

Balística de la bomba de aeroplano. Propiedades generales de las trayectorias

Por ISMAEL WARLETA

Capitán de Aviación

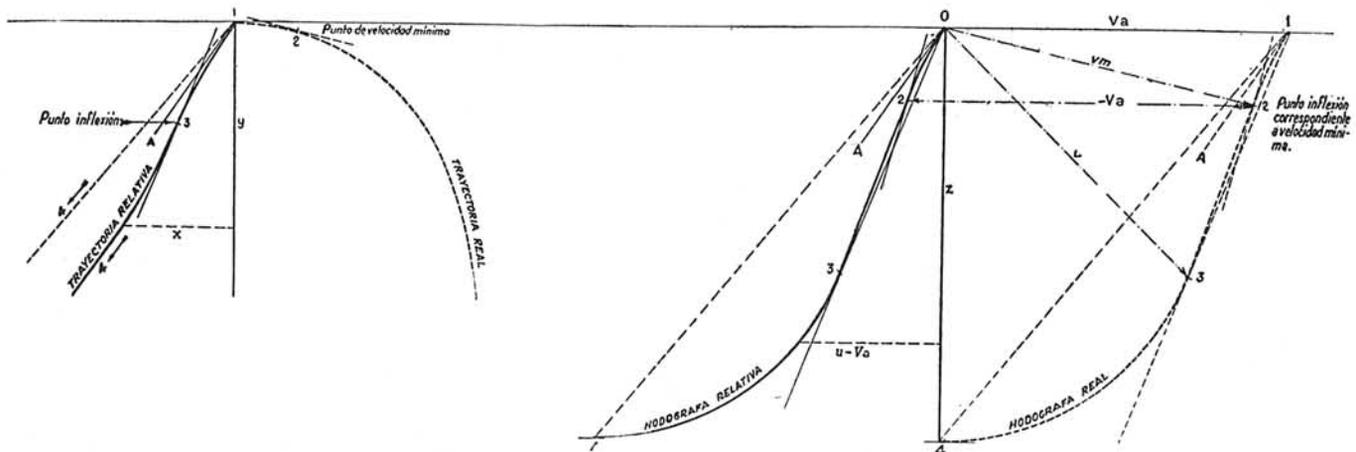
EN todos los tratados extensos de balística, y sobre todo en la magnífica obra del Ingeniero General de la Artillería de la Marina francesa Charbonnier, se estudian, con el máximo rigor científico, y con todo detalle, las propiedades generales de las trayectorias.

Todos estos estudios y propiedades están referidos al sistema de comparación usado por los artilleros terrestres y navales, cuyo origen es un punto fijo en la superficie del planeta.

ángulo cuya tangente trigonométrica es $\frac{V_a^2}{V'^2}$ (1). En el punto (4), de velocidad límite, la tangente es horizontal.

2.^a En la hodógrafa hay siempre un punto de inflexión (2) que corresponde a la velocidad mínima en el punto (2) de la trayectoria.

Para estudiar nuestra trayectoria relativa, encontremos primero su hodógrafa, que será, naturalmente, la hodógrafa relativa al avión.



Para los aviadores este origen debe ser un punto moviéndose en la atmósfera y que pertenezca al avión, y todos saben es, de la trayectoria relativa a este punto, de donde se parte para la resolución de los distintos problemas del aerobombardero.

Lo que sigue no es más que una modesta adaptación de estos estudios y propiedades a nuestras trayectorias relativas.

El estudio de estas trayectorias, sobre todo las correspondientes a las modernas bombas de gran peso y gran velocidad límite (unos 400 metros por segundo), no está muy avanzado en balística teórica, y aún se conserva para calcularlas, en sus comienzos, el método de Euler por arcos sucesivos, admitiendo la resistencia cuadrática.

En esta hipótesis, la hodógrafa es integrable, y de su forma y propiedades vamos a deducir las fundamentales de nuestras trayectorias relativas.

En la figura aparecen, con líneas de raya, la hodógrafa y trayectorias reales, perfectamente estudiadas (Charbonnier, tomos I y II).

Estas propiedades son:

1.^a La forma general de la hodógrafa es la de la figura. La tangente en el origen (1—A), forma con la vertical un

Para ello, al componer cada velocidad con una igual y contraria a la del avión ($-V_a$), se ve que la hodógrafa relativa es la misma real sin más que correrla paralelamente a sí misma, hasta que su origen esté en el polo (o) y se observa en la hodógrafa y trayectoria relativas:

a) Que la tangente en el origen forma un ángulo con la vertical cuya tangente trigonométrica es $\frac{V_a^2}{V'^2}$.

b) Que no hay punto de velocidad mínima.

c) Que las inclinaciones de la velocidad van creciendo desde el origen hasta el punto (3) de la hodógrafa y luego vuelven a disminuir, lo que demuestra que a este punto (3) de máxima pendiente corresponderá un punto (3) de inflexión en la trayectoria relativa.

d) Que el ángulo de la velocidad límite con la vertical tendrá por tangente trigonométrica $\frac{V_a}{V'}$.

(1) V_a ... Velocidad del avión.

V' ... Velocidad límite de la bomba, que sería alcanzada en el infinito, en una atmósfera de densidad uniforme y cuando la bomba bajando verticalmente experimente una resistencia al avance igual a su peso.

La hodógrafa es una polar de las velocidades en función de sus inclinaciones.

Se puede demostrar analíticamente que sólo hay un punto de inflexión en la trayectoria relativa y que éste es precisamente el punto (3).

En efecto: para que haya un punto de inflexión es necesario que:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{z}{u - V_a} \Rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(u - V_a) \cdot dz - z \cdot du}{(u - V_a)^2} = 0$$

de donde

$$(u - V_a) dz = z \cdot du \Rightarrow \frac{dz}{du} = \frac{z}{u - V_a}$$

lo que dice que la tangente a la trayectoria relativa en puntos de inflexión tiene que ser paralela a la tangente a la hodógrafa en el punto correspondiente, y eso sólo puede ocurrir en el punto (4), dada la forma de esta última.

Ahora bien: no existiendo otro punto de inflexión y no pudiendo la trayectoria alcanzar la pendiente $\frac{V_a}{V'}$ más que en el infinito, se deduce que irá perdiendo curvatura hasta convertirse sensiblemente en una paralela a la recta trazada desde el origen con esta misma pendiente $\frac{V_a}{V'}$.

Cuando la bomba estuviera en el infinito se la vería desde el avión, según esta visual (1-4); pero a distancias finitas, aunque sean muy grandes, se la verá con un ángulo de retraso igual al de esta visual disminuido en la paralaje de la separación de estas dos líneas paralelas. Esta paralaje tiene, naturalmente, por límite cero.

Si la bomba tuviera una velocidad límite igual, aproximadamente, a la del avión (caso de un ladrillo), (1-4) y

(1-A) se confunden y lo mismo el ángulo de retraso inicial con el final, separándose muy poco la trayectoria de estas visuales.

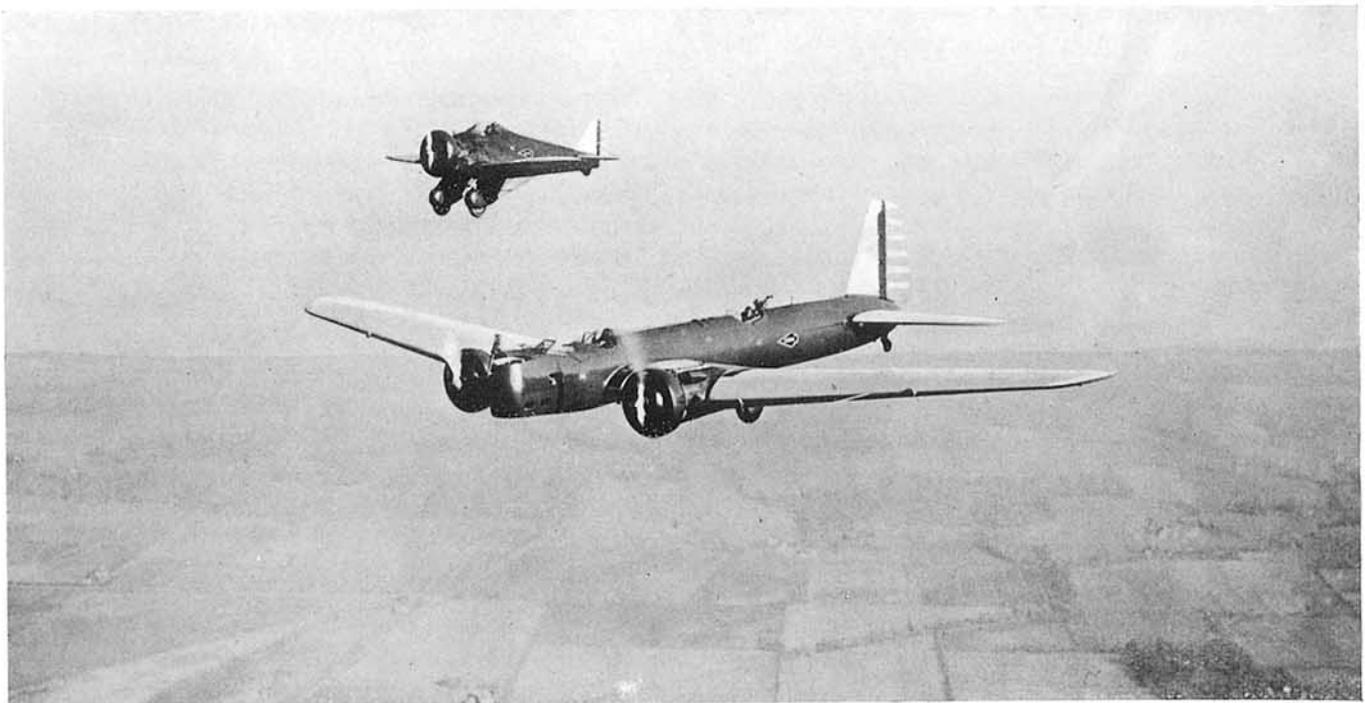
Si la bomba tiene una velocidad límite muy grande (bombas modernas de gran peso), la inclinación de (1-A) difiere mucho de la de (1-4) y dada la pequeña curvatura de estas trayectorias, más se aproximan los ángulos de retraso, a alturas normales, a la inclinación $\frac{V_a^2}{V'^2}$ que a la $\frac{V_a}{V'}$.

Así, una bomba de $V' = 400$ metros por segundo, arrojada desde un avión de $V_a = 40$ metros por segundo = 144 kilómetros hora, tendrá un ángulo de retraso inicial cuya tangente será $\frac{1.600}{160.000} = \frac{1}{100}$ y en el infinito de $\frac{1}{10}$.

En atmósfera de densidad variable (caso real), a causa del aumento de la resistencia del aire, por mayor densidad de las capas inferiores, la bomba no alcanza la velocidad límite, sino que pasa por un máximo para volver luego a disminuir de velocidad, y la trayectoria relativa se curva más y más, rebasando la inclinación $\frac{V_a}{V'}$ y cortando y aun rebasando la línea (1-4).

A pesar de esto, a las mayores alturas posibles hoy de bombardeo, los ángulos de retraso de las bombas de gran velocidad límite, no llegan ni a alcanzar la pendiente inicial sobre la vertical. Por lo que puede admitirse, a falta de datos, que la tangente del ángulo de retraso, a estas alturas, es aproximadamente $\frac{V_a^2}{V'^2}$, pero nunca $\frac{V_a}{V'}$, lo que quizás pudiera suponerse.

DOS AVIONES MILITARES NORTEAMERICANOS



En primer término el bimotor de bombardeo Boeing B-9 provisto de motores Pratt & Whitney «Wasp» de 525 cv., utilizado por la Aviación militar norteamericana. Los cinco puestos de su tripulación van situados en tándem a lo largo del fuselaje. Lleva armamento defensivo y 1.080 kilogramos de bombas. En la parte superior el monoplano de caza Boeing P. 26. Ambos aparatos son metálicos.