

# Aerotecnia

## BOMBARDEO AÉREO Estudio de la forma, centrado y dimensión de los estabilizadores en las bombas de Aviación

POR EL COMANDANTE DE AVIACIÓN  
ALEJANDRO SIRVENT DARGENT

### GENERALIDADES

La penetración de una bomba de Aviación en el aire y su estabilidad en dicho medio son dos problemas que se presentan al efectuar el estudio de su forma; problemas que están generalmente en contraposición el uno con el otro.

La penetración de una bomba tiene gran importancia, ya que, por aumentar el valor de su velocidad límite ( $V'$ ), se aumenta, por un lado, la velocidad remanente ( $V_r$ ) (velocidad inicial de penetración en el objetivo), y por otro se disminuye la duración de la trayectoria, aportando ambas consecuencias una mayor eficacia en el bombardeo y una mayor precisión, sobre todo cuando se efectúa el bombardeo contra objetivos móviles.

Respecto a la estabilidad, ya se sabe que en los cuerpos de revolución (forma actual de las bombas), cuanto más penetrantes son tienen menos estabilidad.

Surge, pues, la necesidad de proveer de estabilizadores a dichos cuerpos, no sólo con el fin de situar el centro de gravedad en las líneas aerodinámicas resultantes del lanzamiento (trayectoria), sino también para hacer que dichos cuerpos tiendan a recobrar el equilibrio inicial cuando alguna causa accidental los desvíe de la ruta ideal que deben seguir.

Estas desviaciones de las bombas pueden producirse por varias causas, siendo una de ellas, por ejemplo, la debida a las posiciones poco favorables para la estabilidad con que son lanzadas en el espacio y como consecuencia de su posición en los lanzabombas actuales.

Las causas que originan las desviaciones de las bombas se traducen en acciones aerodinámicas, que además de producir oscilaciones y rotaciones de la bomba alrededor de un eje baricéntrico, crean sollicitaciones (fuerzas aerodinámicas de sustentación y desviación) que alejan la trayectoria del centro de gravedad de la bomba de su trayectoria ideal y con frecuencia le obligan a salir del plano de puntería y lanzamiento.

La reacción aerodinámica en un punto de la trayectoria, descompuesta en la fuerza de la deriva o guiñada  $P_y$  (horizontal y perpendicular al plano de tiro), y en las dos componentes en el plano de tiro: una, la fuerza resistente  $P_w$ , o de balanceo (de sentido opuesto a la velocidad), y otra, la fuerza  $P_a$ , de sustentación o picado (perpendicular a la velocidad y normal a las dos primeras), determina la deformación de la trayectoria, que depende del ángulo (o equilibrio) que el eje de la bomba forma con la dirección instantánea de la velocidad.

Para corregirlas hay que efectuar un estudio de las medidas precisas del estabilizador de las bombas; estudio que, dada la singular analogía con el de la determinación de las medidas de los planos de cola de los aviones, puede realizarse con criterios análogos.

El movimiento de las bombas en su plano de lanzamiento respecto a sus rotaciones alrededor de un eje que pase por su centro de gravedad y sea perpendicular a dicho plano, pue-

de determinarse con el auxilio del túnel aerodinámico (las velocidades límites de las bombas normales de Aviación están aún por debajo de la velocidad del sonido), a fin de estudiar sus características aerodinámicas.

En él pueden obtenerse (obtención de la polar) dos de las tres componentes de la fuerza (reacción aerodinámica) que obran sobre la bomba (la fuerza resistente y la fuerza de sustentación), así como uno de los tres momentos (el momento de picado) contenido en el plano de las dos componentes. Estos datos se obtendrán en función del equilibrio  $\phi$  del eje de

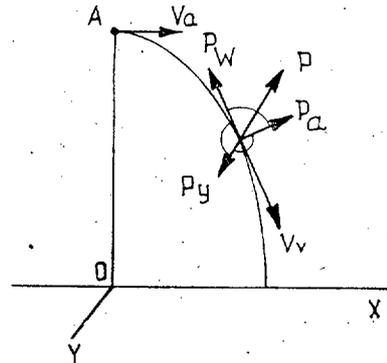


Figura 1.

la bomba, y se expresarán con los conocidos coeficientes sin dimensiones  $C_a$ ,  $C_w$ ,  $C_m$ , valores que sabemos son:

$$C_a = \frac{P}{\rho S V^2} \quad ,, \quad C_w = \frac{R}{\rho S V^2} \quad ,, \quad C_m = \frac{M}{\rho S V^2 l}$$

en los que  $\rho$  es la densidad del medio,  $S$  la sección máxima de la bomba,  $V$  su velocidad y  $l$  su longitud.

Se obtendrá el diagrama adjunto tanto cuando la bomba no tenga estabilizadores, curvas (a), (b), (c), o cuando los tuviese suficientes, curvas (a'), (b'), (c').

La variación de  $C_a$  se presenta con un aspecto ligeramente curvilíneo en ambos casos, curvas (a) y (a'), aumentando al aumentar con gradiente  $\frac{dC_a}{d\phi}$ , anulándose para el valor

de  $\phi = 0$ , dada la simetría del cuerpo en ambos casos.

La variación de  $C_m$  se presenta de dos formas muy distintas: sin estabilizador,  $C_m$  (curva b), partiendo de 0, al aumen-

tar  $\varphi$  pasa rápidamente al campo negativo de los momentos, o momentos de encabritado; alcanza un máximo negativo, y después corta nuevamente el eje de las ordenadas para un valor de  $\varphi$  sensiblemente elevado, alcanzando el campo positivo de los momentos, o momentos de picado, aumentando al aumentar  $\varphi$ ; el valor de  $\varphi$ , por el que  $C_m$  se anula, alcanza

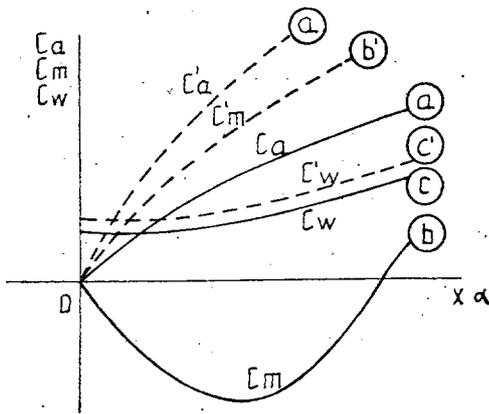


Figura 2.

valores, para cuerpos de buena penetración, aproximadamente de  $80^\circ$ .

Con estabilizador,  $C_m$  (curva  $b'$ ), por el contrario, conserva su valor positivo o momento de picado al crecer  $\varphi$ , partiendo del valor 0 para  $\varphi = 0$ .

Por tanto, la bomba sin estabilizador no posee el equilibrio estable que corresponde a la estabilidad estática, pues si se la supone inicialmente en equilibrio  $\varphi = 0$  y se desvía de dicho equilibrio por una causa exterior, en el sentido de encabritado, por ejemplo, se originaría un momento que tendería a aumentar el valor del equilibrio hasta que dicho momento no alcanzase el valor  $A$ , en donde la bomba resultaría dotada de estabilidad estática; y si en dicho punto, y ya en dicho equilibrio, la bomba tendiese de nuevo a encabritarse, se originarían, por igual causa, momentos de picado que la harían volver a su equilibrio.

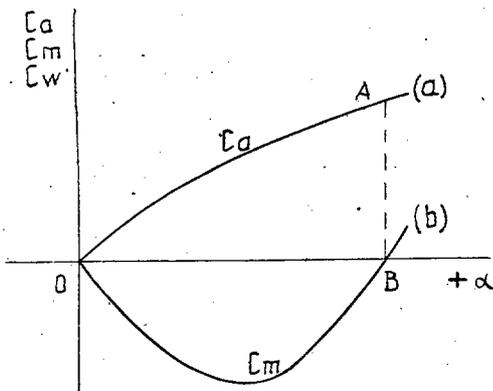


Figura 3.

Ahora bien: en el equilibrio  $\varphi = A$ , la bomba estaría sometida al valor  $AB$  del coeficiente de sustentación  $C_a$ , y por tanto, a una fuerza de sustentación baricéntrica, que será perpendicular a la velocidad y no vertical, y que produciría una deformación de la trayectoria de caída descrita por el centro de gravedad de la bomba, por lo que en este caso la bomba caería sobre el objetivo de lado y no con la ojiva.

Provista de estabilizador, la bomba se presenta dotada de

estabilidad estática para el valor de  $\varphi = 0$ , como resulta del examen de la figura, curva ( $b'$ ).

Respecto al coeficiente de resistencia  $C_w$ , varía poco de uno a otro caso, según se observa también en las curvas ( $c$ ) y ( $c'$ ).

Por tanto, para el paso de las posiciones ( $a$ ), ( $b$ ), ( $c$ ) a las ( $a'$ ), ( $b'$ ) ( $c'$ ) hace falta tener en cuenta la forma de la bomba, la posición de su centro de gravedad y la dimensión de su estabilizador.

**Forma.**—En lo que respecta a la forma, sólo está relacionada con su capacidad volumétrica y con la necesidad de que tenga una gran velocidad remanente ( $V'$ ) y en tanto ello sea posible, por lo que no debe estar subordinada a las necesidades del centro de gravedad ni a las dimensiones del estabilizador.

La posición del centro de gravedad sólo se presenta de antemano determinada en la zona alrededor del centro de figura de la bomba, debido a la densidad uniforme de ésta, representando el dimensionado del estabilizador un peso a añadir al sistema; peso que sólo influirá en el desvío del centro de gravedad hacia la popa.

**Centrado.**—La aplicación de la teoría del centrado del avión al centrado de las bombas permite examinar con precisión y rapidez las condiciones del influjo del centro de gravedad en la resolución del problema de su posición y de la determinación en las medidas del estabilizador de la bomba.

Si en un sistema cartesiano tomamos sobre el eje de las  $X$  los valores del coeficiente de momentos y sobre el eje de las  $Y$  el coeficiente de sustentación, el centro de gravedad  $G$  de la bomba coincidiría con el eje de las ordenadas, por ser los momentos  $C_m$  baricéntricos; la longitud de la bomba, en su parte posterior al centro de gravedad, estará en el primer cuadrante, así como en su parte anterior estará en el cuarto cuadrante. La curva  $C_m$ , en función de  $C_a$ , toma, determinada por los ángulos  $\varphi$ , el aspecto indicado en la figura.

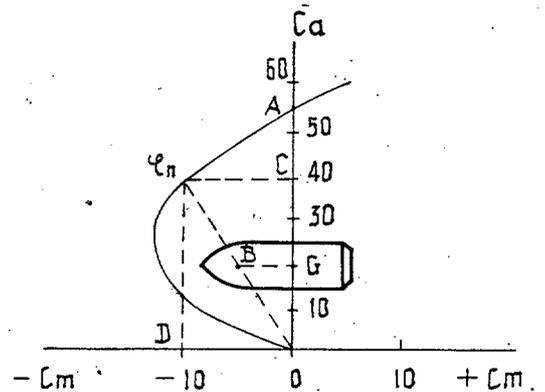


Figura 4.

Por tanto, si se quiere conocer el punto de aplicación de la sustentación sobre el eje de la bomba sin estabilizadores para un equilibrio genérico  $\varphi_n$ , bastaría unir el origen  $O$  con el punto  $\varphi_n$ , obteniendo en el encuentro  $B$  con el eje de la bomba (o con su prolongación) dicho punto, mientras que en  $OC$  se obtendría el valor del coeficiente de sustentación y en  $OD$  el del momento negativo, y por tanto, el de inversión. En efecto, el punto  $B$  cae en la parte anterior del centro de gravedad  $G$ .

La cantidad  $BG$  nos dará en un tanto por ciento la longitud de la bomba y la posición de la sustentación respecto al centro de gravedad.

Se observa que para el equilibrio  $\varphi = A$  la sustentación resulta baricéntrica y que para los ángulos menores el punto de aplicación de dicha sustentación cae en la parte anterior del centro de gravedad, y también exteriormente a la bomba más allá de su ojiva.

En todos estos equilibrios el momento es de inversión  $C_m$ , negativo, y no sería útil, como a primera vista podría pare-

cer, desplazar el centro de gravedad hacia la ojiva, porque de esta forma el momento  $C_m$  de inversión se reduciría, pero no se anularía.

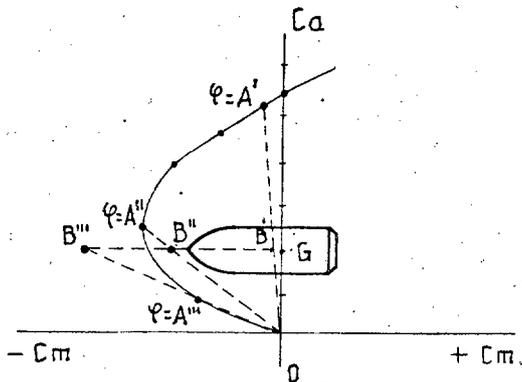


Figura 5.

Si a la bomba se le proveyese del oportuno estabilizador, obtendríamos, y deducidos de los valores obtenidos anteriormente en el túnel aerodinámico, que la curva pasa íntegramente al primer cuadrante, lo que permite su centrado.

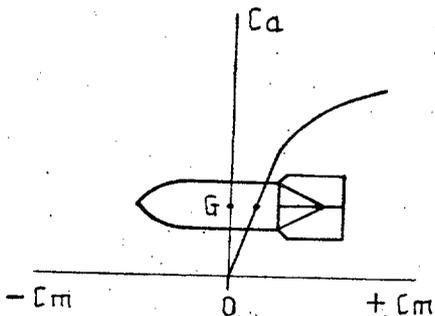


Figura 6.

En este caso, si el estabilizador desplaza hacia la popa el centro de gravedad del sistema, se obtendrá el centrado siempre que el centro de gravedad del sistema se encuentre en el lado izquierdo del punto de encuentro de la curva representativa de los momentos con el eje de la bomba, para que se tengan siempre momentos positivos (picados) al crecer positivamente el equilibrio por el valor de  $\phi$ . El valor de estos momentos depende del valor de la superficie de las aletas del estabilizador.

**Dimensión de los estabilizadores.**—Se puede determinar el valor de la superficie de cola necesaria al saber, por experiencias efectuadas, que su superficie puede ser tanto menor cuanto mayor sea el alargamiento del plano del ala que forma el estabilizador y mayor el perfil del ala escogido para la aleta estabilizadora.

Por consiguiente, sería oportuno hacer tales aletas con grandes perfiles alares y gran alargamiento.

Una determinación preliminar de las dimensiones del estabilizador podrá hacerse, conociendo la curva de los momentos de la bomba sin aletas estabilizadoras, de forma que el momento de la cola aislada resulte, por lo menos, mayor que el momento de inversión de la bomba sin estabilizador para el equilibrio, que corresponde al máximo de este valor del momento.

Por tanto, deberá ser:

$$C_m \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot l \geq C_{mc} \cdot \rho \cdot s \cdot V^2 \cdot b,$$

en donde  $s$  es ahora la superficie del estabilizador y  $b$  la distancia del centro de gravedad al punto de aplicación de la reacción aerodinámica del estabilizador.

De esto se deduce que deberemos tener:

$$\frac{C_m}{C_{mc}} \geq \frac{s \cdot b}{S \cdot l}.$$

Dicha relación podrá estar comprendida dentro de los límites que se puedan determinar experimentalmente con facilidad, de forma que indicando con  $N$  el número que los define, será:

$$N = \frac{s \cdot b}{S \cdot L},$$

que permite determinar  $s$  cuando se conozca  $b$ .

A  $b$  se le podrá, a su vez, determinar como la suma de la distancia focal del perfil alar que forma el estabilizador y de la distancia de su borde de ataque al centro de gravedad del sistema.

Las experiencias en el túnel aerodinámico deberán confirmar las deducciones teóricas por medio del estudio del gráfico anteriormente indicado.

En resumen: la necesidad de emplear y simplificar las construcciones en los estabilizadores limitan hoy en día la aplicación de las deducciones teóricas.



Figura 7.

Las aletas estabilizadoras, lejos de tener grandes valores  $\lambda$  de alargamiento, están supeditadas en algunos modelos hoy en uso, y respecto a su anchura, al diámetro del círculo máximo de su bomba, y en otros a las diagonales del cuadrado circunscrito a dicho diámetro, siendo en sus longitudes depen-

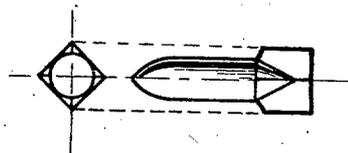


Figura 8.

dientes en ambos modelos del tamaño de los lanzabombas correspondientes, los que a su vez dependen del espacio disponible en los aparatos que las emplean.

Tanto en uno como en otro caso, y si bien en el segundo citado mejora algo la estabilidad de la bomba, no se consigue que el centrado sea completamente perfecto y se obtenga, por tanto, una estabilidad estática completa.

El problema, sin embargo, puede resolverse admitiendo unas pequeñas oscilaciones en la bomba durante su trayectoria alrededor de su posición de equilibrio, lo que prácticamente no alterará dicha trayectoria, y por tanto, el resultado feliz en el bombardeo a realizar.

BIBLIOGRAFIA

“L’Aerotecnica”: C. Cremona.  
 “Elementos de Aviación”: G. Crocco.  
 “Problemas de Aeronáutica”: G. Crocco.