestra de qué manera tan grande se restringe la autonomía cinemática de la aviación cuando el blanco tiene una velocidad muy grande.

Las consideraciones precedentes trataban de la influencia de la velocidad del objetivo en el disparo. Sin embargo, no están resueltos todos los problemas que plantea el combate aéreo, pues también la influencia del movimiento del propio aparato atacante tiene un papel importante en la balística del proyectil. Dos problemas merecen especial atención: el disparo en dirección de vuelo con armas instaladas rígidamente (aviones de caza) y el disparo perpendicular a la dirección de vuelo, o sea el llamado disparo de través. Ambos son los casos límites para el disparo desde un ángulo lateral adecuado.

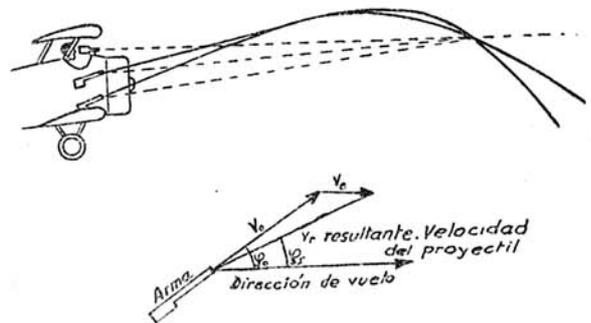


Fig - 8 -

Esquema del montaje de un arma en el avión.

Si el armamento rígido del avión de caza estuviese instalado justamente en la dirección de vuelo, la velocidad del avión se sumaría directamente a la velocidad inicial del proyectil, y el nuevo alcance se podría calcular fácilmente. Este caso tan sencillo no se llega a dar, según se puede ver en la figura 8. Las armas están colocadas con un cierto ángulo para

que las trayectorias del proyectil corten a la línea de mira. Las armas se desplazarán también lateralmente en un cierto ángulo. Basta entonces que la línea del visor esté dirigida al blanco ficticio para poder alcanzar al enemigo. Este es el caso para cualquier distancia en que la trayectoria del proyectil no se desvíe de la línea de mira en más que las dimensiones del blanco. El ángulo de elevación de las armas trae como consecuencia ahora que la velocidad del avión haya que añadirse vectorialmente a la velocidad inicial del proyectil (véase gráfico de la figura 8). La velocidad resultante queda, por tanto, con otro ángulo de salida. Esto significa que la velocidad inicial resultante produce un aumento y, el ángulo de salida resultante, una disminución del alcance del proyectil. Pero en general prevalece el aumento del alcance.

Estas consideraciones se refieren solamente al sistema del observador fijo a tierra. En cambio, en un sistema fijo con respecto al avión, el proyectil abandona el arma con velocidad inicial siempre invariable y con un ángulo de salida igualmente invariable, quedando entonces bajo la influencia de la corriente del aire, que es de igual valor y sentido opuesto a la velocidad de vuelo. A causa de esta influencia se produce una disminución del alcance, como sucede, por ejemplo, cuando se dispara en el suelo con viento contrario.

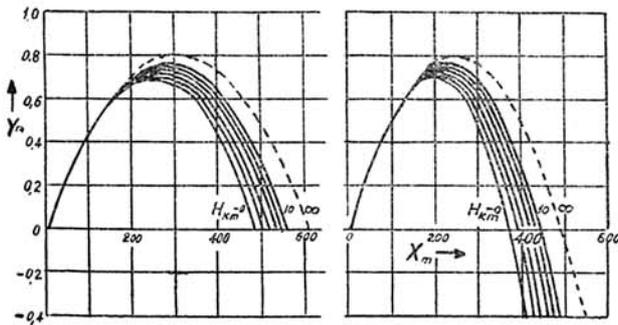
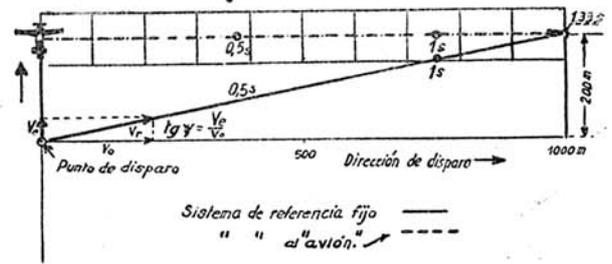


Fig - 9 -

Influencia de la velocidad propia y la altura de vuelo sobre una trayectoria de 400 metros.

La figura 9 muestra las diferencias de una trayectoria aérea en ambos sistemas y la influencia de la velocidad (150 m/s.) y de la altura de vuelo a unos 400 metros del suelo. El alcance aumenta disparando desde el avión—observándolo según el sistema fijo respecto a tierra—de 400 a 470 metros; en cambio, en el otro sistema se reduce a 360. La diferencia es, por tanto, considerable. Sin embargo, los combates aéreos no solamente se desarrollan en las proximidades del suelo, sino a todas las alturas posibles. La figura muestra además la influencia de la altura en la trayectoria del proyectil. A consecuencia de la disminución de la densidad del aire y de su resistencia, que se va haciendo menor, los alcances de los proyectiles se hacen mayores. En el sistema fijo con respecto a la tierra crecen sucesivamente los alcances, ya aumentados por la influencia del movimiento, y alcanzan 620 metros como límite superior para el espacio vacío. En un sistema fijo con respecto a un avión, los alcances, disminuidos en un principio por la influencia del movimiento, crecen igualmente hasta 470 metros.



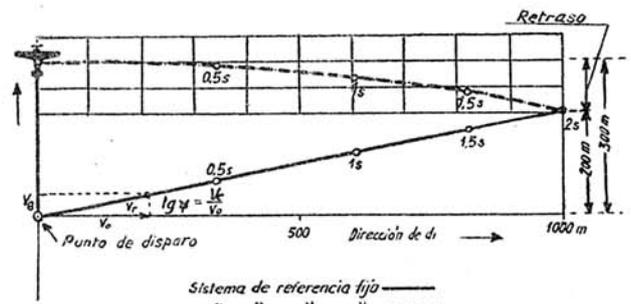
Trayecto de avión = Trayecto de proyectil en la dirección de vuelo.

Fig - 10 -

Trayectoria del proyectil en disparo transversal, sin resistencia de aire.

Se produce, pues, el hecho notable de que en el sistema fijo con respecto al movimiento del avión, a causa de las influencias recíprocas de la velocidad y la disminución de la densidad del aire, existe siempre una determinada altura (en el ejemplo, cuatro kilómetros) a la cual se obtiene la misma trayectoria del proyectil que si se disparase desde un avión inmóvil en el suelo. Esta altura en que coinciden las trayectorias del proyectil con las correspondientes en el suelo suelen designarse como alturas equivalentes. Conociendo esta altura, para muchos problemas balísticos del caza se puede uno servir de las tablas de tiro en el suelo, y así ahorrar muchos cálculos en la solución de los problemas balísticos del combate aéreo.

El segundo caso especial, el del disparo perpendicular a la dirección de vuelo, o sea el llamado disparo de través, hay que tenerlo en cuenta principalmente en relación al armamento desplazable de los bombarderos. Aquí desempeña un papel importantísimo la influencia de las velocidades de vuelo, que aumentan continuamente. En la primera guerra mundial las velocidades de vuelo de aproximadamente 120 km/h., o sea de 30 a 40 m/s., podían ser consideradas pequeñas en rela-



Trayecto de avión > Trayecto de proyectil en la dirección de vuelo.

Fig - 11 -

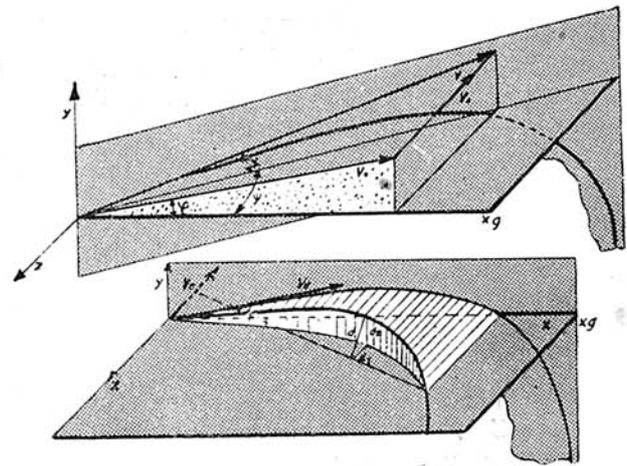
Trayectoria del proyectil en disparo transversal con resistencia de aire.

ción a la velocidad de los proyectiles, de 700 a 800 m/s. Hoy, con velocidades hasta de 500 km/h., o sea casi 150 m/s., ya no se puede despreciar.

La relación de velocidad avión/arma ha descendido de 1 : 20 a 1 : 5 por el perfeccionamiento actual del avión, sin que este adelanto haya sido compensado por un desarrollo equivalente del arma. Los problemas del disparo lateral no se pueden resolver ya con sencillas deducciones o determinar con la ayuda de correcciones, como se suele hacer desde hace bastantes años en los disparos de artillería con viento lateral. Hace algunos años se consideraba casi imposible el disparo lateral desde un avión. Fundándose en diversas experiencias, se aceptó en algunos círculos franceses que a consecuencia del fuerte golpe que el viento causaba al proyectil al abandonar el arma, si se seguía aumentando sucesivamente la velocidad apenas podría tener lugar una trayectoria regular del proyectil, y se habló en sentido figurado de la "bofetada de Cazaux" (Cazaux era el centro francés de investigaciones sobre el disparo aéreo).

El desarrollo posterior ha demostrado que esta teoría era falsa. Pero aún hoy no se ha resuelto por completo todo el complejo de problemas. Hagamos ahora una corta exposición de esta clase de tiro, aunque sea sin discusión teórica. La figura 10 representa el disparo de través sin resistencia del aire. La proyección de la trayectoria del proyectil sobre la superficie determinada por las direcciones de vuelo y de disparo, es en ambos sistemas una recta, pues la velocidad del proyectil permanece constante. Habiendo resistencia por parte del aire, la trayectoria del vuelo permanece aún recta para el observador en reposo (fig. 11). Como el proyectil pierde velocidad a causa de la resistencia del aire—el tiempo que dura ha aumentado de 1,33 a 2 segundos para una distancia de 1.000 metros—, se queda retrasado con respecto al avión. Se produce entonces en el sistema con relación al avión una trayectoria curva de tiro de través, como se ve fácilmente si se tira un pedazo de papel por la ventanilla de un vehículo en marcha, que describe una trayectoria muy curva con respecto a la dirección del vehículo. El retroceso (fig. 11) y el ángulo de curvatura correspondiente dependen de la velocidad del avión, de la velocidad inicial

Sistema de referencia fijo a tierra.



Sistema de referencia fijo al avión.

Fig - 12 -

Trayectoria del proyectil en disparo transversal con resistencia de aire y con gravedad.

del proyectil, de sus cualidades balísticas, de la distancia, del tiempo que tarda el proyectil y de la altura de vuelo. En el ejemplo es de 100 metros, a una distancia de tiro de 1.000 metros. Finalmente, la figura 12 muestra esquemáticamente la trayectoria del disparo de través bajo la influencia de la gravedad. En un sistema fijo con relación a la tierra es una curva sencillamente arqueada, y en el otro, una curva alabeada doblemente arqueada.

Esta elección en la gran cantidad de problemas que plantea el combate aéreo demuestra claramente hasta qué punto el disparo y encuentro presuponen conocimientos teóricos e investigaciones científicas.

