

## Bombas dirigidas

Por MIGUEL ORDUNA LOPEZ  
Teniente Coronel de Aviación.  
Jefe de la Escuela de Observadores.

Ha sido una preocupación constante mejorar la precisión de las armas, y para ello se han arbitrado toda clase de recursos, analizando de modo completo todas las causas originarias de errores, para después, con un estudio metódico, modificar y perfeccionar los distintos factores y mecanismos que regulan la práctica del tiro.

En lo que al bombardeo aéreo se refiere, los esfuerzos se concentraron principalmente en el proyecto de un visor o mira de bombardeo que fuera capaz de eliminar toda clase de errores. Obedece a este proyecto la realización del visor americano "Norden", que representa un considerable avance en relación con los instrumentos anteriormente empleados. Dispone de estabilizadores giroscópicos para definir con precisión tanto el plano horizontal del vuelo y lanzamiento, como el vertical en el que se ha de materializar el ángulo de tiro y, por consiguiente, el alcance de la bomba lanzada. Dispone igualmente de sistemas automáticos para el cálculo instantáneo y continuo de la deriva producida por el viento y de la velocidad con respecto al terreno en el momento de ejecutar el lanzamiento. Un sistema eléctrico y automático de lanzamiento permite, tanto arrojar una sola bomba como un número determinado de ellas, con intervalos perfectos y exactamente regulados a voluntad del operador.

También se han mejorado notablemente los sistemas para hacer una determinación precisa de la altura sobre el terreno de lanzamiento.

Paralelamente a los dispositivos automáticos de puntería y lanzamiento se llevó a efecto un minucioso estudio de las formas aerodinámicas de las bombas, haciendo sus cualidades perfectamente homogéneas y regulares, y determinando, mediante numero-

sos ensayos simulados y pruebas reales, las características de sus trayectorias.

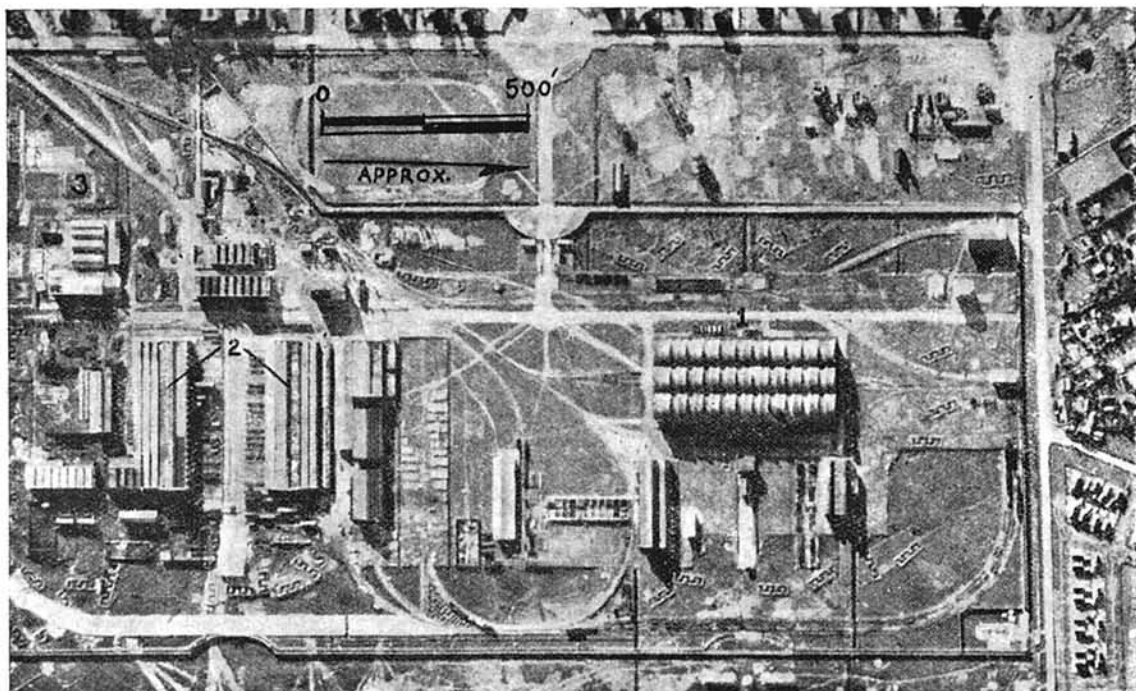
Todo esto ha dado como resultado un aumento notable en la precisión de los bombardeos efectuados por la Aviación americana en la pasada segunda guerra mundial; pero la fantasía ha atribuido a este célebre visor una precisión más allá de las posibilidades materiales del bombardeo. Recordamos que de él se dijo que "colocaba una bomba en una barrica desde una altura de 25.000 pies".

No hace falta asegurar que estas exageraciones utópicas son evidentes. De hecho en algunas ocasiones los bombardeos americanos han sido sólo relativamente precisos, y en condiciones favorables no se ha llegado a lograr sino que un aceptable tanto por ciento de las bombas arrojadas cayera dentro de la superficie equivalente a una gran fábrica.

Aun suponiendo que dispusiéramos de una mira de bombardeo perfecta y de una completa información aerodinámica y balística sobre la trayectoria de la bomba, las perturbaciones atmosféricas en las distintas capas que ha de atravesar harían todavía imposible predecir exactamente dónde se ha de producir el impacto.

\* \* \*

Esta imprecisión es el origen de las bombas o proyectiles dirigidos, acerca de los cuales haremos algunas consideraciones destinadas, en primer lugar, a poner de manifiesto cuál era el resultado alcanzado al final de la guerra por estos artefactos, y en segundo lugar (al describirlos de una manera somera), hacer un análisis de las dificultades surgidas en los numerosos proyectos que se idearon, para lograr la dirección de una bomba después de lanzada y obligarla a que produzca un impacto precisamente en el objetivo.



Vista de una fábrica que se ha de batir empleando el visor "Norden".

Los estudios y proyectos americanos relacionados con la bomba dirigida se pueden agrupar en tres clases distintas.

1.º Proyecto de bomba planeadora y dirigida por televisión. Este proyecto de bomba, llamada *Robin*, ha evolucionado en el curso de su estudio y desarrollo hacia la bomba *Pelican*, dirigida por radar desde el avión lanzador, y posteriormente ha desembocado en la bomba *BAT*, autodirigida por radar.

2.º Proyectos que dieron origen a la bomba *Azón*, radio-dirigida desde el avión lanzador. Este radio-guía actúa solamente en un sentido que corrige precisamente los errores en dirección (derecha e izquierda); se destina, como es fácil deducir, a su empleo contra objetivos en que se requiera precisión en una dimensión reducida, tales como puentes, carreteras, etc. Posteriormente se estudió la evolución de esta bomba en la *Razón*, también radio-guiada por el avión lanzador; pero en este caso, susceptible de correcciones en dos sentidos, es decir, tanto en alcance como en dirección.

Se ideó después y se proyectó la bomba *Félix*, que en esencia disponía de artificios auto-buscaadores de objetivos.

3.º En el tercer grupo figura la bomba *ROC*, desarrollada con arreglo a dos proyectos; uno de mando o gobierno por radar, que no dió satisfactorios resultados, y otro de mando por televisión, que llegó a funcionar experimentalmente.

El problema de la dirección de bombas después de lanzadas presenta muchas variables, que hay que estudiar separadamente primero, y posteriormente, de modo combinado con todas las demás, para deducir su interdependencia y sus leyes de variación. Desde el primer momento se consideró necesario concretar las cuestiones siguientes:

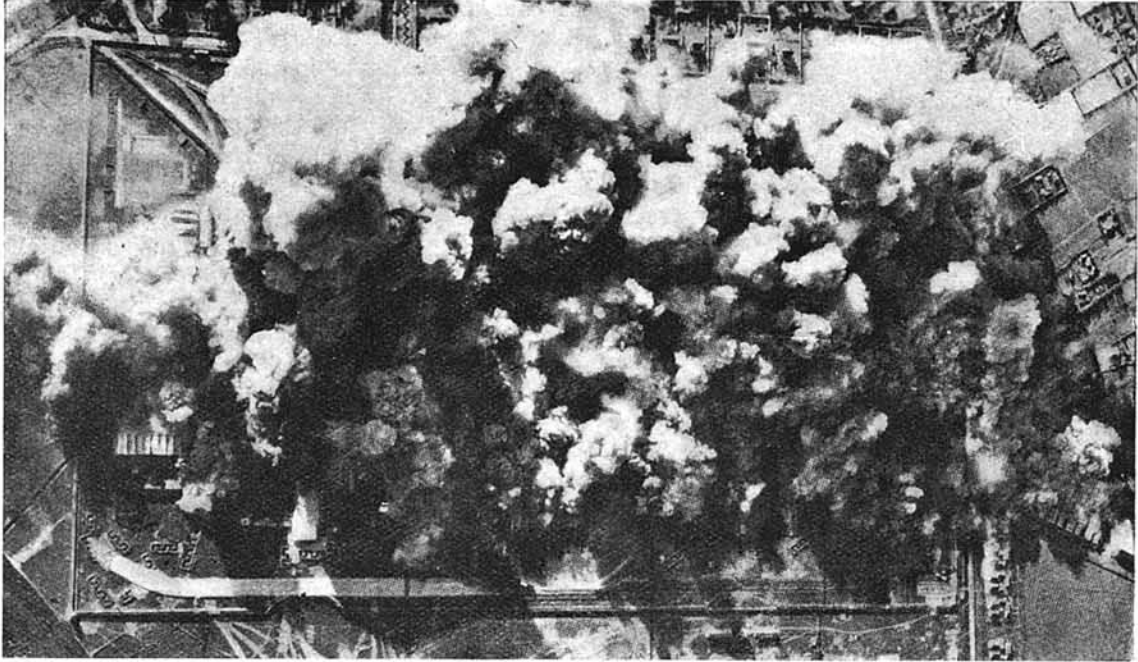
a) *Tamaño*.—Es decir, forma exterior, peso total, distribución del mismo, etc.

b) *Maniobra*.—Superficies de mando, amplitud máxima de la desviación mandada o gobernada, etc.

c) *Dirección*.—Por medio de sistemas radioeléctricos, por el poder calorífico, luminoso o sonoro, por televisión, etc.

d) *Empleo táctico*.

A veces en el curso de las investigaciones se representaba alguna de estas variables, con más relieve e importancia fundamental,



*Bombardeo de saturación sobre el objetivo de la foto anterior a 8.000 metros de altura.*

y daba origen a una clasificación nueva, por surgir problemas completamente distintos. De este modo se estudió separadamente la bomba planeadora o de pequeño ángulo de lanzamiento, y la bomba de gran ángulo, todo ello en relación con la variable *maniobra*, pues resultaba evidente que la primera, con mayor coeficiente sustentador, era susceptible de admitir grandes variaciones sobre su trayectoria normal mediante el accionamiento de mandos convenientes; mientras que la segunda, de gran ángulo, sólo admitiría variaciones limitadas en su trayectoria. Pero esto mismo tampoco resultaba exacto de un modo absoluto, porque la maniobra de cualquiera de estas bombas dependía principalmente del tamaño de las superficies de sustentación y dirección que, aumentadas, podrían lograr para la bomba de gran ángulo grandes desplazamientos con respecto a su trayectoria libre.

El hecho de que la maniobra de la bomba lanzada fuera directa o indirectamente influía también en su estiba a bordo de la aeronave lanzadora, pues se comprende que la bomba planeadora o de pequeño ángulo, por tener que disponer de mayores superficies sustentadoras y de mando, debe ir estibada exteriormente bajo las alas, mientras

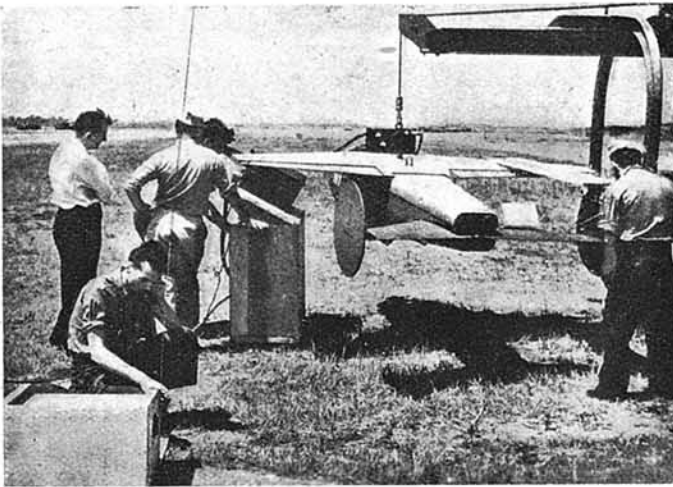
que la bomba de gran ángulo y pequeña superficie de gobierno o mando podría estibarse en el interior del fuselaje.

Respecto a la amplitud de corrección sobre la trayectoria se presentaban distintos tipos bien diferenciados, como veremos más adelante. Las bombas *Azón* y *Razón* descienden aproximadamente por la trayectoria balística, y admiten correcciones que son solamente una pequeña porción de la altura de lanzamiento. La bomba *Pelican*, que dispone de alas, tiene sustentación suficiente para completar un alcance igual a varias veces la altura de lanzamiento. Algo intermedio entre las dos es la bomba *ROC*, que comienza descendiendo por la trayectoria balística, pero que posee dispositivos aerodinámicos capaces de desviarla una distancia que es función de la altura de lanzamiento.

La agilidad o amplitud de desviación, si es elevada, hace innecesaria una aproximación precisa al objetivo empleando el visor de bombardeo y reporta ventajas tácticas.

Las bombas dirigidas, desde el punto de vista del método que se emplee para su dirección o gobierno, pueden dividirse en dos clases:

En la primera se agrupan las bombas que



Ensayos en tierra de la bomba "Pelican".

permanecen a través de todo su recorrido bajo el telemando del operador.

En la segunda clase se incluyen aquéllas que poseen un auto-guía que las dirige al objetivo, haciendo a éste identificable de sus alrededores.

Entre las bombas agrupadas en la primera clase tenemos, como medio más corriente de gobierno, las ondas radioeléctricas. Los alemanes experimentaron con poco éxito la dirección por medio de un cable del que era cautiva la bomba lanzada y que permitía accionar sus mandos. Otros métodos de control, tales como la luz, el calor, el sonido, etcétera, fueron también experimentados con variada fortuna.

Para las bombas del segundo grupo se arbitraron toda clase de fuentes de posible inteligencia autodirectora.

#### Proceso del desarrollo de las bombas "Robin", "Bat" y "Pelican".

Como antecedentes del telemando para las bombas que nos ocupan citaremos que en 1938 ya se disponía de aeroplanos y torpedos radio-guiados.

En 1940 la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico americana puso en marcha un proyecto de bombas radio-dirigidas y equipadas con televisión. El proyecto presentaba dos aspectos fundamentales: uno el estudio del aeromóvil bomba, y otro el equipo de televisión apropiado. Tras numerosos tanteos, para aumentar la sensibilidad de los pequeños y ligeros equipos de televi-

sión necesarios, se llegó a un relativo éxito al poder producir un iconoscopio que, empleando la multiplicación electrónica, daba un poder de sensibilidad ocho veces mayor que el que previamente se había alcanzado. Simultáneamente se llevaron a cabo los ensayos y estudios que tenían por objeto disponer del portador de la bomba o aeromóvil, es decir, de lograr un modelo satisfactorio desde el punto de vista aerodinámico; estudios que consumieron un respetable período de tiempo y que dieron origen a distintos proyectos de bombas dirigidas, la mayoría de los cuales no fueron satisfactorios.

En el año 1942, coincidiendo con el momento álgido de la amenaza submarina al tráfico mercante costero americano, la Marina solicitó una bomba autodirigida por radar, capaz de ser usada de noche (cuando los submarinos en superficie son más vulnerables). Esta bomba planeadora estaba en desarrollo en los Organismos técnicos, y era en esencia una carga de profundidad de 325 libras, autodirigida por radar, contra objetivos navales. El radar constituyó desde un principio un factor importante del proyecto.

La bomba planeadora dirigida por televisión, y conocida con el nombre de *Robin*, se construyó y probó en dos modelos de distintas escalas. Los mecanismos que la componían funcionaron medianamente, pues se registraron errores de 200 metros en los últimos lanzamientos. Una parte importante de este error era inmanente con el sistema, puesto que con el ángulo empleado de aproximadamente  $11^\circ$  con la horizontal, el objetivo, dividido desde gran distancia, no se destaca con nitidez. Un ángulo de una milésima solamente, y a 5.000 metros de altitud, subtiende una magnitud de 5 metros en azimut o dirección, y de 130 metros en alcance, y, por consiguiente, un pequeño error en la apreciación de la corrección, en el sentido del alcance, introduce fatalmente un gran error en el impacto.

El equipo radar de la bomba *Pelican* prometió en un tiempo satisfacer las condiciones requeridas de modo más completo que el conjunto "televisión, radio-gobierno", dan-



do ello lugar al abandono de este último equipo para el proyecto *Pelican*, continuando, sin embargo, su desarrollo y perfeccionamiento para aplicarla a la bomba *ROC*, que prometía ser más eficaz. A partir de este momento presidió la labor posterior la decisión adoptada de equipar la bomba proyectada con un equipo radar auto-director.

Un equipo radar auto-director de bomba se consideraba que podía disponer la fuente de energía reflejada o transmisor, bien en la bomba misma, bien en un transmisor auxiliar normalmente localizado en el avión lanzador, o bien un transmisor enemigo de radar, que podía constituir el objetivo. Se hicieron ensayos en los tres casos señalados, recibiendo en cada uno de ellos los proyectos de su fabricación los nombres de *BAT* para la primera, *Pelican* para la segunda y *Moth* para la tercera.

Con objeto de eliminar una de las variables del problema, las primeras pruebas de planeador auto-dirigido por radar se llevaron a efecto contra un radar-faro, como blanco, es decir, como si el proyectil fuera el clasificado como *Moth*. Pronto se vió que las circunstancias que definían esta clase de bomba la hacían de empleo improbable en campaña, pero la utilización del foco de energía localizado en el blanco u objetivo fué un auxiliar valioso a través de las vicisitudes del proyecto, considerándolo como sistema de prueba y medición.

La bomba *Pelican* llevaba cierto avance con relación a la *BAT*, debido principalmente al progreso en el desarrollo de los dos equipos de radio proyectados para aquélla.

Dos tipos distintos de equipo radar fueron proyectados y experimentados; uno de ellos, llamado radar-home-bomb (R. H. B.), requería un transmisor independiente de la bomba, y para su utilización y empleo, como es consiguiente, la localización del aeroplano lanzador y portador del transmisor estaba impuesta en cierto modo por la exigencia de observar el blanco u objetivo con ángulo tal, que lo hiciera destacar de sus alrededores por medio de los impulsos de radar reflejados; el segundo equipo se consiguió posteriormente, y llevaba él mismo su transmisor y receptor; se le llamaba Send-receive-bomb (S. R. B.). La bomba, por consiguien-

te, se hacía independiente del avión lanzador una vez soltada.

Hacia el 1943 se pudieron hacer 25 vuelos de prueba contra un objetivo provisto de un radar-faro, y también contra un reflector de energía, suspendido de un globo de barrera. Los resultados obtenidos fueron aceptables, lográndose en ambos buena "atracción", y se decidió continuar las pruebas, destinadas principalmente a lograr un óptimo para las variables que intervenían en el proyecto y su ajuste, principalmente el equipo radar y los servo-mecanismos.

Poco tiempo después se acometió la empresa de disponer de instrumentación y aparatos de medida que permitiesen hacer un análisis minucioso de las circunstancias de cada prueba, determinando las causas de fracaso, midiendo los efectos que la variación de los parámetros introducía, etc., obteniéndose, como consecuencia inmediata de todas estas fuentes de información balística y mecánica, un progreso más definido y pruebas reales más regulares, satisfactorias y exactas.

Considerando que el equipo radar poseía la perfección adecuada, y a la vista de los resultados obtenidos la Armada decidió la organización de algunas escuadrillas para utilizar en combate la bomba obtenida, imponiendo a última hora una variación en el peso de la bomba, que debía tener 500 libras. La primitiva bomba encargada—de 325 libras—había dejado de ser necesaria por haber remitido considerablemente la campaña submarina y haberse empleado en la misma otras armas que probaron ser eficaces. Como consecuencia de esta modificación, la puesta a punto del nuevo modelo fué diferida hasta que se pudieron hacer las primeras experiencias y verificar minuciosamente el ajuste de todos sus componentes. El equipo de radar, el conjunto aerodinámico, los controles de mando, etc., pasaron a la fase de producción, y posteriormente fueron ensamblados para constituir el arma operativa.

Un barco "Liberty" fué puesto a disposición del equipo experimental, y se lanzaron seis ejemplares del modelo en julio de 1944. Los seis lanzamientos erraron el objetivo, con gran desencanto de los observadores y bochorno para los proyectistas y constructores.

Investigaciones posteriores probaron que

las causas del fracaso fueron de menor cuantía y de fácil corrección; pero esto no se supo en el momento de las experiencias. Esta prueba poco satisfactoria de la bomba *Pelican*, unida a la confianza en la perfección próxima de la bomba *BAT*, decidió a la Armada a posponer su interés en aquélla y demandarlo en esta última. Las ventajas alegadas por la Armada, en lo que a la bomba *BAT* se refiere, tenía como fundamento principal el que constituía un artefacto completo e independiente del operador después de lanzada, no requiriendo (para la aeronave portadora) servidumbre de maniobra prefijada después de efectuar su suelta. Con la bomba *Pelican*, naturalmente, el avión nodriza debía mantener al objetivo dentro del haz de impulsos radar; esto, a su vez, implica exacto gobierno por parte del radar-operador.

La bomba *Pelican* tenía un posible alcance efectivo como dos veces el de la *BAT*, era más ligera, albergaba un equipo más sencillo y económico, que estaba destinado a la pérdida, no tropezaría en las señales reflejadas con tanto aumento de energía al aproximarse al objetivo, y, sobre todo ello, estaba más próxima a su utilización en combate.

Contra el parecer de los técnicos, la Marina impuso su criterio; basaba su decisión en razones técnicas, políticas o tácticas, ninguna de peso decisivo, como se verá.

Técnicamente alegaba que el planeador portador, los servo-mecanismos y el equipo receptor de radar ensayados podrían aplicarse a la *BAT*. Quedaba, sin embargo, pendiente acoplar en ella el equipo transmisor, que requería estudios y pruebas adicionales.

Las objeciones de orden político imponían una identificación positiva, previa, de los objetivos a atacar. En el teatro de guerra del Japón, y próximo a sus costas, no podía haber objetivos cuyo ataque (sin discriminación) acarreará complicaciones político-diplomáticas.

Las ventajas del ataque contra objetivos alejados unas 20 millas, o el poderlo hacer a través de una capa de nubes (cualidades de la *Pelican*), fueron anuladas con esta decisión.

En el orden táctico se consideró más conveniente desligarse de la bomba inmediatamente de hecho el lanzamiento.

Pero resultó ser de orden técnico el mayor obstáculo encontrado para la realización práctica del proyecto *BAT*, pues la intensidad de las señales recibidas en la aproximación del objetivo tendría que variar en proporción inversa a la cuarta potencia de la distancia entre bomba y objetivo, mientras que sólo lo haría inversamente al cuadrado tratándose de la bomba *Pelican*. Esto es claro porque el transmisor, en un caso, se acerca al objetivo con la bomba, y en otro caso permanece aproximadamente (con el avión) en el punto de lanzamiento. Resulta de ello un potentísimo aumento de las señales que ha de recibir la bomba a medida que se acerca al objetivo. Esté inconveniente no influyó de modo tan acusado en la *Pelican*. Téngase en cuenta que en las últimas fracciones de segundo es cuando se requiere mejor recepción de las señales reflejadas, para gobernar o corregir las desviaciones erráticas y lograr la precisión anhelada.

Adoptada la decisión de abandono del proyecto *Pelican*, se utilizó su estructura en la *BAT*, creyendo ganar con ello el tiempo perdido, y se le adaptó un equipo emisor-receptor que desarrollaba independientemente la Marina.

Como de costumbre, los lanzamientos de prueba efectuados con once bombas planeadoras *BAT*, de diez pies, contra un navío, resultaron poco satisfactorios, aconsejando modificar el proyecto.

Algunos de los fallos eran intrínsecos del material ensayado y estaban previstos, mientras otros no.

Se había puesto de manifiesto un defecto común a esta clase de artefactos, que sufren en su descenso una especie de oscilación pendular a ambos lados de la trayectoria media; depende, pues, la precisión alcanzada de la amplitud del ciclo en el instante de arribada de la bomba.

Esta oscilación resultaba inevitable, aunque su velocidad y amplitud sean registradas. Si la bomba percibe un error en marcha y trata de corregirlo, transcurrirá un tiempo determinado en su ejecución, formado de tres porciones aditivas, a saber:

- a) El tiempo que tarda la bomba en percibir el error en su dirección.
- b) El que tardan los mandos en tomar la posición de corrección.

c) El de la bomba en llegar a la nueva dirección.

Este transcurso de tiempo trae consigo un aumento de velocidad que hace pasar de la posición deseada e iniciar la oscilación pendular, que se trata de evitar, en el sentido opuesto. Tendrán que actuar de nuevo los timones para detener, primero, este desplazamiento y, posteriormente, para obligar a la bomba volver a su trayectoria certera.

La amplitud de esta oscilación puede ser corregida satisfactoriamente por dirección humana, anticipándose a su creación y actuando de acuerdo con tal amplitud. Pero en un dispositivo automático se hace necesario un equipo giroscópico que registre la proporción en que varía este ángulo de error.

Eligiendo adecuados parámetros, la oscilación descrita puede reducirse mediante un mecanismo de reglaje en el que el ángulo de timón sea una función lineal que integre el ángulo de error y la aceleración de su variación.

En el curso final de este proyecto se dispuso de una ingeniosa "mesa de pruebas", que permitía simular los movimientos de la bomba y comprobar el acierto de los parámetros introducidos. En un corto tiempo se pudo hacer un elevado número de pruebas sin ocasionar los grandes gastos de las experiencias reales y con resultados aleccionadores. Dieron éstos origen a un nuevo sistema de estabilización y mando, que aunque llegó a probarse no alcanzó, sin embargo, las operaciones reales en campaña, que terminaban cuando se daban los últimos toques a su puesta a punto.

Hasta el último minuto sufrió pequeñas modificaciones la *BAT*, derivadas de las ex-

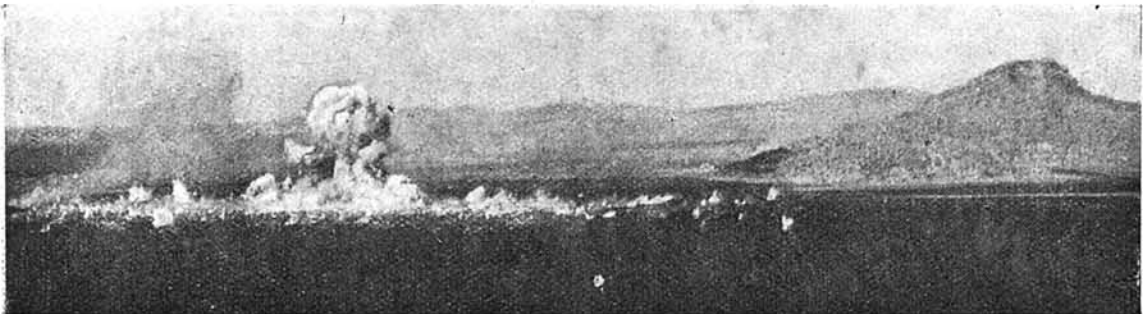
periencias ejecutadas. Hacia abril de 1945 se tuvo confianza plena en los modelos producidos para el combate y se enviaron al Pacífico, equipando una escuadrilla de "Privateers".

Los técnicos proyectistas acompañaron a la expedición para instruir a los especialistas encargados de su manejo, vigilar el comportamiento de las bombas, designación de objetivos adecuados (desde el punto de vista técnico) y llevar a cabo algunas pruebas ante los Almirantes para demostrar su efectividad, precisión y utilidad. Se respetó la condición civil de los técnicos, que no intervinieron en operaciones activas; pero su presencia fué constantemente requerida, tanto en bases de retaguardia como en las avanzadas, para resolver dudas y evacuar constantes consultas sobre ajuste, reglaje y funcionamiento de tan complicado artefacto.

Desde mayo hasta agosto de 1945 se lanzaron experimentalmente unas cuantas *BAT* contra el enemigo. Como la navegación japonesa se hallara por entonces desorganizada, no se disponía de otros objetivos que pequeños barcos en los mismos puertos o en sus proximidades. A pesar de las dificultades que esto implicaba para los operadores, se obtuvieron buenos impactos.

Desde varias millas de distancia, a cubierto de la reacción antiaérea de tierra, las bombas *BAT* seguían los movimientos de los objetivos pausadamente, hasta la destrucción causada en su arribada.

Uno de los más espectaculares éxitos se produjo contra un pequeño navío cargado de municiones, lo que produjo su terrorífica voladura.



*Voladura de un navío con municiones por una bomba autodirigida.*