



El bombardeo y la artillería antiaérea

Por MANUEL BRETON CALLEJA
Comandante de Artillería. Diplomado de E. M.

(Artículo premiado en nuestro V Concurso.)

El carácter estable que suelen tener las organizaciones antiaéreas de zonas o puntos sensibles, permite con frecuencia a las fuerzas aéreas encargadas de atacar estos objetivos el conocimiento previo del despliegue artillero enemigo que ha de oponerse a su acción. Esta circunstancia, que constituye una valiosa ventaja a favor de la Aviación, puede y debe ser aprovechada, mediante el estudio racional de las posibilidades y servidumbres de la defensa, para proporcionar al Mando aéreo un importante elemento de juicio en que fundamentar su decisión.

Con la idea de facilitar la interpretación técnica de los informes relativos a la defensa terres-

tre, analizaremos las principales características del tiro y empleo de la artillería antiaérea, esforzándonos en adoptar el punto de vista del Mando de bombardeo, por ser el que normalmente experimentará más sus efectos; a quien corresponde extraer el mayor provecho de los resultados que se obtengan.

Como aplicación inmediata de este trabajo, vamos a tratar de resolver el problema siguiente: *¿En qué condiciones ha de realizarse una acción de bombardeo para que resulten mínimos los riesgos debidos a la reacción antiaérea?*

Puesto que el concepto de riesgo o peligro para el aviador coincide en esencia con el valor

defensivo de la organización antiaérea, estimado "a priori" según las circunstancias que han de concurrir en el ataque, nos parece indispensable exponer algunas nociones sobre la eficacia del tiro antiaéreo, antes de abordar la cuestión planteada.

Conviene también hacer presente que el estudio de dicha eficacia puede ser enfocado de dos maneras distintas, según la aplicación que se persiga. La primera, de un carácter eminentemente práctico, por estar basada en la experiencia, tiende a concretar en cifras el valor absoluto de la defensa antiaérea. Se trata, en definitiva, de conocer el tanto por ciento de derribos probables que puede lograrse con materiales y condiciones determinados. No ofrece duda la importancia que para el aviador tiene la posesión de estos datos; pues, así, podría evaluar las pérdidas probables por la acción antiaérea, y tenerlas en cuenta al realizar el cálculo de los medios necesarios. Sin embargo, sólo una lenta y cuidadosa labor de estadística permitiría formular conclusiones de cierta garantía. Son tantos los factores que intervienen en cada acción, algunos imponderables, como la moral de los elementos contendientes, o de difícil apreciación, como las condiciones meteorológicas, rendimiento de los elementos auxiliares de la defensa, cambios en la táctica aérea, etc.; y tan rápidos los progresos de la técnica para comparar entre sí resultados obtenidos en fechas algo distantes, que consideramos preferible no exponer ninguna cifra hasta poseer el acopio de datos indispensables.

Otro aspecto de la eficacia, que para nuestro objeto resulta particularmente interesante, es el que muestra la influencia relativa de aquellos factores cuya variación está sujeta a la iniciativa del aviador. Basado en consideraciones teóricas, este estudio tiene para él una significación práctica indudable, pues ha de consentirle escoger las condiciones de vuelo que, dentro del cumplimiento de su misión, le expogan a sufrir pérdidas mínimas.

Factores de la eficacia del tiro antiaéreo.

Al artillero antiaéreo que recibe la misión de proteger un objetivo le preocupa, sobre todo, que la zona crítica quede batida con la densidad suficiente. Por desconocer la dirección del ataque aéreo, ha de preverlo en todos sentidos (sin perjuicio de reforzar los que se juzgan de antemano más peligrosos), combinando las zonas

de acción de sus baterías, para que todo avión que trate de alcanzar el blanco se encuentre expuesto al fuego de la defensa, por lo menos, en determinado recorrido de su ruta. De esta manera suelen quedar colocadas las baterías medias y pesadas en uno o varios anillos alrededor del objetivo, formando un dispositivo casi regular, al cual se subordinan los restantes elementos de la defensa: cañones automáticos, radiotelémetros, proyectores, etc.

Ante el despliegue adoptado por el enemigo, el aviador, en uso de su libertad de acción, debe elegir el momento, lugar y forma más propicios para realizar su ataque. Si el momento no viene impuesto en la misión recibida, o condicionado por otros elementos ajenos a nuestro estudio, será aconsejable aprovechar las circunstancias meteorológicas que más perjudiquen la acción de la defensa (viento, luz, etc.). Del mismo modo, las demás condiciones de vuelo: ruta de aproximación, altura, formación, etc., estarán influidas por la necesidad de aminorar los riesgos ocasionados por el tiro antiaéreo.

Veamos qué puede hacer el aviador para encontrar dichas condiciones óptimas. Si la información le ha proporcionado, además de la situación de las baterías, las características técnicas de los materiales antiaéreos, lo normal será servirse del clásico croquis de zonas batidas, con

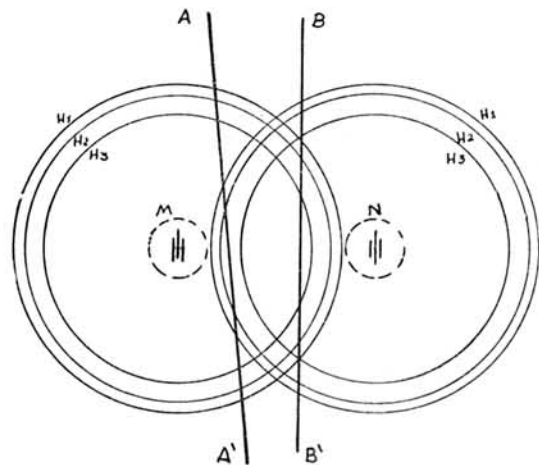


FIG. 1

sus círculos concéntricos para distintas alturas de vuelo, trazados desde los asentamientos correspondientes (fig. 1).

Asignado un valor a la altura de vuelo, tal como H_1 , para deducir qué ruta es la más favo-

rable, se podrían trazar sobre el gráfico una serie de ellas $AA' BB'$, y someterlas a un examen comparativo.

Se vería, por ejemplo, que en la ruta AA' el avión permanece más tiempo expuesto al fuego que en la BB' ; pero, en cambio, en la segunda es mayor el trayecto batido por dos baterías (M y N). ¿Cuál de los dos itinerarios es más peligroso? A primera vista, el problema parece quedar resuelto calculando el volumen total de fuego que debe afrontar el aviador en cada caso. Las operaciones necesarias se reducirían a sumar los disparos que las distintas baterías son capaces de efectuar mientras el avión cruza las zonas de acción respectivas, y comparar luego los resultados obtenidos para ambas rutas.

No obstante, este sistema, aplicado en artillería antiaérea para apreciar el valor defensivo de una organización, no dará más que una solución incompleta, y a veces falsa, del problema planteado al aviador. En el razonamiento seguido, se ha supuesto que todos los disparos realizados sobre el avión eran igualmente peligrosos, cosa que no es cierta, pues al variar la precisión del tiro con la distancia, varía también la posibilidad de alcanzar el blanco. Es necesario, pues, tener en cuenta esta circunstancia, con lo cual podremos establecer que la eficacia del fuego antiaéreo sobre un avión está influida por los factores siguientes:

- 1.º Número de disparos posibles en su vuelo a través de la zona defendida.
- 2.º Probabilidad de impacto en cada punto de la ruta.

Número de disparos posibles.

Evidentemente, es función del tiempo que tarde el avión en atravesar las coronas batidas de las baterías, y por lo que se refiere a la defensa, del número y cadencia de las piezas antiaéreas.

Como es sabido, la zona de acción de una batería, para una altura de vuelo determinada, afecta la forma de una corona circular, cuya circunferencia exterior corresponde al alcance máximo sobre el plano horizontal de cota dada, mientras que el círculo interior está constituido por la sección del llamado "cilindro muerto". Este último, que tiene un radio proporcional a la velocidad del avión, engloba las zonas muer-

tas de puntería, es decir, aquellas regiones donde no puede batirse el blanco, por resultar imposible el mantener una puntería continuada.

Si consideramos dividida la ruta en los trayectos $l_1, l_2, l_3, \dots, l_b$, cuyos subíndices corresponden al número de baterías que pueden hacer fuego en cada uno de ellos; y si designamos por V la velocidad (m/s.) del aparato con relación al suelo, n el número de piezas por batería y c la cadencia del material, el máximo número de disparos que puede sufrir el avión será:

$$N = c \frac{n \cdot l_1}{V} + c \frac{2n \cdot l_2}{V} + c \frac{3n \cdot l_3}{V} + \dots = \frac{cn}{V} \sum l_b \dots, \quad (1)$$

en que $\sum l_b$ expresa la suma de los productos de cada trayecto por el número de baterías que pueden tirar.

Del examen de la fórmula anterior, sólo podemos deducir, por ahora, dos maneras de rebajar el valor de N : hacer más pequeños los trayectos batidos l por medio de un aumento en la altura de vuelo, o incrementar la velocidad V . Esta última conclusión, que por estar en el ánimo de todos puede parecer obvia, interesa para poner de manifiesto una circunstancia que hace todavía mayor su influencia en la eficacia del tiro antiaéreo.

El recorrido más importante de un bombardero, a los efectos antiaéreos, es aquel en que la puntería previa sobre el objetivo le obliga a mantener la regularidad de vuelo un cierto tiempo antes del lanzamiento de las bombas (zona crítica). Con arreglo a la velocidad y altura estimadas más probables, se organiza la defensa de un objetivo, colocando las baterías detrás y próximas a la línea de lanzamiento, para aprovechar mejor su acción sobre la zona crítica. Por tanto, si el aviador consigue aumentar su velocidad con relación al suelo, se anticipará el lanzamiento de las bombas, la zona crítica se alejará de las baterías, y para la defensa esto producirá la disminución de los disparos que podrían ser más eficaces.

Una aplicación importante de lo que acabamos de exponer se encuentra en el bombardeo a favor del viento, como medio de elevar la velocidad absoluta del avión. En tal caso, a los dos efectos indicados: reducción del tiempo bajo el fuego y variación de la zona crítica, se

puede añadir la resistencia opuesta al movimiento del proyectil, que, por disminuir el alcance sobre el sector de aproximación, resta también eficacia a la defensa, aunque en grado menor que los anteriores.

En el cuadro I está reflejada la influencia global de distintos vientos para una velocidad propia de 150 m/s.

CUADRO I

Influencia del viento en el tiro A. A.

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s.)		TIEMPO DE FUEGO (segundos) ANTES DEL LANZAMIENTO PARA DIVERSAS ALTURAS				
		3.000 m.	4.000 m.	5.000 m.	6.000 m.	7.000 m.
Viento en calma	0	43	36	29	21	12
Viento de cola	5	40	35	26	24	9
	10	37	30	23	15	7
	15	34	27	20	13	5
	20	31	25	18	11	3
Viento de cara	5	46	39	32	24	15
	10	50	43	35	27	18
	15	54	47	39	31	21
	20	58	51	43	35	24

El valor de la utilización del viento fué reconocido por los beligerantes de la segunda guerra mundial, que tuvieron en cuenta este factor en las principales organizaciones defensivas. Así, por ejemplo, los alemanes, en la defensa de Hamburgo, dejaron el 85 por 100 de las piezas en posiciones fijas, destinando el 15 por 100 restante a reforzar un sector u otro, según el viento reinante.

Probabilidad de un impacto.

El objeto del tiro antiaéreo es conseguir la coincidencia en tiempo y espacio de los dos móviles: avión y proyectil. O, dicho de un modo más exacto, lograr que la posición del avión, al provocarse la explosión del proyectil, se halle dentro del radio de acción eficaz de éste. El instante de la explosión se fija previamente por medio del cálculo, obteniéndose así la posición donde, teóricamente, ha de tener lugar el encuentro, y a la cual deberán estar apuntados los cañones al verificarse el disparo.

Desde el momento en que el proyectil emprende la marcha, las cosas ya no suceden idénticamente a lo previsto. Causas incontrolables, de muy diversa naturaleza, actúan sobre ambos móviles, modificando sus trayectorias, de tal manera, que al ocurrir la explosión, cada una de ellas se habrá separado por su cuenta del punto prefijado. El proyectil seguirá las leyes de la dispersión balística alrededor del centro del impacto. Análogamente, las influencias que se ejercen sobre el movimiento del avión y los errores iniciales de cálculo, se traducen en una dispersión de las posiciones futuras, a la que cabe admitir también la aplicación de las leyes de Gauss, por ser debida, en su mayor parte, a causas accidentales.

Si el tiro se repitiese muchas veces en las mismas condiciones, las explosiones de los proyectiles, por un lado, y las posiciones futuras, por otro, se agruparían, constituyendo dos elipsoides, cuyos ejes mayores siguen la dirección de los movimientos respectivos; esto es, la tangente a la trayectoria, para el proyectil, y la prolongación de la ruta, en el caso del avión. Componiendo ambas dispersiones, según las normas del Cálculo de Probabilidades, la resultante representaría la ley de formación de los desvíos explosión-blanco, que es la que verdaderamente nos interesa, pues la probabilidad de obtener uno menor que el radio de acción eficaz del proyectil sería, a la vez, la que tiene el avión de ser derribado por un disparo.

La complejidad del procedimiento anterior lo excluye de la cuestión planteada en este trabajo, ya que resulta preferible encontrar resultados sencillos y de fácil aplicación, aunque sea preciso sacrificar una buena parte de rigor matemático.

Guiados por esta idea, examinaremos las diversas causas de error que producen la separación entre la explosión y el blanco, agrupándolas como sigue:

- Errores originados en la preparación del tiro.
- Desviaciones del proyectil durante su marcha.
- Variaciones introducidas en el movimiento del avión después del disparo.
- La preparación del tiro antiaéreo comienza por determinar la posición que ocupa el avión en aquel instante. Esta operación, que equivale al problema topográfico de situar un punto por radiación, introduce ya los primeros errores,

que son de tres clases: de distancia, de ángulo de situación y del ángulo de dirección.

Para la medida de los elementos que permiten situar en el espacio la posición del avión, se emplean hoy, conjuntamente, aparatos ópticos (telémetros estereoscópicos) o radioeléctricos (radiotelémetros), de cuya precisión depende el orden de magnitud de los errores cometidos. Aunque la diversidad de modelos en uno y otro sistema no permite fijar la cuantía de aquellos errores sin referirse a cada caso particular, puede establecerse con carácter general que los aparatos ópticos miden los valores angulares con más exactitud que los del sistema radar, mientras éstos consiguen, en cambio, menor error en la distancia. Esta ventaja se hace más sensible cuanto más alejado se halle el avión, pues el error del radiotelémetro es proporcional al valor de la distancia, al paso que el del telémetro óptico lo es a su cuadrado. Por ello se preconiza actualmente el empleo del radar como instrumento telemétrico, aun cuando la visibilidad sea excelente.

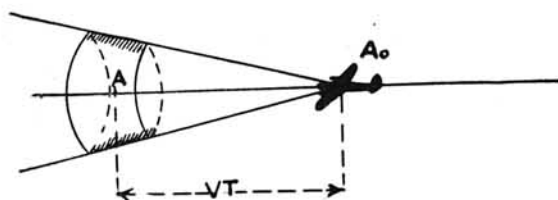


FIG. 2

La combinación de los tres errores mencionados produce una indeterminación en la posición del avión, que, como es lógico, afecta a la probabilidad del tiro y, por consiguiente, a su eficacia. Sin embargo, la exactitud de los aparatos actuales es tan grande, que haría despreciable esta influencia, si no fuese por la repercusión que tiene en la etapa siguiente de la preparación del tiro.

Fijada la posición presente o actual del avión, es preciso luego conocer su ley de movimiento, esto es: la velocidad, dirección e inclinación de la ruta (y hasta la curvatura de esta última, si no se admite la hipótesis de vuelo rectilíneo). Las llamadas Direcciones de Tiro se encargan de realizar este cometido de una manera precisa y automática; pero, a pesar de la aparente instantaneidad con que verifican las mediciones y operaciones de cálculo, los datos de movimien-

to que se obtienen corresponden a los valores medios de un determinado recorrido del avión. Ya que no existe otro procedimiento para evaluar la velocidad y dirección de un móvil que comparar entre sí una serie de posiciones sucesivas. En consecuencia, la ley de movimiento vendrá afectada de los errores que se cometieron al fijar la posición del avión, y sólo será rigurosamente válida para el tiempo o intervalo de medición en que se calculó.

Con tales materiales, las Direcciones de Tiro han de proseguir su trabajo hasta encontrar la posición que ocupará el avión cuando el proyectil haga explosión, y los elementos de tiro correspondientes. Para esto tienen que calcular la traslación del avión (predicciones) durante el recorrido del proyectil, lo que exige extrapolar la ley obtenida, o sea, suponer que el movimiento observado en el intervalo de medición se extiende, en la misma forma, al incierto trayecto futuro. Así, los errores que inicialmente se cometieron al situar el avión, vendrán amplificados para el punto futuro, al quedar multiplicados por la relación

$$\frac{\text{duración de trayecto del proyectil}}{\text{intervalo de medición}}$$

Admitiendo que el intervalo de medición es una constante del aparato, cada error será proporcional a la duración de trayecto (T), y la resultante de los tres que intervienen al situar un punto ocasionará en la posición futura una incertidumbre, que puede ser representada como un espacio o volumen de posiciones posibles. A igualdad de las demás circunstancias, los espacios de incertidumbre afectarán la forma de cuerpos semejantes, que, por tener sus dimensiones en la relación T , ocuparán volúmenes proporcionales a T^3 .

Aunque la forma de los referidos espacios varía con el sistema seguido por cada Dirección de Tiro, no suele apartarse mucho del tronco de cono que representa la figura 2. Si K expresa una cantidad constante, puede deducirse fácilmente que su volumen será:

$$K V^3 T^3 \dots \quad (II)$$

b) El proyectil, en su movimiento, no sigue la marcha teórica y estalla fuera del punto calculado, produciéndose tres clases de desvíos: en dirección, en altura y a lo largo de la trayectoria.

La gran precisión de los actuales cañones anti-aéreos y las excelentes condiciones balísticas de los proyectiles, han logrado reducir de tal modo las dos primeras clases de desvíos, que se obtienen, generalmente, zonas del 50 por 100 laterales y verticales con valores inferiores al radio de acción del proyectil. De mucha mayor consideración son los restantes desvíos, ocasionados por el desigual funcionamiento de las espoletas. Al no producirse la explosión en el instante fijado, es como si la preparación del tiro se hubiese efectuado con una duración de trayecto distinta de la verdadera, y este error en el tiempo causa un doble efecto sobre la dispersión. De una parte, el proyectil estalla después de rebasar o antes de llegar al punto donde se preveía el encuentro, y de otra, la posición futura se habrá trasladado atrás o adelante, respectivamente, sobre la ruta del avión.

Con el uso de las espoletas de relojería, en lugar de las antiguas de mixto, dicho error en tiempo había sufrido ya una gran reducción; pero las modernas espoletas de proximidad, como la VT radioeléctrica, han llegado a anularlo prácticamente, al provocar la explosión en forma automática cuando el avión queda expuesto a la acción del proyectil. Según informaciones norteamericanas, este nuevo artificio ha conseguido duplicar la eficacia del tiro anti-aéreo.

c) El movimiento del avión después del disparo puede sufrir modificaciones de dos clases: accidentales o debidas a la voluntad del piloto.

Las primeras, ocasionadas por variaciones insensibles en los mandos, ráfagas de viento, baches, etc., pueden suponerse incluidas en las que señalamos en el apartado a), sin más que aumentar por esta causa los errores probables cometidos en la ley de movimiento del avión.

En cuanto a las otras, deben descartarse para el trayecto en que tiene lugar la puntería del bombardeo, que obliga a mantener el aparato en línea recta y velocidad uniforme. Fuera de este período, crítico tanto para la defensa como para el avión, las variaciones voluntarias se emplearán para realizar la maniobra evasiva, que permite eludir el fuego anti-aéreo en plena ejecución, de la manera que más adelante se tratará.

Considerando todas las maniobras posibles: virajes, picado, subida y cambios de velocidad, emprendidas en el momento del disparo, por

ser el más desfavorable para el tiro, al final del recorrido del proyectil el avión se encontrará situado dentro de un espacio, cuya sección longitudinal, representada en la figura 3, está limitada por los arcos de círculo (BC, B'C'), descritas con el radio mínimo de viraje, y las evolventes de círculo (BB', CC'), correspondientes a los valores extremos de la velocidad. Al volumen engendrado por la zona BB'C'C, al girar alrededor de la ruta, no cabe, en realidad, aplicarle el principio de semejanza para distintos valores del tiempo T; pero, dada la escasa maniobrabilidad de los bombarderos, que hace muy grandes los radios de viraje, se puede sustituirlo sin gran error por un tronco de cono, donde se verifica ya la proporcionalidad que nos condujo a encontrar la fórmula [II].

Si todas las posiciones que puede ocupar el avión dentro del espacio de incertidumbre fuesen igualmente probables, bastaría dividir por este volumen el de acción eficaz de la explosión, (v_e), para calcular la probabilidad del impacto. Aunque esto no es totalmente cierto, debido al carácter accidental de varias causas, generadoras de los desvíos, puede admitirse de un modo aproximado, ya que la pequeñez de la dispersión del proyectil en relación con la del avión hace que la explosión se produzca en la región donde los factores de probabilidad pueden considerarse proporcionales a los valores de la probabilidad.

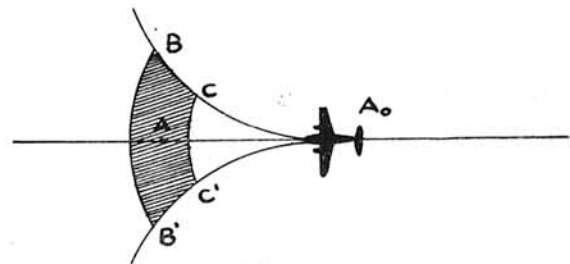


FIG. 3

Según esto, la probabilidad de un impacto será:

$$P = \frac{V_e}{K V^2 T^3} \dots \quad [III]$$

Probabilidad de una serie de disparos. Riesgo.

Cuando se verifican *n* disparos en circunstancias idénticas, la probabilidad de alcanzar al

avión, (P_n), vendrá dada recurriendo al suceso contrario:

$$P_n = 1 - (1 - P)^n .$$

Si el tiro se ejecuta mientras el avión recorre velozmente su ruta, como sucede en la realidad, la fórmula anterior no tendrá aplicación sino en cada pequeña porción de la misma, pues, al variar la distancia, cambia la duración de trayecto T , y, por consiguiente, la probabilidad de cada disparo. Para calcular la probabilidad resultante habría que componer las probabilidades parciales; labor tanto más penosa si se tienen en cuenta las diversas baterías que pueden ejercer su acción sobre el mismo blanco.

Como nosotros pretendemos encontrar una medida del peligro relativo que experimentará el aviador según realice el vuelo de una u otra forma; es decir, haciendo abstracción de su cuantía absoluta para investigar la influencia de condiciones diversas, creemos que la probabilidad total puede sustituirse por una cantidad que denominamos "riesgo relativo", que cumple con los mismos fines, simplificando notablemente las operaciones.

Es intuitivo que cuando existe un peligro producido por una causa latente, el riesgo será proporcional al tiempo que se permanezca bajo su acción. Por consiguiente, si P es la probabilidad que tiene una batería de abatir un avión en una descarga, Pdt será el riesgo elemental en el intervalo dt , y $\int_{t_1}^{t_2} P dt$, el riesgo total entre los instantes t_1 y t_2 , en que penetra y sale, respectivamente, de la zona de acción de las piezas.

Cambiando la variable tiempo por el recorrido (L) y dando a P el valor hallado [III], el riesgo valdrá:

$$R = \frac{Vc}{KV^3} \int \frac{d \cdot l}{T^3} = c \int \frac{d \cdot l}{T^3} \dots, \quad [IV]$$

en que C suele ser constante para cada "raid".

Para calcular en la práctica el riesgo relativo es suficiente levantar sobre la proyección de la ruta (desarrollada si no fuese recta) ordenadas, inversamente proporcionales al cubo de la duración de trayecto del proyectil correspondiente a cada punto, y medir después el área comprendida por la curva resultante.

La operación puede resultar aún más sencilla

si se tienen preparados gráficos como el de la figura 4, en el que, para una altura de vuelo determinada, se han dibujado una serie de circunferencias concéntricas, acotándolas con los resultados de dividir una cantidad constante (10.000 en el ejemplo) por las terceras potencias del tiempo en segundos, tomado de las ta-

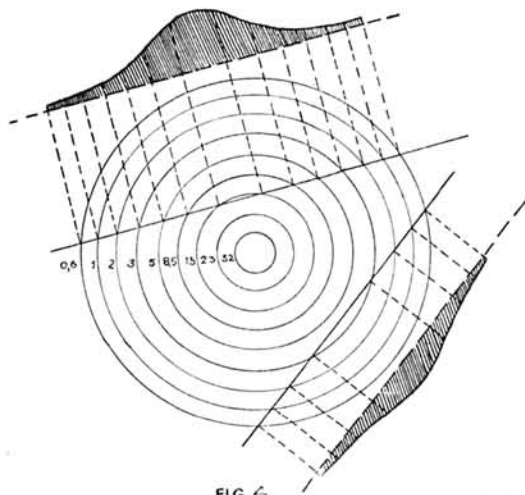


FIG. 4

blas de tiro del material que se trate (88/56). Con este medio la curva se traza rápidamente siguiendo un procedimiento análogo al que se emplea para levantar un perfil topográfico. El área de cada superficie rayada en la figura 4 representa el valor del riesgo ocasionado por la batería B, y puede evaluarse aplicando la regla de Simpson u otro procedimiento de cuadratura cualquiera.

Si el itinerario cruzase las zonas de acción de varias baterías, para encontrar el riesgo total bastaría sumar los parciales producidos por las distintas unidades, procediendo en cada una como se acaba de exponer.

Elección de las condiciones de vuelo.

Provistos ya de los útiles de trabajo proporcionados por el estudio precedente, podemos acometer la solución del problema planteado al principio, para lo cual examinaremos por separado cómo pueden influir en el riesgo del aviador las siguientes causas:

- Velocidad.
- Altura de vuelo.
- Itinerario o ruta.
- Formación.
- Acción evasiva.

Velocidad.

Aunque se trata más bien de una característica técnica del material de vuelo que de una circunstancia capaz de ser modificada al arbitrio del aviador, pues de sobra es conocida la conveniencia de elevar al máximo su valor, la incluimos aquí para facilitar la comparación de diversos tipos de aparatos en el aspecto de su vulnerabilidad al tiro antiaéreo.

Como resumen de lo expuesto, se deduce que un aumento de velocidad produce:

- Disminución de los disparos posibles.
- Anticipo del lanzamiento de las bombas.
- Aumento de la zona crítica.
- Reducción de la probabilidad de impacto.
- Aumento del cilindro muerto de puntería.

CUADRO II

Variación del riesgo con la velocidad.

VELOCIDAD DEL AVION		RIESGO RELATIVO
M/s.	Km/h.	
100	360	337
110	396	254
120	432	195
130	468	154
140	504	123
150	540	100
160	576	82
170	612	69
180	648	58
190	684	49
200	720	42

La influencia global, según se deduce de la fórmula [IV], puede expresarse diciendo que: "El riesgo es inversamente proporcional al cubo de la velocidad del avión."

De acuerdo con la ley anteriormente enunciada se ha calculado el cuadro II, donde se establece como término de comparación el riesgo correspondiente a la velocidad de 150 m/seg. (540 km/h.).

Altura de vuelo.

Al elegir la más conveniente para un bombardeo hay que atender dos necesidades contrapuestas: la seguridad contra el tiro antiaéreo, tanto mayor cuanto más elevado se encuentre el avión, y la dispersión de las bombas, que acon-

seja, en cambio, reducir la altura del lanzamiento. Como consecuencia, en el bombardeo horizontal se suele adoptar la máxima cota de vuelo compatible con la precisión que exige la misión encomendada.

Dicha norma general encuentra una excepción en el ataque rasante. Aunque de esta manera el avión se expone a sufrir íntegramente el fuego de las armas automáticas, en ocasiones pueden compensarlo con ventaja los efectos de sorpresa obtenidos sobre la defensa. Así ocurre cuando se trata de aprovechar los espacios desfilados producidos por el relieve o naturaleza del terreno (montañas, bosques, edificaciones) contra los órganos de observación y de tiro, o con el fin de dificultar la acción de los puestos de acecho y localización a distancia, en especial el radar, si existen circunstancias que pueden favorecer la aproximación al objetivo (sectores costeros o fronterizos).

Aparte de la modalidad del ataque rasante, que, además de requerir especiales condiciones topográficas o meteorológicas, resulta más apta para aparatos aislados que en acciones de gran envergadura, en los demás casos la altura óptima del bombardeo vendrá fijada en función de la naturaleza, dimensiones y visibilidad del objetivo.

Reconocida, pues, la ventaja de aumentar la altura de vuelo para aminorar los efectos del tiro antiaéreo, acaso parezca innecesario confirmarlo para el cálculo; pero creemos que la evaluación de los riesgos puede ser útil también en este caso, al suscitar cuestiones de interés, tales como la comparación de tácticas y medios de ataque diversos, análisis de las estadísticas de pérdidas, etc.

CUADRO III

Influencia de la altura en la explosión del proyectil

ALTITUD (m.)	ACCION EFICAZ DE LA EXPLOSION (VALORES RELATIVOS)	
	Radio medio	Volumen
0	1	1
1.000	1,10	1,21
2.000	1,22	1,82
3.000	1,35	2,46
4.000	1,49	3,31
5.000	1,65	4,49
6.000	1,82	6,03
7.000	2,01	8,121
8.000	2,23	11,09

En relación con la eficacia del tiro antiaéreo, un aumento de la altura de vuelo produce:

- a) Reducción del número de disparos posibles por ser más cortos los trayectos batidos.
- b) Probabilidad de impacto menor, a causa de haber aumentado la duración de trayecto del proyectil.
- c) Mayor volumen de acción eficaz del proyectil.

CUADRO IV

Variación del riesgo con la altura.

ALTURA DE VUELO	DISTANCIA MINIMA DESDE LA BATERIA A LA PROYECCION DE LA RUTA				
	0	2.000	4.000	6.000	8.000
3.000	1.032	988	344	165	36
4.000	640	710	289	110	32
5.000	437	463	219	95	30
6.000	231	320	144	78	10
7.000	213	264	142	55	>

Muy poco conocido este último efecto, es digno de ser tenido en cuenta, no sólo a título de curiosidad, sino por su influencia, mayor de lo que pudiera suponerse. Sin recurrir a la exposición matemática, se comprende fácilmente que

RIESGOS RELATIVOS (UNIDADES ARBITRARIAS)

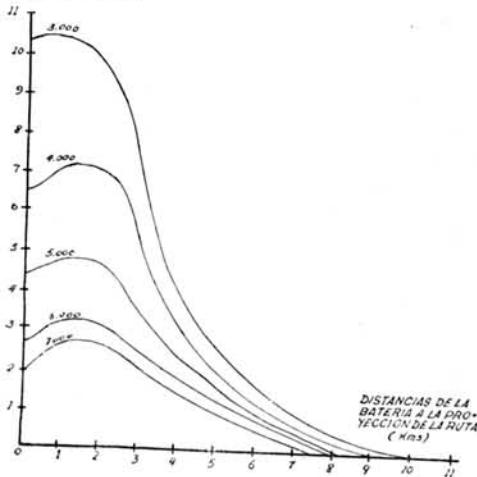


FIG. 5

la disminución de la densidad del aire con la altitud, reduce la resistencia al avance, especialmente en cuerpos de forma tan irregular como los cascos producidos por la explosión del proyectil, y les hace capaces de alcanzar mayores distancias, conservando el mínimo de fuerza viva que se considere eficaz.

En el cuadro III figuran los valores de los radios medios y volúmenes eficaces de explosión para distintas alturas, tomando por unidad el correspondiente al nivel del mar, según cálculo

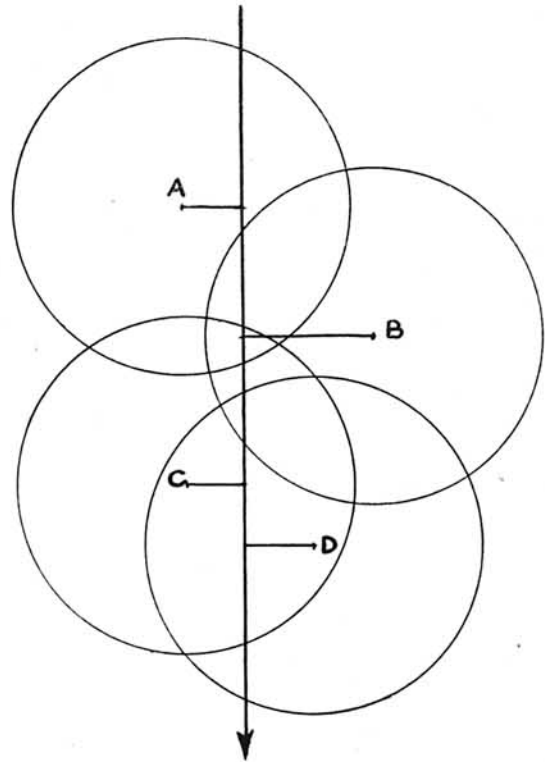


Fig. 5'.

que hemos realizado por el proyectil ordinario de 88/56. Como puede observarse (cuadro IV), la considerable variación de este volumen no llega a contrarrestar los efectos a) y b), cuya preponderancia se manifiesta en una disminución del riesgo a medida que se hace mayor la altura de vuelo.

Itinerario o ruta.

La consideración de los riesgos relativos, según el método que propugnamos, recibe aquí una de sus principales aplicaciones. Bastaría, en efecto, trazar sobre el plano de la defensa una serie de rutas y evaluar gráficamente los riesgos correspondientes, para encontrar la que proporciona menor peligro al atacante.

No obstante, en el caso de rutas rectilíneas, puede facilitarse aún esta labor, haciendo uso del gráfico de la figura 5, en el cual las abscisas expresan la distancia mínima de la batería a la proyección horizontal de la ruta. Los valores de los riesgos figuran como ordenadas, y

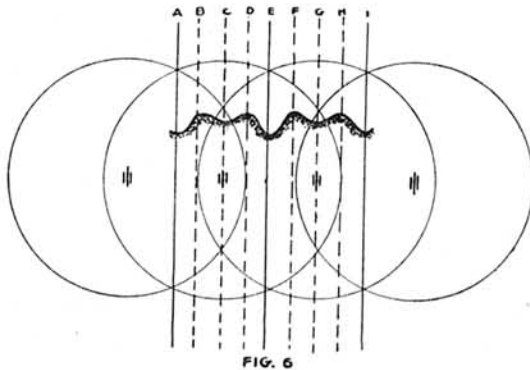
cada curva corresponde a la altura de vuelo que lleva acotada.

Con la ayuda del gráfico anterior, las operaciones se reducen a trazar perpendiculares desde los asentamientos a la proyección de la ruta (figura 5'), y medir estos segmentos para encontrar luego los riesgos respectivos.

Este procedimiento permite estudiar numerosas rutas que satisfagan condiciones determinadas, para obtener, finalmente, el diagrama de los riesgos que existen sobre cada organización defensiva.

Las figuras 6 y 7 constituyen dos ejemplos de diagramas de riesgos aplicados a casos extremos: cruce de una línea de baterías y ataque a un objetivo circular de pequeñas dimensiones. Para construirlos se han supuesto paralelas todas las rutas en el caso de la figura 6, y convergentes en *O* las de la figura 7. La observación de los diagramas nos da directamente las rutas de riesgo mínimo, que son, en ambas figuras, las *A, E, I*.

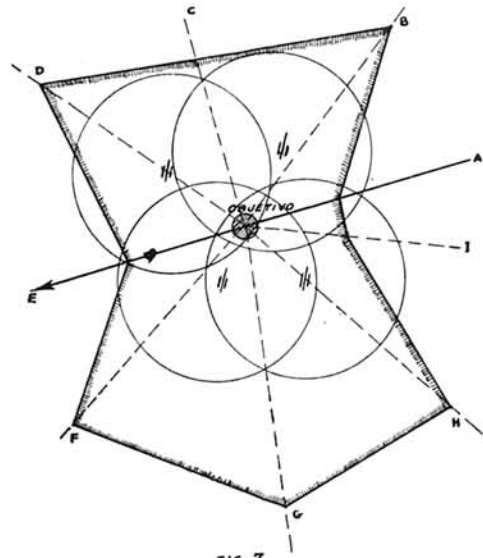
Como normalmente no estarán en línea recta la ruta de aproximación y la de alejamiento, para señalar el itinerario completo a través de la zona defendida, será preciso combinar en forma adecuada los de las direcciones obtenidas con el diagrama de riesgos. Tal es el caso de la figura 7, donde se ha indicado con trazo grueso la solución que estimamos más conveniente.



Formación.

Según vimos al tratar de la probabilidad de impacto, la dispersión del tiro antiaéreo se produce, generalmente, sobre un espacio alargado en la dirección de la ruta, lo cual, aplicado a las formaciones, da ventaja a las que presentan más frente de fondo, y aconseja, sobre todo, reducir el número de los aviones que deben marchar escalonados en el sentido del movimiento.

Quizá fuera esta razón la que indujo al Mando norteamericano, en los finales del año 1943, a sustituir la formación del grupo de 18 por la primitiva de 12.



Las distancias entre aviones de una misma formación guardan también una relación estrecha con las posibilidades artilleras de la defensa. Refiriéndonos, como es natural, a las formaciones abiertas, en que prevalece la disminución de los efectos antiaéreos sobre otras consideraciones (concentración del bombardeo y defensa contra la caza), se suele imponer la condición de que un solo disparo no puede alcanzar nunca dos blancos. Para evitar tal contingencia, las distancias entre aviones han de rebasar el doble del radio de acción eficaz del proyectil más potente que emplee la artillería enemiga. Como quiera que dichos radios de acción son variables con la altitud, según la cuantía expresada en el cuadro número 3, los valores mínimos de las distancias deben ser aumentadas cuando las formaciones emplean mayores alturas de vuelo.

En cuanto a la coordinación de las diversas formaciones que intervengan en el bombardeo, el principio fundamental que ha de regirla consiste en perseguir siempre la saturación de la defensa. O sea, presentar a las baterías un número de blancos superior al que pueda batir simultáneamente. De acuerdo con esta finalidad, pueden darse las normas siguientes:

- Conviene reducir el tiempo entre ataques sucesivos, cuando hayan de verificarse en

- una misma dirección. Como valor límite de la distancia entre formaciones puede fijarse el alcance máximo de las baterías a la altura de vuelo empleada a fin de que cada formación penetre en la zona de acción cuando otra se encuentre, por lo menos, a la altura de la línea de baterías.
- Si no se dispone de gran abundancia de medios no son recomendables los ataques convergentes en un sector demasiado grande, pues resulta preferible reducirlo, para lograr la saturación de las baterías que en él existan.
 - Otra forma de alcanzar la saturación de la defensa puede consistir en la superposición de formaciones ampliamente escalonadas a distintas alturas de vuelo. Aunque así se complica la ejecución del bombardeo obligando a una exacta coordinación del lanzamiento, especialmente en las acciones nocturnas, esta modalidad de ataque presenta la ventaja de disminuir el riesgo cuando se atraviesa una barrera antiaérea. Lo cual es tanto más de apreciar, si se tiene en cuenta que el tiro de barrera suele ser el recurso supremo que adopta la artillería antiaérea para hacer frente a una sucesión ininterrumpida y densa de bombarderos.
- Acción evasiva.*
- Tiene un doble objeto: dificultar la preparación del tiro antiaéreo, y escapar a la explosión de los proyectiles ya disparados. Se reduce a ejecutar una serie de enérgicas maniobras, cuya duración no ha de ser, ni tan pequeña que permita continuar el tiro a la defensa sobre una ruta media, ni tan larga que dé tiempo a la llegada del proyectil. A título de orientación, damos seguidamente algunas normas que conviene tener presente en su ejecución.
- Las maniobras se realizarán sin sujeción a ley alguna, ya que de tener un carácter sistemático, no tardaría en ser descubierto por la defensa y anulados sus efectos.
 - Durante la acción evasiva, el aviador debe hacer caso omiso de las explosiones que se produzcan, y tratar, en cambio, de apartarse de la posición futura donde le espera el verdadero peligro, ya que cualquier desajuste observado en el tiro puede ser rápidamente corregido por la artillería antiaérea.
 - Si el avión mantiene la regularidad de vuelo después de una maniobra, el instante en que, teóricamente, puede recibir el fuego preparado para las nuevas condiciones de movimiento, será cuando haya transcurrido desde su iniciación un tiempo igual a la suma del que tarda el cálculo de datos correctos (unos diez segundos) más la duración de trayecto del proyectil. En consecuencia, la duración óptima de cada maniobra es la mitad de aquel total ($\frac{T}{2} + 5$), pero en la práctica, es suficiente efectuarlas cada veinte o treinta segundos.
 - Los cambios irregulares de dirección han de ser como mínimo de unos veinte grados, pero sin olvidar que los virajes muy cerrados llevan consigo una pérdida de tiempo que se traduce en aumentar la exposición al fuego antiaéreo.
 - La variación de altura suele ser el modo más eficaz de sustraerse a los efectos antiaéreos, siempre que tenga la cuantía suficiente (400 a 500 metros). Para ello resulta preferible el picado, que causa una doble perturbación en el tiro, pues además de cambiar la altura, aumenta la velocidad subsiguiente a la maniobra, con el resultado beneficioso ya conocido.
 - Limitada la acción evasiva por el tamaño y la maniobrabilidad de las formaciones, cuando se realice por grupos enteros, habrá de estar planeada cuidadosamente para mantener el carácter defensivo contra la caza.

Neutralización de la artillería antiaérea.

Después de haber expuesto la forma de reducir el peligro antiaéreo por la simple elección de las condiciones de vuelo, es decir, de un modo absolutamente pasivo, parece indispensable tratar, aunque sea a la ligera, de las medidas activas encaminadas a la neutralización de la defensa.

Cada organización de artillería antiaérea está constituida por elementos de muy diversa índole, pero íntima y armónicamente ligados, hasta el punto de que el fallo de uno cualquiera repercute inmediatamente en la eficacia del conjunto. Sin considerar más que aquellos que tienen intervención directa en el tiro, existen órganos de fuego: cañones propiamente dichos y cañones automáticos; órganos de observación

y localización: telémetros ópticos, equipos radar y proyectores; órganos calculadores y de mando: direcciones de tiro, predictores, equipos de materialización y control. Con excepción de los últimos, difícilmente vulnerables, todos ellos tienen un modo peculiar de ser neutralizados. Pero, así como los órganos de fuego exigen el ataque directo, con todos los peligros que lleva consigo para el aviador; los aparatos de observación y localización, verdaderos ojos y oídos de la defensa, permiten una neutralización mucho más económica y del máximo rendimiento.

Otra forma indirecta de proteger el bombardeo consiste en realizar una acción de diversión, que atraiga el fuego antiaéreo desviándole de las fuerzas encargadas de atacar los objetivos señalados en la misión.

Tanto la táctica anterior, como la neutralización por el fuego de las baterías, implican la realización de una acción secundaria, que ha de estar coordinada en tiempo y espacio con la acción principal. Entre las múltiples formas que puede revestir esta maniobra, destacamos a continuación tres de las más empleadas en la segunda guerra mundial.

- Una consiste en iniciar la operación con formaciones de cazabombarderos que atacan en vuelo rasante las baterías localizadas. Acto seguido, hacen su aparición los bombarderos que tienen encomendada la acción principal, los cuales efectúan su cometido con mayor seguridad, al amparo de la desorganización producida por el ataque anterior.
- Otra modalidad estriba en presentar simultáneamente formaciones de bombarderos rápidos a alturas medias, mientras las oleadas de bombarderos pesados utilizan el máximo techo para arrojar su gran carga de bombas. Los primeros aviones, cuyas características les hace menos vulnerables al tiro antiaéreo, atraen el fuego de la defensa, facilitando el bombardeo principal.
- Por último, la acción fundamental puede coincidir en tiempo con la secundaria dirigida a neutralizar los órganos activos de la defensa. Para ello, aviones en picado y lanzacohetes se lanzan al ataque sobre las posiciones artilleras en el momento de comenzar el fuego contra los bombarderos medios y pesados.

La neutralización de los órganos de observación y localización tiene por objeto para-

lizar, o al menos perturbar la reacción anti-aérea, privando a la defensa de cualquier información útil acerca de las fuerzas atacantes. Debido a la distinta naturaleza de aquellos elementos comprende:

- a) Acciones de cegamiento sobre los órganos ópticos.
 - b) Medidas contra radar.
- a) Aparte de su mayor dificultad de ejecución, dichas acciones son siempre de efectos más reducidos, ya que, al no existir para el radar la limitación de la visibilidad, de nada serviría lograr la neutralización de los medios ópticos, si los otros quedaban en pleno funcionamiento. No obstante, pueden ser de utilidad en los casos de bombardeos diurnos sin nubes que consientan ocultar las formaciones, o contra los proyectores en las acciones de noche. En ambos casos, el ataque conviene efectuarlo con bombas fumígenas por las mismas unidades encargadas de la acción secundaria sobre los órganos de fuego.
- b) Las medidas contrarradar se fundan en la producción de interferencias que borren o confundan las señales de los "eccs" en los osciloscopios indicadores. Pertenecen a los dos tipos siguientes:

- De interferencias producida por agentes mecánicos, generalmente estrechas tiras de papel metálico que se lanzan en manojos (Window), o sujetos a pequeños paracaídas (Rope), para reflejar ecos análogos a los que producen los aviones.
 - Aparatos basados en la interferencia electrónica, que transmiten señales moduladas en la frecuencia empleada por el radar enemigo, y que pueden llevarse a bordo de los aviones (Carpet), o constituir una potente estación de tierra (Tuba).
- Acerca de la utilización de estos medios y para terminar nuestra dilatada exposición, diremos únicamente que pueden emplearse de tres formas distintas:

- Para engañar al enemigo, simulando la presencia de falsas formaciones.
- Con el fin de establecer una pantalla que cubra los movimientos aéreos sobre una extensa zona.
- Empleados por aviones que preceden a las unidades de bombarderos, para perturbar el tiro antiaéreo y la dirección de la caza nocturna.