

TIRO DEPORTIVO

Centro de Estudios Balísticos • Capacitación - Asesoramiento - Investigación



PRIMERA PARTE

Mecánica de los Sistemas Arma-Cartucho

Balística interior. Vida útil del tubo de un arma. “La muerte balística”.

Sin duda que el mundo de las armas y su munición atrapa y deleita a sus seguidores, ya sea en la pedana de tiro o en el campo, sobre la aguada, y en un cómodo —o no tanto— apostadero. Pero surgen ciertos detalles de este universo, que no resultan accesibles a la mayoría de los usuarios de estos maravillosos sistemas. A través de una serie de notas que se publicarán en esta revista, trataremos de aportar algunos de los fundamentos que sostienen a este apasionante mundo de los sistemas arma-cartucho.

Desarrollaremos el tema de la **balística interior**. Y dentro de esta especialidad, un aspecto poco difundido que resulta protagonista en la determinación de la personalidad y vida útil de un arma de fuego, sus caracteres individualizantes generados en el uso y el origen de una bala incriminada. Nos estamos refiriendo a las causas que producen la llamada “muerte balística” del tubo cañón y los fenómenos que ocurren en su desgaste progresivo, hasta que ella se verifica.

Como todo profesional valora, la ciencia y su conocimiento los que permiten al investigador suministrar información objetiva otorgándole ventajas apreciables respecto del testimonio, el cual permanece abierto a la especulación. Cuanto más se profundice en los fenómenos que se producen durante el disparo de un arma de fuego, menores serán las probabilidades

de cometer errores en la aplicación de esa ciencia, a la hora de garantizar al hombre sus derechos más preciados: su vida y su libertad. En este sentido publicamos éste, nuestro trabajo presentado en jornadas científicas, donde tratamos de realizar un aporte desde el **CEsBa Rosario** (Centro de Estudios Balísticos), nuestra experiencia y fundamentos cimentados en más de 37 años de desarrollo en el diseño y producción de estos sistemas y de la capacitación relacionada.

Balística de las armas portátiles

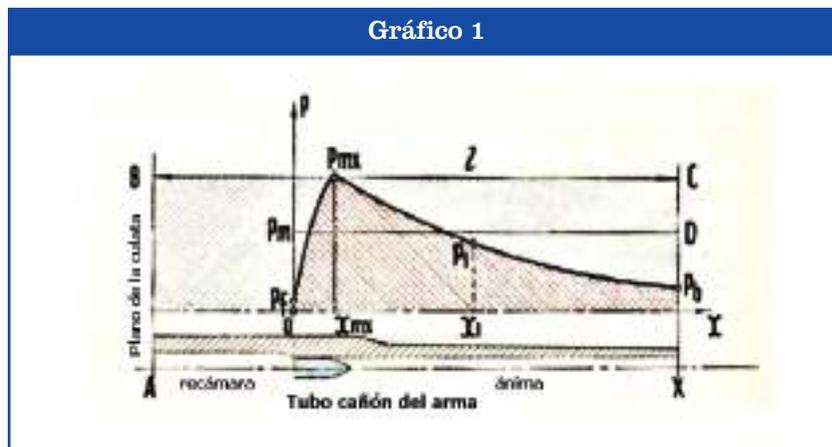
En este apartado realizaremos un breve repaso de algunos conceptos fundamentales para una cabal comprensión de los fenómenos bajo análisis.

La balística es la rama de la física que

se ocupa del estudio del movimiento de los proyectiles en general. En la práctica, la balística se concreta en el estudio del movimiento de los proyectiles de las armas, sean estas portátiles, de artillería, cohetes, misiles y bombas de aviación.

Debido a la complejidad de su estudio, en razón de que comienza con el proyectil en reposo dentro del arma, el movimiento en su interior y la salida al exterior, siguiendo su recorrido en el aire, la incidencia en el blanco y los efectos que causa, antes de volver nuevamente al estado de reposo, es por lo que se divide en balística interior, exterior y balística de efectos. Algunos autores consideran una cuarta, denominada intermedia, que se ocupa de la etapa de transición entre la interior y exterior, momento en el que se producen fenómenos particulares que resultan importantes tener bajo estudio.

Gráfico 1





Balística interior

Es la ciencia que se ocupa del estudio de las variables que se producen a partir del momento de la percusión o iniciación de la cápsula iniciadora. Analiza el movimiento del proyectil en el interior del ánima del cañón, las causas que producen dicho movimiento y los efectos que ocasiona hasta que el mismo abandona el arma.

Tiene por finalidad el conocimiento en cada instante y en cada punto, de la velocidad del proyectil (curva de velocidades), la presión que los gases ejercen sobre él y el resto del sistema y la cantidad de pólvora quemada (leyes de combustión).

En el *Gráfico 1*, la representación gráfica en un sistema de ejes cartesianos, del desarrollo y evolución de la curva de presión generada durante el disparo de un arma de fuego, desde el momento de la percusión de la cápsula iniciadora (mal llamada "fulminante") hasta que el proyectil abandona el tubo. Sobre el eje vertical u "ordenada" apreciamos cómo se eleva la presión interna P . Sobre el eje horizontal o "abscisa" cómo transcurre el tiempo T o cómo recorre, el proyectil, el espacio definido por la recta OX .

Las ciencias que predominan en su estudio, son la **termodinámica**, cuyas leyes y principios gobiernan la etapa de generación de gases por parte de la pólvora propulsiva, muy próximas a las de los gases ideales; la **mecánica**, en la traslación y rota-

ción del proyectil; y, por último, la **resistencia de materiales**, en lo referente a la sollicitación de los cañones y los elementos auxiliares del arma. Justamente de este último aspecto de la balística interior es del que nos ocuparemos en este trabajo.

Las etapas que se cumplen durante el desarrollo de este fenómeno son:

- A partir de la iniciación, se produce la combustión del propulsante y con ella la generación de una importante cantidad de gases a elevadas temperaturas. Con este desarrollo crece la presión interna hasta romper el reposo de la bala o punta (período de combustión a vaso cerrado o a volumen constante).

- Comienza a crecer la velocidad del proyectil, aumentando la generación de gases hasta el momento en que termina de quemarse la carga del propelente (período de combustión a volumen variable).

- Los gases se expanden aumentando aún más la velocidad del proyectil, hasta que este termina por abandonar el arma (período de expansión).

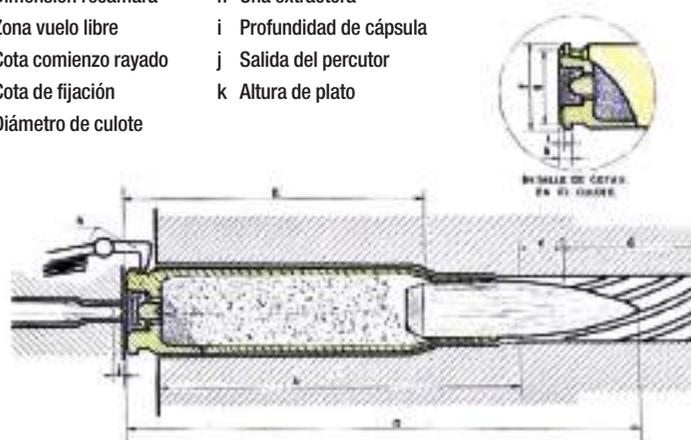
El cartucho metálico, semimetálico o de cualquier otro tipo de material de los utilizados en la actualidad, no resulta ser una pieza más del arma; tampoco se lo puede considerar como un ente totalmente aislado. Es uno de los dos componentes del sistema químico, térmico y mecánico denominado **Arma-Cartucho**. La catalogación más adecuada resulta de su encuadramiento dentro de las llamadas **máquinas térmicas**. Por esto lo compararemos con un clásico motor a explosión, el cual lo es por excelencia.

El motor convencional transforma la energía almacenada por la naturaleza, en sus formas más diversas, por ahora el caso más común es el de las gasolinas o naftas, en energía mecánica que puede ser transmitida a máquinas, mediante diferentes mecanismos, o ser utilizada con otros fines. En el caso de los sistemas armacartucho, la energía K almacenada en el propelente o pólvora se transforma en:

- Energía cinética o de traslación del proyectil (**Ecp**).

Gráfico 2

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| a Longitud total | g Diámetro de ranura |
| b Dimensión recámara | h Uña extractora |
| c Zona vuelo libre | i Profundidad de cápsula |
| d Cota comienzo rayado | j Salida del percutor |
| E Cota de fijación | k Altura de plato |
| f Diámetro de culote | |



TIRO DEPORTIVO

- Energía de rotación del proyectil (**Ecr**).
- Energía cinética de retroceso.
- Energía cinética de los gases de combustión.
- Energía consumida por el rozamiento del proyectil.
- Calor de combustión transferido al arma y al cartucho.
- Calor latente de los gases de combustión, que abandonan el arma detrás del proyectil.

De la energía térmica liberada durante la combustión del propulsante, sólo una parte se transforma en aprovechable. Vemos en la imagen (*foto*) una porción de la energía que se pierde durante el disparo de un revolver calibre 357 Magnum, es decir, la que no se aprovecha para impulsar al proyectil hacia el blanco.

Esto sucede en cualquier máquina térmica. En nuestro caso, esa energía aprovechable se traduce en proporcionar al proyectil una adecuada velocidad en boca y, en el caso de las armas con ánima estriada, su necesaria velocidad de rotación de estabilización.

La eficiencia térmica η_t , es decir, la razón entre la energía en boca del proyectil y la energía calórica del propulsante, caracteriza el grado de usufructo. Luego:

$$\eta_t = \frac{E_o}{427 L W}$$

Donde:

427 es el equivalente mecánico del calor.

L: el peso de la carga de propulsión.

W: valor calorífico del propulsante.

Con:

$$E_o = \frac{P}{2g} V_o^2$$

energía cinética del proyectil en boca

De la misma manera en que se tiene en cuenta en otros motores la potencia, los sistemas arma-cartucho también la tienen. En cada disparo la energía en la boca se produce una vez. Sea **n** el número de disparos por minuto, la potencia (energía de salida por segundo) será:

$$N = \frac{n}{60} E_o$$

Para comparar la potencia en boca de un sistema arma-cartucho, se suele utilizar el cociente

$$\frac{N}{G}$$

Siendo **G** el peso del sistema. Por lo tanto, estamos empleando la potencia por unidad de peso. Esta variable identifica la calidad del arma, ya que involucra los datos característicos más importantes (peso del proyectil, velocidad en boca, cadencia de tiro y peso del sistema). La razón **N/G** o su recíproca **G/N** (peso por unidad de potencia) es también un valor que se tiene en cuenta en el diseño de motores de vehículos y aviones entre otros. Por esto podemos comparar tanto la eficiencia térmica como la relación peso-potencia de un arma, con la de otros motores convencionales.

Esta comparación se podrá apreciar en el *Cuadro adjunto*.

Podemos ver que la eficiencia térmica

de los cañones es superior a la de los motores. Y con relación a la potencia por unidad de peso, los cañones los sobrepasan holgadamente.

Debido al elevado grado de **N/G**, el material del arma está sometido a una gran sollicitación. En esta variable se fundamenta la corta vida útil de sólo algunos minutos.

Potencia específica elevada significa corta vida útil; por el contrario, larga vida implica baja potencia específica. La vida útil de una locomotora puede estar en el orden de las décadas, y seguramente saldrá de circulación no porque haya alcanzado su límite de vida, sino porque se reemplaza por tecnologías más avanzadas y motores más económicos. En el caso de un avión, hablaremos de horas de vida llegando a algunas centenas. En cambio, en el caso de un cañón automático se puede valorar los minutos de trabajo. Un cañón de 20 mm con cadencia de fuego de 1.000 tiros por segundo, tiene una vida útil de 10 minutos. La vida del tubo es aun inferior; por este motivo cada cañón tiene varios tubos.

Otro ejemplo de la mecánica, se ve reflejada en la duración de los neumáticos de automotores. Su vida útil a una velocidad promedio de 50 km/h es de aproximadamente 100.000 km; para una velocidad de 100 km/h disminuye a 40.000 km y para 250 km/h disminuye a sólo 1.000 km ■

Eduardo Julio Rodi
Experto en Armamento de la UTN
Coordinador Académico del CEsBa
www.cesbarosario.com.ar

Cuadro 1

Tipo de motor	Eficiencia térmica [%]	N/G [HP/kg]
Motor de motocicleta	25 a 31	0,25 a 0,5
Motor de automóvil	20 a 25	0,2 a 0,4
Motor de avión convencional		2,5
Motor de avión turbo propulsado		4,1
Cañón de 30 mm Oerlikon	40	39,4
Fusil Automático Liviano	33	8,4