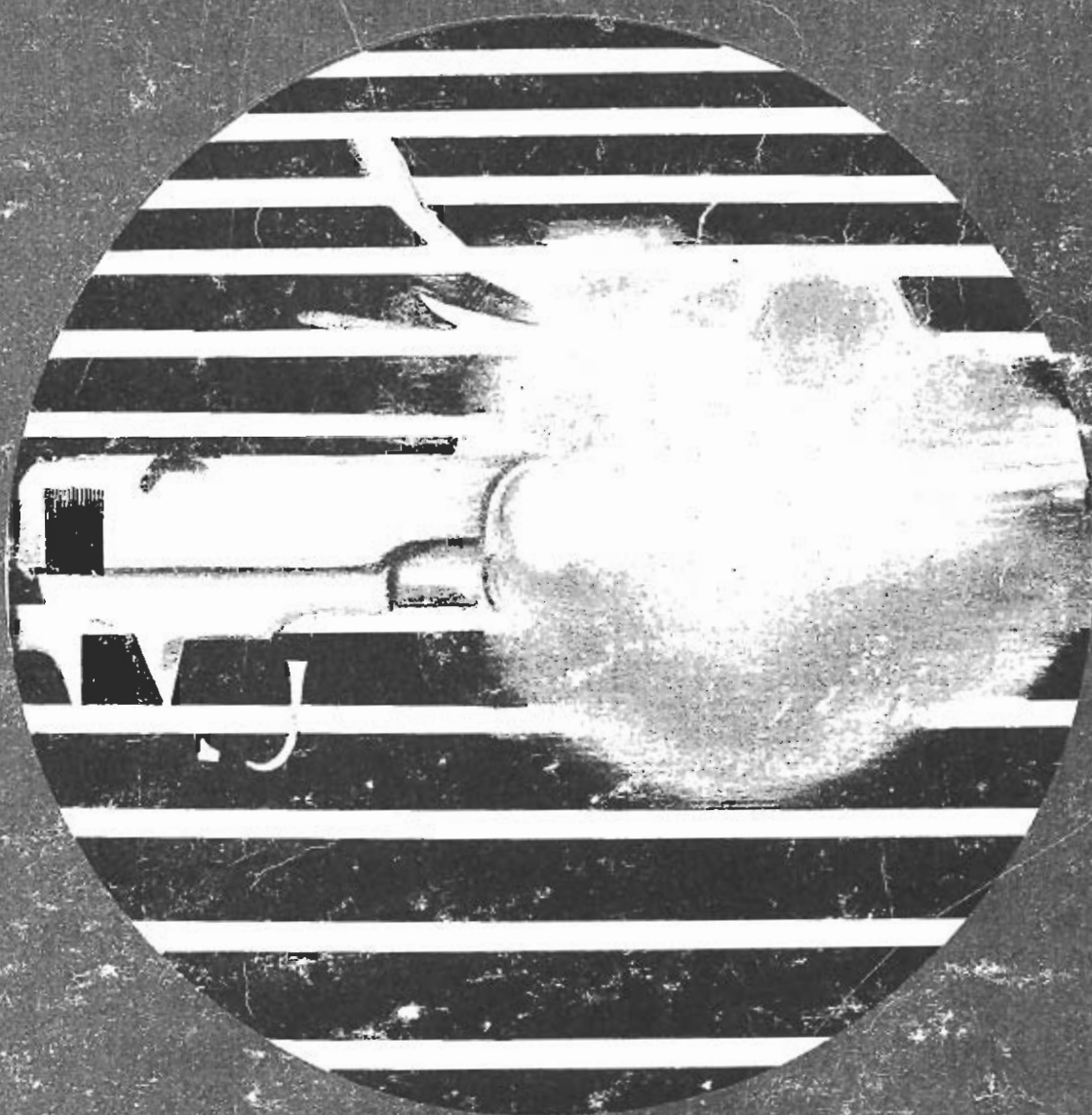


Balística

TECNICA Y FORENSE



OCTAVIO CIBRIAN VIDRIO

Primera edición, marzo de 1998, Guadalajara, Jalisco, México.

D.R. © Octavio Cibrián Vidrio, 1998
Isla Cozumel 2436
Fracc. Villas de la Cruz, C.P. 44920
Guadalajara, Jalisco, México.
Tel.: 811 42 00

ISBN 970-657-016-0

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Todos los derechos reservados. Aparte de los usos legales relacionados con la investigación, el estudio privado, la crítica o la reseña, esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, en español o cualquier otro idioma, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, inventado o por inventar, sin el permiso expreso, previo y por escrito del autor.

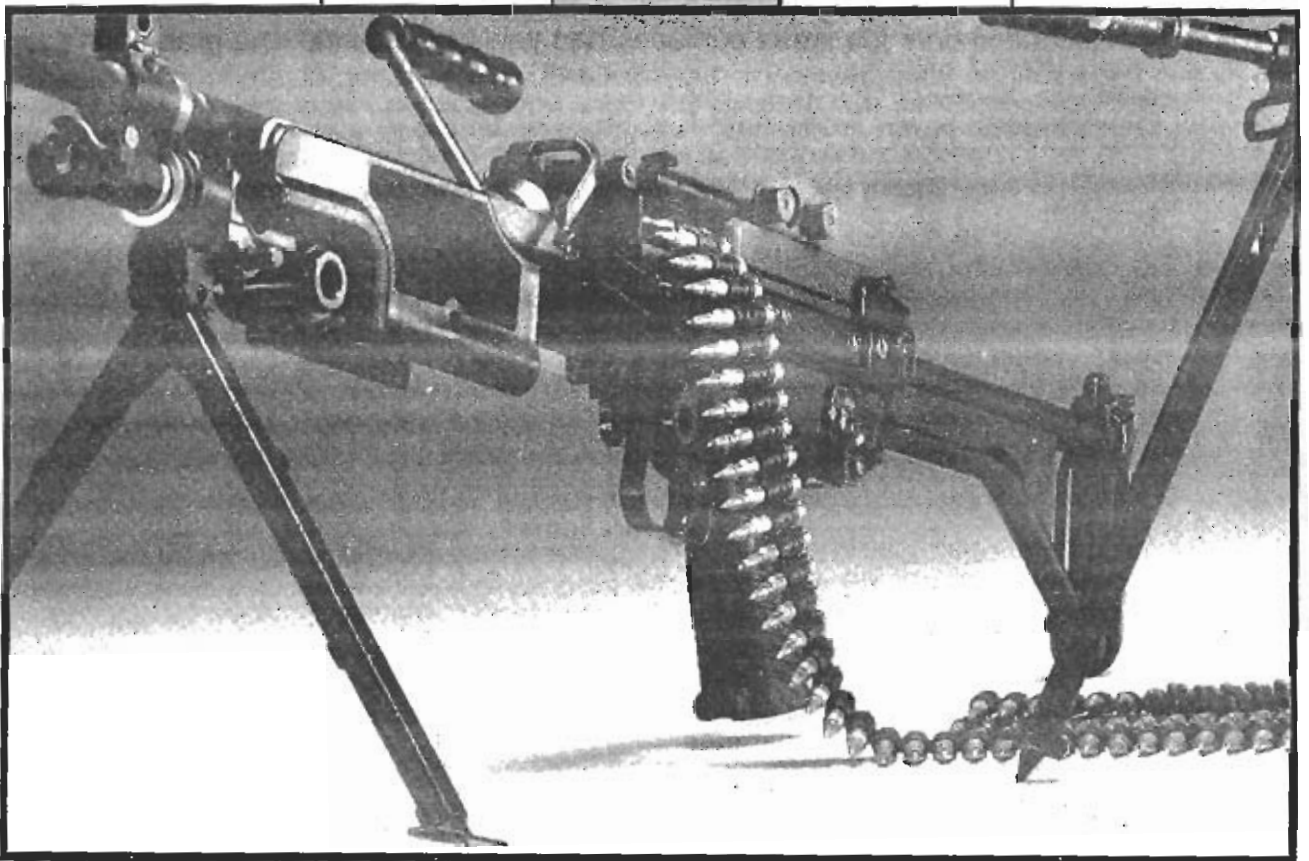
Indice de contenido

1. Balística (información general)	7
Aparición y evolución de las armas de fuego	9
Clasificación de las armas de fuego portátiles	18
El Calibre de las armas de fuego	29
Los cartuchos de las armas de fuego	41
El casco o casquillo	48
El fulminante o pistón	50
Las pólvoras	54
Los proyectiles o balas	59
Antecedentes de cartuchos para armas cortas	74
2. Balística Interior	83
Velocidad, aceleración	88
Energía	89
La efectividad de los proyectiles	94
El cañón de las armas	95
Cantidad de estrias, el paso de hélice y la cota de fijación	99
Retroceso de las armas	103
Erosión y corrosión	104
3. Balística Exterior	107
Fricción en fluidos	110
Formas aerodinámicas	112
Tiro horizontal	113
Términos empleados en balística exterior	116
Densidad seccional y coeficiente balístico	120
Gravedad y caída de los cuerpos	122
Balística de escopetas	124
4. Balística de Efectos	129
Investigaciones del Dr. Doyen	131
Comisión Tohmson LaGarde	134
Energía y transferencia	137
Poder de detención	139
Poder de penetración	141
Onda de choque y Momento cinético de un proyectil	143
Chalecos balísticos	145

5. Balística Forense	155
<i>Procedimientos de seguridad</i>	157
<i>Descripción técnica de las armas</i>	160
<i>Fabricantes de cartuchos</i>	163
<i>Medidas de peso</i>	166
<i>La cadena de custodia</i>	171
<i>Balística comparativa</i>	173
<i>Disparos de prueba</i>	176
<i>Confrontación microscópica</i>	185
<i>Balística identificativa</i>	189
<i>El tipo de arma de fuego</i>	190
<i>Marcas del percutor, extractor, expulsor y obturador</i>	192
<i>Marcas del rayado en los proyectiles</i>	200
<i>Balística de trayectorias y efectos</i>	204
<i>Heridas producidas por proyectiles</i>	209
<i>Exámenes químicos</i>	218
<i>Reconstrucción de trayectorias</i>	222
<i>La hipótesis</i>	225
<i>Ejemplos de la posición víctima - victimario</i>	227
<i>Mecánica de las armas de fuego</i>	257
<i>Automatización de las armas</i>	262
<i>Obstrucciones en las armas automatizadas</i>	266
<i>Las armas ametralladas</i>	268
<i>Deficiencias mecánicas de los revólveres</i>	269
<i>Ley Federal de Armas de Fuego</i>	271
<i>Modificaciones de las armas de fuego</i>	279
<i>Artefactos convertidos en armas de fuego</i>	281
<i>Fabricación de armas de fuego</i>	285
<i>El acabado de las armas de fuego</i>	286
<i>El Fusil AK-47</i>	287
<i>El Fusil AR-15</i>	292
<i>El Subfusil Uzi</i>	296
<i>Factores de conversión</i>	300
<i>Bibliografía</i>	301

1. BALISTICA

INFORMACION GENERAL



La balística es una rama de la mecánica aplicada, que trata del movimiento y características del comportamiento de los proyectiles, así como de los fenómenos que los acompañan, considerando que la mecánica es la rama de la física relacionada con el movimiento o estado de los cuerpos materiales. El estudio general de la balística comprende la gran variedad de manifestaciones que se suscitan desde que la pólvora contenida en el cartucho es deflagrada. Ello origina las altas presiones que a su vez desplazan al proyectil a lo largo del cañón del arma, para posteriormente ser expulsado por la boca del mismo, involucrando su trayectoria en el espacio y los estragos que éste provoca al impactarse sobre cualquier estructura.

La balística se divide en tres grandes ramas; balística interior (que trata con el movimiento del proyectil en el interior del cañón), balística exterior (estudia el desplazamiento del proyectil durante su trayectoria en el espacio) y balística de efectos (que se relaciona con la acción y consecuencias originadas por los proyectiles cuando se impactan).

Históricamente los seres humanos han venido utilizando una gran variedad de dispositivos mecánicos para aumentar la velocidad de cualquier objeto que arrojaban al enemigo. Por experiencia los hombres se han preocupado por el hecho de que la velocidad aumentada de los proyectiles mejoraba la efectividad para producir daños. En concreto, los individuos tomaron conciencia de las leyes físicas de la energía cinética, que permanecen como fundamento en el estudio de la balística, y, en consecuencia, en la provocación de heridas. Un cuadro simple pero descriptivo de los incrementos de las velocidades de los proyectiles se puede apreciar de la siguiente manera:

Período histórico	Velocidad del proyectil
Antes de la presencia de la pólvora	varios cientos de metros/segundo
Del siglo XIV al XIX	incrementos hasta 610 metros/segundo
De 1900 a 1918	incrementos de 1200 metros/segundo
De 1918 a la actualidad	por arriba de 2000 metros/segundo

La esencia de la efectividad de las armas de fuego corresponde al desarrollo de velocidades cada vez mayores en los proyectiles. Como regla general comprobada mediante pruebas reales, un proyectil que genera una energía de 8 kilogramos-metro puede producir una baja humana; en energías cinéticas de rangos menores son factores de muerte únicamente bajo circunstancias especiales. Por lo tanto, la energía cinética es determinante en la efectividad de los proyectiles. Más aún, hay que considerar que la velocidad aumentada de los proyectiles es el factor más importante para determinar su energía cinética.

El estudio de cada una de las ramas de la balística será tratado de manera particular en los correspondientes apartados de esta obra. Primero, es necesario atender el adiestramiento sobre la evolución y características de las armas de fuego, puesto que no sería conveniente hablar de balística sin considerar la presencia y funcionalidad de las armas, dado que la balística involucra directamente el empleo de éstas. A continuación se describe la aparición de cada artefacto.

Aparición y evolución de las armas de fuego

Para iniciar el tema, es conveniente precisar el significado de arma de fuego y que se define como. *Artefacto mecánico destinado para ofender o defenderse, de variadas formas y dimensiones, que utiliza la presión generada por la combustión de la pólvora para expulsar a gran velocidad uno o varios proyectiles a la vez.* Observando que el término combustión o deflagración del propelente, es la condición fundamental para que se les aplique el concepto de arma de fuego, considerando la presencia de presiones a elevadas temperaturas que obligan al proyectil a ser expulsado con inusitada velocidad por la boca del cañón, por ser el área de menor resistencia.

Indudablemente, los seres humanos han aplicado todo su ingenio bélico en la constante búsqueda de artefactos cada vez más eficaces, con la firme intención de obtener la máxima capacidad de destrucción de su propia especie y de las demás. Tal es el caso de las armas de fuego, las que han evolucionado a través de centurias, logrando desarrollar hasta nuestros días armas sumamente letales.

Desde su incipiente comienzo, hasta la precisión y poder alcanzados en la actualidad, desde el exclusivo punto de vista de la mecánica, forma externa y adopciones, describiremos las armas de fuego portátiles como principio fundamental e intrínseco de los demás artefactos similares.

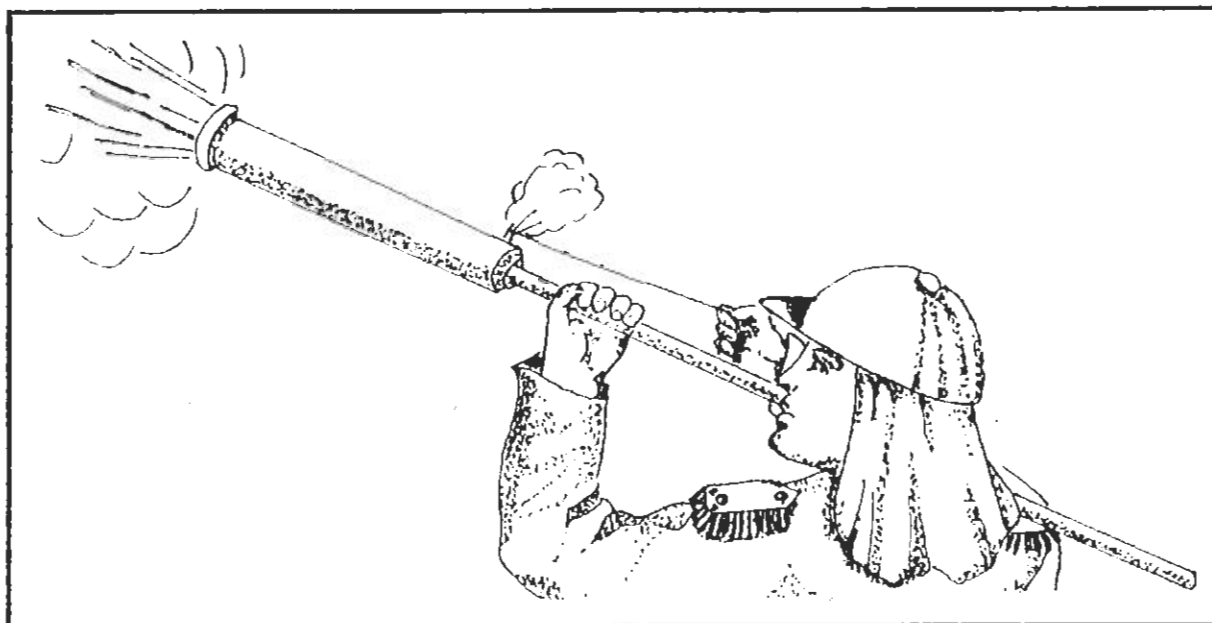
En la aparición y evolución de cada artefacto precursor de las armas de fuego modernas se emplean los criterios básicos de funcionalidad y apariencia, que de alguna manera forman parte del desarrollo de la tecnología militar, sustituyendo para ello los correspondientes calibres de dichas armas, puesto que en tiempos pasados se presentaba una gran disparidad al respecto. No habiendo una norma generalizada para establecer los diámetros de los cañones y de los proyectiles que éstas disparaban, la presencia de las armas se puede establecer según el siguiente criterio:

Armas de encendido directo
Armas de mecha y serpentina
Armas de rueda
Armas de piedra
Armas de percusión
Armas de cartucho metálico
(espiga, anular y central de retrocarga)

a) Las armas de encendido directo (cañón de mano)

Estos artefactos consistían en un tubo de metal unido a un mango cerrado en su extremo posterior y denominado "culata", en cuya estructura cilíndrica se presentaba un orificio llamado "fogón". Por el extremo anterior del tubo, o boca del cañón, se introducía inicialmente la pólvora negra, así como el proyectil y un trozo de estopa o papel, el cual es conocido en nuestro ambiente como "taco", elementos que se comprimían a base de golpes con una baqueta de madera o de metal. Este procedimiento es conocido como avancarga.

De esta manera se cargaba el arma, a la cual se acercaba un carbón encendido, un hierro candente o una mecha corta de combustión lenta, de tal manera que se comunicara el fuego al interior del cañón (cámara de explosión) y en donde se ubicaba la dotación de pólvora. Esta se deflagraba y, en consecuencia, las presiones generadas por los gases de la descomposición producían el correspondiente disparo del proyectil.

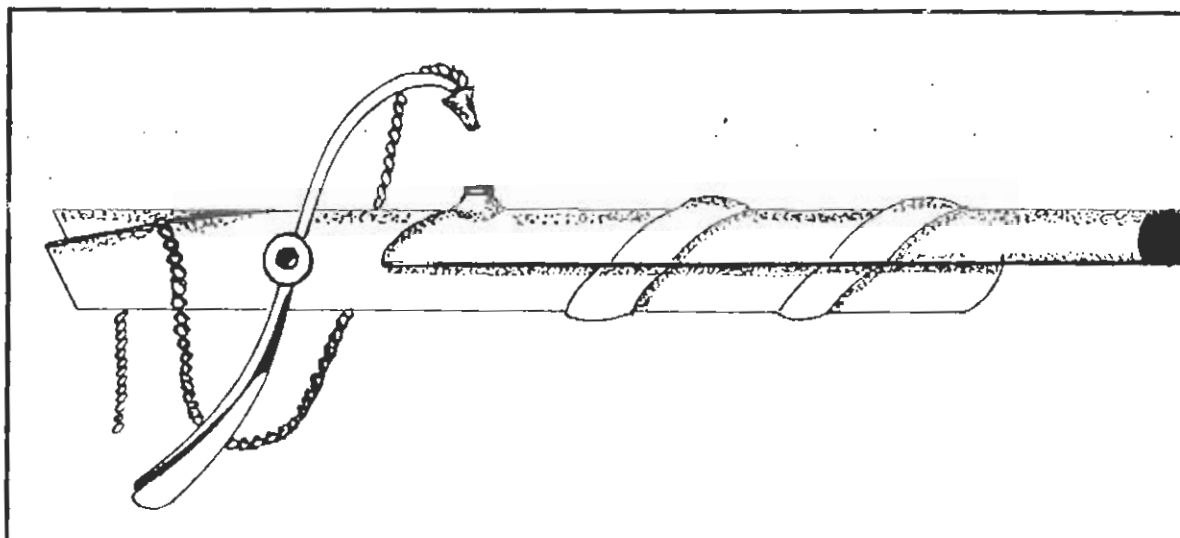


Este primitivo sistema tenía el inconveniente de que el usuario requería una mano para sostener el arma y la otra se utilizaba para llevar la mecha al fogón. Considerando que el disparo no solía producirse en el momento adecuado para hacer blanco en un enemigo, originaba que estas armas fueran un tanto ineficaces; además, después del disparo se producía una gran nube de humo, que en momentos dejaba sin visibilidad a los individuos que empleaban esos artefactos. Los ejemplares de este tipo de armas son muy raros y poco o nada se sabe de la forma táctica militar de su utilización, ya que solo hay afirmaciones de que las armas de esta especie se detectaron en España entre 1247 y 1311. Otra versión describe que su uso se originó en Alemania.

b) Las armas de mecha

En la búsqueda de un sistema mas seguro para iniciar la deflagración de la pólvora, los antiguos herreros o artesanos fabricantes de armas de fuego ingeniaron un sistema más eficaz que el anterior, nombrado llave de Serpentin. Esto constituye un incipiente progreso, pues la carga de los elementos del disparo se efectuaban de la misma manera (por la boca del cañón) y el cebo o pólvora fina se introducía en una cazoleta situada en el extremo posterior del cañón, también conocido como fogón o chimenea.

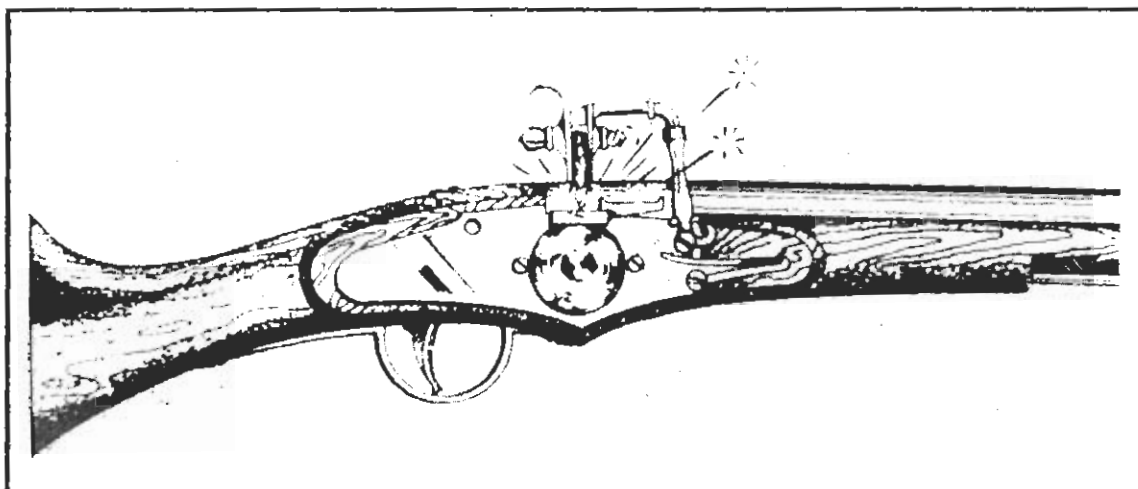
La llave de serpentín más antigua, consistía en un gancho curvo sujeto al costado derecho del bastidor del artefacto. El llamador no existía y el disparo del arma se realizaba basculando o girando el serpentín o gancho, hasta que la mecha fijada al mismo efectuaba el contacto con el cebo de pólvora fina que contenía la cazoleta. El serpentín evolucionó transformándose en una pieza metálica en forma de S denominada serpentina, que disponía de un pivote en su centro para girar sobre su eje. El extremo anterior podía acercarse haciendo girar la serpentina en torno al perno hasta tocar la cazoleta, así se prendía la pólvora y se producía el disparo del proyectil.



El serpentín puede considerarse como el precursor del llamador, mecanismo de todas las armas de fuego posteriores. Algunos autores atribuyen el invento de este artefacto a los armeros de Lieja (Alemania) en 1375.

c) Las armas de rueda

Estos artefactos efectuaban el encendido de la carga de pólvora mediante un sistema distinto, muy semejante al de los encendedores de hoy en día, ya que utilizaban para ello una arandela o rueda de acero con muescas o rayas para proporcionarle una superficie rasposa, que se hacía girar anticipadamente con una llave separable (como los juguetes de cuerda). Esta arandela era momentáneamente fijada por un diente de retención. El innovador mecanismo se encontraba situado en lo que en la actualidad puede considerarse como el cajón de mecanismos de un arma, localizada por debajo y detrás de la chimenea del cañón.

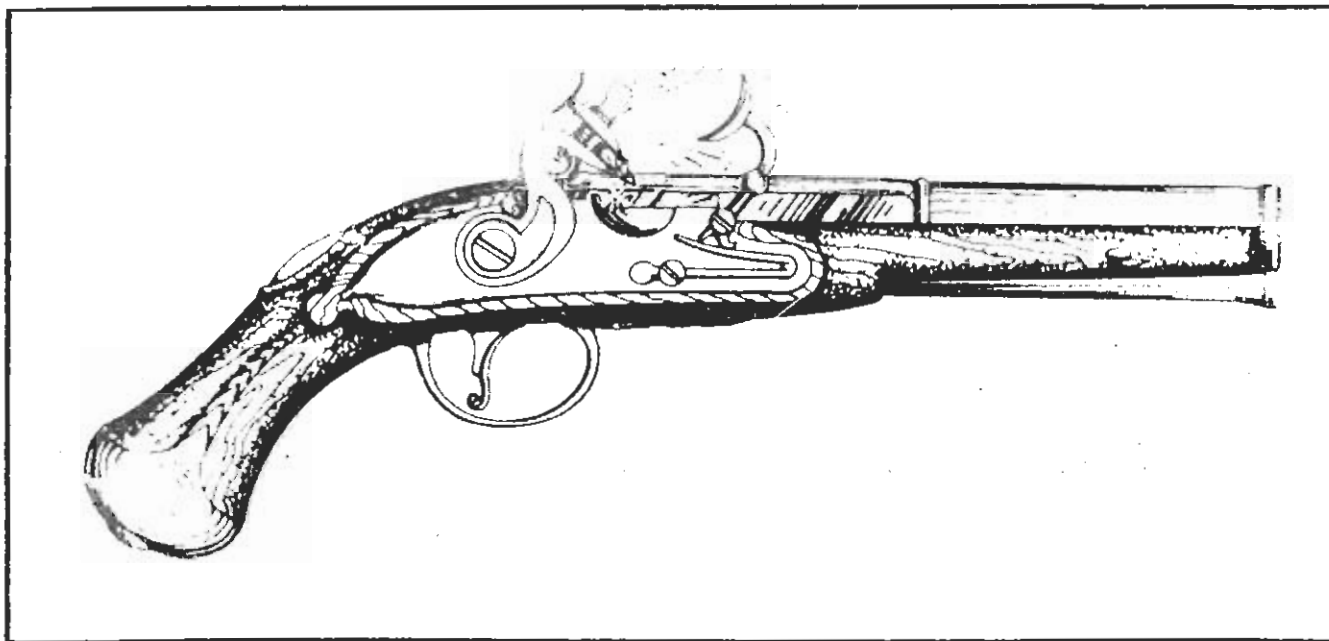


En la parte superior de la arandela y empotradas al bastidor del arma se situaban dos tenazas unidas a una especie de martillo, las cuales sujetaban un trozo de pirita, que realizaba el contacto con la referida arandela. Al ejercer presión sobre el llamador, el diente de retención liberaba y dejaba girar a la arandela con cierta velocidad, que al hacer contacto con la pirita producía las chispas, las que a su vez se introducían a la chimenea del cañón y originaban la deflagración de la pólvora. Esto provoca la presión generada por los gases de la descomposición y, por lo tanto se realizaba el disparo del proyectil.

No se puede establecer con certeza quienes fueron los primeros individuos en experimentar la utilización de las chispas provocadas por un pedernal o la pirita para encender la carga de la pólvora. Tampoco existe información fidedigna acerca del inventor de este sistema ni de la fecha en que se introdujo, solo algunos elementos históricos que determinan que tales artefactos aparecieron a principios del siglo XVI. Algunos historiadores afirman que las primeras armas de este tipo se fabricaron en Brescia, Italia, que de alguna manera fue el centro mundial de aquel tiempo en la fabricación de estas armas de fuego, pero también hay versiones de que su origen proviene de Nuremberg, Alemania.

d) Las armas de piedra

El sistema de ignición de la carga de pólvora mediante chispas constituyó en su momento una evolución trascendental en el desarrollo de las armas de fuego, dotándolas de una simplificación inusitada para aquel entonces. Específicamente la llave de chispa que originaba la ignición en las armas de piedra consistía en un pedernal previamente tallado, que se sujetaba fuertemente a una mordaza y constituida como una especie de martillo. Al liberar el pedernal, éste cae con violencia y roza una cortina de acero como si fuera un rastrillo, entonces se producía una gran cantidad de chispas, que originaban el encendido del cebo (pólvora mas fina), que comunica el fuego a la carga principal del arma. A simple vista, este efecto parece muy similar al de las armas de rueda. Pero el principio es distinto, puesto que en las armas de rueda la pirita se encuentra fija y la arandela o rueda de acero es la que gira con velocidad. En forma contraria a las armas de piedra, la cortina permanece fija y es golpeada o rastrillada por la mordaza que contiene el pedernal, el cual se libera por el accionar del llamador.



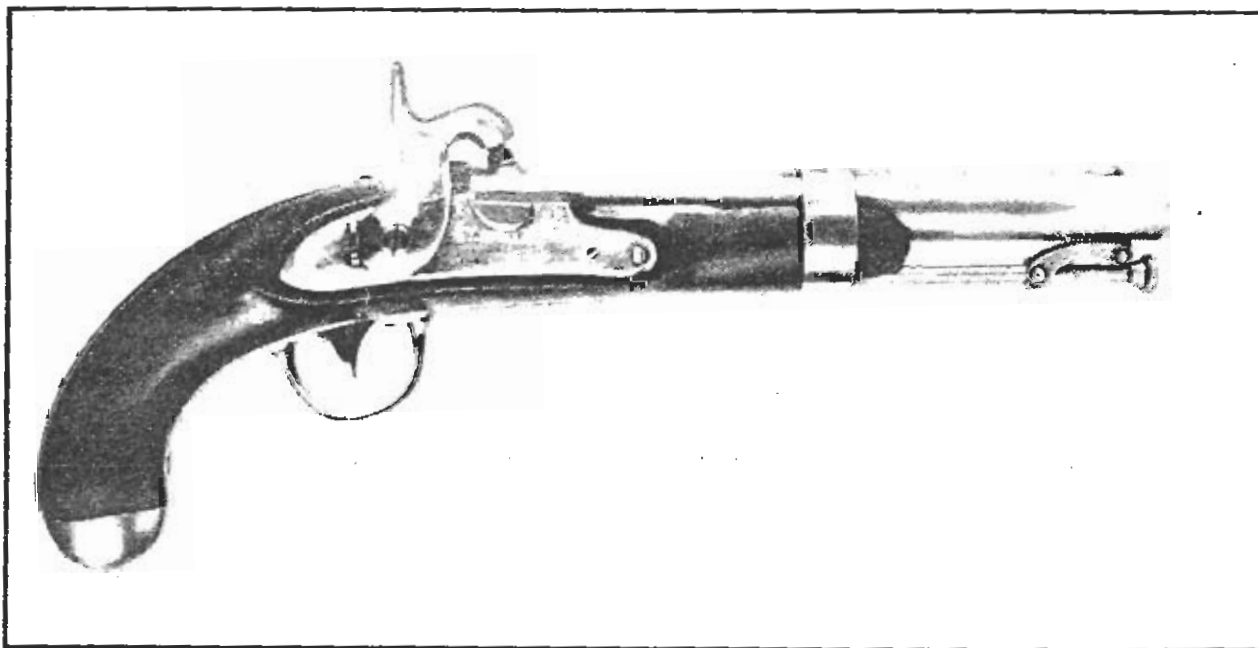
Las ventajas de los mecanismos de chispa montados en armas cortas y largas, de caza o de guerra, dotaban a éstas de una real velocidad de disparo, puesto que se cargaban relativamente fácil y lo principal consistía en realizar el disparo en el momento más oportuno para el usuario de aquellos tiempos.

Los mecanismos de las armas de piedra pasaron por diversas fases de evolución antes de llegar a la perfección de este tipo de artefactos. Se dice que existieron básicamente dos formas de éstas y que se desarrollaron al mismo tiempo: una de ellas en España, donde recibieron el nombre de miguelete; y la segunda, en los Países Bajos, principalmente Holanda, donde al parecer se le da el nombre de Snaphaunce. Aquí se supone que aparecieron en los primeros decenios del siglo XVI, para llegar a su completo desarrollo a finales del XVII.

e) Las armas de percusión

Este tipo de armas introducen un sistema de encendido de la pólvora totalmente innovador, pues esta basado en las propiedades detonadores que presenta la mezcla del fulminato de mercurio. Tal invento ingenioso consistía en utilizar una cápsula de cobre de paredes delgadas en la cual se introducía una pequeña cantidad de fulminato de mercurio, en cuyo caso se utilizaba una sola cápsula para cada disparo y que de alguna manera disminuye el factor de disparos fallidos. Para llegar a este invento trascendental hubo de transcurrir varios años y el esfuerzo de personas dedicadas a la investigación. Fue hasta 1807 cuando el escocés Alexander John Forsyth desarrolló lo que actualmente se conoce como la llave de percusión.

La cápsula de cobre que contenía la mezcla fulminante se roscaba en el fogón, forjado en relieve y en forma de tetina. La cápsula explotaba por el aplastamiento provocado por el choque violento del martillo, de tal manera que lanzaba una llamarada sobre la carga principal de pólvora y se producía el disparo del proyectil. Este sistema es el más común y ofrece gran comodidad, seguridad, rapidez de encendido y se difunde vertiginosamente en todo el mundo moderno.



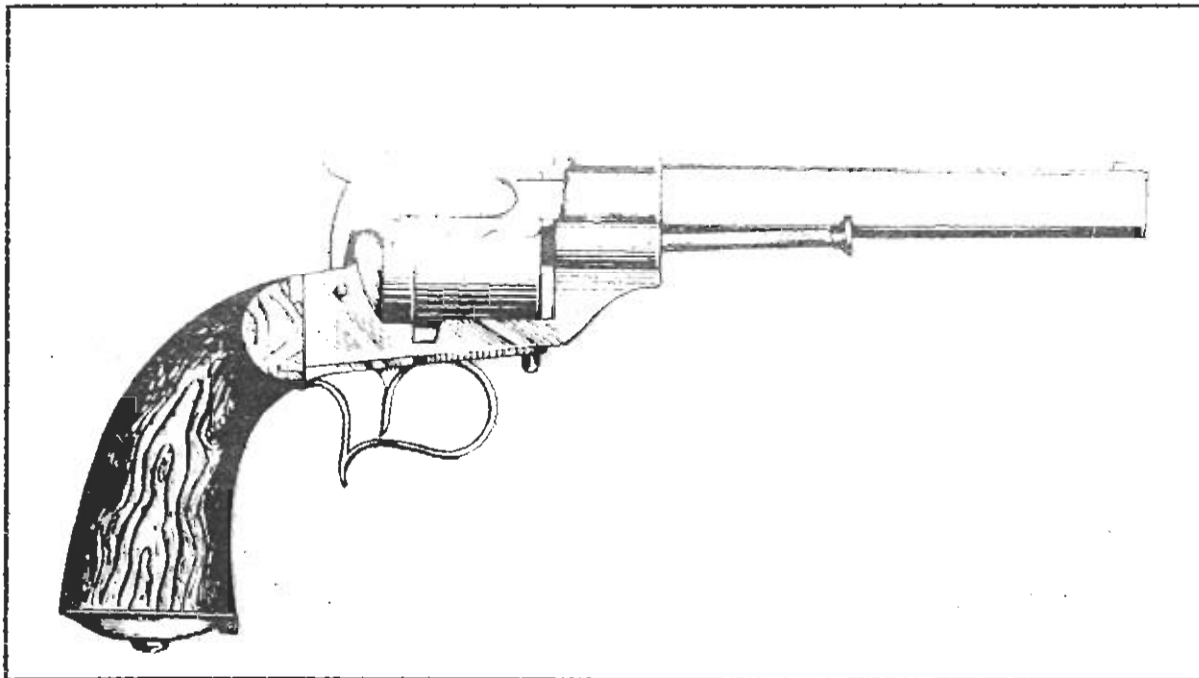
De 1807 a 1845 se estudiaron gran cantidad de inventos mecánicos con este sistema de percusión. En su momento se llegó a pensar que esta tecnología en armas de fuego sería la definitiva para acelerar el procedimiento de realizar disparos con mayor rapidez; sin embargo, la continuidad de las investigaciones desarrollaron artefactos aún más revolucionarios y convenientes.

f) Las armas de cartucho metálico

Desde mucho tiempo atrás se realizaron intentos de recargar las armas, mediante un elemento único, compuesto por la pólvora y el proyectil, llamado "cartucho", e inclusive el propósito mas perseguido era el de realizar la recarga por la culata del cañón del arma y no como normalmente se realizaba por la boca del cañón, pero la mayoría de estos desarrollos fueron desechados por carecer de un perfecto cierre de la recámara, donde se producían peligrosas fugas de presión.

En 1836 un armero francés, Casimir Lefauchaux, diseñó lo que comúnmente se conoce como vaina. Los cartuchos que inventó se encuentran constituidos de un tubo de cartón, al cual se le incluye en su parte posterior una base elaborada de metal, técnicamente conocida como culote del cartucho, y cerrado en el extremo anterior por el correspondiente proyectil.

Este cartucho presentaba una espiga de acero ubicada en la parte posterior de la estructura cilíndrica del mismo, la cual sobresalía para ser golpeada por el martillo del arma y que debido a esta acción percutía la cápsula que contenía la mezcla fulminante, está incorporada al interior del cartucho. Los cartuchos de espiga o aguja que hasta hoy se conocen como Lefauchaux, pronto se adecuaron a cargas más potentes al producirse con vainas totalmente metálicas, que al mismo tiempo los hacían más resistentes a la humedad, pero que representaban una gran sensibilidad, porque cualquier golpe accidental podía hacerlos detonar.



Esta breve semblanza de la evolución de las armas de fuego solo es para darnos cuenta de las eventuales necesidades que se fueron creando para la humanidad y de acuerdo con cada pasaje preciso de la aparición de cada uno de los artefactos señalados, así como la ingeniosa intervención de hombres dedicados a la investigación e invención de estos artefactos, muchos de ellos aquí anónimos. Todo ello contribuye de manera importante para dar inicio a los mecanismos modernos de hoy en día, que hicieron su aparición en las ultimas décadas del siglo pasado y que aquí señalaremos.

g) Las armas de repetición

Las primeras armas de repetición se presentan con un solo cañón de avancarga, empleando un cilindro con dos o más recámaras, de tal modo que se podían recargar para aumentar el poder de fuego del usuario, pero que inicialmente todavía presentaban deficiencias en las recargas que estas utilizaban. Esto provocó algunas explosiones accidentales de las cargas de pólvora y la destrucción de la misma arma, lesiones y hasta la muerte del usuario. En otras ocasiones se presentaban deficiencias de las cargas, las que no detonaban, debido a estas circunstancias, los sujetos quedaban a merced de sus adversarios.

Con el descubrimiento del compuesto fulminante, de Forsyth, se ampliaron grandemente las posibilidades para mejorar las armas. En breve tiempo se empezó a utilizar el pistón, el cual consiste en una copa de cobre o bronce con una pequeña porción del fulminante en su interior, de tal modo que, colocada sobre la chimenea, detonaba al ser golpeada por el martillo (accionado por el llamador), para que incendiara la carga de pólvora.

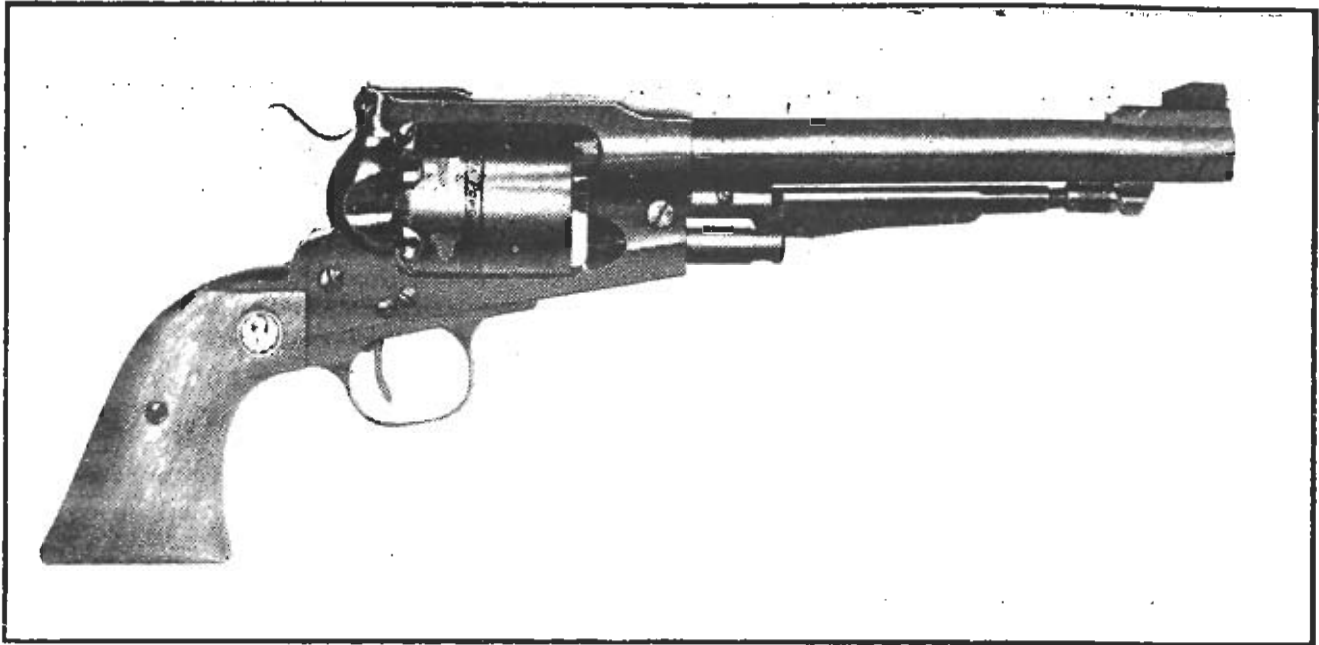
En cuanto se generalizaron las armas de percusión por pistón, el ingenio humano buscó la forma de mejorarlas, ideando primero artefactos con una cierta cantidad de cañones, los cuales giraban alrededor de un eje en forma sucesiva y coordinada con los mecanismos del llamador y del martillo, en donde cada cañón contenía su propia carga de pólvora y proyectil. Entonces había una magnífica arma de repetición, aunque se presentaba el inconveniente de que si el artefacto contaba con más de cinco o seis cañones, está se convertía en demasiado grande y pesada para su adecuado uso, así como incómoda para su transportación.

La incesante búsqueda de tecnología más eficiente culminó con la invención de los primeros cartuchos que tenían todos los elementos necesarios e integrados en una sola pieza (casquillo, fulminante, pólvora y proyectil), para dar origen a las armas de fuego de retrocarga.

El revólver (pistola de rotación)

Estas armas son aptas para efectuar una serie de disparos de manera rápida y en sucesión, considerando la cantidad de cartuchos ya preparados y alojados en los depósitos del arma. En su época había gran cantidad y variedad de mecanismos, que se modificaban constantemente para ofrecer el mejor servicio a los usuarios civiles y militares que requieren rapidez y potencia en los disparos.

En estas armas se presenta un depósito denominado cilindro o tambor, por lo general con seis recámaras, mecanizadas de tal manera que giran alrededor de un eje para ser descargadas en sucesión por el mismo mecanismo de disparo mediante un movimiento de rotación determinado por el levantamiento del martillo, ya sea por *acción sencilla* o por *doble acción*, a fin de que dichas recámaras sean alineadas con el eje del cañón. En esta posición de alineación, el martillo puede caer y producir el disparo por medio de un percutor que golpea el centro del fulminante del cartucho. En las recámaras del cilindro se quedan depositados los casquillos percutidos, para que luego éstos sean desalojados en forma manual por el usuario y nuevamente ser recargadas.



De 1830 a 1880 aparece el ingenio de uno de los más grandes proyectistas y diseñadores de armas de fuego, Samuel Colt, nacido en Hartford Connecticut, U.S.A. quien patentó y fabricó una gran cantidad de revólveres. Sus más conocidos y extendidos fueron los modelos Walker y Dragón en el calibre .44, y los Navy 1860 y 1861 en el Calibre .36. En la compleja historia de las armas de fuego, ningún nombre sobresale con mayor altura que el de Samuel Colt. Colt es sinónimo de revólver, pues en su tiempo patentó muchos mecanismos, los cuales fueron empleados por un número muy alto de ejércitos en el mundo.

Pistola semiautomática

En estas armas los cartuchos se introducen en fila en un depósito denominado cargador, que a su vez se introduce en la mayoría de las armas en el compartimento de la empuñadura. Aquí un bloque de obturación puede moverse en línea recta en los dos sentidos según el eje del cañón y, donde un cartucho se eleva impulsado por un resorte o muelle ubicado en el interior del cargador.

El movimiento de avance del cierre del obturador es provocado por otro muelle o resorte recuperador y así se introduce el cartucho en la recámara del cañón del arma, mientras que un percutor alojado en el obturador o un martillo permanecen montados.

Al ejercer presión sobre el llamador, el martillo y/o percutor se liberan para provocar el choque con el fulminante del cartucho; en consecuencia, se produce el disparo del proyectil. Asimismo, por efecto ya sea de la energía de los gases de la explosión, o por simple acción sobre la cabeza del cierre, o bien, después de un leve movimiento de retroceso del cañón y del cierre, los desbloquea y provoca la apertura del obturador. Durante este movimiento se extrae y se expulsa el casquillo percutido, mientras el cierre se vuelve hacia adelante y nuevamente se introduce un cartucho en la recámara. Una vez retenido el martillo, o el percutor, el llamador se libera de éstos mediante un dispositivo denominado de escape, luego vuelve a su posición inicial dispuesto a operar una vez más cuando cesa la presión.

De este modo, los cartuchos contenidos en el cargador se impulsan uno después de otro hasta agotarse con sólo presionar el llamador por cada disparo que se desea realizar. La primera pistola que tuvo éxito comercial fue la inventada por Hugo Borchardt, nacido en el estado de Connecticut, y con ella se inició la era de las pistolas militares semiautomáticas. Al no hallar medios para la fabricación de su arma, Borchardt se trasladó a Alemania, donde la compañía Ludwig, Loewe & Co. inició su producción y lo contrató como técnico.



Pistolas Borchardt y Luger fabricadas en Alemania

La pistola se comercializó en 1893, utilizándose por primera vez el cargador separable, el cual se introducía en la empuñadura del arma, que luego se convirtió en el sistema más común para cargar pistolas semiautomáticas. Esta puede considerarse como el modelo precursor de la famosa pistola Luger, que utiliza un obturador bloqueado; el cañón de estas armas retrocede un breve trecho originado por la apertura del cierre, provocando la extracción y expulsión del casquillo percutido.

Para la fabricación de esta arma también fue de suma importancia el diseño del cartucho, conocido como cartucho Borchardt, que al ser perfeccionado fue denominado como cartucho Mauser calibre 7.63 mm, presentando extraordinarias dotes balísticas. Con la Borchardt se inició la era del desarrollo acelerado de las pistolas militares, que cundieron en toda la Europa de principios del siglo XX y, por supuesto, en Asia y América, aportando para ello diversos sistemas de percusión y de expulsión de los casquillos disparados.

Muchos de estos artefactos quedaron obsoletos por deficiencias mecánicas, pero otros permanecen activos y sus diseños todavía se fabrican hoy en día, considerando que se magnifican sus dotes de funcionalidad y potencia de fuego.

Origen del término pistola

Existen varias consideraciones de autores que señalan que el término *pistola* es el resultado de la invención que se le puede atribuir a alguna persona en particular, o de cuya patria o lugar de origen se haya tomado este término. De esta manera se presentan versiones como la de dos individuos allegados a las técnicas de fabricación de armas de fuego cortas; Camilo Vetelli de Pistoya y Estefano Enrico de Pistoya, que trabajaron alrededor del año de 1540. Por tales circunstancias se dice que el término *pistola* pudiera derivar de la ciudad de nacimiento o de residencia de estos inventores, pero no existe ningún fundamento veraz para tal acepción.

Desde el nacimiento de las armas cortas, los avances acelerados de finales del siglo XIX con la invención de los revólveres de Samuel Colt, hasta llegar a nuestros días, las pistolas no diferían en cuanto a la mecánica de funcionamiento en comparación con las armas largas, como los arcabuces y los fusiles. Las diferencias se presentan en cuanto a las dimensiones en la longitud de los cañones, así como en las empuñaduras convenientes, que permitían a los usuarios utilizar las armas cortas con una sola mano. De esta manera, no puede afirmarse que el término *pistola* pudiera provenir de la ciudad de Pistoya, además de que las armas cortas existían mucho tiempo antes de la fecha que se señala (1540), y que anticipadamente se conoce que el mismo rey Enrique II denominaba a sus caballeros negros como "pistoleros", derivado del término "petrinal", que a su vez proviene de *Poitrine*, cuyo significado es pecho, y que petrinal era el arma corta que el caballero transportaba colgada de su pecho.

Otra versión señalada por Demmin, reconocido filósofo y apasionado de las armas, considera que el término *pistola* proviene de Francia, donde los caballeros denominaban Pistal al estribo de la silla de montar en la que se encontraba unida la funda para depositar el arma corta, entonces, de pistal puede derivarse *pistola*. También se presenta la siguiente versión; *pistola* proviene de pístala, que básicamente significa "pipa" y que en aquellos tiempos correspondía al nombre que se le daba a un arma corta. Por último, se desprende que *pistola* proviene en su etimología del derivado germánico *pistole*. No existe, pues, certeza alguna para establecer el origen del término *pistola*, pero que en la actualidad y en el ambiente de las armas de fuego es muy común mencionarlo, de tal forma que nos ilustra de manera inmediata la forma básica de un arma corta, sin tener la necesidad de conocer la raíz de su nombre.

Clasificación de las armas de fuego portátiles

Después de tantos años de la presencia y evolución de las armas de fuego, es obvio considerar la gran variedad de artefactos de tal género que en su momento fueron inventados, algunos de ellos con formas simples y otros extravagantes, de reducidas o de grandes dimensiones, de baja, mediana, o de gran potencia, o bien, con mecanismos sencillos o sumamente complicados, así como las diversas combinaciones de tales estructuras y sistemas, lo que en la actualidad provocaría un desconcierto para tratar de describirlas lo más preciso posible. De tal manera que la forma más conveniente que tenemos para identificarlas o describirlas es considerando las cinco principales clasificaciones a las que pueden estar sujetas, debiendo tomar en cuenta la existencia de variantes de acuerdo a los aspectos antes referidos, por lo cual la información contenida en las siguientes gráficas debe ser evaluada en su oportunidad.

BALISTICA TECNICA

Por su Longitud, las armas de fuego se clasifican en "cortas" y "largas".

* Armas cortas

Revólveres



Pistolas



Carabinas



Rifles o fusiles

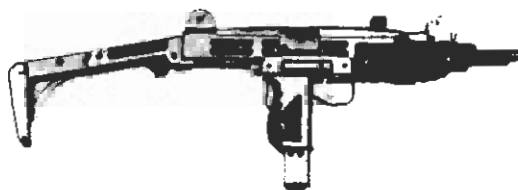


* Armas largas

Escopetas



Subfusiles o subametralladoras



Ametralladoras



* Las ilustraciones expuestas solo son representativas de la gran variedad de armas que pueden considerarse dentro de esta clasificación.

Por su forma de cargarse o abastecerse, las armas se clasifican en: *avancarga y retrocarga*.

Esta clasificación en la actualidad puede considerarse un tanto obsoleta, porque la gran mayoría de las armas se abastecen de una sola forma; sin embargo, todavía se presentan algunos artefactos de fuego que se recargan de la manera antigua, es decir, como inicialmente fueran creadas las armas. Por lo que en términos técnicos, las armas se pueden separar de dos maneras; avancarga y retrocarga.

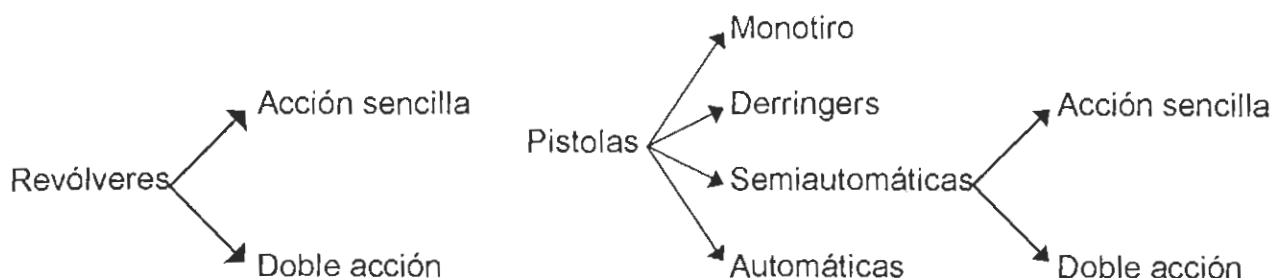
Avancarga. Son aquellas en que la carga se realiza por la boca del cañón, utilizando para ello los compuestos por separado o en conjunto, contenidos éstos en un cartucho de papel y que de alguna manera representan para el usuario toda una ceremonia en el procedimiento de cargar el arma. Cuando se utilizan los componentes por separado el procedimiento es el siguiente:

1. En principio se introduce la pólvora con una medida preestablecida, según la necesidad del usuario y con respecto al tipo de disparo que desee realizar. Para ello normalmente se utiliza pólvora negra.
2. Posteriormente se introduce un empaque o taco de papel, o de fibra natural, para evitar que la pólvora se mantenga suelta.
3. Enseguida se introduce la carga de proyectiles, ya sea único o múltiples.
4. Nuevamente se introduce otro taco para compactar toda la carga. Todo ello comprimido a partir de golpes de baqueta de metal o de madera, que se conforma como accesorio propio del arma.
5. Después si es el caso, se incrusta el fulminante en la chimenea o piñón del arma, o bien se monta el martillo en las armas con sistema de ignición de pedernal.
6. De esta manera, el usuario se encuentra en condiciones de realizar un solo disparo por cada recarga.

Hoy este método es casi obsoleto, con excepción de algunas armas de fabricación rudimentaria, denominadas pispонерas o chispetas, o también por algunas armas de manufactura registrada que son fabricadas para coleccionistas y personas apasionadas de utilizar este tipo de artefactos como recuerdo de épocas pasadas.

Retrocarga. Esta nomenclatura se emplea para designar a las armas de fuego que son recargadas por la culata del cañón, es decir, por la recámara. Actualmente la mayoría de las armas son consideradas de retrocarga, incluyendo los revólveres, pistolas, fusiles, carabinas y escopetas. A veces se desconoce el verdadero sentido de la palabra retrocarga, puesto que este término se infiere exclusivamente a las escopetas, principalmente las de un solo cañón o las de cañones dobles, puesto que éstas se abren por su parte posterior para introducir los cartuchos directamente en las recámaras. Pero esta aplicación se encuentra equivocada en su sentido literal.

Por su mecanismo de disparo, los revólveres y pistolas se clasifican de la siguiente manera.



Las armas cortas son diseñadas para ser sostenidas con una sola mano, y la práctica actual de dispararlas utilizando ambas manos no desmiente esta clasificación, las que pueden ser portadas en el cuerpo del usuario y, asegurándolas de alguna manera a su cintura. También son portadas bajo el brazo en fundas especiales denominadas sobaqueras. Tanto los revólveres como las pistolas pueden presentarse con mecanismo de acción simple o doble acción, cuya diferencia estriba en la mecánica de amartillar el arma.



Revólver Colt modelo Frontier

Revólver de acción sencilla. Para ser disparado, requiere que el usuario previamente monte el martillo manualmente, utilizando su dedo pulgar, para enseguida presionar el llamador y que el martillo caiga y se produzca el disparo.

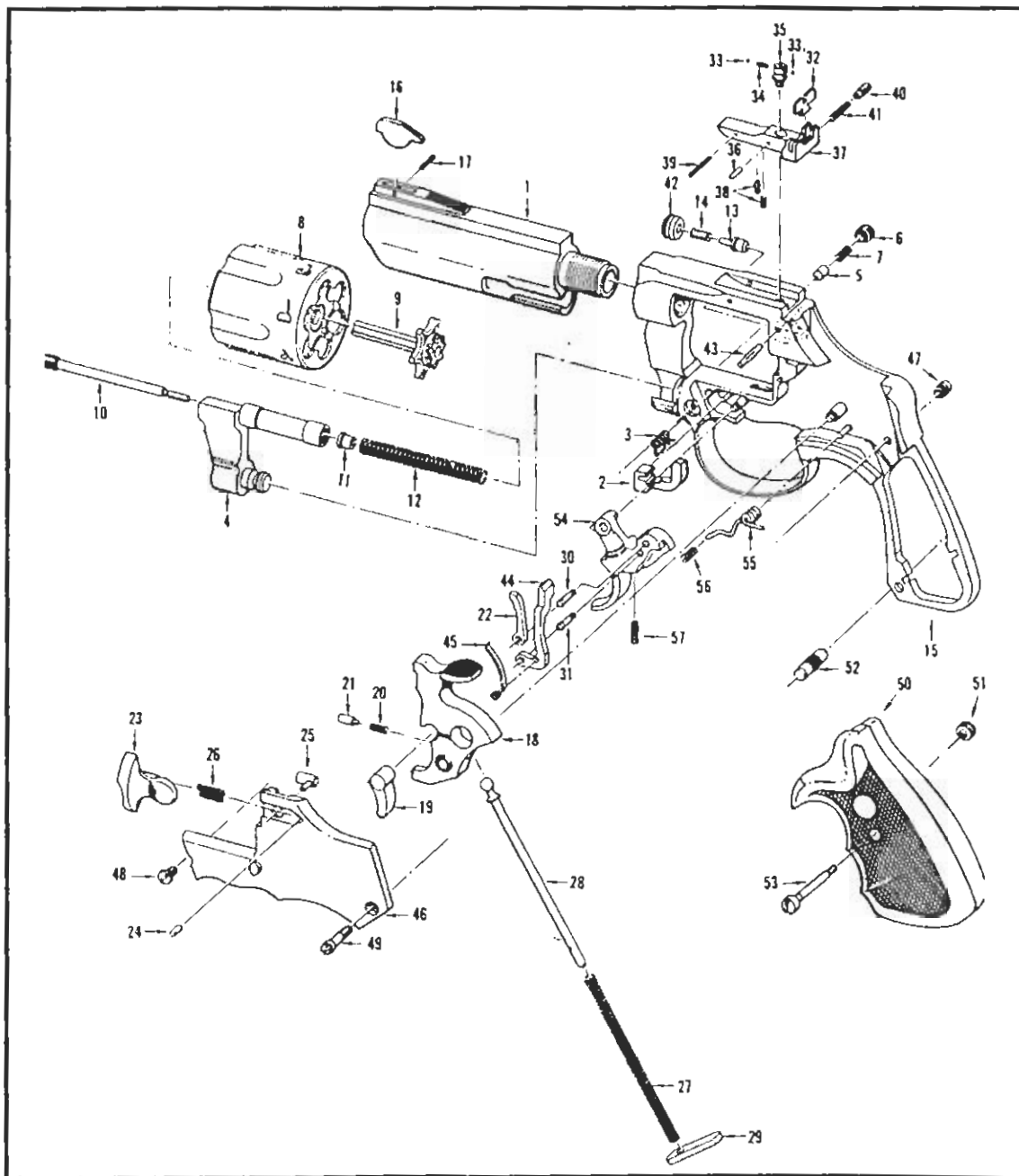


Revólver Llama modelo Comanche

Revólver de doble acción. Unicamente requiere que el usuario ejerza suficiente fuerza sobre el llamador, para que la mecánica propia del arma levante el martillo y lo deje caer con violencia y originar la percusión del cartucho alineado con el eje del cañón.

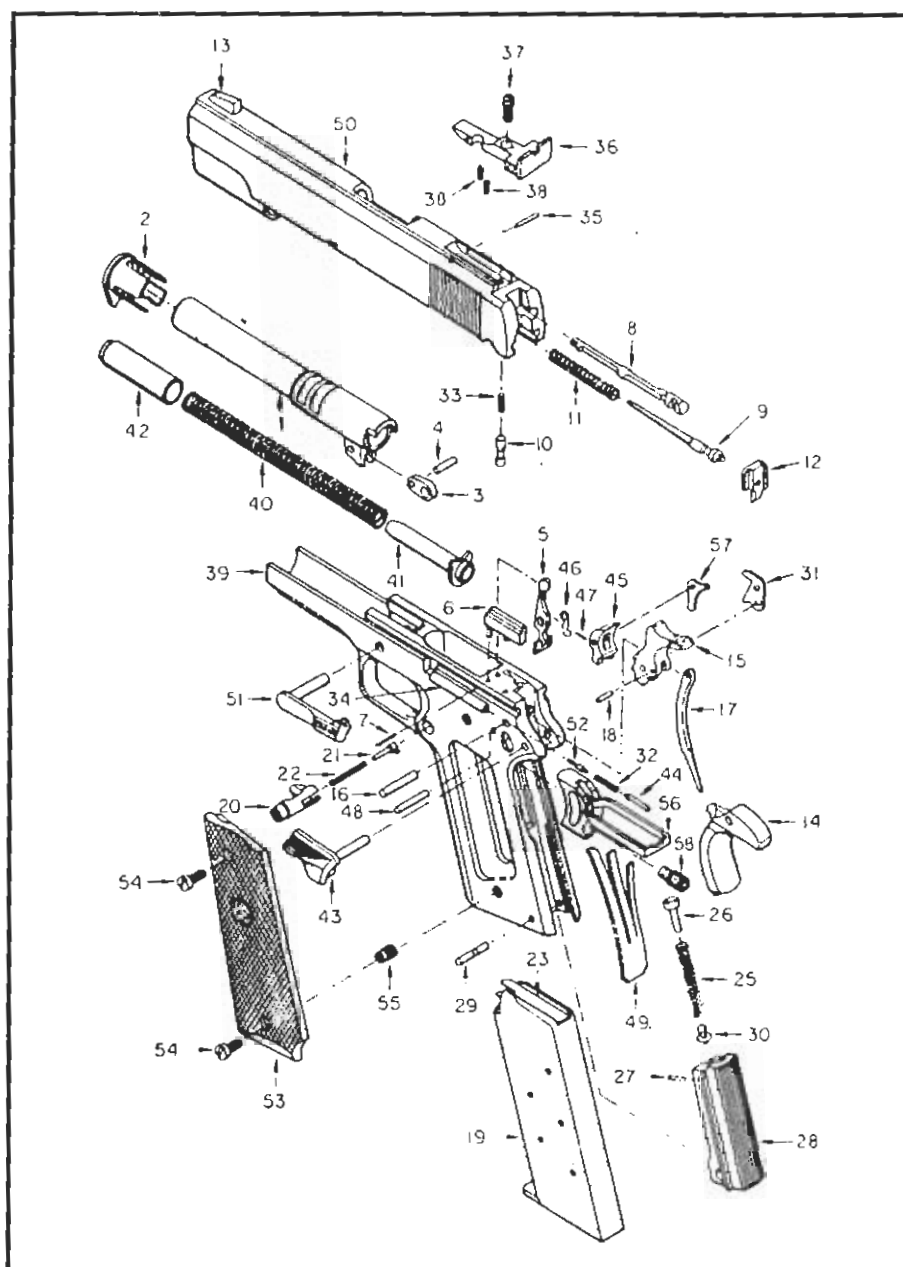
Pistola (automática y semiautomática). Es un arma corta que emplea la fuerza del retroceso de los gases para producir la apertura del obturador y, en consecuencia, la expulsión del casquillo percutido, para luego insertar un nuevo cartucho en la recámara del cañón. Las pistolas completamente automáticas no son muy utilizadas en el ambiente civil o policiaco, sin embargo, algunas unidades especiales y militares de ciertos países las emplean para fines tácticos. También, son consideradas como pistolas las de disparo único o monotiro, así como las Derringers de cañones superpuestos, dado que carecen de un mecanismo de rotación como es el cilindro de los revólveres, aun cuando en apariencia se asemejan a estos últimos.

Estructura de un Revólver (doble acción), modelo AA King Cobra



1. Cañón	16. Organo de mira	31. Perno, pivote de la palanca	46. Placa o cubierta del bastidor
2. Pestillo	17. Perno fijador	32. Hoja de la mira posterior	47. Tuerca sujetadora de la placa
3. Muelle del pestillo	18. Martillo	33. Balero de la mira posterior	48. Tornillo anterior de la placa
4. Brazo soporte	19. Pivote del martillo	34. Muelle del ajustador de la mira	49. Tornillo posterior de la placa
5. Arandela de seguridad	20. Muelle del martillo	35. Tornillo ajustador de la mira	50. Cachas de la empuñadura
6. Tornillo de la arandela	21. Guía de la muelle	36. Perno sujetador de la mira	51. Tuerca sujetadora de las cachas
7. Muelle de la arandela	22. Brazo del martillo	37. Soporte de la hoja de la mira	52. Perno fijador de las cachas
8. Cilindro	23. Aldaba o pestillo	38. Muelles ajustadores	53. Tornillo fijador de las cachas
9. Estrella expulsora	24. Perno de la aldaba	39. Perno sujetador del soporte	54. Estructura del llamador o gatillo
10. Baqueta	25. Perno de la presilla	40. Tornillo de ajuste de venteo	55. Muelle de retorno del llamador
11. Boquilla de la baqueta	26. Baqueta del extractor	41. Muelle del tornillo de ajuste	56. Guía de la muelle del llamador
12. Muelle de la baqueta	27. Muelle principal o real	42. Placa de retroceso	57. Tornillo del llamador
13. Percutor	28. Guía del muelle real	43. Perno fijador de la placa	
14. Muelle del percutor	29. Base del muelle	44. Conector de seguridad	
15. Chasis o armazón	30. Perno, pivote del brazo	45. Muelle del conector	

Estructura de una Pistola semiautomática armazón modelo "O"



1. Cañón
2. Escúdete
3. Biela
4. Perno de la biela
5. Interruptor
6. Expulsor
7. Perno del expulsor
8. Extractor
9. Percutor
10. Vástago fijador del percutor
11. Muelle del percutor
12. Tope del percutor
13. Mira anterior
14. Seguro de la empuñadura
15. Martillo

16. Perno del martillo
17. Cola del martillo
18. Perno de la cola del martillo
19. Cargador
20. Retenida del cargador
21. Perno de la retenida
22. Muelle de la retenida
23. Elevador
24. Resorte del cargador
25. Muelle principal
26. Tope de la muelle principal
27. Perno del tope
28. Cajón de la muelle
29. Perno del cajón
30. Pivote del perno del cajón

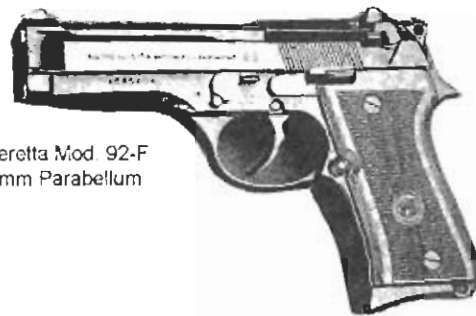
31. Palanca del émbolo
32. Muelle del émbolo
33. Muelle del émbolo de retención del percutor
34. Alojamiento del émbolo
35. Perno de la mira posterior
36. Mira posterior
37. Ajuste de la mira
38. Muelle del ajuste de la mira
39. Armazón o bastidor
40. Resorte recuperador
41. Guía del resorte
42. Tapón obturador
43. Seguro de aleta
44. Pasador de seguridad del émbolo

45. Fiador
46. Depresor
47. Muelle del depresor
48. Perno del fiador
49. Muelle del fiador
50. Carro o corredera
51. Tope de la corredera
52. Tope del émbolo del carro
53. Cacha izquierda
54. Tornillos de las cachas
55. Tuercas de los tornillos
56. Ensamble del llamador
57. Palanca del llamador
58. Tope del llamador

Entre la gran variedad de pistolas semiautomáticas, estas también presentan mecanismos de acción sencilla y de doble acción, pero esta forma de montar el martillo generalmente se efectúa en el proceso de realizar el primer disparo, puesto que posterior a ello las armas se automatizan y se preparan por sí mismas. Ejemplo



Pistola Colt, Mod. Commander
Calibre 9 mm Parabellum



Pistola Beretta Mod. 92-F
Calibre 9 mm Parabellum

** Por su mecanismo de disparo, las armas largas se clasifican así:*

a) De disparo único
o monotiro



Rifle Ruger

b) De repetición

acción de Cerrojo



Rifle Weatherby

acción de Palanca



Rifle Winchester

acción de Bomba
o Corredera



Rifle Remington

c) De combinación (rifle y escopeta)



Rifle Savage

d) Semiautomático (disparo tiro por tiro)



Rifle AR-15

e) Automático (disparo en ráfaga)



Rifle AK-47

* Las ilustraciones solo son representativas de la gran variedad de armas disponibles

Las armas largas presentan un cañón de más longitud y regularmente utilizan cartuchos con mayor capacidad de pólvora propulsora; en consecuencia, originan mayores velocidades y energías de impacto de los proyectiles que disparan. Asimismo, cuentan con una culata (fija o abatible) para que puedan ser apoyadas sobre el hombro cuando éstas se disparan. Así se obtiene una mejor firmeza y aumenta la precisión, además de que en parte se amortigua la fuerza del retroceso del arma.

Rifle o Fusil. Estos términos pueden ser empleados indistintamente para describir un arma larga de cañón rayado, pues no hay diferencia alguna entre ambos conceptos, ya que rifle es considerado un término anglosajón derivado de *rifling*, cuyo significado es rayado, y fusil corresponde al latín *focilli*, cuyo significado básico es piedra, en razón de que en el siglo XVI se desarrollaron armas con pedernal para producir la deflagración de la pólvora. Actualmente algunos cuerpos de seguridad y de procuración de justicia utilizan rifles para propósitos especiales, cuyas características principales son la precisión, poder de impacto y de penetración, así como un amplio alcance.



Un rifle por lo general cuenta con una correa portafusil que sirve no solo para transportarlo, sino que también puede ser muy útil para proporcionar mayor firmeza en la posición de apuntar y disparar sobre un objetivo.

Subfusiles o Subametralladoras. Son clasificadas como armas largas, pero la principal característica que las distingue como de inferior categoría es por el hecho de que utilizan cartuchos para pistola, es decir, de menor potencia. Estas armas normalmente cuentan con un mecanismo para seleccionar el disparo que se desea realizar, ya sea semiautomático (tiro por tiro), o automático (en ráfaga), pero en el mercado de armas destinadas a la población civil en muchos países donde se permite su venta, éstas se comercializan solo con disparo semiautomático.



Hay subfusiles en los calibres .45 Auto, .32 Auto, .380 Auto, .40 S & W y 10 mm Auto, y tal vez en la actualidad los mas difundidas son los modelos israelíes Uzi, así como los alemanes H&K, MP-5, en el calibre 9 mm Luger o Parabellum.

Arma de repetición. Esta requiere ser cargada y disparada manualmente, utilizando los propios mecanismo del arma, y cuyo procedimiento consiste en introducir un cartucho en la recámara, percutirlo, desalojar el casquillo e introducir nuevamente otro cartucho en el cañón. Los rifles de acción de palanca, cerrojo y de bomba o corredera se encuentran en esta categoría, aunque también los revólveres son considerados como de repetición, puesto que se requiere que el usuario los accione presionando el llamador cada vez que un cartucho del cilindro se alinee con el eje del cañón. Así, el arma se prepara para el siguiente disparo.

Arma semiautomática. Es la que se dispara presionando el llamador para cada descarga, pero el ciclo completo se realiza sin esfuerzo adicional por parte del usuario, en el que éste únicamente requiere acerrojar el arma por primera ocasión. Para ello normalmente debe desplazar el bloque del cerrojo hacia atrás y después liberarlo para introducir el cartucho en la recámara del cañón, al mismo tiempo que se monta el mecanismo del percutor, del martillo, o de ambos. Posterior al disparo, el arma se automatiza por efectos de la presión generada por los gases de la combustión de la pólvora, incluyendo la extracción y expulsión del casquillo percutido, para que de nueva cuenta sean montados los mecanismos que ocasionan la percusión, y por efectos de cierre se aloje el sucesivo cartucho en la recámara. Las armas de estas características reducen la fatiga que generalmente se presenta al disparar, aumentando la rapidez de los disparos sucesivos que requiere realizar el usuario, hasta agotar el abastecimiento de cartuchos.

También debe tomarse en cuenta que las armas semiautomáticas, al no disparar en ráfaga, no consumen tanta munición y el usuario se encuentra en condiciones de afinar su puntería a cada disparo. Entonces, un arma con este mecanismo es aquella que cada ciclo de disparo se interrumpe por cada accionar del llamador y hasta su completa terminación justo después de haber percutido su ultimo cartucho.

Arma automática. Es la que continua disparando sin interrupción mientras como el usuario se encuentre oprimiendo el llamador. A este efecto se le conoce como ráfaga, pues el arma únicamente requiere estar abastecida de cartuchos en su cargador, y tan pronto como se efectúe presión sobre el disparador, los cartuchos son percutidos en forma constante, y solo se interrumpe el ciclo si es liberado dicho disparador o si se terminan los cartuchos. Habiendo armas automáticas con capacidad para disparar hasta 1250 cartuchos por minuto. En la mayoría de los fusiles y subfusiles automáticos se presenta un dispositivo mecánico que permite al usuario seleccionar el tipo de disparo por realizar, ya sea de forma semiautomática o automática total, o bien, automática parcial en las armas diseñadas para disparar de tres en tres cartuchos a la vez (conocido como *burst*).

Escopeta. Actualmente la escopeta que mayor éxito tiene dentro de los cuerpos de seguridad y de antimotines es del calibre 12 Gauge. Se opera en forma manual con una acción de deslizamiento de la empuñadura denominada corredera o bomba. Son de repetición y rapidez de maniobra, además de que cuentan con martillos ocultos, presentando una gran resistencia al desgaste. Algunas de estas escopetas están provistas de miras tipo rifle, una correa portafusil y algunos otros accesorios que las hacen excelentes para disparos a corta distancia, puesto que obligan a un radio mayor de impacto de sus proyectiles múltiples. Existe en la actualidad una gran variedad de escopetas para ser empleadas en diversas disciplinas, como la cacería de piezas pequeñas y grandes, para el deporte, así como para el uso de cuerpos de seguridad.

Tipos de escopetas

a) Disparo único (*monotiro*)



Browning cal. 12 Ga.

b) Cañones yuxtapuestos (*side by side*)



Ithaca cal. 12 Ga.

c) Cañones superpuestos (*over & under*)



Winchester cal. 12 Ga.

d) Acción de bomba o corredera



Mossberg cal. 12 Ga.

e) Semiautomáticas



Remington cal. 12 Ga.

f) Spas (combinación de repetición y semiautomáticas)



Franchi cal. 12 Ga.

* Las ilustraciones solo son representativas de la gran variedad de armas que se presentan en el mercado.

Aun cuando ya se habló de las armas de fuego en general, es necesario señalar que existe otra clasificación no menos importante y a la que están sujetas estas, y que a continuación se detalla.

Por las características del alma del cañón, las armas se clasifican en, de ánima lisa y de ánima rayada.

El término "ánima" se refiere al alma o hueco del cañón, incluyendo las paredes que lo conforman, y que tiene la función primaria de proporcionar dirección a los proyectiles que se disparan.

- a) Los cañones de ánima lisa son los que carecen de cualquier tipo de estructura elaborada ex profeso, como serían formas o configuraciones en relieve que pudieran proveer a los proyectiles efectos especiales. En otras palabras, el ánima lisa es una superficie pulida, y la función básica de los cañones de este tipo es la de resistir las presiones que se generan por la combustión del propelente, al igual que los golpes interiores de los proyectiles durante su desplazamiento a lo largo del cañón.

Generalmente, las escopetas se encuentran encasilladas en esta clasificación, y también las armas de avancarga que disparan proyectiles esféricos. Sin embargo, en la actualidad ya se fabrican escopetas con ánima rayada, como la escopeta de acción de corredera, de la marca Mossberg, calibre 12 Ga, modelo 500 Trophy Slugster, que presenta un rayado dextrógiro de una vuelta en 36 pulgadas, que se encuentra diseñada básicamente para disparar proyectiles únicos de los denominados Slud.

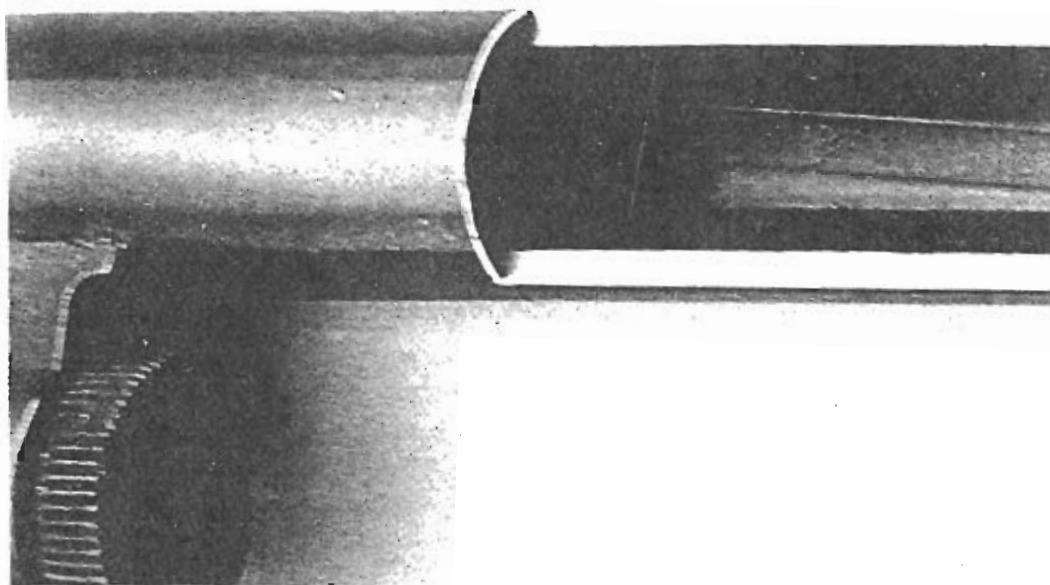


Ilustración del interior del cañón de una escopeta con ánima rayada

- b) Los cañones de "ánima rayada" son aquellos que se encuentran surcados con rayas o hendiduras en relieve y cuya función primordial es la de impartir al proyectil un movimiento rápido de giro o rotación, para que éste obtenga la estabilidad necesaria a la salida de la boca del cañón, con lo cual se asegura que el proyectil se mantenga con su punta hacia adelante para vencer con mayor facilidad la resistencia del aire y proporcionar mayor precisión y alcance.

Hay dos tipos de rayado en los cañones, el *convencional* y el *poligonal*. El primero tiene dos formas básicas que difieren únicamente en la orientación del giro que impartirán sobre los proyectiles, designados de la siguiente manera:

- Rayado dextrósum (también conocido como dextrógiro o de movimiento horario), el cual provoca un giro de izquierda a derecha del proyectil con respecto al eje horizontal del cañón. Este tipo de rayado se incluye en la gran mayoría de las armas de fuego.
- Rayado sinistrósum (también conocido como levógiro o de movimiento antihorario), el cual produce un giro de derecha a izquierda del proyectil con respecto al eje horizontal del cañón. Este tipo de rayado se emplea principalmente en las armas de patente inglesa y norteamericana, como es el caso de la marca Colt.
- Con respecto al rayado poligonal, o de conducción, consiste en aristas de paso constante y sus vértices matados, con orientación de izquierda a derecha y cuyas aristas carecen de una amplitud razonable para ser medidas. El rayado poligonal es poco común y se presenta básicamente en pistolas alemanas de la marca Heckler & Koch, y austríacas de la marca Glock y Steyr.

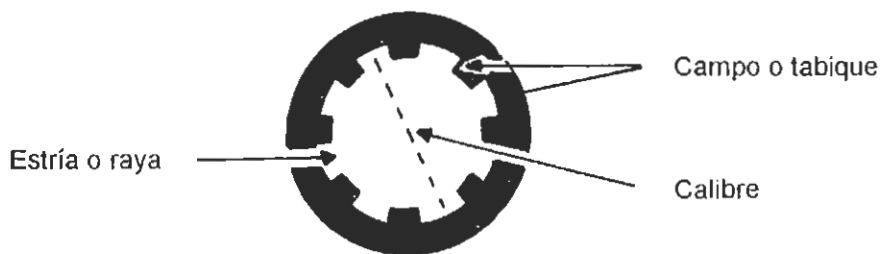
El calibre de las armas de fuego

Tal vez sea el tema que origina mayor dificultad o contrariedad para su debido entendimiento, sobre todo en las personas que no se encuentran involucradas en el ambiente de la balística y las armas de fuego. Desde el origen de estos artefactos, los diseñadores y fabricantes elaboraban sus armas rudimentarias como más les convenía, de acuerdo con las necesidades o extravagancias de los artesanos de esta actividad, ya que generalmente se carecía de un patrón regional y mundial de observancia para definir el diámetro interior de los cañones y de los proyectiles. De ahí que se fabricaran minúsculos y enormes proyectiles esféricos, que en ninguno de los casos quedaba plenamente establecido el calibre al cual correspondían.

Antiguamente no se tenía establecido ningún sistema de medición unificado, ya que cada nación contaba con su propia forma o procedimiento para medir los objetos, donde posiblemente en alguno de los casos se presentaran criterios unificados de aplicación regional o nacional, pero no del orden mundial. Probablemente de esa forma se origina una incomprensible variación de los calibres de los cañones y proyectiles.

Aun hoy estas aparentes confusiones persisten, pues todavía no se cuenta con un solo criterio para establecer los calibres de las armas de fuego. Además, en el desarrollo e introducción de nuevos artefactos, al mismo tiempo se diseñan los cartuchos que estos van a emplear; por lo tanto, cada fabricante puede proporcionar a su trabajo las especificaciones técnicas y de nomenclatura que más le convengan. También origina confusión el hecho de que los calibres para armas con cañones rayados, como las pistolas, revólveres y fusiles, se miden de diferente manera con respecto a las armas de cañones con ánima lisa, como las escopetas.

Es necesario señalar que el calibre es sinónimo de diámetro, que a su vez corresponde a la medida o distancia de un extremo a otro de una circunferencia. En este caso, hablamos del trazo interior del tubo que conforma el cañón de las armas, o de la medida exterior de la estructura cilíndrica de los proyectiles. Para muchos entendidos en la materia, el calibre de las armas con ánima rayada se establece por la distancia entre dos campos o tabiques directamente opuestos del interior del cañón, como en la siguiente figura.

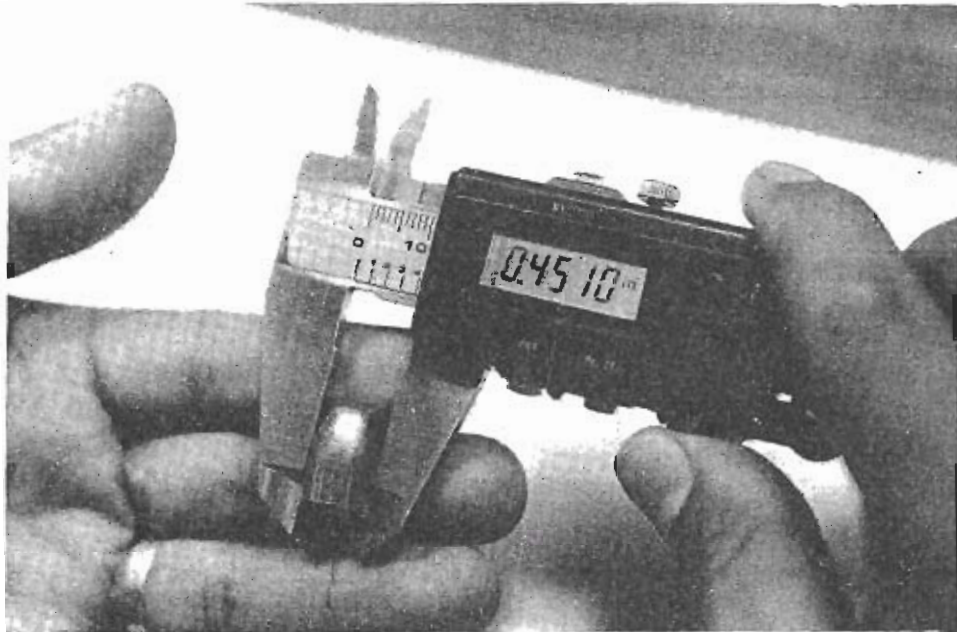


De manera similar, hay quienes definen que el calibre se mide por la distancia entre el fondo de dos estrías o rayas opuestas. Por ultimo se menciona que el calibre corresponde al diámetro de los proyectiles que disparan las armas de fuego.

La primera consideración puede ser operante cuando el calibre es determinado por las empresas fabricantes de armas. Sin embargo, para efectos prácticos y cuestiones de balística forense, puede considerarse la última definición como la más acertada, es decir, que el calibre de las armas corresponde al diámetro de sus proyectiles. Esto queda establecido después de un detallado análisis de todos los conceptos inicialmente expuestos, y las explicaciones para ello son las siguientes:

1. Cuando un arma se encuentra diseñada y manufacturada para alojar en su recámara un determinado cartucho, no estará en condiciones técnicas adecuadas para aceptar otro cartucho que no sea de su correspondiente calibre nominal, puesto que también se involucran las dimensiones de los casquillos y no sólo el diámetro de las balas. Así, aun cuando el ánima del cañón de un arma se encuentre en deficientes condiciones, es decir, que se observen desgastes en el relieve de las estrías (originados por efectos de la corrosión o de la erosión), no se encontrará en condiciones de emplear otros cartuchos que no sean de su propio calibre nominal, además, de que no se estaría en condiciones confiables de medir con precisión la referida distancia entre dos campos o tabiques opuestos.
2. De manera contraria, sí el ánima del cañón se encuentra en buenas condiciones, es bastante inoperante tratar de medir la distancia entre los campos opuestos, aun empleando cualquier tipo de instrumento de precisión, ya que este procedimiento es bastante incómodo y se presentarían sustanciales variaciones de las diferentes mediciones a las que tendrían que sujetarse todos los tabiques opuestos del ánima del cañón.
3. Aunado a esto, hay cañones de manufactura registrada con diversas cantidades de campos (desde 2 hasta 24 estrías, incluyendo estrías impares de 3, 5 ó 7), además de cañones de reducidas dimensiones, como los calibres .17 y .22, que limitarían considerablemente una medición conveniente y precisa de la distancia que existiera entre dos tabiques opuestos.
4. Si se determinara con exactitud el diámetro interior del cañón, basado en la referida distancia entre dos campos opuestos, no quedaría establecido el calibre nominal del arma, puesto que en el mercado de cartuchos se presenta una gran variedad proyectiles con diámetros similares pero de diferente calibre nominal, como sería el caso del .32 Auto y el .32 S&W largo.

5. En el ambiente de la balística forense, y cuando se realiza un estudio sobre un proyectil que fuera recabado como indicio, las principales características para determinar su calibre nominal corresponden a la obtención de su diámetro (siempre y cuando se encuentre en condiciones para ello), así como la detección de su peso y su estilo; además de otros exámenes, que involucran la cantidad de estrías, la orientación del rayado y las amplitudes mínimas y máximas de los campos y estrías. De esta manera, se determina el calibre nominal del proyectil indicio, aun cuando no se tenga a disposición el arma de fuego que se haya empleado para dispararlo.



Medición del calibre de un proyectil

6. De la misma manera, las personas dedicadas a recargar cartuchos generalmente fabrican los proyectiles según el diámetro específico que señalan los manuales de recarga, o bien, por la experiencia adquirida en su actividad. De esta forma, establecen el calibre de los proyectiles y de las propias armas de fuego.

Entonces, la única manera que tenemos para entender el calibre de las armas con ánima rayada corresponde a la "nomenclatura" de los cartuchos y sus proyectiles. Pero aun así, en la mayoría de los casos se sigue presentando un tanto irregular. Lo que trataremos de explicarlo de la siguiente forma.

El calibre de las armas de fuego con cañón rayado

Para entender el calibre de las armas rayadas es importante interpretar lo que se conoce como la nomenclatura de los cartuchos, puesto que en la mayoría de las veces la designación de un calibre se basa en un diámetro nominal que representa una mera aproximación con respecto al diámetro real de las balas de los cartuchos. Por lo tanto, haremos una separación de los términos empleados en balística, que consiste en establecer el significado de los conceptos de calibre real o verdadero y del calibre nominal.

Calibre real. Se refiere exclusivamente al diámetro del proyectil, excluyendo las características particulares del correspondiente cartucho.

Calibre nominal. Es el nombre que se utiliza para designar el calibre específico de los cartuchos que las armas utilizan, también conocido como la nomenclatura del calibre de las armas de fuego, involucrando inicialmente el diámetro preciso o aproximado del proyectil, seguida de la designación particular que se le proporciona al conjunto denominado cartucho.

De tal manera, que el calibre nominal se encuentra ordinariamente representado por una medida seguida de una extensión, la que puede representarse por una simple referencia, un nombre, una abreviatura, u otra medida. Ejemplos:

.38 Especial ↖ Medida ↗ Extensión	.38 Super ↖ Medida ↗ Extensión	.223 Rem. ↖ Medida ↗ Extensión	7.62 x 39 mm ↖ Medida ↗ Extensión

Los dos primeros ejemplos son significativos, porque que ambas medidas identifican un calibre ".38"; sin embargo, las extensiones son desiguales, por lo que es obvio considerar que las características de ambos cartuchos originales son distintas; por lo tanto, los referidos calibres se encuentran diseñados para ser empleados en diferentes armas de fuego. Otra forma más simple para señalar lo mismo se describiría de la siguiente forma: si contáramos con un arma del calibre .38 Especial y tuviéramos la necesidad de comprar cartuchos para la misma, no bastaría con solicitarlos como del calibre .38, puesto que nos pudieran proporcionar del .38 Super o .38 S&W, los que no corresponden al calibre nominal de nuestra arma, sino que se solicitarían de acuerdo con el calibre correcto, es decir, con su medida y extensión, o sea, .38 Especial.

La extensión del tercer ejemplo corresponde a la abreviatura de la empresa que desarrolló originalmente el cartucho .223 Rem, en este caso Remington. Pero esto no significa que sólo esa compañía puede fabricar los cartuchos de referencia, sino que corresponde a la designación del calibre nominal del cartucho, el que pudiera ser manufacturado por diversos fabricantes de cartuchos.

Con respecto al cuarto ejemplo (7.62 x 39 mm), la primera medida (7.62 mm) corresponde al diámetro aproximado del proyectil, y, la segunda extensión (39 mm) corresponde a la longitud específica del casquillo, ambas cantidades expresadas en milímetros. Por lo tanto, la nomenclatura del cartucho 7.62 x 39 mm, nos indica que deberá ser empleado exclusivamente en las armas de fuego "recamaradas" para alojar este cartucho, el que no se encuentra diseñado para ser empleado por otras armas, aun cuando presenten un diámetro similar de sus balas (7.62 mm).

De esta forma queda establecido en lo fundamental, que todos los cartuchos y las propias armas de fuego, cuentan con una nomenclatura para identificar su calibre nominal, compuesta por una medida seguida de una extensión, y que para los efectos técnicos, prácticos y forenses, es conveniente describir siempre el calibre nominal correcto de las armas de fuego y de sus cartuchos.

Varias situaciones interesantes se presentan, por ejemplo, en el caso de las armas del calibre nominal 9 mm Luger o Parabellum, a las que de manera cotidiana sólo señalamos como del calibre 9 mm. Sin embargo, existe una variedad de cartuchos que cuentan con proyectiles de un diámetro similar a los 9 mm, pero que nominalmente presentan diferencias sustanciales, entre ellos, 9 mm Kurz o Corto, 9 mm Makarov, 9 mm Steyr, 9 mm Bayard, 9 mm Glisenti, o 9 mm Browning Largo. Por lo tanto, todos estos calibres presentan diferencias peculiares en cuanto a las dimensiones de los cartuchos, por lo cual las recámaras de los correspondientes cañones de las armas no se encontrarán en condiciones para alojar convenientemente cualquiera de los calibres de referencia, aun cuando el diámetro de todos esos proyectiles sea de 9 mm. Por lo que es muy conveniente conocer y describir de manera apropiada el calibre nominal de las armas de fuego y de sus cartuchos.

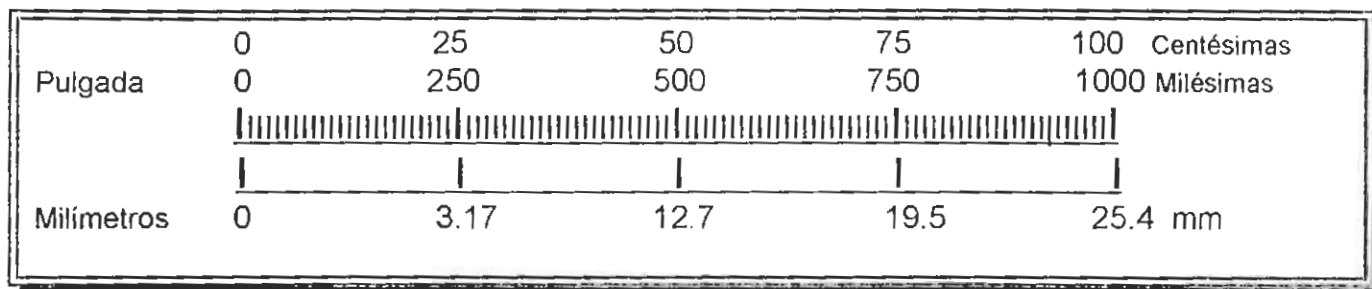
Por otra parte, las extensiones nominales de los cartuchos, en algunos de los casos, nos puede indicar el tipo de arma fuego a que están destinados, por ejemplo, la extensión "Especial" nos indica que los cartuchos deben ser empleados en armas de repetición, como los revólveres, y la designación "Auto" nos indica que se trata de cartuchos para armas automatizadas. Otra extensión empleada en calibres de pistolas, es la de "ACP", que significa Automatic Colt Pistol, término original que se empleó para designar el calibre nominal de las armas diseñadas para la empresa Colt.

En conclusión, la primera medida de un calibre nominal, corresponde al diámetro preciso o aproximado de la bala, y la extensión resulta de una designación particular que se le proporciona al arma y cartucho, con el propósito de diferenciarlo de otros calibres nominales que presenten un diámetro similar de sus proyectiles. Por lo que, conociendo estas referencias, estaremos en mejores condiciones de entender los conceptos que definen el calibre de las armas con cañones rayados.

Siguiendo con la explicación de los calibres, en la actualidad, para definir el calibre de las armas de fuego rayadas se emplean dos sistemas de medición: el métrico decimal y el inglés. Ambos muy diferentes entre sí, por lo que provocan confusiones en nuestro medio, dado que en México, aun cuando empleamos el sistema métrico, la influencia que ejerce Estados Unidos, uno de los principales fabricante de armas de fuego, nos obliga a utilizar indirectamente el sistema ingles en la medición del calibre de las armas de fuego, así como en herramientas y otros materiales (tubos, conexiones, tornillería, etc.). Lo que nos conduce a manejar medidas que en muchos de los casos desconocemos, y que por costumbre las mencionamos con la mayor naturalidad, pero sin entenderlas a plenitud.

Afortunadamente, en la mayoría de los países Europeos, de América y de Asia, que tienen una gran industria de armas, se utiliza el sistema métrico (con la lógica excepción de Gran Bretaña y las naciones en las que los ingleses ejercieron su influencia). Por lo que, el calibre de las armas de fuego y sus cartuchos es expresado en milímetros (unidad básica del sistema métrico), que conocemos a la perfección. En el sistema ingles los calibres se pueden dar tanto en centésimas como en milésimas de pulgada, tomando en cuenta que la pulgada es la unidad para medir el calibre de los proyectiles (que equivale en el sistema métrico a 25.4 mm). Para establecer el calibre real de los proyectiles, la pulgada es dividida en cien, o en mil partes iguales, y a cada una de esas divisiones se le denomina centésima o milésima de pulgada. La siguiente ilustración demuestra una comparación entre ambas unidades.

* División de una pulgada



* Esta gráfica no corresponde a las dimensiones reales de una pulgada y de los milímetros, sólo ilustra la comparación entre los dos sistemas de medición.

No se debe confundir una milésima de pulgada con respecto a un milímetro, puesto que son valores completamente diferentes; por lo tanto, no tienen ninguna relación entre sí. Por ejemplo, el calibre nominal .357 Magnum, cuyo proyectil presenta un diámetro de 357 milésimas de pulgada; esta cantidad multiplicada por el factor de 25.4 mm (conversión de la pulgada a milímetros) representa un diámetro en el sistema métrico de 9.06 mm.

En muchos de los casos el mismo calibre nominal de un cartucho es conocido en ambos sistemas de medición y esto pudiera representar alguna contrariedad, considerando que las armas de fuego, al presentar un calibre nominal expresado en el sistema inglés, pueden utilizar cartuchos con las mismas características, pero nominalmente expresados de diferente manera, como el caso del sistema métrico, o viceversa. Un ejemplo: una pistola semiautomática Colt (fabricada en Estados Unidos), modelo Pocket, que nominalmente viene marcada como calibre .32 Auto. Aquí pudiéramos utilizar cartuchos de procedencia Italiana, como los de la marca G.F.L. (Giulio Fiocchi Lecco), que vendrían designados nominalmente en el sistema métrico como calibre 7.65 mm Browning, o únicamente como 7.65 mm.

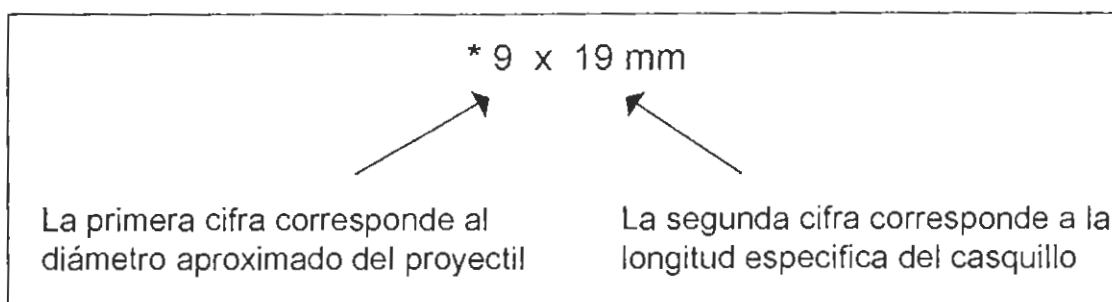
No deben, pues, considerarse ambos calibres como diversos, ni mucho menos pensar que la recámara, ánima o ambas, del cañón del arma de fuego haya sido modificada para alojar un cartucho de diferente calibre, puesto que las dimensiones de los cartuchos para dichos calibres son similares. Únicamente lo que difiere son las nomenclaturas manifestadas en el sistema inglés y en el métrico, respectivamente.

A continuación una tabla descriptiva de los calibres nominales más comunes para armas cortas en los dos sistemas. Se incluye el correspondiente calibre real o verdadero, donde también se deben considerar algunas ligeras variaciones en el diámetro de los proyectiles cuando físicamente sean examinados, esto depende de los procedimientos de elaboración de cada uno de los fabricantes de cartuchos o de los proyectiles para recarga.

BALISTICA TECNICA

Calibre nominal (sistema inglés)	Calibre nominal (sistema métrico)	Diámetro del proyectil en pulgadas en milímetros	
.22 Corto .22 L.R. (Long Rifle) .22 Magnum		.225 " "	5.70 " "
.25 Auto	6.35 mm Browning	.251	6.37
.30 Luger	7.65 mm	.304	7.72
.32 S&W .32 S&W Long		.314 "	7.97 "
.32 Auto	7.65 mm Browning	.312	7.92
.380 Auto	9 mm Kurz o corto (9 x 17 mm)	.355	9.01
	9 mm Luger o Parabellum (9 x 19 mm)	.355	9.01
.38 Super (Auto)		.355	9.01
.38 S&W		.357	9.06
.38 Especial		.357	9.06
.357 Magnum		.357	9.06
.40 S&W		.400	10.16
	10 mm Auto	.400	10.16
.41 Rem Magnum		.410	10.41
.44 Rem Magnum		.429	10.89
.45 Auto	11.25 x 23 mm	.451	11.47
.45 Colt		.451	11.47
.45 Auto Rim		.452	11.48
.45 Win Magnum		.451	11.45
.454 Casull		.451	11.45

Algunas variantes pueden estar presentes para designar un mismo calibre nominal, en el sistema métrico, como el calibre 9 mm Luger o 9 mm Parabellum, donde la extensión Luger corresponde al apelativo del técnico alemán George Luger, quien participó en el desarrollo de este cartucho, y el que fue introducido en el ambiente militar en 1902. El término Parabellum tiene su origen en el latín, que significaba "para la guerra". Generalmente la nomenclatura de 9 mm Luger es más empleada en Estados Unidos, y la de 9 mm Parabellum se utiliza en Europa o en los países con sistema métrico. También este cartucho es conocido nominalmente como 9 x 19 mm, cuyo método para su identificación en el sistema métrico es muy sencillo (donde también se involucran cartuchos para armas largas): consiste en separar dicha nomenclatura en dos cifras separadas por un signo de multiplicar. Ejemplo:



* Cifras expresadas en milímetros

En la misma situación estarían contemplados todos los cartuchos que presentan este tipo de nominación, como el del calibre 9 x 17 mm. De esta misma nomenclatura se da una variedad de armas largas que emplean proyectiles con similares diámetros pero difieren en la longitud de sus casquillos, como los cartuchos para armas largas de la variedad de los 7.62 mm. Por lo tanto, las dimensiones de los casquillos nos obligan a considerar una marcada diferencia en cuanto al calibre nominal de las armas de fuego y de sus cartuchos. Ejemplos:

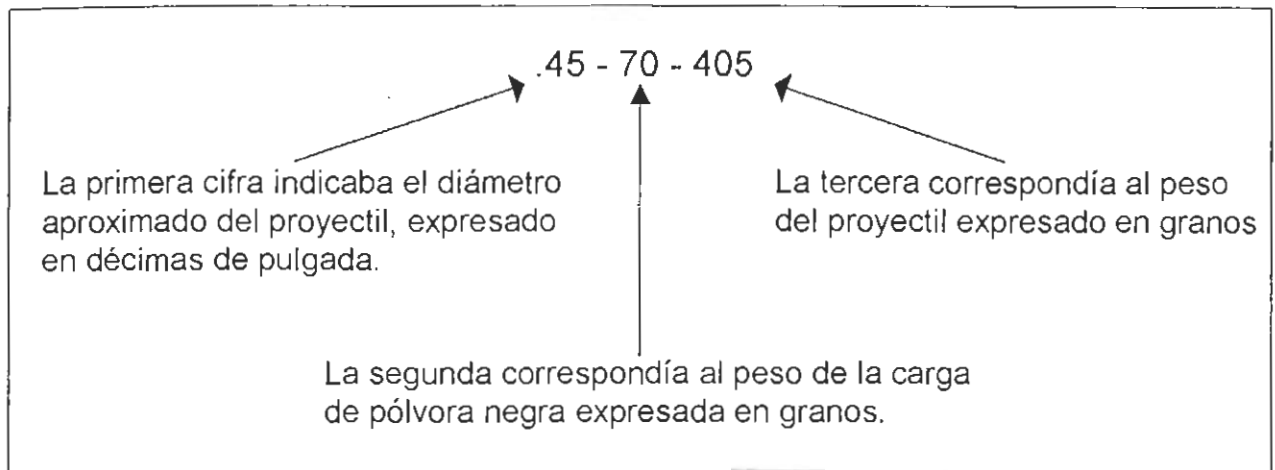
- El fusil soviético AK-47 utiliza el calibre nominal 7.62 x 39 mm.
- El fusil alemán H&K, modelo G3 utiliza el calibre nominal 7.62 x 51 mm o 7.62 Nato.
- El fusil americano Johnson, modelo. 1941 utiliza el calibre nominal 7.62 x 63 mm.

De esta manera es entendible que el diámetro de los proyectiles para los tres ejemplos señalados es similar, más no idéntico, y la longitud de los casquillos es muy diferente, por ello no podrán ser utilizados indistintamente en las armas de fuego de referencia, ya que las respectivas recámaras de cada arma no se ajustarán a las dimensiones de un cartucho diferente a su calibre nominal.

Por su parte, el calibre nominal manifestado en el sistema inglés presenta en ciertos casos algunas características de nomenclatura que son difíciles de interpretar. En muchos calibres de origen británico, se presentan las cifras que corresponden al diámetro de los proyectiles expresados en centésimas o en milésimas de pulgada, seguido de un sobrenombre o del mismo nombre de la persona que haya desarrollado el arma de fuego y los cartuchos. Ejemplos:

El calibre .250 Savage
El calibre .257 Roberts
El calibre .300 Weatherby
El calibre .505 Gibbs

En la nomenclatura norteamericana la designación de los calibres puede ser más diversa, pues en algunas ocasiones aparecen en ellos una mezcla de los dos sistemas de medición. Los norteamericanos originalmente denominaban a sus cartuchos con tres cifras:



Después, y sólo en algunos casos, se emplean las dos primeras cifras; por ejemplo, el cartucho del calibre nominal .30-30 Win, siendo la primera medida lo que corresponde al diámetro aproximado del proyectil, y la segunda cifra corresponde al peso original de la carga de pólvora negra expresada en granos.

Actualmente, y al quedar obsoleta la pólvora negra como propulsor de los proyectiles y dar paso a las modernas pólvoras sin humo, de una o de doble base, que presentan gran variedad de clases y densidades, y cuyo peso no es significativo, fue suprimido en forma parcial este tipo de nomenclatura, es decir, se eliminó la segunda cifra. Sin embargo, se siguen presentando sus excepciones, como el cartucho para rifle .30-30 Win y del mismo .45-70 que siguen empleando la misma nominación, aun cuando éstos, ya no se fabrican con pólvora negra.

También hay otro tipo de variaciones en cuanto al calibre nominal, como del .30-06 Springfield, en donde la segunda cifra corresponde al año de su introducción al mercado, 1906. De igual manera, se presentan diferentes formas para definir el calibre nominal de otros cartuchos, como el .25-06, que describe inicialmente el diámetro aproximado del proyectil, y la segunda cifra indica que procede de reducir el diámetro del cuello de un casquillo correspondiente al calibre .30-06.

En la industria de cartuchos en Estados Unidos, y en algunas ocasiones, se utiliza el sistema métrico para denominar a ciertos calibres desarrollados en esa nación; por ejemplo, se puede mencionar los calibres 6 mm Rem o el 7 mm Rem Magnum. Estas consideraciones nos pueden conducir a establecer que el sistema métrico decimal es el más conveniente, sencillo y eficaz para denominar el calibre nominal de las armas de fuego y de sus cartuchos, pero es casi seguro que esta tendencia nunca se implante.

Después de haber elaborado una reseña de la nomenclatura de los calibres de las armas y de sus cartuchos, sólo se han presentado pocos ejemplos, con el deseo único de dar a entender el porqué de las extrañas y a veces complejas nominaciones para algunos calibres. Hay que recordar que a través de los siglos se han inventado una gran variedad y cantidad de armas de fuego y que las dos principales guerras mundiales fueron motivo de experimentación de muchos artefactos de fuego, quedando algunos de éstos obsoletos, pero que muchos de esos diseños se siguen manufacturando en nuestros días. De igual manera, en la actualidad se siguen desarrollando nuevas armas de fuego, por lo que se observan nuevos calibres nominales en el mercado, pero que de acuerdo con las explicaciones antes reseñadas nos encontraremos en mejores condiciones para interpretarlos.

Al igual que en las armas cortas, la nomenclatura de los calibres para las armas largas, en algunos casos, también puede ser identificable en ambos sistemas de medición. Una gráfica de los calibres más comunes se puede observar de la siguiente manera:

Calibre nominal (sistema inglés)	Calibre nominal (sistema métrico)	Diámetro del proyectil	
		en pulgadas	en milímetros
.22 Hornet		.224	5.68
.222 Rem	5.56 x 43 mm	.224	5.68
.223 Rem	5.56 x 45 mm	.224	5.68
.22 -250 Rem		.224	5.68
	6 mm Rem	.243	6.17
.243 Win	6.16 x 51 mm	.243	6.17
.25-06 Rem		.257	6.52
	6.5 x 55 mm Swedish	.263	6.68
.270 Win		.277	7.03
.280 Rem	7 mm Express Rem	.284	7.21

BALISTICA TECNICA

Calibre nominal (sistema inglés)	Calibre nominal (sistema métrico)	Diámetro del proyectil	
		en pulgadas	en milímetros
.284 Win		.284	7.21
	7 x 57 mm Mauser	.284	7.21
	7 mm Rem Magnum	.284	7.21
	7 mm Weatherby Magnum	.284	7.21
.300 Savage		.308	7.82
.300 Win Magnum		.308	7.82
.30 M1 (Carabina)	7.62 x 33 mm	.308	7.82
	7.62 x 39 mm	.311	7.89
.30-30 Win		.308	7.82
.30-40 Krag		.308	7.82
*.308 Win	7.62 x 51 mm o 7.62 Nato	.308	7.82
.30-06 Springfield	7.62 x 63 mm	.308	7.82
.303 British		.308	7.82
	8 mm Rem. Magnum	.323	8.20
	8 x 57 mm Mauser	.323	8.20
.375 H&W Magnum		.375	9.52
.444 Marlin		.429	10.89
.45-70 Government		.458	11.63
.458 Win Magnum		.458	11.63

* El calibre .308 Win corresponde a la versión comercial del cartucho militar 7.62 Nato, reglamentario este para las fuerzas que conforman la Organización del Tratado del Atlántico Norte de donde obtiene su nomenclatura, de la cual pueden variar únicamente las especificaciones técnicas con respecto a la carga de proyección y al tipo de bala.

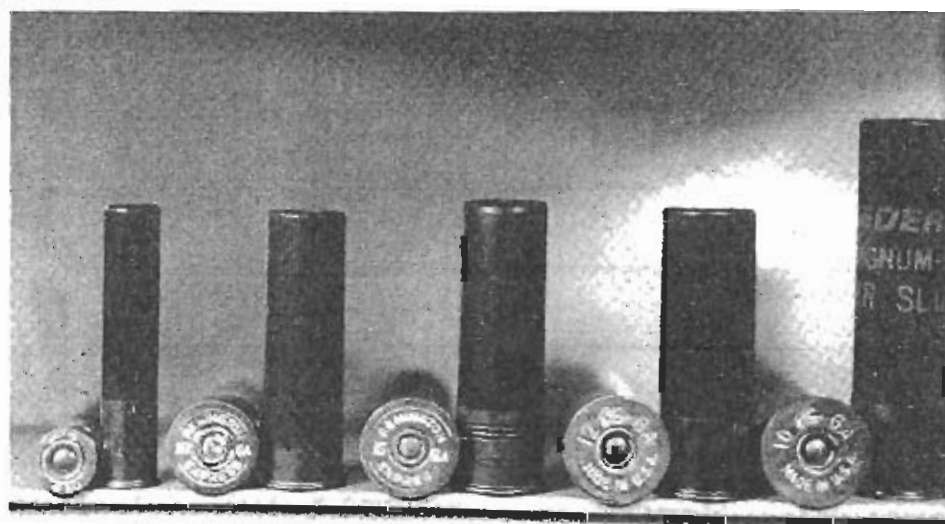
El calibre de las escopetas

El calibre de los cañones de ánima lisa se mide de diferente manera, considerando que estamos básicamente hablando de las escopetas, las que se describen respecto al diámetro interior del cañón con el término *Gauge*, o bien, con su abreviatura Ga, el que originalmente significaba el diámetro expresado en la cantidad de esferas que completaban el peso de una libra inglesa de plomo (453 gramos), ejemplo; Una escopeta del calibre 12 Ga, tiene un diámetro tal del interior de su cañón que doce esferas iguales de plomo pesan en conjunto una libra.

Simultáneamente para las escopetas del calibre 16 Ga, las mismas 16 esferas de plomo del mismo diámetro pesarán una libra y, asimismo para el calibre 20 Ga y 10 Ga. La única excepción corresponde a la escopeta del calibre .410, cuyo diámetro interior mide 410 milésimas de pulgada (10.4 mm). En tales circunstancias, queda establecido que cuanto menor sea el calibre designado para las escopetas, el diámetro interior del cañón de éstas será mayor, y viceversa, esto es, si la cantidad designada para el calibre es mayor, el diámetro del cañón será menor.

La siguiente gráfica representa los diámetros interiores de los cañones de las escopetas expresados en milímetros y en milésimas de pulgada.

Calibre de la escopeta	Diámetro interior del cañón	
10 Ga	19.7 mm	.775"
12 Ga	18.5 mm	.729"
16 Ga	16.8 mm	.662"
20 Ga	15.6 mm	.615"
.410	10.4 mm	.410"



Diferentes calibres para escopeta

Cuando se examina una escopeta de marca registrada podremos observar el término Gauge o Ga, impreso en alguna parte de su estructura, principalmente sobre el costado izquierdo del cañón, o bien sobre el cajón de mecanismos. De igual manera, si se identificara el calibre de una escopeta y de sus cartuchos es indispensable utilizar el término *gauge* o su abreviatura.



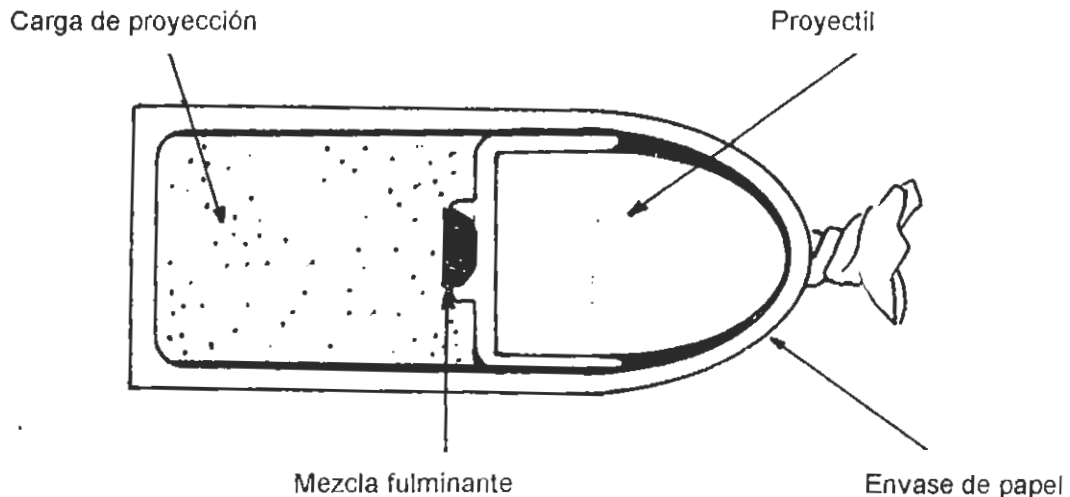
Identificación del calibre de una escopeta

Los cartuchos de las armas de fuego

La palabra "cartucho" proviene del vocablo italiano *cartuccia*, el que a su vez, se deriva del latín *carta*, cuyo significado es papel. El hecho tiene su origen a finales del siglo XVI cuando los cartuchos iniciales fueron elaborados en papel, los que sólo contenían la carga de pólvora, llevando los proyectiles por separado. Posteriormente, la bala fue unida al cartucho de papel, el que se introducía por la boca del cañón de las rudimentarias armas de avancarga. El cartucho fue perfeccionándose hasta convertirlo en nuestros días en una sola pieza que contiene los cuatro elementos fundamentales. Sin embargo, para llegar a los cartuchos actuales, se tuvo que pasar por una diversidad de transformaciones en las que jugó un papel importante el ingenio de algunos hombres dedicados a la investigación y mejoramiento de la conveniente recarga por la culata del cañón. A esas innovaciones y personajes nos referiremos a continuación:

Cartucho Dreyse

Tal vez el primer cartucho completo corresponde al Dreyse, patentado en 1836, que tuvo cierto éxito, principalmente en el empleo militar, y usado en el fusil prusiano de aguja Dreyse. Este cartucho se constituía por una porción de papel combustible que contenía el propelente y su proyectil, en donde la mezcla fulminante se encontraba alojada en la base de éste. Así, al disparar el arma, una larga aguja de acero perforaba el cartucho en su base de papel y a través de la carga de pólvora, la que impactaba al fulminante y de ese modo provocar la combustión del propelente. Tal acción producía paulatinamente efectos corrosivos sobre el percutor, el cual, sin variación quedaba inservible al poco tiempo de uso, puesto que la corrosión siempre se mantenía expuesta en todos los disparos efectuados.



Características de un cartucho Dreyse

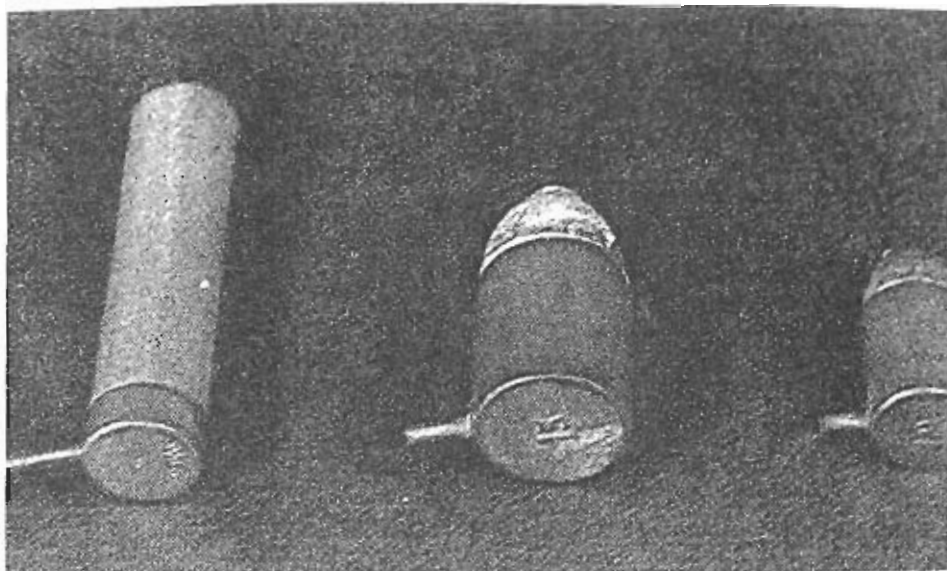
En Estados Unidos apareció un cartucho de similares características en cuanto a funcionalidad, conocido como *Volcanic*, introducido por la compañía Smith & Wesson, con el propelente e iniciador incorporado en la base hueca de un proyectil ojival. El cartucho se encontraba basado en una patente de 1848, obtenida por Walter Hunt. Tenía la particularidad de ser poco potente, además de que se presentaban grandes fugas de presión en el arma de repetición que lo empleaba.

Cartucho Lefauchaux

En Francia, y hacia 1832, el parisino Casimir Lefauchaux diseña una nueva escopeta de retrocarga que disparaba un cartucho con base metálica y cuerpo de cartón, el que contenía el propelente y la carga de proyectiles. La innovación para su tiempo, consistía en la manera ingeniosa de percutir el cartucho, ya que sobre el costado cilíndrico del culote sobresalía ligeramente una espiga o varilla de acero, que debido al impacto provocado por el martillo del arma percutía una cápsula con la mezcla fulminante, incorporada ésta en el interior del cartucho.

Los cartuchos Lefauchaux también son conocidos como de *espiga*, los que en su época representaron un revolucionario avance en relación con los muchos intentos de efectuar la recarga por la culata del cañón, que a la postre resulta mucho más rápida y eficaz en comparación con las armas de avancarga. Los Lefauchaux evitaban la pérdida sustancial de los gases y, en consecuencia, había un incremento en la velocidad de los proyectiles. Uno de los inconvenientes de los cartuchos, era el riesgo que se corría cuando al caerse o golpearse accidentalmente se provocaba el disparo y, por lo tanto, el peligro que esto representaba.

Otro francés, Bernard Houllier, patentó en 1847 una mejora del anterior sistema: hacer sustituir el cuerpo de cartón y elaborar completamente una estructura metálica, la indispensable para contener el propelente y los proyectiles. Con la mejora del cartucho de Houllier, con respecto al Lefauchaux, se consiguió una obturación más hermética de los gases y se obtuvo un mejor rendimiento en los efectos de los disparos.



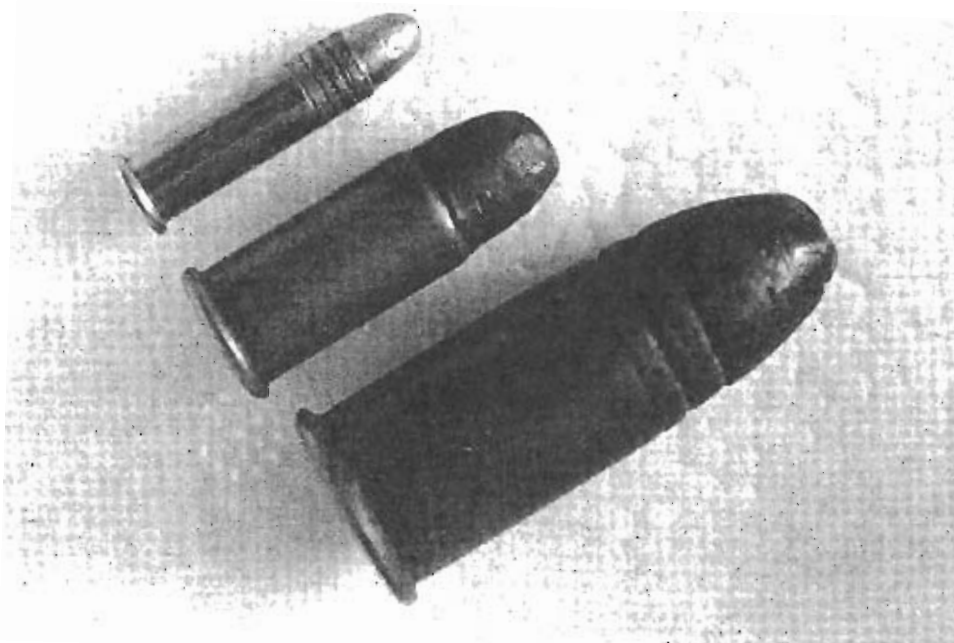
Cartuchos de espiga o Lefauchaux

El cartucho de espiga o de sistema Lefauchaux, junto con las armas que lo disparaban, tuvieron gran difusión en Europa hasta finales del siglo XIX, tanto en escopetas, como en revólveres y pistolas de uso civil, y en gran variedad de calibres. No obstante, no hubo mucha aceptación para el uso militar, que seguía confiando en las armas de avancarga y en las de retrocarga de cartuchos de papel combustible.

El cartucho de percusión periférica

Bernard Houllier, en 1846, patentó otro cartucho metálico que corresponde en esencia a una cápsula de percusión con un pequeño proyectil. Posteriormente es mejorado al hacer que la cápsula tenga un reborde o pestaña hueca en su interior, donde es alojada la mezcla fulminante. En este pequeño cartucho se incrusta un proyectil con un diámetro de 5 mm, el cual pasa a la historia con el nombre de cartucho Flobert, puesto que fue Louis Flobert quien lo explotó comercialmente, fabricándose en ese tiempo gran cantidad de armas para este cartucho, empleadas principalmente en la práctica de tiro de salón, muy de moda en toda Europa. En Estados Unidos aparece casi simultáneamente un cartucho idéntico al Flobert, denominado como "B.B.Cap" (*Bullethead Breecho Cap*), es decir, cápsula con bala para cargar por recámara. Este es el origen de todos los actuales cartuchos del calibre .22 de percusión circular.

Pero en aquel tiempo este nuevo desarrollo no fue exclusivo de armas de pequeño calibre, puesto que también se fabricaron cartuchos de fuego periférico en grandes calibres, como el .44 Henry, destinado a los primeros rifles de repetición Winchester con mecanismo de palanca, o bien, en el calibre .50 destinados a las carabinas Spencer, reglamentarias para el séptimo regimiento de caballería, y aun en el gigantesco cartucho .577. A la postre, los fabricantes de armas y cartuchos se dieron cuenta que el hueco presente en el reborde del cartucho debilita la estructura del casquillo; en consecuencia, no podía soportar elevadas presiones.



Cartuchos de fuego periférico de los calibres .22, .36 y .577

Cartucho de fuego central

Por 1850, dos norteamericanos, Morse y Berdan, desarrollaron lo que puede considerarse los primeros cartuchos de fuego central, que consistían en un casquillo de metal al que le fue instalada en el centro del culote una cápsula o copa de metal conteniendo la mezcla fulminante. A los cartuchos más primitivos se les incrustaba inicialmente la cápsula desde el interior del casquillo y posteriormente desde el exterior. Fue hasta 1870 que el sistema de fuego central fue aceptado y difundido universalmente en todos los cartuchos que tienen que soportar grandes presiones.

Estructura de los cartuchos metálicos

El cartucho es una pieza rígida conjuntada por varios elementos que al ser introducido en la recámara del cañón, y por los efectos de su disparo, materializa las características balísticas del mismo. Los cartuchos constituyen la razón del empleo de las armas de fuego, pues un cartucho sin arma no tiene un sentido práctico, y un arma sin cartuchos no tiene razón de ser. Ambos deben considerarse como un binomio inseparable, en las que están involucradas, desde luego, las acciones propias del tirador.

Por lo tanto, la forma más clara que tenemos para definir los cartuchos, es la de identificar los cuatro elementos básicos que los conforman, pues están en estrecha relación con las características estructurales y de funcionalidad de las armas que los emplean. Estos componentes son los siguientes:

1. Casco o casquillo (también conocido como vaina).
2. Fulminante o detonador (también conocido como pistón).
3. Carga de proyección (pólvora)
4. Proyectil o bala (en casos específicos también se conoce como ojiva)

Al igual que las armas de fuego, los cartuchos también pueden sujetarse a tres clasificaciones fundamentales.

Por su aplicación o empleo, los cartuchos se clasifican así;

- a) *Cartuchos de guerra.* Este grupo se subdivide en ordinarios, cuyos proyectiles se presentan blindados (según el acuerdo del Tratado de Ginebra), y en especiales, dentro de los que se encuentran los cartuchos de salva y con balas trazadoras, perforantes, explosivos, etc.
- b) *Cartuchos deportivos.* Este grupo comprende todos los cartuchos de empleo en cinegéticos, incluyendo la gran variedad de cartuchos de uso policiaco, de defensa personal, o ambos, disponibles comercialmente para la población civil en los países donde está permitida su venta.
- c) *Cartuchos de artificio particular.* En inglés se denominan Wildcat, y son desarrollados por el ingenio de particulares en la búsqueda de una especial característica balística, pero que no se encuentran disponibles de manera comercial. Sin embargo, algunos de estos cartuchos, por las cualidades adquiridas, pueden ser introducidos en el ambiente comercial, donde varios de los cartuchos actuales provienen del ingenio de particulares o Wildcat.
- d) *Cartuchos alimañeros.* En inglés se denominan Varmint. Este término se emplea para definir todo cartucho destinado a la caza de animales de pequeño tamaño generalmente dañinos, aun cuando esto no sea obligado. Los cartuchos Varmint suelen montar proyectiles de reducido calibre, de gran velocidad y de trayectorias rasantes. Estas características comunes son las que determinan su uso.

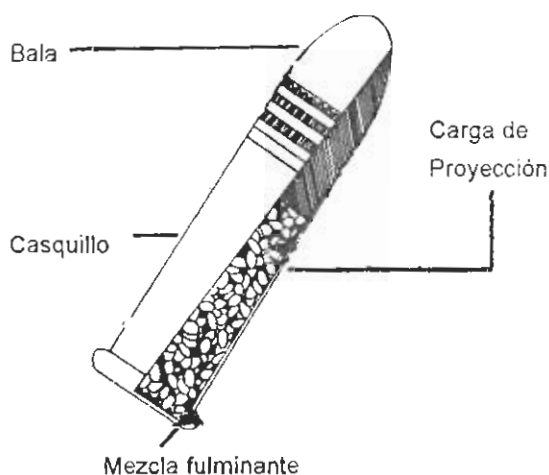
Por la cantidad de proyectiles que contienen los cartuchos, se clasifican en;

- a) *Cartuchos de proyectil único.* Son aquellos que cuentan con un solo proyectil montado en su estructura.
- b) *Cartuchos de proyectiles múltiples.* Son aquellos que cuentan con variadas cantidades de proyectiles contenidos en la misma pieza.

Se podría considerar que los cartuchos de proyectil único son exclusivos de las armas rayadas (revólveres, pistolas, fusiles), y que los de proyectiles únicos son específicos para las escopetas. Sin embargo, estos señalamientos carecen de veracidad, porque comercialmente se encuentran disponibles los de proyectiles múltiples para armas con cañón rayado, como los cartuchos con perdigones, o bien, los conocidos como Shotshell, manufacturados por la compañía CCI, disponibles para los calibres nominales .22 L.R., .22 Magnum, .38 Especial, .357 Magnum, 9 mm Luger, .44 Magnum y .45 Auto. También se pueden adquirir cartuchos para escopeta con proyectil único (Slug), que se manufacturan en todos los calibres; 10 Ga, 12 Ga, 16 Ga, 20 Ga y .410.

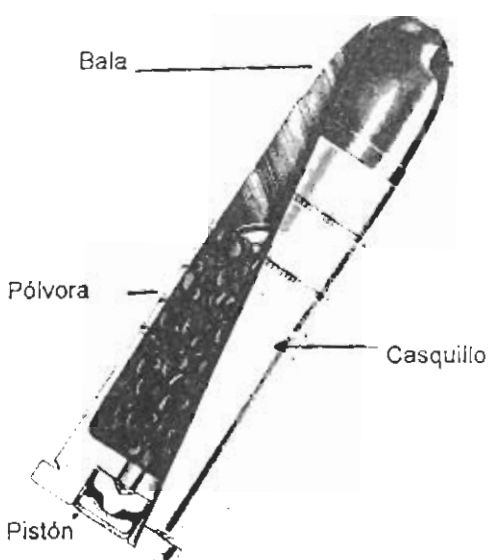
Por la forma de iniciar la deflagración de la pólvora, los cartuchos pueden ser;

a) De fuego anular o periférico.



También conocidos como de fuego circular, estos cartuchos tienen la particularidad de presentar la mezcla fulminante en la periferia o reborde del culote del casquillo. Actualmente se fabrican sólo para cartuchos de pequeño calibre, como el .22 Corto, Largo, Long Rifle y Magnum. Las armas que emplean estos cartuchos efectúan la percusión sobre la pestaña del casquillo y actúa como yunque el plano metálico del ingreso a la recámara del cañón. Además, dicho reborde también se utiliza para ocasionar una correcta posición del cartucho en la recámara y facilitar su conveniente extracción.

b) De fuego o de percusión Central;



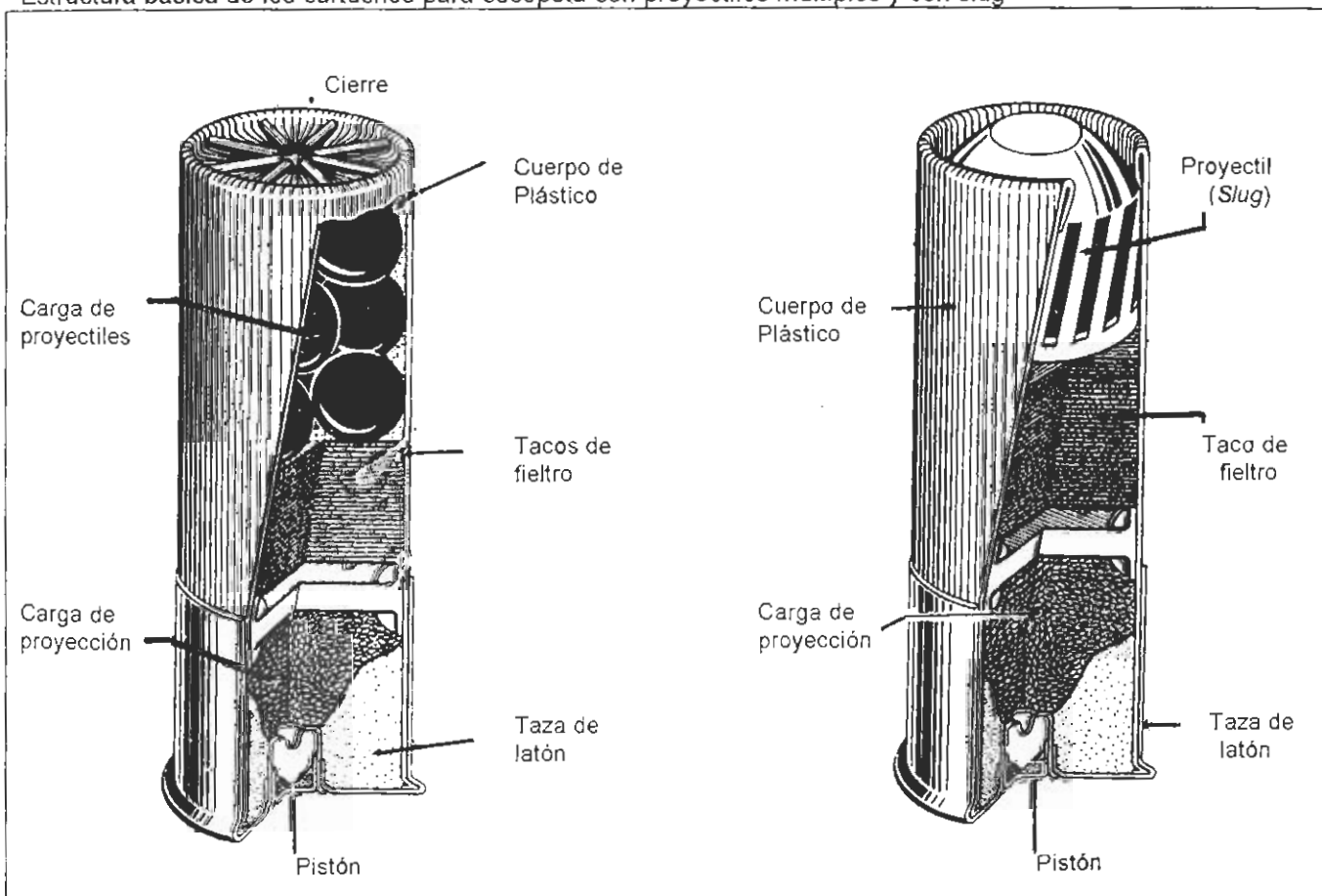
Estos cartuchos presentan el fulminante o pistón en el centro del culote del casquillo. Para ser disparado únicamente se requiere que el percutor del arma ---- impacte con suficiente violencia sobre la cápsula que contiene la mezcla, para que éste produzca la llamarada iniciadora de la combustión de la carga de pólvora. Los cartuchos de fuego central básicamente se encuentran en toda la munición empleada en armas de fuego cortas y largas, con excepción de los mencionados cartuchos del calibre .22 de fuego anular

Cartuchos de escopeta

Los cartuchos para escopeta, además de los cuatro componentes de referencia, también incluyen otros elementos secundarios, pero de no menos importancia, como los tacos de fieltro, cartón o de plástico, los que son empleados para amortiguar en parte el retroceso de las armas. Dichos tacos, son utilizados para mantener en su lugar la carga de pólvora y de proyectiles, empleando en algunas ocasiones una combinación de materiales. Estos tienen la característica de ser muy ligeros para no interferir demasiado en la trayectoria de los proyectiles.

Este tipo de cartuchos generalmente están conformados por un cuerpo de plástico o de cartón, y aun de metal en su totalidad. En los dos primeros casos al contenedor o envase de la carga de pólvora se le conoce como "taza", en sustitución del término casquillo, en el que a mayor tamaño de aquella aumenta la capacidad de carga de proyección, en consecuencia mayor potencia del disparo. De tal forma que se puede contar con cartuchos de "velocidad estándar" y de "alta velocidad", que por su tamaño se les conoce como de 2½ pulgadas (63 mm) y de 2¾ (70 mm). También se observan cartuchos de mayor potencia considerados como "magnum", de 3 pulgadas (76 mm), y de 3½ pulgadas (89 mm). En el mercado de cartuchos para escopetas se encuentran los de proyectil único, conocidos como Sabot Slug y Rifled Slug, que consisten en una pieza de metal, pero de diferente forma y destinados principalmente a la caza de piezas mayores o para el empleo táctico policial.

Estructura básica de los cartuchos para escopeta con proyectiles múltiples y con slug



El casco o casquillo

Otro término empleado para este componente es el de *vaina*, que corresponde al envase desechable de un producto vegetal. El casquillo tal vez sea el componente más fundamental del conjunto denominado cartucho, el cual tiene la función de integrar en una sola pieza al proyectil, al propelente y al fulminante. En comparación con estos tres elementos, es el que representa un mayor costo para su fabricación; por lo tanto, con el fin de abaratar costos la mayoría de los casquillos son nuevamente utilizados para recargarlos. Esta práctica es muy común en las personas dedicadas al deporte del tiro y en las corporaciones policiacas para el adiestramiento de su personal.

El casquillo metálico inicia su desarrollo a partir de 1850, y después de 148 años de evolución ya se encuentra relativamente perfeccionado. Los casquillos actuales se fabrican principalmente en latón, que es una aleación básica de 70% de cobre y 30% de zinc, y puede variar de acuerdo con las consideraciones de cada fabricante. Este material reúne buenas características de maleabilidad, lo que permite trabajarlo fácilmente, y de elasticidad para lograr una adecuada obturación. Resiste presiones por arriba de los 390 kilogramos por centímetro cuadrado y, después del disparo, ofrece una fácil extracción del mismo. El único inconveniente es su alto costo.

Otros materiales que se emplean en la elaboración de casquillos son, el acero y el aluminio, y aun el plástico. El acero es el siguiente material más utilizado para fabricar casquillos con resultados satisfactorios, el que debido a la facilidad de oxidación se le suele proveer de algún tratamiento protector externo, como el barnizado, pavonado, latonado o cobreado.

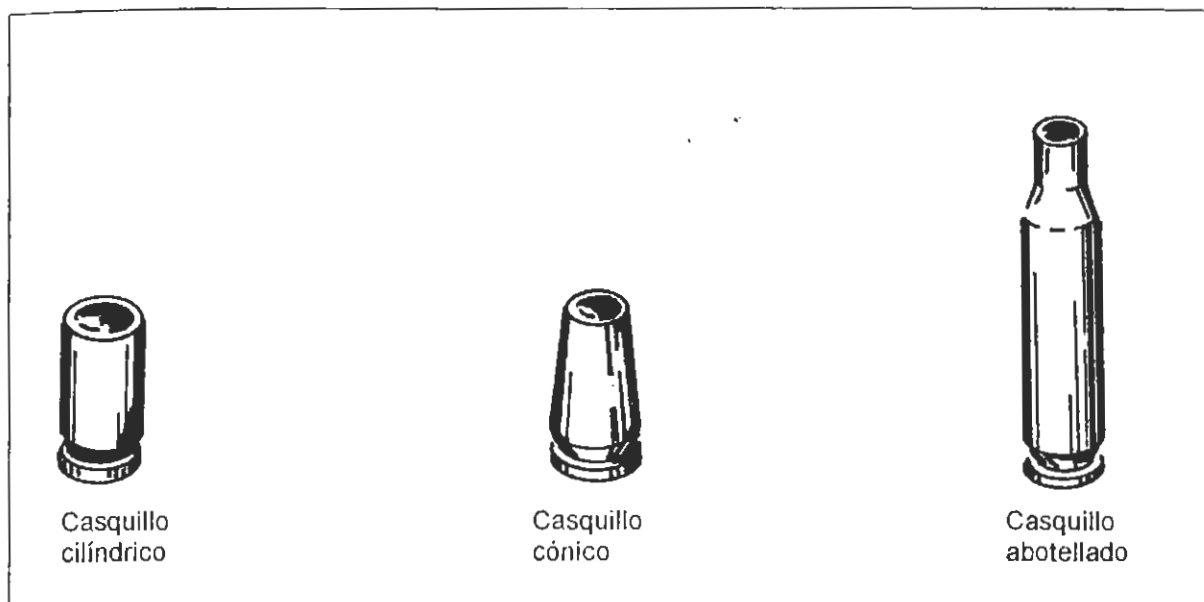
El aluminio es un metal abundante y abarata enormemente la fabricación de casquillos, por lo que desde hace varios años se viene empleando con éxito en cartuchería de armas cortas, pero con deficiencia para ser recargados. En lo que se refiere al plástico, se sabe de excelentes resultados proporcionados en los cartuchos de escopeta; sin embargo, no sucede lo mismo con otro tipo de cartuchería.

La función del casquillo consiste en:

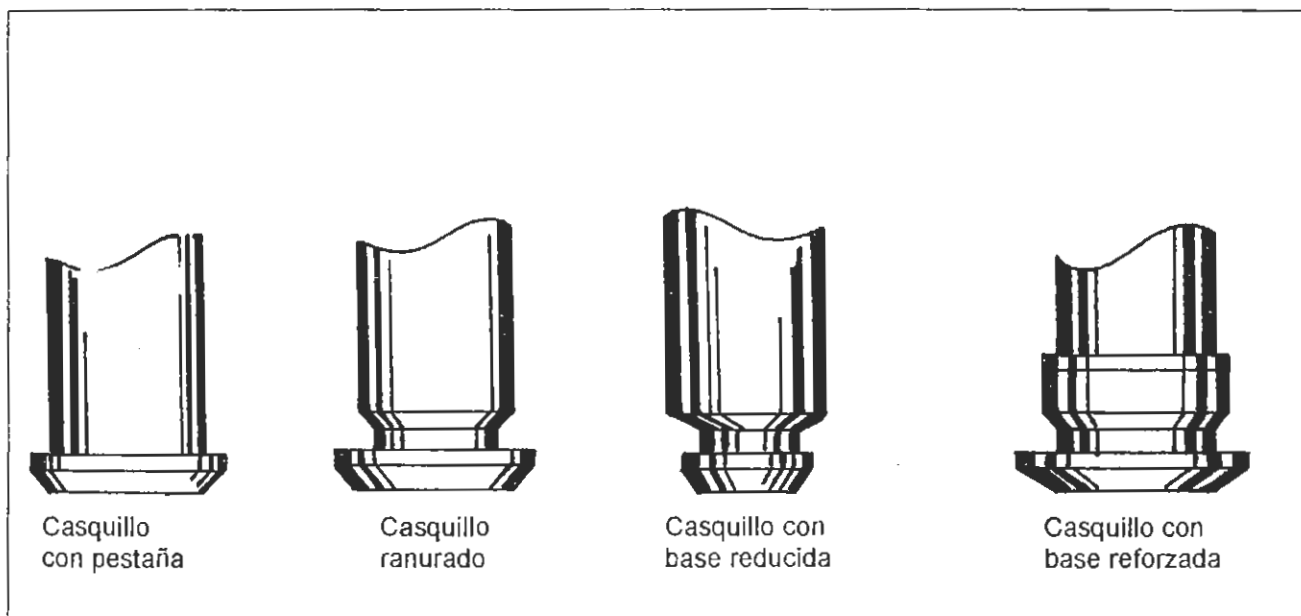
- *contener en una sola pieza al proyectil, al pistón y la pólvora.*
- *proveer un ambiente a prueba de agua para la carga de proyección (pólvora).*
- *cerrar obturando adecuadamente el escape de los gases de retroceso en la recámara y por expansión del mismo casquillo.*

Las dimensiones de los casquillos deberán ser precisas, pues de ello depende su adecuado alojamiento en la recámara de las armas. En caso de holgura por desgaste o por defecto de fabrica, el casquillo pudiera reventarse y provocar un escape de gases a muy alta presión, resultando en una destrucción parcial del arma y, por consecuencia, los riesgos para el tirador.

Por su forma, los casquillos pueden ser; *cilíndricos, cónicos y abotellados*.



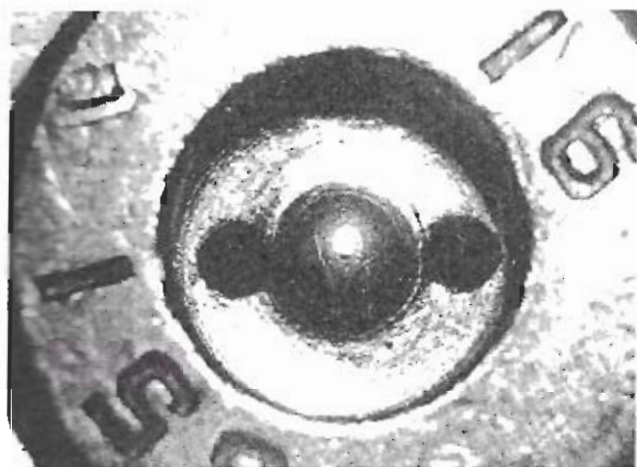
Por su configuración, los casquillos llevan "reborde o pestaña" (conocidos en inglés como *rimmed*), con semireborde (*semirimmed*), los hay "ranurados" o con "surco" (*rimless*), con "base reducida" (*rebated*), y con base "reforzada" (*belted*).



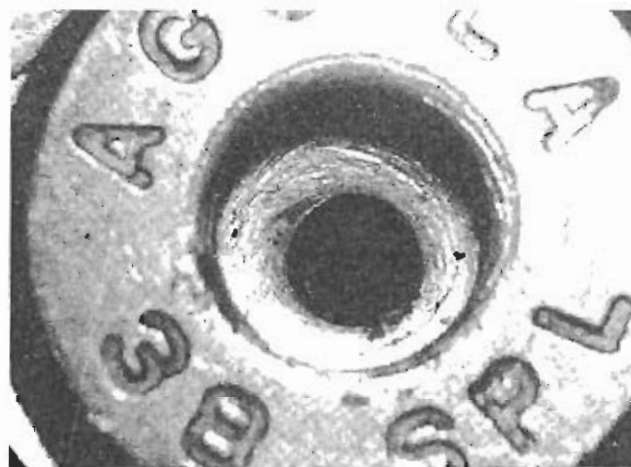
La configuración de los casquillos depende de las características de diseño y funcionamiento de las armas de fuego a las que son destinados, ya sean cortas o largas, de repetición o automatizadas. Aquí el volumen total del proyectil es balísticamente importante, ya que de ello depende la cantidad de pólvora que podrá contener el cartucho; en consecuencia, esto afectará directamente el tamaño y forma de los casquillos.

En los cartuchos de fuego central, se presentan dos tipos de casquillos y son los que utilizan los diferentes fulminantes o pistones, denominados como Berdan y Boxer. La diferencia consiste en que los casquillos que utilizan el fulminante Berdan pueden presentar uno o dos orificios de destello, también conocidos como chimeneas. El caso es que en el culote del casquillo se encuentra una protuberancia conformada por el mismo metal, que sirve como tope de impacto, para que se produzca el aplastamiento de la cápsula que contiene la mezcla fulminante, de tal forma que se produzca la llamada iniciadora de la combustión de la pólvora.

Con respecto a los casquillos para fulminantes Boxer, tienen un solo orificio de destello, pues el pistón cuenta con otra pieza metálica conocida como yunque, la que sirve como tope para el aplastamiento de la cápsula cuando el percutor lo impacta.



Casquillo para fulminante Berdan



Casquillo para fulminante Boxer

Para efectos de recarga de los cartuchos, los pistones del tipo Boxer son más fáciles de desalojar de los casquillos, pues se utiliza un dado específico para cada calibre, el que cuenta con una vástago que por impulso desprende el fulminante y calibra de nuevo el casquillo. Este tipo de sistema se está extendiendo rápidamente en todo el mundo, por las características de versatilidad y economía en la recarga de cartuchos.

Contrariamente, en cuanto a la recarga se refiere, los pistones del tipo Berdan son más complicados, pues hay que emplear procedimientos hidráulicos o efectuar perforaciones y utilizar palancas sobre su estructura para que puedan ser desalojados de los casquillos, lo que origina un proceso demasiado complicado y costoso.

El fulminante o pistón

El pistón, al ser percutido, tiene la función de iniciar la deflagración de la pólvora mediante una llamarada de fuego que se transmite a través de las chimeneas u orificios de destello en los casquillos. La cápsula de los pistones generalmente es de bronce o de algún otro metal maleable, diseñado en forma de copa o recipiente circular, en el que se deposita la mezcla fulminante protegida por un disco de papel especial. Otros términos con los cuales se conoce al pistón; detonador, iniciador, cebo, capsul, estopín, o bien en inglés, *primer*.

Los primeros pistones contenían una mezcla de clorato de potasio y fulminato de mercurio, elementos que producían altos niveles de corrosión en las estructuras metálicas de las armas, disminuyendo el tiempo de utilidad.

En la década de los años veinte, fue inventada en Alemania otra mezcla de styphnato de plomo sensibilizado con tetráceno. Como resultado de este cambio, dos problemas serios fueron resueltos; los residuos de styphnato de plomo no tendrían ya efectos corrosivos, y no habría mercurio que atacará químicamente el latón de los casquillos.

Las actuales mezclas fulminantes para la fabricación de pistones son del tipo orgánico, que protegen y evitan la corrosión en las armas. Su composición química básica es la siguiente:

Acido nítrico (95 % de pureza)
Bicarbonato de aminoguanidina
Goma arábica
Nitrato de bario.
Nitrato de plomo
Nitrato de sodio
Oxido de magnesio
Resorcinol
Sulfuro de antimonio
Acido sulfúrico
Polvo de aluminio

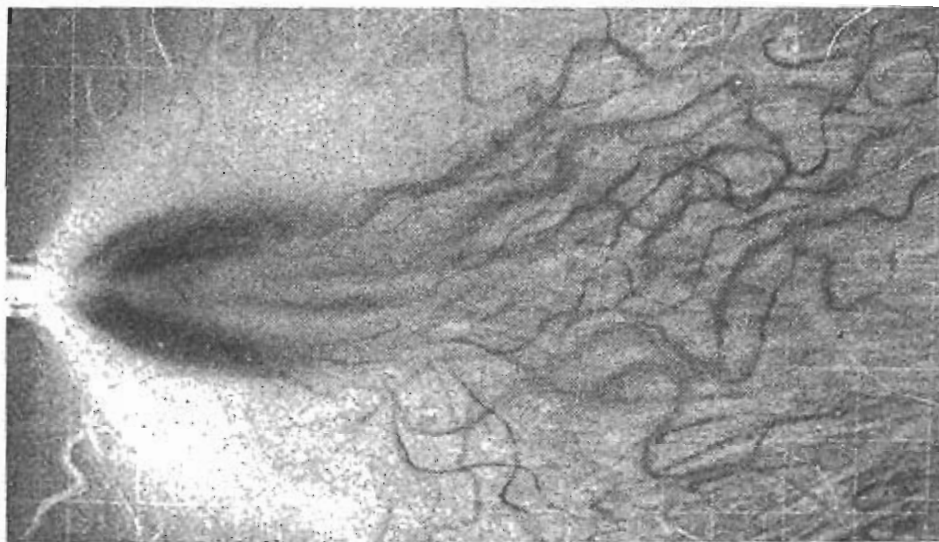
En la fabricación de la mezcla detonante existe un alto grado de peligro, ya que se requieren instalaciones adecuadas y personal capacitado. Existen muy pocas diferencias entre un fulminante y otro, pero tienen un efecto muy considerable en la precisión de cada disparo. La clave para un buen desempeño del pistón es su sensibilidad, es decir, la seguridad de que el fulminante explote con la fuerza necesaria impartida por el impulso del percutor de las armas. La clave para asegurar la sensibilidad del pistón corresponde a la calidad de su mezcla detonante.

Otro compuesto extra, que muchos fabricantes agregan a sus pistones, consiste en una sustancia impermeabilizante, generalmente laca, que se deposita sobre el culote de los cartuchos para protegerlos de filtraciones de humedad, por lo que, más de alguna vez observaremos cartuchos con una especie de pintura rojiza sobre la unión del pistón con el culote del casquillo.

En los cartuchos de fuego anular o circular, como los del calibre .22, no se presenta el fulminante por separado, pues la mezcla iniciadora se encuentra en el interior de la periferia del culote; en consecuencia, la pólvora y la mezcla están prácticamente en contacto directo: al percutir un cartucho de fuego anular, la mezcla explota y enciende la carga del propelente. La percusión de un cartucho de fuego anular necesariamente debe efectuarse sobre el borde del culote del casquillo y no sobre el centro del mismo, pero hay quienes creen, que si la marca del percutor no se encuentra al centro de la base de los casquillos es indicativo de que el arma se encuentra en deficientes condiciones, lo cual es un concepto totalmente erróneo.

El fulminante o pistón de los cartuchos es un componente de suma importancia, pues de él depende la eficacia del disparo. Esto sucede cuando el percutor del arma golpea la base del pistón y comprime de forma vigorosa la mezcla fulminante (situada ésta entre la copa y el plano metálico que se utiliza como yunque), lo que provoca que la mezcla explote y produzca una llamarada en forma de lengua, que inicia la deflagración del propelente.

Esta reacción parece simple, pero el número de factores que se requieren para asegurar que el pistón explote con eficacia disparo tras disparo, es una obra de tecnología muy poco comprendida, pues tan importante es la sensibilidad como la uniformidad de la mezcla fulminante. Para ello se tiene que controlar la forma y el tamaño de los cristales de styphnato de plomo, pues también se debe considerar el tiempo del desplazamiento de la bala dentro del cañón del arma, lo que se define como el lapso que transcurre desde que se produce la percusión del cartucho hasta que el proyectil es expulsado por la boca del cañón.



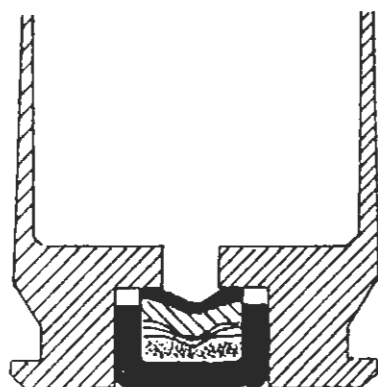
Efectos de la percusión del pistón de un cartucho de fuego central

La uniformidad que debe tener cada pistón asegura que todo este bajo control, garantizando que el tirador tenga mejor oportunidad de descargar eficazmente su arma, donde cada proyectil será disparado con el mismo equilibrio del arco de vibración, y que tal armonía logrará mayor precisión.

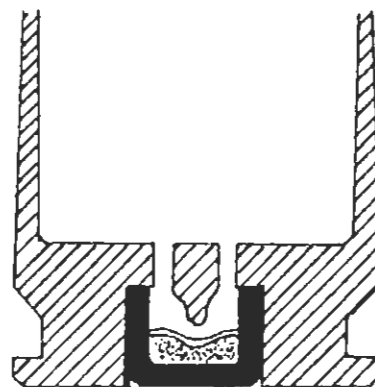
El fulminante caliente es un aspecto de gran discusión entre quienes recargan cartuchos, pero este tipo de fulminantes no mejora de modo significativo el rendimiento o precisión de los cartuchos, el que tal vez pueda añadir algunos metros por segundo extras a la velocidad del proyectil, pero el que también genera mayores presiones por la deflagración más rápida de la pólvora. Esto no es siempre una practica recomendable, por lo que si alguien se interesara en mejorar la balística y precisión de un cartucho, tendría mejor éxito si lograra un mejor diseño sobre la parte frontal del cartucho, más que sobre su parte posterior.

Respecto a los dos tipos de pistones para cartuchos de fuego central, el fulminante Boxer, fue diseñado en 1867 por Eduard Boxer, coronel del ejercito británico. Este es utilizado por la mayoría de los fabricantes estadounidenses de cartuchos. El pistón Berdan fue desarrollado un año anterior (1866), por Hiram Berdan, coronel del ejercito de Estados Unidos y que paradójicamente es más utilizado por los fabricantes europeos, y de otros países asiáticos.

El componente más pequeño del pistón Boxer es una pieza de latón conocida como "yunque", el que tiene una gran influencia en la sensibilidad de los fulminantes. Los yunques para pistones de rifles y de escopetas fueron más fáciles de diseñar, porque los percutores de las armas largas actúan con mayor violencia para percutirlos. Sin embargo, los pistones para cartuchos de armas cortas debieron ser elaborados con mayor detalle, considerando una mayor sensibilidad al golpe menos violento de los percutores.

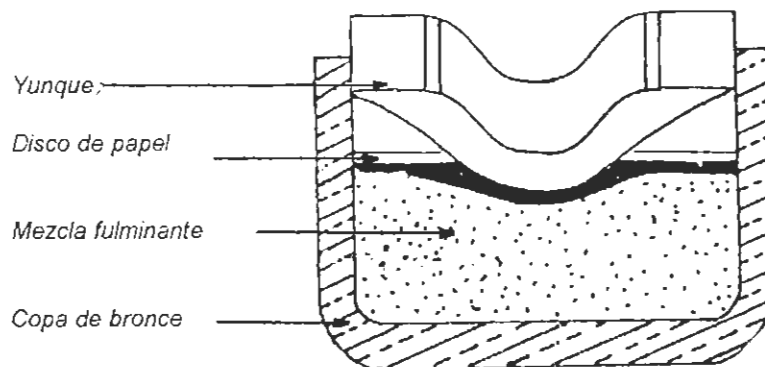


Casquillo con pistón Boxer

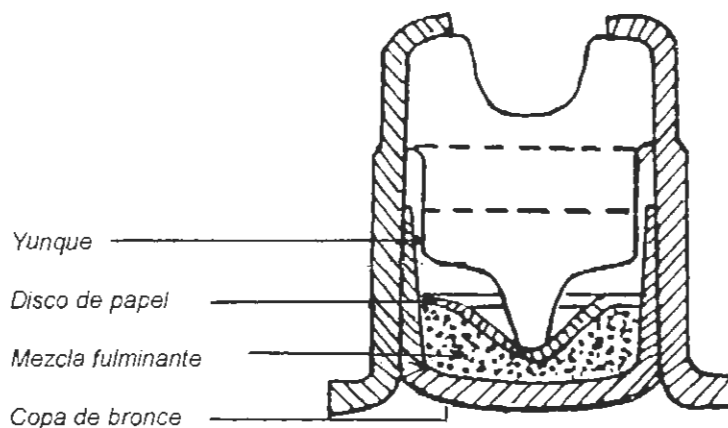


Casquillo con pistón Berdan

Así, los expertos se dieron a la tarea de diseñar dos formas especiales para el yunque de los pistones de cartuchos para armas cortas. Una de ellas consiste en el estampado y la otra mediante un cono truncado que mejora la sensibilidad del fulminante.



Estructura de un pistón Boxer para pistola



Estructura de un pistón Boxer para escopeta

Los pistones Boxer se manufacturan en dos tamaños para cartuchos de armas cortas y largas, y aun cuando éstos son similares en las dimensiones, las características de los yunques difieren en el estampado y sensibilidad, por lo que no deben ser empleados indistintamente en tales cartuchos. La designación de dichos pistones es la siguiente:

Small Pistol (pequeño para pistola), con un diámetro de .175 pulgadas (4.44 mm)

Large Pistol (grande para pistola), con un diámetro de .210 pulgadas (5.33 mm)

Small Rifle (pequeño para rifle), con un diámetro de .175 pulgadas (4.44 mm)

Large Rifle (grande para rifle), con un diámetro de .210 pulgadas (5.33 mm)

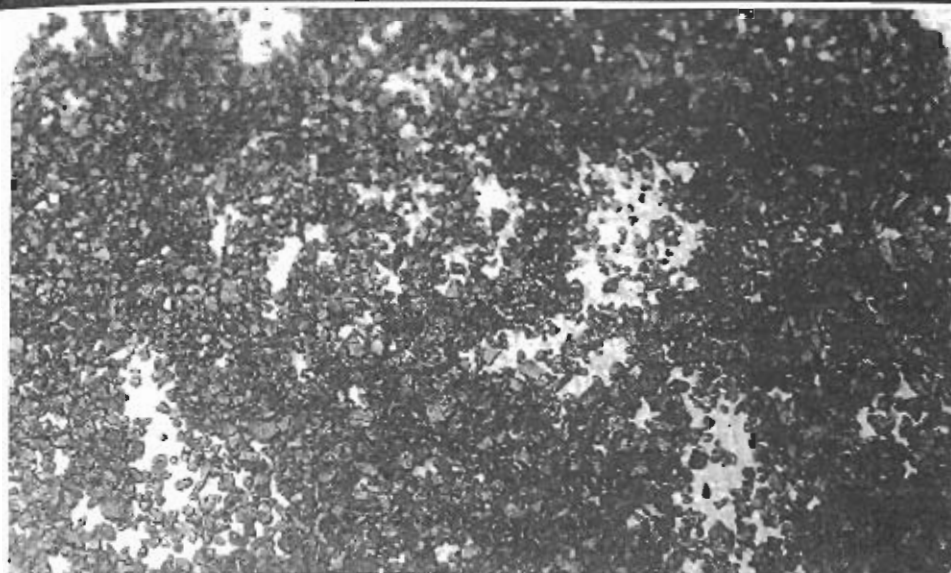
Por su parte, los pistones del tipo Berdan no presentan una uniformidad en cuanto a sus dimensiones. Esto se define según criterio técnico de cada fabricante de cartuchos, europeos y asiáticos, y los hay de diferentes diámetros, como los pequeños para pistola o rifle de 4.50 mm (.117"), largos para pistola y rifle de 5.50 mm (.216"), pero también los hay, de 5.00 mm (.196"), 6.00 mm (.236"), 6.16 mm (.242"), 6.35 mm (.250") y 6.45 mm (.253").

Las pólvoras

La pólvora es el propelente que da velocidad al proyectil. La voz *pólvora* se deriva de *polvo*, pero este nombre puede ser motivo de polémica, ya que las pólvoras no tienen ninguna apariencia de polvo, pues vienen en forma de gránulos de diferentes formas y tamaños. El origen exacto de la aparición de la pólvora negra como propulsor de proyectiles se desconoce, pero existen varios hechos históricos que indican que antiguas civilizaciones, como la china y la hindú, y aun siglos antes de la era cristiana, ya conocían y aplicaban este compuesto.

Algunos historiadores atribuyen el descubrimiento de la pólvora negra como propulsor de proyectiles al fraile franciscano Rogelio Bacon, en el siglo XIII; otros, dan el crédito de lo mismo al monje alemán Bertold Schwarz. Pero estas aseveraciones quedan en duda, puesto que hay un manuscrito en la Biblioteca Nacional de París, fechado en 846, a.C., en el que su autor, Marcus Graecus, describe un explosivo compuesto por seis partes de salitre, dos de azufre y dos partes de carbón vegetal, que prácticamente es la fórmula de la pólvora negra.

En la fabricación de la pólvora negra los ingredientes pueden variar, según los diferentes usos a los que se vaya destinar, pero siempre está el salitre como el principal componente, ya que libera el suficiente oxígeno en combinación con la combustión del carbón y el azufre. De hecho, el carbón vegetal es un excelente combustible, que en conjunto con los nitratos del salitre producen una combustión equilibrada. La verdadera función del azufre es la reducción de la temperatura de quemado del carbón y, por lo tanto, de la misma pólvora negra. También este elemento mejora la homogeneidad de la mezcla, y para los usos que se dan de la pólvora negra, el azufre es conveniente por no llamarlo importante.



Pólvora negra

La pólvora negra de granos gruesos se quema más despacio que la de granos finos; por lo tanto, es menos violenta en su deflagración y más progresiva para impulsar proyectiles pesados. Por otra parte, los granos más gruesos de pólvora negra presentan mayor resistencia a prender, debido a esto en las armas de pedernal se usaba un cebo ó iniciador de pólvora más fina, que resulta rápida en su combustión.

La pólvora negra que durante muchos años se había venido utilizando (hasta el descubrimiento del algodón pólvora en 1846), presentaba una serie de inconvenientes, como la gran cantidad de residuos sólidos de la combustión que se quedan adheridos al ánima del cañón, siendo altamente higroscópicos: absorben humedad y, en consecuencia, producen bastante corrosión en las armas de fuego.

Otro inconveniente de la pólvora negra, es que genera una gran cantidad de humo, en muchos de los casos como una nube alrededor del usuario del arma, que delataba su posición con respecto al enemigo, a la vez que limitaba su visibilidad para apuntar nuevamente su arma con relación a su objetivo. Una contrariedad más eran las bajas velocidades iniciales de los proyectiles, y que en los propelentes modernos no ocurre así.

En la actualidad, la pólvora negra ya no es utilizada como carga de proyección para los cartuchos metálicos, pero es común en las rudimentarias armas de avancarga, conocidas en el ambiente como "pisponeras o chispetas". Pero no se debe eliminar la posibilidad de que en el ambiente de las armas de fuego se pueda uno encontrar con cartuchos tan antiguos que aun contengan pólvora negra.

La pólvora sin humo

Al referirnos a la pólvora, una gran cantidad de personas asocia este compuesto con el grupo de los explosivos, relacionándolo con la misma dinamita, tal vez el más conocido y generalizado de todos ellos. Sin embargo, las modernas pólvoras sin humo que se emplean en los cartuchos metálicos de uso militar y deportivo, deberán ser consideradas técnicamente como propelentes sólidos, que consisten en compuestos químicos diseñados para arder bajo condiciones controladas, y que al ser utilizadas de manera conveniente impulsan proyectiles a grandes velocidades.

En nuestros días, se emplean dos tipos de pólvoras para la carga de cartuchos convencionales, las conocidas como de *una base* y las de *doble base*. En las de una base, el componente principal es la celulosa de algodón tratada con ácido nítrico, que forma la nitrocelulosa. Esta se disuelve en una mezcla de alcohol y éter para obtener una masa pastosa, en este proceso la estructura de algodón se rompe y el material se hace más manejable, lo que mejora su uso como propelente. Esa masa pastosa, cuando se seca, puede cortarse en diversas formas, la que es denominada como pólvora base.

La nitrocelulosa en sí misma, es un componente altamente peligroso conocido como algodón pólvora, y tiene muy poco valor a no ser que se trate de manera conveniente para poder manejarse. Este compuesto se descubrió entre 1845 y 1846 por Schonbein y Botteger, trabajando en forma independiente. La sensibilidad de esta sustancia altamente explosiva se tradujo en numerosos accidentes de tipo industrial, de tal magnitud que forzó la suspensión de su fabricación en Europa, por más de 15 años. En 1884 la nitrocelulosa fue sintetizada por el químico francés Vieille, mediante alcohol y éter para formar un coloide gelatinoso que podía enrollarse en laminas y cortarse en hojuelas.

La nitroglicerina es otro compuesto altamente explosivo y peligroso, que se forma tratando glicerina normal con ácido nítrico. Este compuesto no puede utilizarse como propelente en las armas de fuego, ya que explota instantánea y violentamente, además de que es muy imprevisible en su comportamiento; sin embargo, puede utilizarse para gelatinizar la nitrocelulosa, en cuyo caso la masa puede trabajarse y cortarse para formar un tipo de pólvora denominada balístita. La nitroglicerina, o nitrato de glicerina, fue descubierta por A. Sobrero en 1846.

La nitrocelulosa y la nitroglicerina pueden mezclarse con acetona en otra formula, para formar cuerdas o fideos que se cortan en distintas longitudes, produciendo una pólvora denominada cordita. La cordita y la balístita, así como sus sucesoras, son conocidas como pólvoras de doble base. A este compuesto, también se le agregan algunos otros elementos estabilizadores, plastificantes y cantidades pequeñas de atenuadores para reducir la temperatura de la llama, controlando así la reacción de la combustión, o bien, de otros elementos para disminuir la llamarada en la boca del cañón. La composición básica de las pólvoras de doble base es la siguiente:

Nitrocelulosa	72% (promedio)
Nitroglicerina	23% (promedio)
Estabilizadores Térmicos	2% (promedio)
Antiestáticos y Antihumectantes	3% (promedio)

Los actuales fabricantes de pólvoras, normalmente respetan estos rangos de composición, dejando de utilizar cantidades mayores al 25% de nitroglicerina, por ser peligrosos, ya que este material produce grandes cantidades de gas y, por lo tanto, presiones muy elevadas que representan un alto riesgo. En la fabricación de pólvoras de doble base, se obtienen las siguientes ventajas:

1. Este tipo de pólvora al quemarse libera gran cantidad de energía por unidad de peso utilizado. Como resultado, se utilizan menores cantidades de pólvora en comparación con las pólvoras de un solo componente, o de las anticuadas pólvoras negras. Para lograr este resultado se presenta el siguiente ejemplo:

Un grano de pólvora de doble base, libera el equivalente de energía de hasta 9.0 granos de pólvora negra, y de 2.5 granos de pólvora de un solo componente.

2. No son higroscópicas, es decir, presentan resistencia a absorber humedad, por lo que se pueden almacenar por largos períodos de tiempo sin que sufran alteraciones.
3. Modificando ligeramente la cantidad del compuesto de la nitroglicerina, se obtienen pólvoras para usos específicos.
4. Para la combustión de estas pólvoras no se requiere oxígeno libre, pues molecularmente tienen en su configuración química grandes cantidades de oxígeno, llevándose a cabo la combustión, aun en espacios tan reducidos como las estructuras de los cartuchos.

Actualmente ya no se presenta un problema real con la inestabilidad de los propelentes, pues el uso de estabilizadores ha hecho virtualmente imposible todo peligro aparente en el empleo y almacenamiento de las pólvoras. En el peor de los casos, el propulsor puede perder una pequeña fracción de su energía química si se almacena a elevadas temperaturas y durante largos períodos de tiempo. Para usos prácticos, los cartuchos de fabrica pueden resistir mucho tiempo de almacenamiento sin perder sus características, de tal manera, que el usuario de armas de fuego sabe que puede comprar una caja de cartuchos y no utilizarlos durante años, con la confianza de que en su oportunidad funcionaran adecuadamente.

Manejo de las pólvoras

El quemado de la pólvora ocurre cuando los gránulos son calentados por arriba de su temperatura de ignición, por lo que siempre es conveniente mantener la pólvora alejada del fuego o materiales calientes. Aun cuando las pólvoras están mezcladas con materiales antiestáticos, es recomendable conectar a tierra todas las máquinas de recarga, ya que la acumulación de cargas eléctricas puede originar un accidente fatal. Si se trabaja con pólvoras, o se intenta hacerlo, es recomendable practicar los siguientes procedimientos de seguridad:

- No fumar cerca de los lugares donde se almacena la pólvora, o donde se está trabajando con ella.
- Conservar alejados del área de trabajo otros productos inflamables y solventes.

- Mantener únicamente la cantidad necesaria de pólvora con la que se trabaja.
- Evitar manipular herramientas metálicas en forma imprudente y cercanas a la pólvora, pues la fricción de los metales puede originar chispas.
- Tener precaución con las instalaciones eléctricas y mantenerlas en buenas condiciones
- Nunca mezclar pólvoras de diferentes tipos sin tener el suficiente conocimiento al respecto y sin contar con un equipo adecuado para tal propósito.

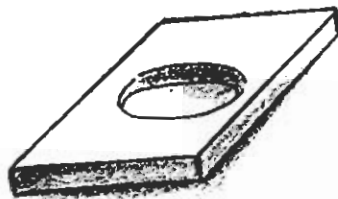
Los granos de las pólvoras

La geometría de los granos individuales de las pólvoras, es crítica para determinar la rapidez de su combustión. En consecuencia, esta velocidad también establece la efectividad de su uso en las armas de fuego. Los granos de pólvora se elaboran de muchas formas y dimensiones: desde las pólvoras que utilizan los cartuchos del calibre .22 corto, las que se observan como granitos de arena, hasta el calibre naval de los cañones de 16 pulgadas, en donde cada grano de pólvora es un cilindro que mide 1 pulgada de diámetro por 2½ pulgadas de longitud. La forma básica de los granos de las pólvoras son las siguientes:

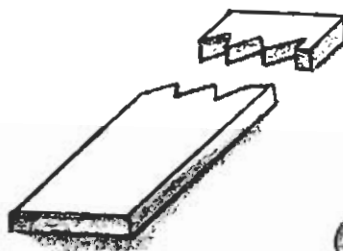
- a) Cilindros. Pueden presentar uno o varios orificios que perforan el grano en la dirección más larga.
- b) Cintas, cuerdas, escamas o discos. La forma varia según el tipo.
- c) Esferas. La pólvora esférica se llama así porque se presenta en diminutas esferas, algunas de ellas se presentan aplastadas para provocar alguna característica particular de combustión.



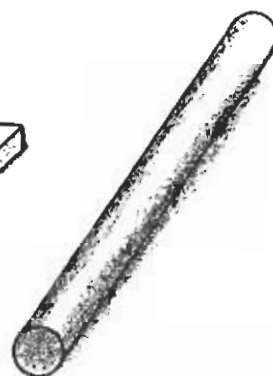
Esferas



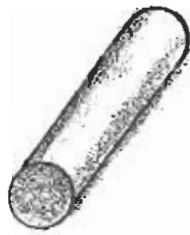
Lámina



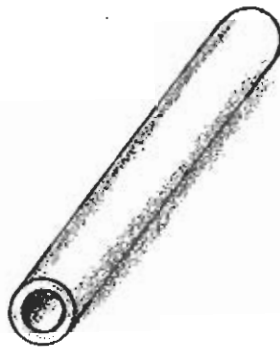
Tira



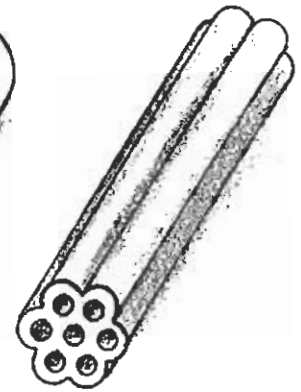
Cuerda



Gránulo

Perforado
sencillo

Cilindro



Roseta

El término rapidez, se utiliza para expresar qué tan pronto se quema una pólvora hasta agotarse, así como la relación de la formación de gases del propulsor en un sentido cuantitativo, siendo la función de la forma particular de los granos de pólvora la que determina la rapidez de combustión. El propelente en un arma de fuego, debe tener la suficiente rapidez para mantener una presión alta y una determinada temperatura en la recámara del cañón, pero que no sea tan rápida que ponga en peligro el uso del arma.

Los proyectiles o balas

El término proyectil proviene del latín *projectus*, que significa "hacia delante", de tal manera que un proyectil es cualquier cuerpo sólido que, debido a la velocidad con el que es lanzado, puede alcanzar un objetivo y producir efectos sobre el mismo. Tal definición pudiera ser general, pues involucra cuerpos que al ser arrojados y al tocar otra estructura producen alguna consecuencia.

Por su parte, la palabra *bala* se refiere al proyectil específico que disparan las armas de fuego, de tal manera, se puede deducir que todas las balas son proyectiles, pero que no todos los proyectiles son balas. Para algunos peritos en balística, resulta incorrecto emplear el término proyectil cuando se trata de una bala inmóvil, aduciendo que al no estar en movimiento dicha bala no se puede considerar como proyectil.

Un criterio contrario a esto, afirmaría que las balas ya disparadas se emplearon como proyectiles, o que las balas que aún no han sido disparadas (montadas en los cartuchos) servirán como proyectiles. Por lo tanto, el concepto de proyectil se encuentra bien empleado dentro de la materia de balística, aun cuando la bala haya sido o no disparada.

Un proyectil que se ha mantenido vigente hasta la fecha corresponde a la bala esférica de plomo, utilizada en las anticuadas armas de avancarga, cuyo tamaño original fue decreciendo gradualmente, disminuyendo con ello el fuerte retroceso que tenían que soportar los individuos que disparaban los enormes proyectiles redondos. Tal situación ocasionó que los proyectiles redujeran su peso entre los 20 y 40 gramos, reflejándose en un diámetro entre los 14 y 19 mm (.55 a .75 pulgadas).

Alrededor de 1835, se concibió la idea de modificar la bala esférica para transformarla en ovoide, a esta le fue elaborada una cavidad troncónica en su eje mayor para introducirle otro objeto de igual forma y, que por efectos de la presión de los gases se acuñaba en su asiento dilatando el metal y haciendo que la bala tomase por esta causa las estrías grabadas en el cañón. Después se paso a la bala cilindro ojival, que en sus orígenes también llevaba una cuña en su base hueca, teniendo que eliminarse por no ser necesaria.

Hacia la segunda mitad del siglo XIX y, por la presencia del novedoso cartucho metálico, se dio inicio la nueva era de las armas a retrocarga, que imponía una reducción sustancial de los calibres de las balas, que se estandarizaron alrededor de los 11 mm de diámetro, con proyectiles de plomo cilindro ojivales, con un peso promedio de 15 gramos.

A finales del mismo siglo, y con la invención de la pólvora sin humo (1884), que incrementaba la velocidad inicial de los proyectiles por tener un mayor poder propelente y, que a su vez disminuía los residuos de la combustión en el cañón de las armas, se pudo disminuir aun más el diámetro de las balas, presentándose entre los 5 mm y los 8 mm, siendo el calibre 7.62 mm (.30") el más universal.

Pero al reducir el calibre de manera arbitraria decrecía la densidad seccional y el coeficiente balístico, por lo que fue necesario alargar los proyectiles por el orden de seis veces con respecto a su calibre original, con esto se aseguraba una considerable presencia de su energía remanente, además de un aumentado alcance. Para que se dieran estas condiciones, también fue indispensable incrementar la velocidad de rotación de los proyectiles, para asegurar una conveniente estabilidad, tratando de evitar al máximo el cabeceo.

Sin embargo, al fabricarse las balas de plomo se presentaba un problema técnico de balística interior, pues a un paso más corto de hélice y, a una mayor velocidad inicial de los proyectiles, provocaba que las balas saltaran las estrías sin tomarlas adecuadamente, además de que emplomaba abundantemente al ánima del cañón. Para resolver este problema, fue conveniente encamisar con metales más duros a los proyectiles que llevaran a estos a tomar las estrías con éxito, obviamente la solución también consistía en la fabricación de balas macizas de determinados metales, o de aleaciones de estos, cosa que se ha hecho, pero donde el costo es un factor importante para cualquier elección considerando la igualdad de resultados.

Se puede clasificar a los proyectiles de acuerdo a los elementos de que los conforman, observando tres distinciones principales.

- a) Proyectiles constituidos de un solo elemento. Pueden ser macizos o huecos, habiéndolos de plomo, de latón, de bronce, de hierro, de aluminio o de cuproniquel. Inclusive de madera, de cartón, de plástico y ocasionalmente de otros materiales.
- b) Proyectiles compuestos de dos elementos; suele llamárseles *ordinarios* o *blindados* (que son los más usados), constan en general de un núcleo que por lo regular es plomo, pero también se emplea el acero, aluminio u otros materiales, el que es recubierto por una camisa, funda, blindaje o envuelta de otro metal, entre los que destacan el cobre, el cuproniquel (60% de cobre y 40% de Níquel), el aluminio, el acero puro o latonado.

Por razones de economía se observa la presencia de balas con un blindaje de latón, consistente en una aleación de 90% de cobre y 10% de zinc, habiendo variaciones donde se añade un poco de estaño para abaratar los costos, conocidos estos como proyectiles de material dorado.

- c) Proyectiles constituidos por varios elementos. Son aquellos que incluyen un tercer o cuarto material, destacando las balas convencionales compuestas con un núcleo de acero, una envuelta de pomo y un blindaje externo de cobre, o bien, de los proyectiles militares donde se involucran otros materiales, tales como sustancias explosivas, incendiarias, trazadoras, etc.

Hablar en particular de todos y cada uno de los proyectiles que pudieran encontrarse hoy en día, es un tema bastante abundante y complejo, dado que existe una gran variedad de estos y para diferentes propósitos, habiendo de empleo militar, deportivo, de caza, y que dentro de estos grupos se pueden involucrar los proyectiles; antipersonales, expansivos, sacabocados, perforantes, incendiarios, explosivos, trazadores, de fogeo, etc. No existiendo hasta el momento una bala multifuncional que sirva para todo uso, y que al contrario de un consenso generalizado, donde se cree que un arma de poderoso calibre con cartuchos de bala standard es lo máximo, se puede decir que tales proyectiles valen para casi todo, pero son excelentes para casi nada.

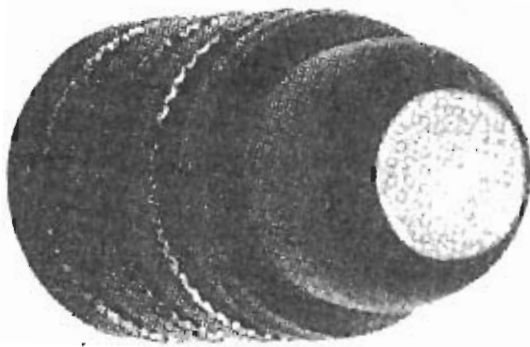
No obstante, como nos encontramos en el estudio de los proyectiles, reseñaremos algunos estilos o tipos de balas convencionales para armas de fuego cortas y largas, así como de proyectiles especiales que tienen propósitos específicos, tales como los que incrementan el poder de detención de un adversario o de una pieza de caza, o de los que provocan particulares efectos destructivos en determinadas estructuras.

Los proyectiles de plomo

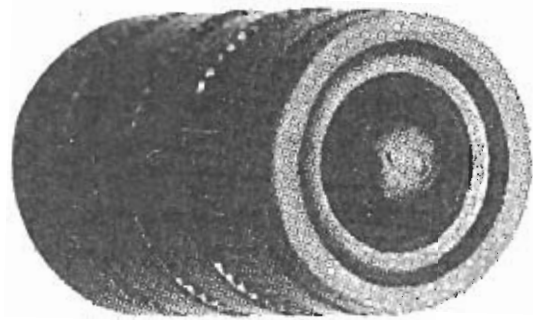
El plomo puro por ser un metal blando no es muy conveniente para fabricar balas, debiendo alearse con otros metales, como el estaño o el antimonio, e inclusive con una mezcla de ambos para aumentar su dureza. Generalmente en las balas de plomo que son destinadas para la recarga de cartuchos para revólveres, se utiliza una aleación conocida como del Núm. 2, que consiste en 90% de plomo, 5% de estaño y 5% de antimonio.

En cambio, para proyectiles destinados a pistolas y rifles, se utiliza una aleación conocida como metal de linotipia, que consiste en 86% de plomo, 3% de estaño y 11% de antimonio, esto con la finalidad de reducir el emplomado que provoca corrosión y que de manera común se presenta en los cañones de las armas, inclusive y para el mismo efecto, los proyectiles cuentan con canales perimetrales donde se agregan grasas o lubricantes especiales.

En cuanto a la forma de las balas de plomo, se presentan varios tipos, como los denominados wadcutter y semiwadcutter (sacabocados), que son empleadas principalmente en revólveres, habiendo pistolas de rango medio que también las utilizan. Estas balas son destinadas principalmente en el tiro deportivo sobre siluetas o blancos de cartón, originando en cada impacto un corte circular con el efecto de un sacabocados.



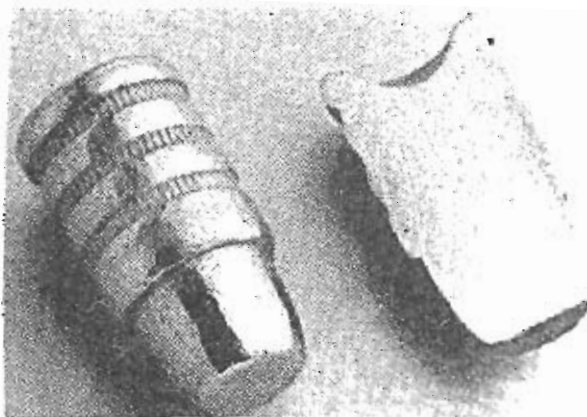
Proyectil wadcutter



Proyectil semiwadcutter

También se observan balas de plomo con chapas latonadas o cobrizas, que dan un cierto aspecto de proyectiles blindados, y que comúnmente se encuentran presentes en los cartuchos de fuego anular de los calibres nominales .22 Corto y L.R., e inclusive en cartuchos de fuego central del calibre .38 Especial y .38 S&W, no siendo excluyentes para otros calibres.

Otro estilo de proyectil de plomo, comercializado por la compañía Norteamericana Federal, es el denominado como *Nyclad*, donde el plomo se encuentra forrado con nylon de color azul oscuro, que tiene la función de reducir el emplomado del ánima de los cañones. También se dice que la bala por presentar esta cubierta, se encuentra libre de metales tóxicos. La munición con este estilo de proyectil se manufactura en los calibres nominales 9 mm Parabellum, .38 Especial y .357 Magnum.

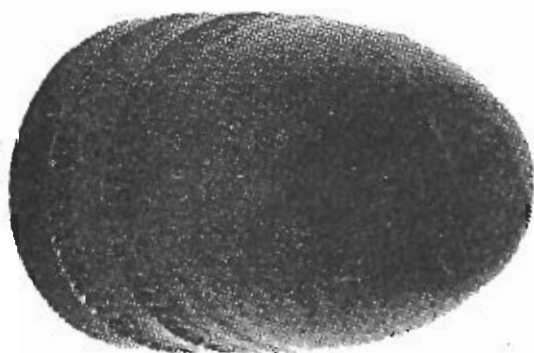


Proyectil con chapa cobriza

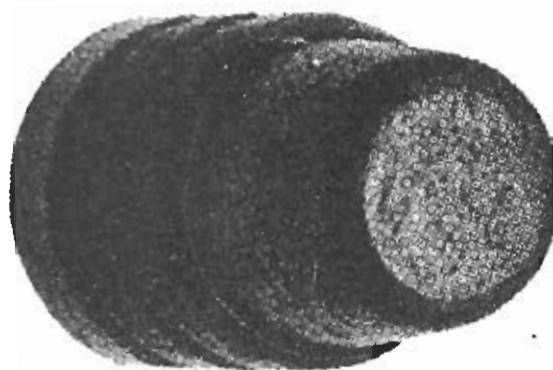


Proyectil Nyclad

Por otra parte, se encuentran los convencionales proyectiles ojivales de plomo y, algunos que en su base presentan un sello de bronce de escasos 3 mm de espesor, denominado en ingles como *Gas Check*, cuya función es la de resistir el empuje que efectúan los gases propulsores, evitando que el plomo se reblandezca por las altas temperaturas generadas por la combustión de la pólvora.



Proyectil ojival de plomo

Proyectil con sello de bronce
(Gas Check)

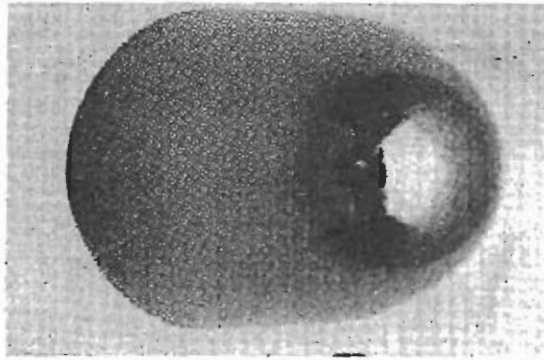
En el proceso de fabricación de balas para recargar cartuchos, se emplean moldes de acero, acorde al calibre de los mismos y para un peso determinado, donde se incluyen ranuras circulares para proporcionar un estampado rígido y para agregar grasas lubricantes. Los cartuchos recargados con proyectiles de plomo no son recomendados para ser empleados en armas automatizadas, pues tienden a originar obstrucciones en estos artefactos, dado que estos generalmente se deforman por la rudeza provocada durante el desplazamiento obligado de los mecanismos, en consecuencia, no se alojaran adecuadamente en las recámaras de los cañones. No obstante, los cartuchos recargados, por su menor costo, son muy utilizados para fines deportivos y de adiestramiento de agentes policíacos.

Los proyectiles blindados

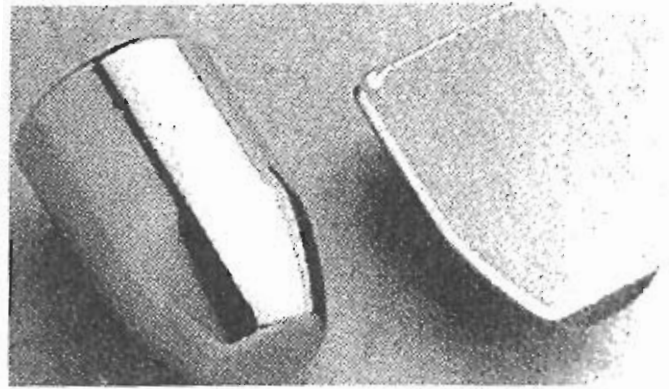
El término blindado se le da a las balas que cuentan con un núcleo recubierto con otro metal de mayor dureza. En nuestro ambiente es más común describirlos como proyectiles *encamisados*, orientada esta expresión al hecho de que estos presentan un revestimiento de otro material diferente al de su núcleo.

Los proyectiles blindados, por contar con un núcleo parcial o completamente cubierto, dejan menores residuos de plomo sobre las paredes del ánima de los cañones. Estos deben ser mandatorios para las armas automatizadas, asegurando el adecuado abastecimiento de los cartuchos desde el depósito o cargador hacia la recámara del cañón. A la munición con balas blindadas se les conoce como *cartuchos de guerra*, y en inglés se les describe como *Full Metal Jacket*, o con su abreviatura FMJ.

Cuando la envuelta del metal se rebate por la base del proyectil, dejando el plomo al descubierto, en palabras militares se le suele llamar sólida u ordinaria, y en el ambiente civil se le conoce como blindada o encamisada. De manera contraria, cuando el rebatido se encuentra por debajo de la punta de la bala, dejando el plomo descubierto en esa área, se llama de punta blanda, de caza o expansiva. En el primero de los casos, se presenta una máxima penetración sin expansión, y en el segundo, una máxima expansión tratando de evitar la fragmentación por consecuencia del impacto, resultando esto inmediatamente después de atravesar la barrera de la piel, lo que se conoce como una expansión controlada, que desde luego dependerá de la construcción y de la forma del núcleo y del encamisado.



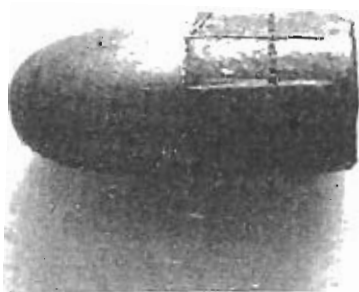
Proyectil encamisado de cobre



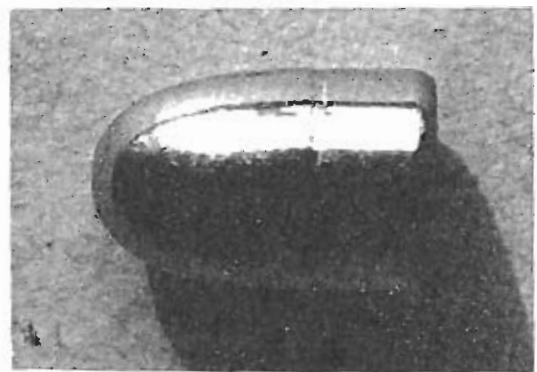
Proyectil totalmente encamisado

Dentro de la variedad de proyectiles encamisados de cobre, se presenta un cartucho comercializado por la compañía Winchester, denominado como munición *Super Unleaded* (sin plomo), cuya bala también es denominada como totalmente encamisada (TMJ), contando con un pistón cuya mezcla fulminante carece de plomo, así como de un proyectil completamente blindado, que se caracteriza por un núcleo de plomo encamisado de cobre y cerrada en su base por un disco del mismo metal, asegurando que el plomo quede encapsulado. Esta munición es muy apropiada para disparos en polígonos cerrados, disminuyendo la condensación de plomo en el ambiente.

En nuestro país, un estilo de proyectil que es común encontrarlo en cartuchos de los calibres nominales .38 Especial y .357 Magnum, corresponde al de *punta metálica*, fabricado por la Industria Tecnos, S.A., anteriormente conocida como Cartuchos Deportivos de México, S.A., esta bala bien pudiera ser nombrada como de media camisa de cobre, dado que presenta en su parte media anterior un encamisado parcial de cobre y, en su parte media posterior se observa el plomo descubierto, siendo su función la de proveer una mayor dureza a la punta para mejorar su penetración, y el plomo descubierto ofrece un menor desgaste por erosión sobre el rayado de los cañones, debiendo considerar el emplomado sobre estos.



Proyectil de punta metálica



Proyectil encamisado de acero

Los más conocidos fabricantes norteamericanos de cartuchos, tales como, Remington, Winchester, Federal, C.C.I., PMC/El Dorado, Hornady, etc., comercializan básicamente todas las variedades de proyectiles convencionales, tanto de plomo, como encamisados de cobre, pero algunos fabricantes europeos manufacturan cartuchos con balas blindadas de acero, tal es el caso de la empresa alemana Geco (Gustav Genschow & Co.), subsidiaria de la compañía Dynamit - Nobel RWS Inc.

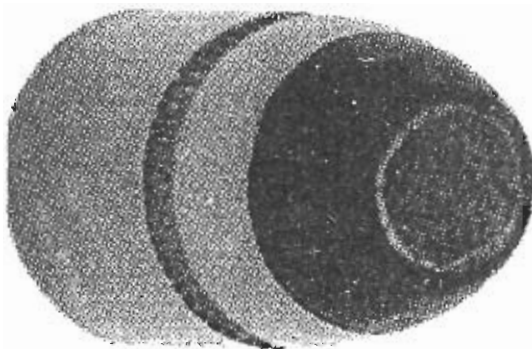
En nuestra nación es poco común encontrarse con proyectiles de tal naturaleza, considerando que la dureza del acero origina un mayor desgaste por erosión sobre el rayado de los cañones. No obstante, estas balas obtienen un mayor rendimiento en la penetración.

Proyectiles de punta blanda y de punta hueca

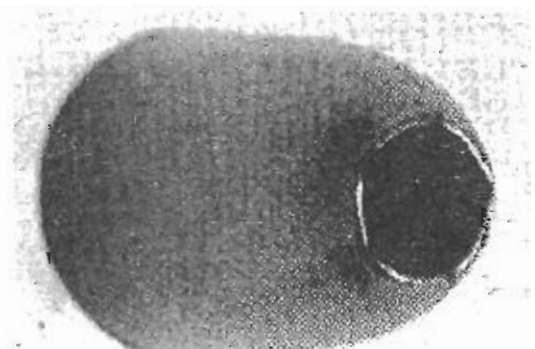
Los proyectiles que presentan una porción de plomo al descubierto en su punta, son conocidos como de *nariz o punta blanda*, y al igual que los proyectiles de *punta hueca* tienen la particularidad de deformarse por expansión, provocando daños más severos sobre estructuras humanas o animales, al mismo tiempo, tienden a disminuir drásticamente su velocidad residual por efectos de la expansión de su masa en forma de hongo, y por consecuencia de la mayor resistencia que ofrecen los tejidos a tal deformación, originando una cavidad de la herida de mayores dimensiones en comparación que el diámetro original del proyectil, por lo tanto, las lesiones inferidas resultan más graves.

Dichos efectos influirán para que el proyectil libere la mayor cantidad de su energía, aumentando el poder de detención y, tendiendo a permanecer en el interior del cuerpo afectado, o bien, si la bala tuviese la capacidad de atravesar el objetivo, la velocidad restante disminuirá el riesgo sobre otras estructuras situadas en zonas posteriores al blanco inicialmente penetrado. Sin embargo, estas apreciaciones no se deben considerar como regla general, puesto que se involucran un sinnúmero de factores que deben tomarse muy en cuenta, tales como la velocidad residual y el calibre del proyectil utilizado, así como la ubicación y características de las zonas orgánicas afectadas.

Comercialmente existe una gran variedad de proyectiles de punta blanda y de punta hueca, con nombres específicos y hasta exóticos, que son proveídos por los propios introductores de los cartuchos, algunos que no tienen una traducción descriptiva en nuestro idioma y, particularmente designados para motivar al comprador a adquirir cartuchos con proyectiles de características especiales, que involucran un alto rendimiento y específicos efectos destructivos.



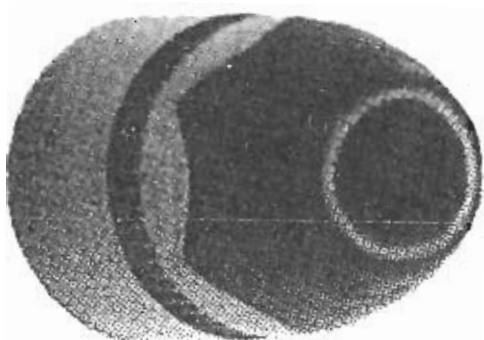
Proyectil de punta blanda



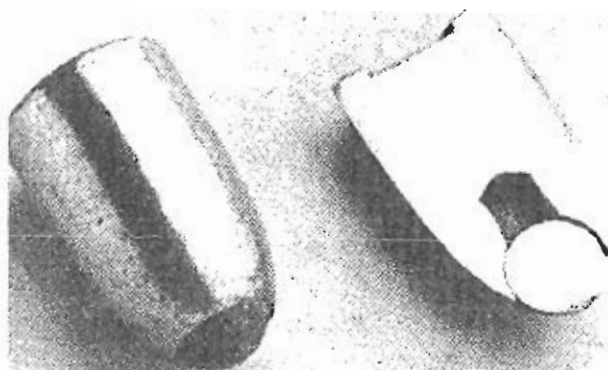
Proyectil de punta hueca

Algunos proyectiles incluyen una punta blanda y hueca, los que también cuentan con ranuras de engarce para sujetarse al cuello de los casquillos, destinados principalmente para revólveres de los calibres nominales .38 Especial, .357 Magnum, .41 y .44 Rem. Magnum.

La compañía Winchester manufactura un cartucho para el calibre nominal .25 Auto, con un proyectil denominado de *punta expansiva*, que presenta un orificio donde incrusta una porción esférica de plomo, aparentando ser de una sola pieza, cuya función es la introducirse al hueco y acelerar la expansión al penetrar sobre el objetivo.



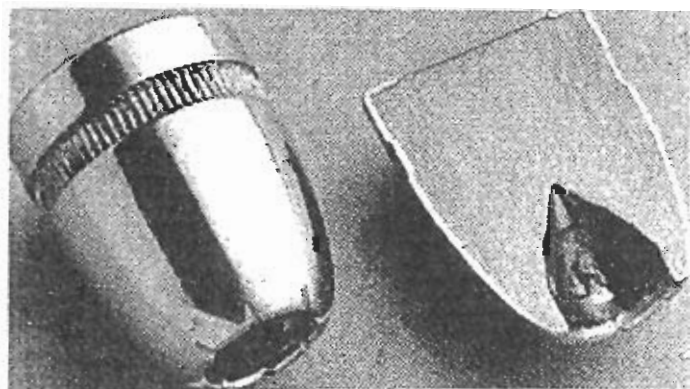
Proyectil de nariz blanda y punta hueca



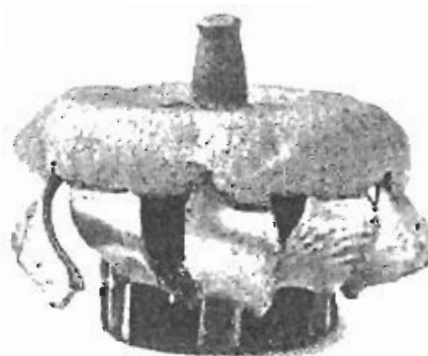
Proyectil de punta expansiva

Muchas de las balas de punta hueca, presentan alrededor del orificio una serie de hendiduras o muescas que debilitan el metal de la camisa, lo que facilita la expansión durante la penetración, y ocasionalmente se puede producir una fragmentación del proyectil. La mencionada compañía Winchester tiene en el mercado cartuchos con proyectiles encamisados de aluminio, denominados como *Silvertip*, que destacan por una expansión uniforme, una rápida liberación de la energía y, rendimiento óptimo en el abastecimiento de las armas automatizadas. Esta munición se manufactura en los calibres nominales .32 Auto, .380 Auto, .38 Especial, .357 Magnum, 9 mm Parabellum, .38 Super, .40 S&W, 10 mm Auto, .41 Rem Magnum, 44 S&W Especial, .44 Rem Magnum, .45 Auto y .45 Colt.

Por su parte, el fabricante norteamericano Federal, mantiene en el mercado un cartucho patentado con proyectil expansivo denominado *Hydra Shok*, que al centro de su hueco cuenta con un vástago de metal que sobresale del mismo núcleo de plomo, teniendo la función de controlar de manera uniforme una rápida expansión, y a su vez, eficientar la transferencia de la energía durante el proceso de la penetración. Esta munición se ajusta adecuadamente a los requerimientos de uso policiaco, y se encuentra presente en los calibres nominales; 9 mm Parabellum, .380 Auto, .40 S&W, 10 mm Auto, .38 Especial, .357 Magnum, .357 Sig, .44 Rem Magnum y .45 Auto.



Proyectil Silvertip

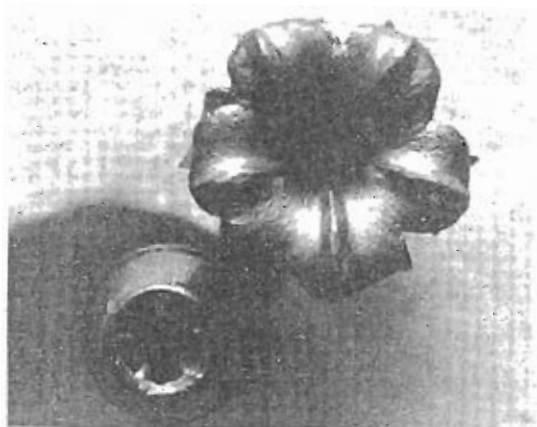


Proyectil Hydra Shok

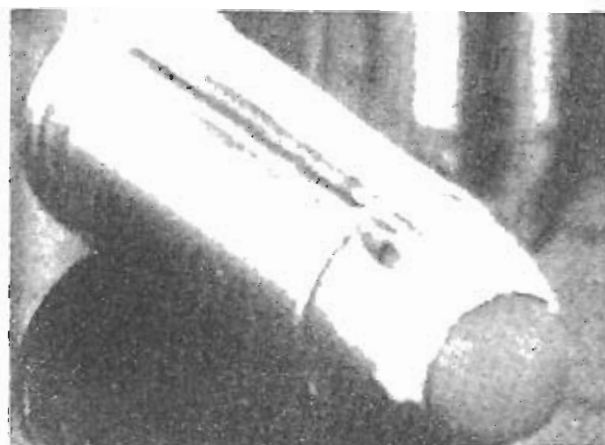
Un proyectil denominado como *Starfire* corresponde a un desarrollo de la compañía PMC/El Dorado, quien lo anuncia como la nueva frontera en tecnología de proyectiles para uso de fuerzas de la ley, defensa domestica y cacería. El *Starfire* presenta en su hueco un grupo de cinco costillas estiradas y afiladas que dan la apariencia de una estrella, y según el fabricante, con esta bala se obtienen excelentes cualidades en cuanto a su poder de detención, pues ofrece una combinación ideal de penetración profunda y una rápida expansión, hasta el doble de su diámetro original y, virtualmente sin ninguna pérdida de masa, además, de que las costillas del proyectil proveen de una distribución proporcional en todas sus partes, mejorando sus características aerodinámicas con trayectorias rasantes y de precisión superior.

Otro producto muy interesante, es el introducido por la compañía Glaser Safety Slug Inc., con un proyectil difundido como *Safety Slug*, que consiste en una camisa de cobre con un núcleo comprimido, conteniendo en su interior una gran cantidad de pequeñas municiones de plomo, y cerrado en su punta con una cubierta de plástico. Este se presenta en dos variantes, los de punta azul, con municiones del tamaño 12 que minimizan los efectos de rebote de la carga, y los de punta plateada, con municiones del tamaño 6 que maximizan los efectos de la penetración.

A decir del propio fabricante, se trata de una munición de alto rendimiento que proporciona una superior penetración en objetivos inanimados sólidos, evitando su rompimiento, y en cuerpos animados proporciona un máximo poder de detención, que sobrepasa $3\frac{1}{2}$ veces más al mejor proyectil de punta hueca de su mismo calibre. Es de considerar la conveniencia que durante los efectos de la penetración resulta en una fragmentación de 330 subproyectiles para el calibre .38, asegurando con ello la completa transferencia de la energía en el objetivo afectado, en consecuencia, una instantánea y completa incapacitación. Su diseño balístico provee de un máximo alcance efectivo y un alto grado de precisión, además de que se garantiza su conveniente abastecimiento en las recámaras de todo tipo de armas semiautomáticas y automáticas.



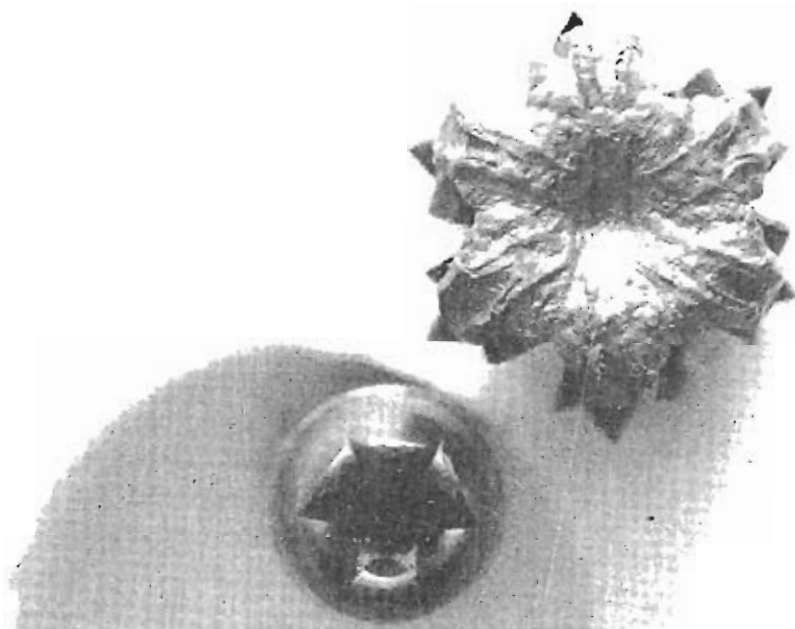
Proyectil Starfire



Proyectil Safety Slug

Los Safety Slug se fabrican para armas cortas en los calibres nominales; .25 Auto, .32 Auto, .380 Auto, 9 mm Parabellum, .38 Super, .38 Especial, .357 Magnum, .40 S&W, 10 mm Auto, .44 Especial, .44 Rem Magnum, .45 Auto, .45 Colt, y para armas largas en los calibres; .223 Rem, 7.62 x 39 mm, .308 Win y .30-06 Springfield.

Un proyectil que actualmente se encuentra en desuso por cuestiones legales en los Estados Unidos, corresponde al denominado como *Black Talon*, que fuera introducido por la Winchester, que se presenta como una bala encamisada de punta hueca, recubierta con un pavón oscuro, donde el engarce de la camisa en el interior del orificio, se observa en forma de picos doblados hacia adentro, como una especie de gajos terminados en punta, y que después de haberse provocado la expansión controlada, estos filosos picos de abren dando el aspecto de garras de ave depredadora. Los *Black Talon*, a la vez que son expansivos, también se consideran de penetración profunda, por lo cual los efectos destructivos son realmente considerables.



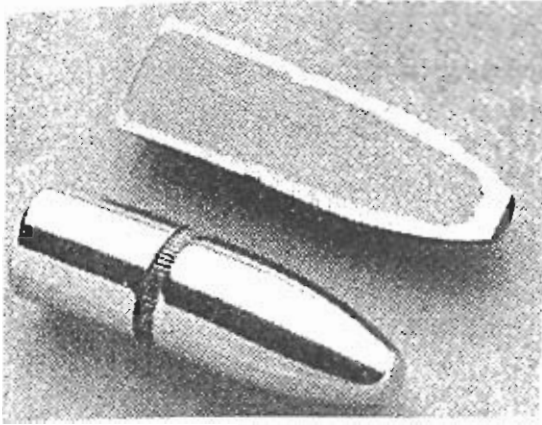
Cartucho con proyectil *Black Talon*

Proyectiles para armas largas

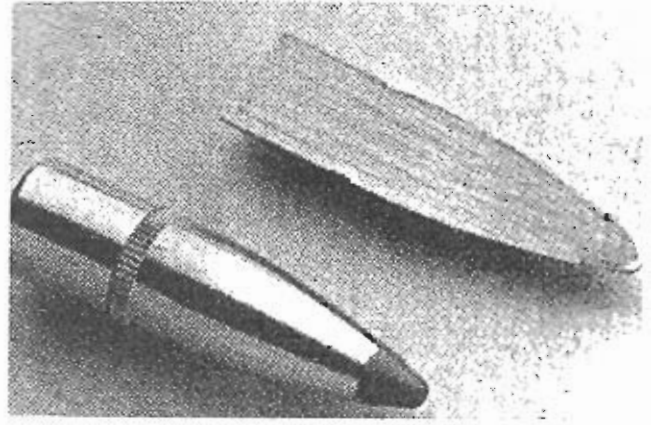
Dentro de las actividades civiles, con respecto al uso de armas largas, destaca el tiro de competición y la cacería menor, mediana y mayor, involucrando también el de procedimientos táctico policiacos, existiendo para ello una gran variedad de proyectiles de aplicación determinada.

Contrariamente sucede en el ambiente militar, donde se requieren municiones específicas para propósitos bélicos, que se ajusten a ciertos lineamientos estipulados en tratados internacionales, pero aun así, también se cuenta con una diversidad de tipos de proyectiles.

En los países donde se presentan pocas o nulas restricciones en la venta de cartuchos para los civiles, se puede conseguir munición con variados proyectiles de los principales fabricantes en el mundo. De estas balas destacan; las blindadas, las de punta blanda y las de punta hueca, muchas de las cuales tienen décadas de presencia en el ambiente, y que aún se siguen fabricando por sus sobresalientes cualidades de rendimiento, y otros más de reciente introducción que optimizan su balística de efectos.



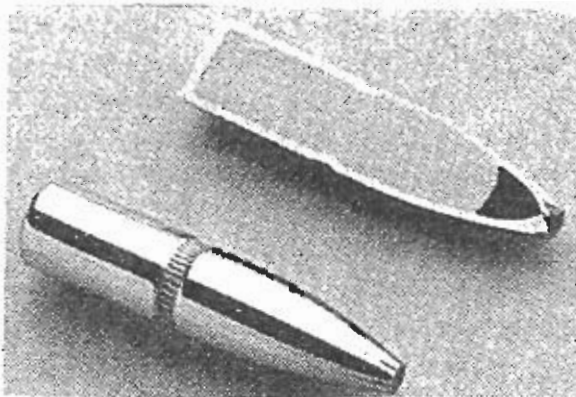
Proyectil encamisado



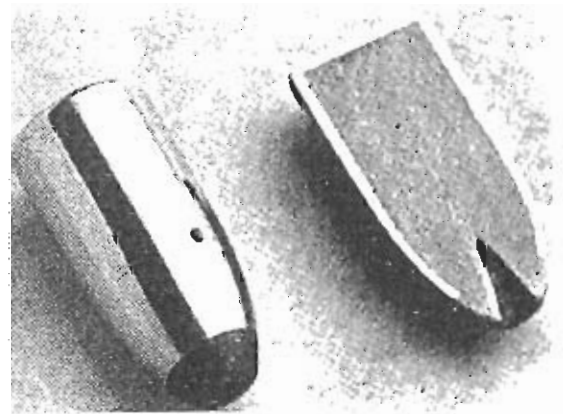
Proyectil de punta blanda

Los convencionales proyectiles encamisados, ofrecen mayor penetración tratando de evitar una excesiva deformación, son ideales donde se requiere perforar estructuras duras. Por su parte, las balas de punta blanda se encuentran diseñadas para asegurar una expansión rápida y uniforme, ofreciendo mayor poder de detención sobre piezas de caza, observando varios términos en ingles que se les aplican a estos, como; Soft Point, Power Point, Soft Point Round Nose, Soft Point Flat Nouse, etc., dependiente esto del fabricante y sobre todo de la forma de la punta de las balas.

Las balas de *punta hueca*, en calibres pequeños de alta velocidad, ofrecen una expansión rápida, y en los proyectiles de mayor diámetro y con menor velocidad, brindan una expansión acelerada pero controlada, aumentando con ello su poder sobre objetivos animados. Regularmente estos proyectiles presentan una punta muy aguda, y el orificio se observa de reducidas dimensiones, también se encuentran balas con combinaciones, que constan de un encamisado parcial, una porción de plomo expuesto y punta hueca. Los que particularmente se encuentran en cartuchos de alcance medio, como en los calibres nominales .30 M1 (carabina) y .44 Rem Magnum empleados en rifles.



Proyectil de punta hueca

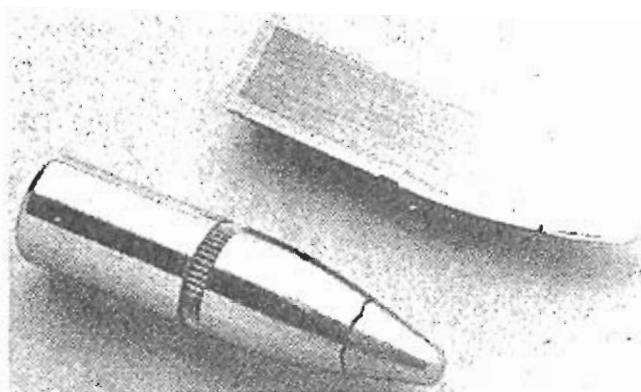


Proyectil de nariz blanda y punta hueca

La compañía Winchester, cuenta con el proyectil *Silvertip* para armas largas, con una antigüedad de 50 años en el ambiente. Su diseño esta constituido por una punta de aluminio de aleación especial, un núcleo de plomo y una camisa parcial de cobre. La idea fue crear un proyectil que garantizará poder de penetración y una expansión efectiva, a su vez, la protección de aluminio asegura la adecuada alimentación de los cartuchos del cargador hacia la recámara del cañón.

Otro cartucho más de Winchester, es el denominado *Fail Safe*, el que cuenta con un diseño amparado por seis patentes diferentes, cuya bala presenta una punta hueca ranurada y una camisa sólida de aleación de cobre, con un reducido núcleo de plomo cubierto con una envuelta de acero, y sellado en su base por un disco de latón. Esta configuración especial ofrece una expansión óptima y un poder de impacto controlado, reteniendo su peso hasta en un 100%. Cada Fail Safe es terminado con una cubierta de Lubalox, substancia que reduce la fricción en el rayado de los cañones, al igual que disminuye la presión en la recámara de los mismos.

En estos cartuchos se emplean casquillos de latón niquelado que resisten mejor los efectos corrosivos, además de que mejoran el abastecimiento de los cartuchos en el arma. Esta munición es fabricada para los calibres nominales .270 Win, .280 Rem, 7 mm Rem Magnum, .30-06 Springfield, .300 Win Magnum, .308 Win y .338 Win Magnum.



Proyectil Silvertip



Proyectil Fail Safe

La compañía Nosler fabrica una bala denominada *Nosler Ballistic Tip*, que en el hueco de la punta tiene incrustado un aditamento puntiagudo de policarbonato, proporcionando al proyectil una forma aerodinámica muy conveniente durante su trayectoria en el aire. Tal aditamento tiene la función de desprenderse en los instantes de la penetración, produciendo una rápida y completa expansión, incrementando así su poder de embate, siendo ideal para la caza de piezas pequeñas y medianas. Las puntas de policarbonato de las balas se presentan en diferentes colores para facilitar la identificación de los calibres.

Punta *naranja* identifica a los proyectiles del calibre 22/.223"
Punta *morada*, calibres 6 mm/.242"
Punta *azul*, calibres 25/.257"
Punta *café*, calibres 6.5 mm/.264"
Punta *amarilla*, calibres 270/.27"
Punta *roja*, calibres 7 mm/.284"
Punta *verde*, calibres 30/.308"
Punta *marrón*, calibres 338/.338"



Vista interna del proyectil Ballistic Tip



Vista interna del proyectil Nosler Partition

La misma compañía Nosler, tiene otra bala versátil designada *Nosler Partition*, muy conveniente para la cacería mediana y mayor, su configuración en forma de *H* le proporciona una fuerte resistencia al impacto en distancias cortas, y una expansión confiable en extremas distancias. Se encuentra constituida por un núcleo de plomo separados en dos secciones, esto por medio de una división de cobre que conforma a la misma camisa del proyectil y, durante los efectos de la penetración provoca que la sección delantera se expanda y que la sección posterior tienda a permanecer sin deformación alguna.

Un diseño muchas veces incluido en los proyectiles de alta velocidad, es el conocido como *Boat Tail* (cola de bote), que se observa en forma de cono truncado en su parte posterior, conformación aerodinámica que incrementa la estabilidad del proyectil durante su trayectoria en el espacio, ocasionando que las capas de aire se desplacen por los costados de la estructura cilíndrica del proyectil, reduciendo su estela al final del mismo, de tal forma, que el menor diámetro posterior reduce la excesiva turbulencia que se caracteriza en los proyectiles de alta velocidad.

Un cartucho muy interesante es el denominado *Accelerator* (acelerador), fabricado por la compañía Remington, consta de un proyectil de peso ligero, encamisado de cobre y de punta blanda, con un diámetro menor al calibre del proyectil estándar que los cartuchos contienen. La bala se encuentra montada en una funda de plástico rígido de color beige, la que presenta el calibre adecuada del cañón arma, y que se ensambla al cuello del cartucho.

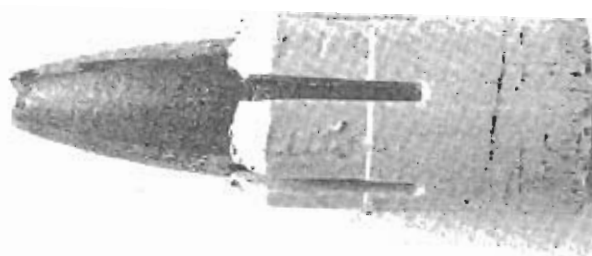
El cometido de la funda es el de obtener la correspondiente rotación impartida por el rayado del cañón y que se transmite al proyectil durante su trayectoria. Entonces, la funda tenderá a desprenderse de la bala y, por ser esta más ligera, incrementará su velocidad inicial en comparación con los proyectiles convencionales del mismo calibre nominal. Siendo lógico el considerar que el proyectil carecerá de las marcas características impresas por el rayado del arma.

Los *Accelerator* son fabricados en los calibres nominales; .30-30 Win, .308 Win y .30-06 Springfield, todos ellos con proyectiles de 55 granos de peso. Una tabla comparativa, de la compañía Remington, con relación a las velocidades iniciales de los proyectiles a continuación se muestra.

<i>Calibre nominal</i>	<i>Peso del proyectil</i>	<i>Estilo del proyectil</i>	<i>Velocidad inicial</i>
.30-30 Win (Accelerator)	55 Granos	Punta Blanda	3400 pies/segundo
.30-30 Win	50 Granos	Punta Blanda	2390 pies/segundo
.308 Win (Accelerator)	55 Granos	Punta Blanda	3770 pies/segundo
.308 Win	150 Granos	Punta Blanda	2820 pies/segundo
.30-06 Sprg. (Accelerator)	55 Granos	Punta Blanda	4080 pies/segundo
.30-06 Sprg.	150 Granos	Punta Blanda	2010 pies/segundo



Proyectil Boat Tatl (cola de bote)



Proyectil Accelerator

Proyectiles perforantes

Los perforantes generalmente se emplean en acciones militares y en procedimientos táctico policiacos, con los que se obtiene el suficiente poder de penetración sobre ciertas estructuras blindadas. En conflictos bélicos de principios del siglo XX, se emplearon proyectiles con camisa de acero, pero el excesivo desgaste que provocaban en el rayado de los cañones motivaron que fueran prácticamente desechados, por lo que se tomó la iniciativa de fabricar las balas encamisadas de cobre, o de una aleación de cuproniquel, que producen menor desgaste en las estrías, sustituyendo el núcleo de plomo por uno de acero.

De este modo se aseguraba que las camisas de un metal más blando no dañará demasiado el ánima de los cañones, y que al impactarse estos, la camisa se desprendería y el núcleo de acero actuaría como perforador, utilizados convenientemente sobre estructuras metálicas de vehículos convencionales, o de accesorios de protección personal, donde los estragos suelen ser muy visibles.

Otros proyectiles de este tipo, cuentan únicamente con un cono sólido de acero en la punta, que los provee del elemento perforante, y el resto de la bala se conforma por un núcleo de plomo y un encamisado de cobre, tal es el caso de los cartuchos de la "FNB" de Bélgica, que se identifican por el color verde de la punta.

Proyectiles trazadores

Estas balas fueron empleadas durante la Primera Guerra Mundial, obtienen el nombre en función de su desempeño, que consiste en trazar la trayectoria del proyectil mediante una luz o estela de humo. Se utilizan para fines tácticos militares, donde se desea detectar y corregir la dirección de los siguientes disparos que se requieren efectuar sobre un determinado objetivo. La longitud de estos proyectiles es un tanto más larga que en las balas convencionales, se conforman por un núcleo de plomo encamisado, y en su parte posterior (por atrás del núcleo) se aloja la sustancia trazadora, que ordinariamente es fósforo. Algunas veces, se le añade algún colorante para aumentar la visibilidad de la estela de luz o de humo.

La reacción se suscita durante el proceso del disparo, cuando la presión generada por la deflagración de la pólvora impulsa al proyectil a largo del cañón, y las altas temperaturas incendian el material trazador, saliendo así el proyectil por la boca del cañón del arma. Para la identificación de estos cartuchos, la punta de las balas se entinta en colores rojo o verde (dependiendo del país), para no ser confundidos con la munición estándar, aún cuando sea del mismo calibre.

Proyectiles incendiarios

Las balas de este tipo son de uso táctico militar, y su función es la de provocar incendios de los materiales inflamables relacionados con un objetivo. Su estructura exterior es tan normal como los proyectiles convencionales, se conforman por un núcleo de plomo o de acero encamisado, la diferencia se presenta en la punta, donde se aloja la sustancia incendiaria, comúnmente fósforo blanco. Cuando el proyectil impacta provoca que la camisa se desprenda, permitiendo a la sustancia hacer contacto con el aire y en consecuencia incendiarse.

Otro sistema consiste en depositar la mezcla incendiaria en la parte posterior del proyectil, cerrando su base con un disco del mismo metal que conforma el encamisado, donde la reacción se efectúa durante el desplazamiento de la bala en el interior del cañón, interviniendo la fricción generada por las paredes del ánima, así como la temperatura de la combustión del propelente, que obliga al proyectil a desprenderse de su sello y, al encontrarse este en contacto con el aire se produzca la ignición. Así, el proyectil se convierte en una pequeña antorcha en vuelo hasta hacer contacto con el objetivo y producir los daños deseados. Para la identificación de estas balas se emplean los colores Naranja, Azul o Plateado, de acuerdo al país de origen.

Proyectiles explosivos

Las balas de este tipo son de diseño antiguo, que en un principio se utilizaban para fines de caza mediana y mayor, habiéndolas de dos tipos; uno patentado con el nombre de *Norton*, en honor de su inventor, y que consiste en un cuerpo cilíndrico de latón que contiene el material explosivo, ordinariamente fulminato de mercurio mezclado con clorato de potasio y envuelto por plomo. Los efectos explosivos se producían por consecuencia del impacto sobre el objetivo, similares a los resultados que se ocasionan al percutir el pistón de un cartucho, requiriendo que el impacto fuera violento sobre la pieza a inutilizar.

El otro tipo de proyectil fue patentado por Gardiner, que incluía una mecha iniciadora de la carga explosiva, misma que se incendiaba por efectos de la combustión de la pólvora, y de acuerdo a la distancia a la que se encontraba la pieza se consideraba la longitud de la mecha. Tales características ofrecían bastantes deficiencias, pues en ocasiones no explotaban en las circunstancias deseadas. Actualmente, los proyectiles explosivos cuentan con una espoleta que funciona por tiempo o por contacto con el blanco, haciéndolos mucho más útiles y seguros.

Para finalizar este apartado de información general, se reseñará el origen de algunos de los principales cartuchos de fuego anular y central para armas cortas, con la intención de mostrar al lector la antigüedad y características particulares de estos.

Cartucho de fuego anular .22 Short (corto)



El .22 Corto fue introducido por la compañía Smith & Wesson, y tal vez sea el cartucho metálico más antiguo de América, destinado para uso defensivo. Inicialmente estaba constituido con un proyectil de 29 granos de peso, con una carga fina de pólvora negra de 4 granos.

Este cartucho esta basado en el inventado por Nicolás Flobert, en 1845, que originalmente carecía de pólvora y cuya bala se disparaba utilizando únicamente la presión generada por la explosión de su mezcla fulminante. En 1930, se fabricó el primer cartucho .22 Corto con carga de pólvora sin humo, que incrementaba sustancialmente la velocidad inicial del proyectil.

Pese al reducido diámetro (5.56 mm), la bala es capaz de provocar heridas graves en seres humanos. El cartucho también es utilizado para tiro olímpico en la modalidad de pistola de velocidad, donde se requiere la menor elevación posible del arma para efectuar los disparos sobre cinco blancos diferentes, esto en breves lapsos de tiempo (8, 6 y 4 segundos).

Cartucho de fuego anular .22 Long (largo)

Este corresponde a una categoría intermedia entre los cartuchos del calibre .22 Short y el .22 Long Rifle, e inclusive es confundido con el último. La diferencia consiste en el peso del proyectil, pues el .22 Largo emplea una bala de plomo de 29 granos de peso y de reducido tamaño. Esta de munición prácticamente se encuentra en extinción, aunque su aparición se remonta años antes que el referido calibre .22 Long Rifle.

Cartucho de fuego anular .22 Long Rifle (largo rifle)



Este fue desarrollado por la compañía de armas y herramientas *J. Stevens*, introducido en 1887. El cartucho .22 Long Rifle emplea el mismo casquillo que el calibre .22 Long. La diferencia consiste en que el .22 L.R. utiliza un proyectil más pesado (40 granos), y originalmente se cargaba con 5 granos de pólvora negra, pero en la actualidad se fabrica con pólvora sin humo.

El .22 L.R. es uno de los cartuchos más difundidos en todo el mundo, considerando sus cualidades balísticas y bajo precio. Se dice que no importan los años que pasen, mientras las armas de fuego sigan siendo de la misma manera, los cartuchos .22 Long Rifle permanecerán en los primeros lugares en la aceptación de numerosos usuarios de armas de fuego.

Los proyectiles .22 Long Rifle, provocan en muchos de los casos la muerte obligada, puesto que los individuos que son heridos con este calibre sobreviven después de atención médica durante algún tiempo si dificultad aparente, no obstante, mueren súbitamente, debido a que en las cirugías efectuadas es prácticamente imposible explorar, limpiar y saturar todas las pequeñas heridas que ocasiona este proyectil, relacionado este fenómeno a la velocidad inicial del proyectil situada en los 350 metros/segundo y, a su reducido peso, que al penetrar el cuerpo de una persona reduce drásticamente su desplazamiento, liberando la mayor parte de su energía cinética, posteriormente, su velocidad residual lo obliga a continuar con un patrón de trayecto sumamente irregular, dependiendo desde luego, de las características de los órganos perforados.

Cartucho de fuego anular .22 Win Magnum.



Este es el cartucho más potente de la familia de los .22 de fuego anular. Fue introducido por la compañía de armas y cartuchos Winchester en 1959, pero tuvo que transcurrir algún tiempo para que se comercializara el arma que habría de utilizarlo. Actualmente se cuenta con una gran variedad de armas que emplean este calibre.

En nuestro país, el .22 Magnum no es muy popular, e inclusive es motivo de sorpresa para algunas personas poco informadas. La característica que distingue al .22 Magnum es la longitud de su casquillo, el que contiene una mayor cantidad de pólvora, empleando proyectiles blindados que desarrollan velocidades iniciales aproximadas a los 610 metros/segundo. Teniendo un alcance eficaz a los 125 metros, siendo muy conveniente para la caza de piezas menores, pero también se dice que tiende a dañar en exceso las pieles de los animales.

Cartucho de fuego central .25 Auto (6.35 mm Browning)



El .25 Auto es considerado como el cartucho de fuego central más pequeño destinado para armas cortas. Fue introducido en 1906 por la Fabrica Nacional de Armas de Guerra de Bélgica, conocida por sus siglas FN, y fue diseñado para su pistola modelo Baby Browning, inventada por J. Moses Browning.

En los Estados Unidos y hacia 1908, se fabricó este calibre para la pistola Colt, modelo West Pocket, siendo ambas pistolas prácticamente iguales. La velocidad inicial del proyectil de 50 granos de peso es razonablemente alta, desarrollando una velocidad inicial aproximada a los 231 metros/segundo y, generando una energía de 10 kilogramos-metro. A pesar de ello, este calibre se compara desfavorablemente con las energías de los cartuchos del calibre .22 L.R., inclusive, los proyectiles del .22 Corto pueden ocasionar heridas más severas que los del .25 Auto.

Cartucho de fuego central .32 Auto (7.65 mm Browning)



El .32 Auto originalmente fue nominado como 7.65 mm Browning, desarrollado por el propio J. Moses Browning, e introducido en 1897 para la primera pistola semiautomática patentada por la F.N. (Fabrica Nacional de Armas de Guerra de Bélgica), la que fue comercializada en los Estados Unidos en 1899.

Varios autores argumentan que este calibre a sido él más popular en toda la historia de las armas de fuego. Donde casi todos los fabricantes de pistolas en el mundo, han manufacturado alguna vez armas para este calibre.

En Europa se le conoce únicamente como 7.65 mm, en México lo identificamos más como calibre .32 Auto. La munición de fabrica ordinariamente utiliza balas encamisadas de cobre, con un peso de 71 granos, que desarrollan velocidades iniciales alrededor de los 275 metros/segundo, generando energías aproximadas a los 17 kilogramos-metro. Considerado un calibre útil para defensa personal, pero que no tiene gran aplicación para empleo policiaco.

Cartucho de fuego central .380 ACP (9 mm Court Browning, Corto o Kurz)



Este cartucho también fue diseñado por el norteamericano John Moses Browning, siendo introducido en los Estados Unidos en 1908 y tomando la nominación de .380 Auto. Fue hasta 1910 que se introdujo en Europa, fabricado en Bélgica por la FN, y denominado como 9 mm Short, en Alemania se le conoce como 9 mm Kurz. Muchas naciones inicialmente lo adoptaron como reglamentario para sus fuerzas armadas.

Fue popular en muchas corporaciones policíacas en el mundo, considerando al .380 Auto muy controlable en su disparo y, cómodo por el tamaño y peso de las armas diseñadas para este calibre. Su poder de detención sobrepasa al calibre 7.65 mm (.32 Auto). Sin embargo, apenas alcanza a cubrir el mínimo de los requerimientos para uso policial.

La munición regularmente emplea proyectiles encamisados con un peso de 95 granos, desarrollando velocidades iniciales aproximadas a los 290 metros/segundo, con una energía de 26 kilogramos-metro. Algunos subfusiles y pistolas ametralladoras están recamaradas para el calibre .380 Auto, como la compacta, ligera y de gran cadencia de disparo Ingram M11, también conocida como Marietta.

Cartucho de fuego central 9 mm Luger o Parabellum



Este es, sin lugar a dudas, el cartucho más conocido en todo el mundo, orientado principalmente para uso militar y policíaco, empleado tanto en pistolas como en subfusiles. Fue introducido en 1902 para la pistola semiautomática Luger y adoptado en 1904 por la marina de Alemania. En 1908 se hizo reglamentario para el ejército de ese país. De este calibre surgió otra excelente pistola alemana, la muy renombrada Walther P-38.

El calibre 9 mm Luger alcanzó gran fama en Europa, que rápidamente se extendió en todo el mundo. No obstante, en los Estados Unidos no fue utilizado hasta 1954, cuando la compañía Smith & Wesson diseñó su primera pistola para este calibre. En la actualidad, es uno de los cartuchos para arma corta con mejores características de penetración y poder de detención.

Regularmente, la munición utiliza proyectiles blindados con un peso de 124 granos, alcanzando velocidades iniciales cercanas a los 350 metros/segundo, con una energía aproximada a los 47 kilogramos-metro. Debiendo mencionar que en el mercado existe una diversidad de estilos de proyectiles para este calibre.

Cartucho de fuego central .38 Super



El .38 Super fue introducido entre 1928 y 1929, el cual corresponde a una evolución del antiguo cartucho nominado como .38 ACP (Automatic Colt Pistol) que fuera concebido por la colaboración de Samuel Colt y John M. Browning y comercializado para la Pistola Colt modelo 1900. Es importante señalar que tanto el cartucho .38 ACP como el .38 Super son físicamente iguales, inclusive en el peso de sus proyectiles, la diferencia consiste en que este-

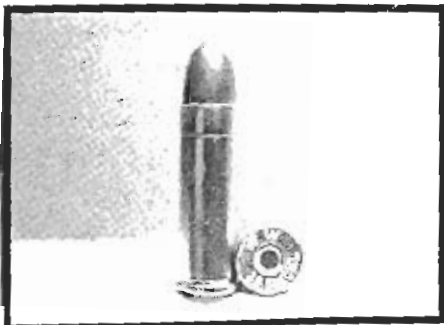
último genera presiones mucho mayores, esto debido a la mejora de su carga de proyección, en consecuencia resulta arriesgado utilizar el calibre .38 Super en las antiguas pistolas diseñadas para soportar las presiones del cartucho .38 ACP.

Este calibre ha sido bastante empleado en Estados Unidos y Canadá, y sobre todo en México, donde es muy aceptado desde hace bastantes años por sus convenientes prestaciones balísticas y, al parecer seguirá permaneciendo como el favorito de muchos tiradores y sobre todo de policías. A pesar de ello, el interés por el .38 Super es muy poco o casi nulo en otros países. Con excepción del fabricante norteamericano Colt y las compañías españolas Llama y Star, y de alguna que otra empresa, nadie más manufactura pistolas semiautomáticas para este calibre.

Considerando sus excelentes mecanismos, es difícil de entender por que el .38 Super ha tenido más que una ligera popularidad, donde la capacidad del bastidor es cerca del 20% mejor que las pistolas 9 mm Luger, permitiendo una resistencia significativamente mayor a presiones más altas, imprimiendo con ello una aumentada velocidad a los proyectiles, esto las hace una excelente elección para disparos a corta distancia, por su trayectoria rasante.

Algunas armas .38 Super se exceden en energía a la mejor pistola .45 Auto, haciendo de esta una buena elección para los cuerpos de seguridad, este calibre normalmente emplea proyectiles de 130 granos, en su estilo encamisado de cobre, desarrollando velocidades iniciales aproximadas a los 317 metros/segundo, generando energías cercanas a los 58 kilogramos-metro.

Cartucho de fuego central .38 Especial



Este cartucho fue diseñado por Daniel B. Wesson de la compañía de armas Smith & Wesson, e introducido en 1902, se puede afirmar que .38 Especial es el cartucho para revólver más utilizado desde siempre, también es considerado el cartucho mejor balanceado y de propósitos múltiples que se haya diseñado jamás, esto debido a su gran precisión y moderado retroceso, por lo cual es muy favorecido por muchos cuerpos policiacos en México y de -

muchas naciones, además de tiradores de precisión de todo el mundo.

Su casquillo es totalmente cilíndrico, y como todos los utilizados en revólveres cuenta con pestaña para fijarse en las recámaras del cilindro. Para el .38 Especial se encuentran en el mercado la mayor variedad de estilos de proyectiles, los hay de plomo, semiencaamisados, encamisados, de punta hueca, de nariz blanda, así como los destinados para el tiro al blanco, wadcutter y semiwadcutter (sacabocados).

Un proyectil .38 Especial con un peso de 158 granos, desarrolla una velocidad inicial alrededor de los 230 metros/segundo, generando una energía aproximada a los 52 kilogramos-metro. Actualmente se fabrican cartuchos de este calibre con cargas de pólvoras especiales y proyectiles livianos, consiguiendo características superiores de velocidad. En este caso, los cartuchos son marcados con un signo de + y una P (+P), que significa una mayor potencia en comparación con los cartuchos convencionales, por lo tanto, no es recomendable utilizar este tipo de munición en revólveres de diseño ligero.

Cartucho de fuego central .357 Magnum



Este poderoso cartucho para revolver fue diseñado por el Mayor Douglas B. Wesson, de la compañía Smith & Wesson, e introducido al mercado en 1935. Su casquillo es totalmente cilíndrico y con pestaña, sus medidas en cuanto al diámetro son iguales a las del calibre .38 Especial, con la excepción es que el casquillo del .357 Magnum presenta 3.43 mm de mayor longitud, en consecuencia no podrá ser utilizado en los revólveres convencionales para

el calibre .38 Especial. En forma contraria los revólveres .357 Magnum si pueden utilizar la munición del .38 Especial. Muchos Revólveres en el mundo son fabricados en la actualidad para utilizar este calibre, siendo muy apropiado para el trabajo policiaco, pero su manejo requiere de mayor entrenamiento para que el usuario se encuentre en condiciones de dispararlo con efectividad.

Su empleo en áreas urbanas puede representar un gran riesgo, considerando su alto poder penetrante, por lo cual, para los cuerpos de seguridad se recomienda usar balas de punta blanda o hueca. En la actualidad el .357 Magnum es empleado en carabinas de acción de palanca, orientadas a la caza de piezas pequeñas y medianas, o en pistolas semiautomáticas que se encuentran recamaradas de origen para este calibre, tal es el caso de la Desert Eagle (Aguila del Desierto), fabricada por la Industria Militar Israelí.

Los proyectiles del .357 Magnum con un peso de 158 Granos, desarrollan velocidades iniciales aproximadas a los 376 metros/segundo, generando energías de 73 kilogramos-metro. Durante la guerra de Corea, se pudo observar que este calibre perforaba algunos tipos de blindaje personal ligero utilizado por las fuerzas armadas de Corea del Norte.

Cartucho de fuego central 10 mm Auto



Este fue desarrollado al inicio de la década de 1980 por los técnicos Dornaus y Dixon y, concebido para la pistola Bren Ten, que a su vez se encuentra basada en el diseño de la pistola Checoslovaca CZ-75 del calibre 9 mm Parabellum, que en su época fue muy codiciada por los conocedores en los Estados Unidos. La referida pistola Bren Ten tuvo una producción muy limitada y pronto desapareció del mercado, siendo en la actualidad una pieza de colección.

Por su parte, la compañía de armas Colt retomó la idea del calibre 10 mm Auto iniciando la tarea de fabricar y lanzar al mercado una variedad de pistolas de la categoría Delta Elite. El cartucho 10 mm Auto, pretende obtener dos características particulares de los calibres más aceptados en el mundo; el poder de penetración del 9 mm Parabellum y la potencia de impacto del .45 Auto, objetivo que fue logrado adecuadamente, el único inconveniente se presenta por el fuerte proceso que produce el 10 mm. Por lo que las pistolas para este calibre, cuentan con correderas más robustas y pesadas, además de que se recomienda un amplio programa de entrenamiento para los usuarios del arma.

La munición ordinaria del 10 mm Auto, se constituye por un proyectil blindado de 180 granos (11.56 gramos), que desarrolla una velocidad inicial alrededor de los 408 metros/segundo, generando una energía de 90 kilogramos-metro, proporcionando una gran potencia y excelentes dotes balísticas muy superiores a los añejos calibres 9 mm Parabellum y .45 Auto. Hoy en día se encuentran en el mercado pistolas manufacturadas por otras compañías de renombre, tales como Smith & Wesson, Glock y Star. Como un dato interesante, se conoce que la agencia norteamericana del F.B.I. después de haber realizado un concienzudo estudio de diverso calibres, se inclinó en favor de las pistolas 10 mm Auto para asignarlas a sus agentes especiales, en sustitución de los anticuados revólveres .38 Especial con cañones de 2 y 4 pulgadas de longitud.

Cartucho de fuego central .40 S&W



Este calibre fue introducido por la compañía de armas Smith & Wesson a finales de la década de 1980, para su nueva pistola de la serie 4006. El cartucho fue desarrollado en conjunto con la empresa Olin que forma parte de la compañía Winchester. El cartucho .40 S&W es muy similar al calibre 10 mm Auto, puesto que el diámetro de ambos proyectiles es el mismo (.400"), la diferencia consiste en una menor longitud del casquillo .40 S&W.

Esta característica hace de las pistolas .40 S&W menos potentes, pero más controlables en comparación con el 10 mm. Los proyectiles del .40 S&W, de 180 granos, desarrollan velocidades iniciales aproximadas a los 301 metros/segundo, generando una energía de 59 kilogramos-metro. En la nueva era de las armas, cortas se observa que los calibres de 10 mm tienden a desplazar a los vetustos 9 mm y .45, dado que esta nueva generación presenta mejores características de rendimiento, que combinan poder de penetración y detención, siendo muy convenientes para las corporaciones policíacas.

Cartucho de fuego central .41 Rem. Magnum



Este cartucho, aun cuando no es muy conocido en nuestro país, tiene una antigua presencia en el mercado de las armas de fuego, fue desarrollado por Elmer Keith e introducido en 1964, habiendo una buena cantidad de revólveres manufacturados para este calibre. Para muchos conocedores de armas, el cartucho .41 Rem. Magnum es considerado como un calibre intermedio entre el .357 Magnum y el .44 Magnum, esto en cuanto a su poder de --

detención. Considerándolo un excelente cartucho para la caza de piezas intermedias y, eventualmente puede ser utilizado por cuerpos de seguridad, donde se deben someter a un entrenamiento estricto para encontrarse en condiciones de controlar el fuerte retroceso de las armas de este calibre. La munición del .41 Rem. Magnum, con balas de plomo de 210 granos, desarrollan una velocidad inicial alrededor de los 294 metros/segundo, generando una energía de 60 kilogramos-metro.

Cartucho de fuego central .44 S&W Especial



Este cartucho se introdujo en 1907, conteniendo la nueva pólvora sin humo, considerado como un cartucho para revólver con buenas características de precisión, aunque ya se encuentra una tanto obsoleto en el mercado, pues sus proyectiles no son tan poderosos como otras balas de similar calibre. La munición de fabrica emplea balas estándar de plomo, con un peso de 246 granos, que desarrollan una velocidad inicial alrededor de 230 mt/seg. --

con una energía aproximada a los 43 kilogramos-metro.

La única arma calibre .44 S&W Especial, destinada para uso policiaco, es un revólver con cilindro para cinco cartuchos, y con cañón de 3 pulgadas de longitud, manufacturado por la compañía Charter Arms, misma que no garantiza el rendimiento del arma si se utilizan cartuchos recargados.

Cartucho de fuego central .44 Rem Magnum



Este calibre fue diseñado por la compañía Smith & Wesson e introducido en 1955, actualmente puede considerarse como el cartucho para revólver más poderoso en el mundo, pero a su vez, él más difícil de utilizar con efectividad, teniendo muy poca aplicación para el uso policiaco. Sin embargo, es muy conveniente y eficaz en carabinas orientadas a la caza de piezas grandes. Encontrándose también pistolas para el calibre .44 Rem Magnum, como la

segunda versión de la Aguila del Desierto, fabricada por la IMI. Los proyectiles del calibre .44 Rem Magnum, de 240 granos de peso, desarrollan velocidades iniciales de 360 metros/segundo, con una energía de 102 kilogramos-metro.

Cartucho de fuego central .45 ACP (Auto)



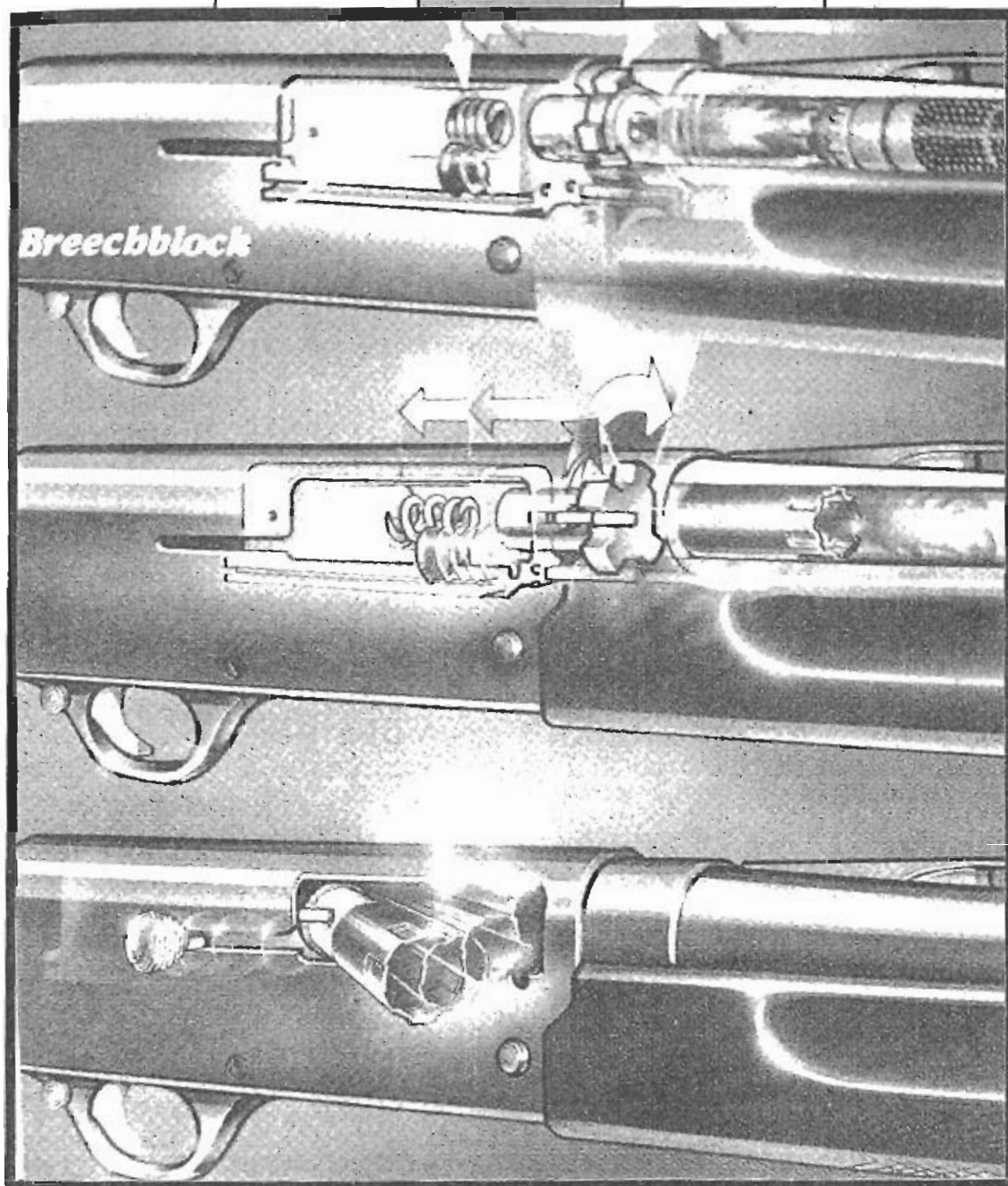
Este calibre fue un desarrollo más del genial inventor de armas John M. Browning, conocido también como .45 ACP (Automatic Colt Pistol), introducido en 1905 y destinado a la famosa pistola semiautomática Colt modelo 1911, que fueron adoptadas como reglamentarias por las fuerzas armadas de los Estados Unidos. Desde la aparición del .45 Auto además de las pistolas Colt se han fabricado infinidad de armas para este calibre.

También el .45 ACP es aun utilizado en subametralladoras, como la legendaria Thompson con su cargador circular, que se hizo bastante popular entre los gansters y muy temida por las poblaciones de Chicago y Nueva York en la década de 1920, la que posteriormente fue empleada por el ejército americano durante la segunda guerra mundial con un cargador alargado.

Este fue el cartucho militar más probado en todos los campos de batalla en el mundo, teniendo una potencia de sobra para uso policiaco, siendo indudable la efectividad del .45 Auto para anular con un solo impacto a un oponente, y ese valor está muy vigente en la actualidad. Es evidente que este cartucho ya no tiene cabida en los subfusiles, pero en cambio en las pistolas semiautomáticas siempre se mantendrá como el preferido, inclusive en México se observa gran predilección por el mismo.

Los cartuchos de fabrica utilizan ordinariamente proyectiles blindados de 230 granos, que desarrollan velocidades iniciales aproximadas a los 259 metros/segundo, con una energía de 51 kilogramos-metro, habiendo además una buena variedad de balas para este calibre. La decadencia o desaparición del .45 Auto, se presentaría únicamente si se llegase a eliminar todas las armas cortas o ejércitos del mundo, de este calibre se puede decir con absoluta certeza que es un veterano de mil batallas, con más de 90 años de historia y tradición.

2. *BALISTICA INTERIOR*



La balística interior se define como la rama que estudia la forma en que la energía en reposo contenida en el propelente se libera y, se convierte en energía cinética de un proyectil. Existen tres pasos en el proceso de la conversión de la energía y, que ocurren dentro del cañón:

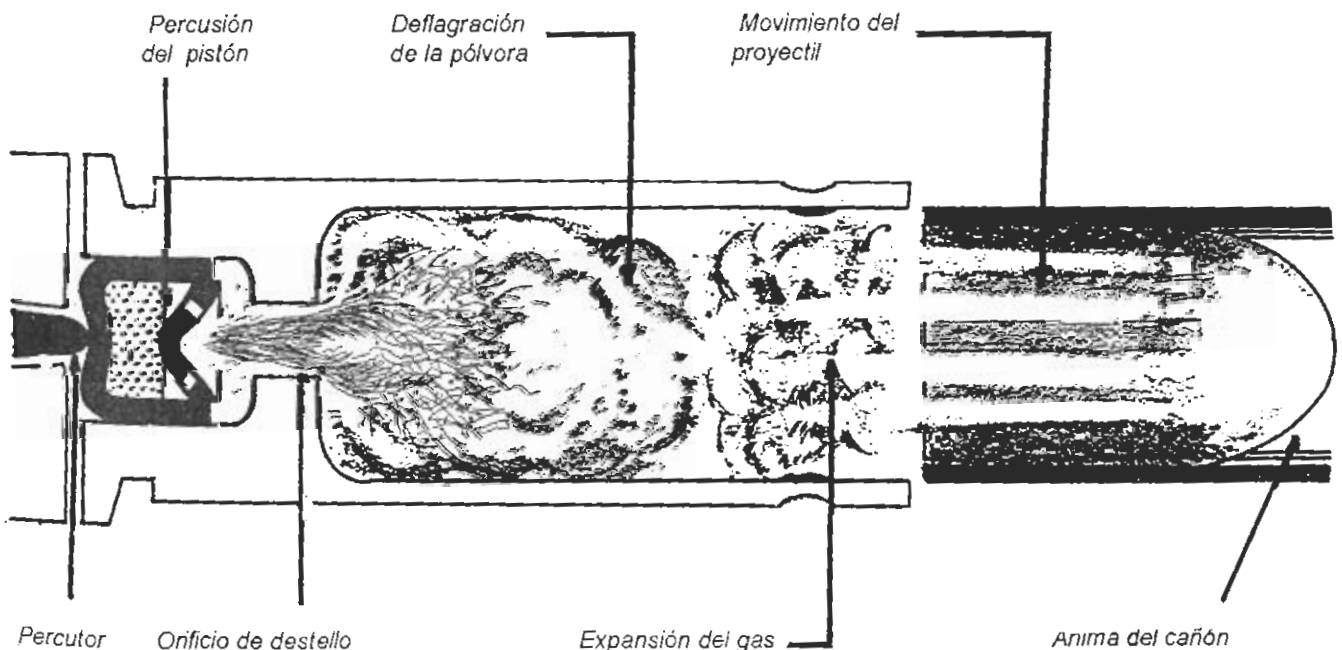
- a) La pólvora se descompone y forma productos gaseosos, al mismo tiempo se libera gran cantidad de calor por la combustión del propelente.
- b) Las grandes cantidades de calor originan altas presiones en la recámara del arma, obligando a la bala a desprenderse del casquillo iniciando su movimiento.
- c) La acción provocada por la presión de los gases empuja al proyectil en la dirección de menor resistencia, esto es, hacia la salida de la boca del cañón y, la reacción se traduce en el retroceso del arma.

El primer paso es un fenómeno químico, el segundo es térmico - dinámico, y el tercero es físico. Por tal motivo se le confiere el término de *arma de fuego* a los artefactos que emplean la combustión de la pólvora para propulsar balas. Entonces, la balística interior atiende los factores químicos y físicos que intervienen para que el proyectil sea expulsado del arma con inusitada velocidad, para así cumplir con su cometido (tanto armas como cartuchos), por lo tanto, esta disciplina no se orienta como algunas veces se cree, al estudio exclusivo de los aspectos mecánicos de las armas, aun cuando los referidos fenómenos se suscitan dentro de las mismas.

Cuando se efectúa un disparo con una pistola semiautomática, se presentan varios procesos que describen las diferentes fases que ocurren en fracciones de segundo en el interior del arma, y que se tratarán de explicar de la siguiente manera:

1. *Percusión.* Cuando el cartucho se encuentra alojado en la recámara del arma y, encontrándose herméticamente cerrada por la corredera, el usuario ejerce suficiente presión sobre el llamador para que sean liberados los mecanismos de percusión. En su caso, se abate el martillo, que a su vez impulsa al percutor que incide sobre el pistón que contiene la mezcla fulminante.
2. *Iniciación del pistón.* La mezcla fulminante reacciona al aplastarse el recipiente que la contiene, produciendo la llamarada que se transfiere a través del orificio de destello al interior del cartucho.
3. *Combustión del propelente.* Consiste en el quemado relativamente paulatino de los granos de la pólvora, donde la rapidez depende la forma y tamaño de los mismos, originando un incremento progresivo de la presión y un aumento en el volumen de los gases.
4. *Movimiento del proyectil.* En forma instantánea la presión de los gases produce una dilatación del casquillo, ocupando todo el espacio disponible de la recámara del cañón, al mismo tiempo, el proyectil se desprende del casquillo iniciando su movimiento frontal para ingresar al ánima del cañón.

5. *Ocupación del rayado.* El impulso obliga al proyectil a incrustarse en el rayado del cañón, cuyos campos se presentan en relieve y que tienden a frenar por fricción el desplazamiento de la bala, sin embargo, el aumento progresivo de la presión produce el impulso necesario para incrementar su velocidad, al mismo tiempo, se inicia la rotación obligada por la forma helicoidal del estriado del ánima. La presión también afecta la parte posterior del casquillo, que hasta esos momentos se encuentra obturado por el bloque de la corredera.
6. *Velocidad del proyectil.* Al vencer su propia inercia por los incesantes efectos de la presión, el proyectil incrementa su aceleración, donde algunos granos de pólvora siguen en su proceso de combustión, generando más presión que contribuye a impulso de la bala hasta su salida por la boca del cañón.
7. *Desalojo del proyectil.* Los gases iniciales pasan por delante del proyectil y salen primero del cañón, este fenómeno es conocido como *viento balístico*, que a su vez crea una depresión en la atmósfera por delante del arma, facilitando la entrada del proyectil en el espacio libre, que al seguir impulsado por los gases obtiene un incremento de su aceleración alcanzado su máxima velocidad. De esta manera el proyectil y los gases tienden a romper la barrera del sonido (dependiendo de la potencia del cartucho), escuchándose el estruendo característico de las armas de fuego. Los restantes granos de pólvora, que aun se siguen quemando, producen el clásico fogonazo que acompaña a la descarga.
8. *Expulsión del casquillo.* Después que el proyectil abandona el cañón los gases se liberan en la atmósfera, disminuyendo drásticamente la presión en el interior del arma y, el empuje posterior de los gases remanentes obligan al carro a iniciar su apertura. A su vez, el casquillo aun alojado en la recámara tiende a recuperar su forma original para facilitar su remoción, donde la uña extractora incrustada en el surco del casquillo lo desplaza hacia afuera y un segundo mecanismo, conocido como expulsor, golpea sobre el culote para botarlo por la ventana del arma.



Percusión de un cartucho de fuego central

El tiempo que transcurre para tales acciones se demuestra en un estudio especial, donde fuera empleada una pistola semiautomática del calibre .45 Auto, con un cañón de 4 pulgadas de longitud de seis estrías con orientación dextrógira, con 1 vuelta en 16 pulgadas, y un relieve de campos de .004 pulgadas de profundidad, disparando un cartucho con 5 granos de pólvora HP38, con proyectil blindado de 230 granos. Los resultados fueron los siguientes:

- Desde que se presiona el disparador y hasta que el martillo se desploma, el tiempo que transcurre es de .0001135 de segundo.
- Se produce la percusión del pistón y se inicia la deflagración del propelente, presentándose el viento balístico que precede al proyectil. Pasando un tiempo de .0004542 de segundo.



Presencia del viento balístico

- La presión se incrementa rápidamente hasta llegar a las 20,000 psi (libras por pulgada cuadrada), suficiente para vencer la inercia del proyectil, ocasionando que este sea expulsado del cañón con una rotación de 36,000 r.p.m. (revoluciones por minuto). Esto transcurre en un tiempo de .0009084 de segundo.
- El proyectil después de haber abandonado el arma y a una distancia de cinco pulgadas de la boca del cañón alcanza una velocidad aproximada a los 895 pies/segundo (272 metros/segundo), generando una energía cinética de 411 libras/pie (56 kilogramos/metro). Al mismo tiempo, disminuye drásticamente la presión en la recámara del arma. El lapso que transcurre es de .0015140 de segundo.
- La presión de los gases remanentes obligan a la corredera a iniciar su apertura, donde se observa el desalojo de residuos del gas por la ventana del arma. El tiempo transcurrido es de .0021196 de segundo.

- Cuando la corredera se encuentra a la mitad de su recorrido, el extractor que sujeta al casquillo ya se encuentra desalojando a este de la recámara del cañón. Pasando un tiempo de .0037850 de segundo.



Expulsión del proyectil por la boca del cañón

- Al encontrarse el carro completamente abierto el resto de los gases calientes se depositan en la atmósfera, al mismo tiempo, el casquillo es desalojado por la ventana por la acción del expulsor. El lapso que transcurre es .0072672 de segundo.



Apertura de la corredera y desalojo del casquillo

- Por efectos de la expansión del resorte recuperador, la corredera inicia el proceso del cierre, durante este movimiento es acarreado un nuevo cartucho del cargador hacia la recámara del cañón, para quedar el arma obturada de nueva cuenta. El lapso transcurrido es .0118092 de segundo.



Apertura completa del carro

- Con respecto al proyectil, este se impacta sobre un bulto de periódico situado a una distancia de tres metros, contando aun con una velocidad residual aproximada a los 825 pies/segundo (251 metros/segundo). El tiempo transcurrido es .0240022 de segundo, quedando el proyectil alojado después de liberar toda su energía.
- El proyectil al ser recuperado presenta un peso de 230.4 granos, ligeramente mayor a su peso original, esto se debe a la presencia de pequeñas partículas provenientes del propio cañón y que se incrustaron en la estructura de la bala.

Se puede concluir, que durante la práctica de un disparo se suscitan de manera instantánea una variedad de procesos consecutivos pero esenciales para eficientar las acciones físicas y mecánicas de cualquier arma de fuego. Lo que se suscita de manera imperceptible para los ojos humanos.

Velocidad y Aceleración

El término mecánica proviene del griego *mekane* que significa *maquina*, y en física se define como la rama que se ocupa del estudio del movimiento o estado de los cuerpos materiales, que a su vez se divide en dos partes; la *cinemática* (del griego *kinema* que significa movimiento), que estudia el movimiento en sí mismo sin preocuparse por la causa que lo produce, y por otra parte la *dinámica* (del griego *dinamis* que significa fuerza), la que se ocupa de las causas que originan el movimiento. La dinámica comprende la *estática* y la *cinética*.

La *estática* (del griego *statos* que significa inmóvil) trata de los cuerpos en estado de equilibrio, una condición llevada a cabo por la acción de fuerzas equilibradas. La *cinética* trata de los cambios de movimiento debido a una o más fuerzas desequilibradas. Entonces, la velocidad en cinemática se define como el grado del cambio de posición o distancia recorrida de un objeto con respecto al tiempo.

BALISTICA INTERIOR

La velocidad de traslación de un proyectil es una magnitud derivada, y su unidad que no recibe ningún nombre será el cociente entre la unidad de longitud y la unidad de tiempo.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia recorrida}}{\text{Tiempo}}$$

En balística, los valores que se emplean para determinar la velocidad de los proyectiles corresponden en el sistema ingles a los *pies/segundo*, y en el sistema métrico a los *metros/segundo*. La aceleración es aquella parte de la cinemática que se ocupa de las variaciones de celeridad y velocidad. La aceleración se define como la variación de velocidad con respecto al tiempo. Un objeto que aumenta su velocidad tiene aceleración positiva, mientras que otro que la disminuye tiene aceleración negativa, por su parte si el objeto se encuentra estacionado o moviéndose a una velocidad constante se dice que no tiene aceleración. En el caso de los proyectiles, después de que estos salen por la boca del cañón presentan una aceleración negativa, reduciendo paulatinamente su velocidad por los efectos constantes que ejerce la resistencia del aire y la fuerza de gravedad. La definición anterior se manifiesta así.

$$\text{Aceleración} = \frac{\text{Cambio de velocidad}}{\text{Tiempo transcurrido}}$$

Los individuos después de haber empleado armas de fuego por mas de siete siglos, han logrado hasta el momento velocidades máximas en los proyectiles alrededor de los 2,000 metros/segundo. Sin embargo, en los últimos 20 años se han conseguido velocidades mayores en ciertos proyectiles por el orden de los 8,000 metros/segundo. Este sorprendente rango de velocidad aumentado en tan corto periodo de tiempo fue el resultado de un esfuerzo constante de los investigadores en varias disciplinas.

Para lograr altas velocidades en los proyectiles se requiere un gas ligero y sumamente caliente como propulsor, esto es un gas de bajo peso molecular que pueda generar altas temperaturas. La necesidad de un gas ligero y caliente ocasiona aumentos en la velocidad y, corresponde al desarrollo de conocimientos en el proceso de balística interior. Estas investigaciones continúan y acopladas a la tecnología que avanza promete que en los próximos 20 años se pueda aumentar sustancialmente la velocidad inicial de los proyectiles de armas de fuego.

Energía

Una definición básica de la energía, es aquella que nos señala; *la energía es la capacidad para realizar un trabajo*. Cuando una fuerza actúa para mover una masa se realiza un trabajo, este trabajo se define como el valor promedio del componente de la fuerza en la dirección del movimiento multiplicado por la distancia a través de la cual se mueve esa masa, la energía se mide por el trabajo realizado.

Una partícula de materia tiene su energía total dividida en; *un componente cinético, un componente potencial y una energía de inercia en reposo*. La energía cinética de un cuerpo en movimiento se define como la capacidad de efectuar un trabajo en virtud de su movimiento, donde la masa que se mueve en una determinada dirección puede frenar su movimiento cuando se impacta en alguna estructura.

El trabajo realizado por una masa que se mueve hasta detenerse es un factor de la energía cinética, si la masa se mueve rápido tendrá una considerable energía cinética, a la misma velocidad una masa más grande tendrá una energía cinética mayor. Para el estudio de la balística es de suma importancia considerar la energía cinética como el valor principal para determinar el desempeño de los proyectiles.

La energía cinética de un cuerpo (del griego kinema = movimiento) es un escalar, cuyo valor es la mitad del producto de su masa por el cuadrado de su velocidad. Si llamamos, m = masa de un cuerpo en kilogramos (Kg), v = velocidad del mismo en metros/segundo (m/s); energía cinética en kilogramos-metros²/segundo² (kg-m²/s²). Entonces la ecuación de la energía cinética será:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

La energía cinética aumenta cuando la fuerza resultante que actúa sobre el objeto realiza un trabajo positivo y disminuye cuando la fuerza resultante realiza un trabajo negativo, cuando el trabajo total es cero la energía cinética del objeto no cambia, en el sistema internacional la unidad del trabajo es el Julio. Como el trabajo total es igual al cambio de la energía cinética, a menudo es conveniente considerar el trabajo como una medida de la energía cinética transferida al objeto.

Cuando se dispara un proyectil de arma de fuego, el trabajo total realizado sobre este es positivo aumentando la energía cinética del mismo. El disparo ha dado energía cinética al proyectil, y cuando este se impacta y se detiene sobre cualquier estructura el trabajo total realizado sobre el proyectil es negativo, perdiendo la bala su energía cinética, entonces el objeto impactado toma la energía cinética del proyectil.

No es sorprendente que el trabajo realizado sobre un objeto por la fuerza resultante esté relacionado con el cambio de su energía cinética, pues la energía depende del módulo de la velocidad una cantidad que describe el movimiento del objeto. Después de todo, la fuerza resultante es lo que determina el movimiento de acuerdo con la segunda ley de Newton. Con el paso del tiempo el objeto recorre la trayectoria y la fuerza resultante realiza un trabajo, el módulo de la velocidad cambia en respuesta a la fuerza resultante, y de esta forma la energía cinética del objeto también cambia.

El teorema sobre la energía cinética establece que el cambio en la energía de un objeto es igual al trabajo realizado sobre otro objeto por la fuerza resultante. Es interesante conocer que la descripción del movimiento obtenido por la aplicación del teorema es parcial, porque esencialmente relaciona los módulos de la velocidad con las posiciones a lo largo de la trayectoria, y en esta aproximación no existe una referencia explícita al tiempo, esto significa que no se puede determinar con exactitud la dependencia de la velocidad con respecto a la posición del tiempo.

Debiendo tener presente que los proyectiles por el movimiento y durante su trayectoria obtienen energía cinética, donde el trabajo realizado por estos depende de su velocidad, liberando una parte o el total de su energía cuando se impactan en estructuras blandas o duras, según sea el caso.

Un ejemplo de la liberación de la energía de los proyectiles, corresponde a los impactos sobre los modernos chalecos balísticos, los que de acuerdo a su nivel de protección, tienen la función detener las balas originando una distribución de la energía cinética en las áreas aledañas al punto de impacto, evitando que dicha energía se concentre en el sitio de contacto. Inclusive, producirán una depresión traumática sobre el cuerpo del individuo que lo porte pero sin llegar a penetrarlo, así el individuo salvara su vida.

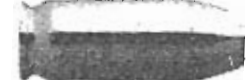
Los modernos chalecos balísticos se encuentran fabricados de fibras de Kevlar, Spectra o Twaron, no obstante, este tipo de fibras no tendrán la capacidad de resistir ataques con instrumentos punzo cortantes, pues estos tendrán la capacidad de desplazar las fibras y perforar los panales balísticos.

Tomando en cuenta lo anterior, un proyectil de cualquier estilo si llegase a atravesar el cuerpo de una persona o pieza de caza, podrá liberar cierta cantidad de su energía cinética, contando la bala con una energía residual que en algunos casos puede ser suficiente para ocasionar graves daños en otras estructuras que se encuentren por detrás del objeto inicialmente perforado.

En conclusión, la velocidad y energía que desarrollan los proyectiles son los que determinan su poder de penetración o de detención, y para ello no se tendrá que considerar únicamente el calibre o diámetro original de las balas. Apreciando que estos se encuentran sujetos a las leyes de la física y no a eventos sobrenaturales o de ficción, donde los fenómenos extraños observados en situaciones reales deberán ser sometidos a un estricto análisis de interpretación lógica.

A continuación se presentan dos gráficas sobre las velocidades y energías cinéticas aproximadas que desarrollan proyectiles, tanto de armas cortas como largas, y de los calibres más comunes en nuestro ambiente, obtenidas de la información publicada por uno de los principales fabricantes de cartuchos de los Estados Unidos, con la finalidad de que los interesados en la materia puedan darse cuenta de los factores que determinan el verdadero poder de impacto de cada uno de los calibres expuestos, siendo necesario recalcar que estos factores pueden variar substancialmente en diversas situaciones, como diferentes longitudes de cañones, las condiciones físicas de los mismos y la variedad de cartuchos que haya disponibles para un mismo calibre.

BALISTICA INTERIOR

Calibre	Peso de la bala	Velocidad en metros/seg.				Energía en kilogramos-metro			
		Inicial	22 mt	45 mt	91 mt	Inicial	22 mt	45 mt	91 mt
.22 Corto 	29 Granos	334	311	301	270	11	10	09	07
.22 Long Rifle 	40 Granos	350	335	320	297	16	14	13	12
.25 Auto 	50 Granos	231	228	222	213	08	07	06	05
.32 Auto 	71 Granos	275	268	260	246	17	16	15	14
.380 Auto 	95 Granos	291	277	263	240	26	24	22	17
9 mm Luger/Parabellum 	124 Granos	341	326	271	243	47	43	40	35
.38 Super 	130 Granos	370	340	334	309	58	50	48	41
.38 Especial 	158 Granos	271	265	260	249	38	36	35	32
.357 Magnum 	158 Granos	376	353	336	310	73	65	59	50
10 mm Auto 	170 Granos	408	378	355	310	93	85	70	57
.44 Rem Magnum 	180 Granos	490	451	416	359	143	120	103	76
.45 ACP (Auto) 	230 Granos	259	252	240	234	51	48	46	41

BALISTICA INTERIOR

Calibre	Peso de la bala	Velocidad metros/seg.			Energía kg-mt.		
		Inicial	91 mt.	184 mt.	Inicial	91 mt.	184 mt.
.223 Rem (5.56 mm.) 	55 Granos	1014	890	754	185	135	90
.243 Win 	85 Granos	1036	905	785	266	203	153
.30 M1 (Carabine) 	110 Granos	606	487	390	133	86	55
7 mm Rem Magnum 	140 Granos	960	893	831	423	357	317
.30-30 Win 	170 Granos	728	601	489	262	179	118
7.62 x 39 mm 	124 Granos	701	618	542	202	157	121
7.62 Nato 	150 Granos	859	798	747	365	315	270
.30-06 Springfield 	150 Granos	886	797	713	389	315	252

La efectividad de los proyectiles

Parece ser que la efectividad de las balas depende de cuatro factores principales; la naturaleza química de la pólvora que se emplea, la forma y el tamaño de los granos de la pólvora, la longitud efectiva del cañón del arma y, la densidad seccional del proyectil.

Cuando inicialmente se quema la pólvora en el interior del cartucho por efectos del disparo se forma el gas, cuya descomposición se hace más caliente elevando apresuradamente la presión. Estos dos sucesos sirven para aumentar la velocidad de combustión del propelente, pues los granos individuales de la pólvora se queman dependiendo de la cantidad de superficie y, para asegurar condiciones específicas, los fabricantes modifican las velocidades de combustión elaborando pólvoras con granos de diferentes formas.

Particularmente, la deflagración de los granos de pólvora tiende a desacelerar cuando progresa la combustión. La composición química de la pólvora, combinada con los cambios apropiados en la forma de los granos, favorecerá un aumento en la velocidad de la deflagración del propelente que será empleado para fabricar pólvoras de combustión rápida, muy convenientes para ser destinadas en cartuchos de armas cortas. Para armas largas, se utilizan pólvoras de combustión más lenta, para con ello evitar presiones máximas indeseables que se desplacen en cañones de prolongada longitud.

La densidad de la carga de pólvora en un cartucho se puede calcular dividiendo el peso del propelente entre el volumen del espacio en el casquillo. Un método simple para determinar el volumen de cualquier cartucho es llenar el casquillo con agua, desalojando únicamente la porción del líquido que corresponde al espacio que ocupa el proyectil, para luego pesar el agua contenida en el casquillo, si el valor se da en el sistema métrico, entonces el peso del agua nos dará el volumen exacto del contenido en el casquillo, donde un gramo de agua ocupa un centímetro cúbico de espacio.

En el sistema ingles, la densidad del agua equivale a 253 gramos por una pulgada cubica, para tales cálculos este sistema es más deficiente en comparación con el sistema internacional. Como regla general, hasta cierto limite, aumentar la longitud del cañón del arma incrementará la velocidad inicial de los proyectiles, pues la presencia de los gases en un cañón de mayor longitud actuaran sobre el proyectil por un tiempo más prolongado.

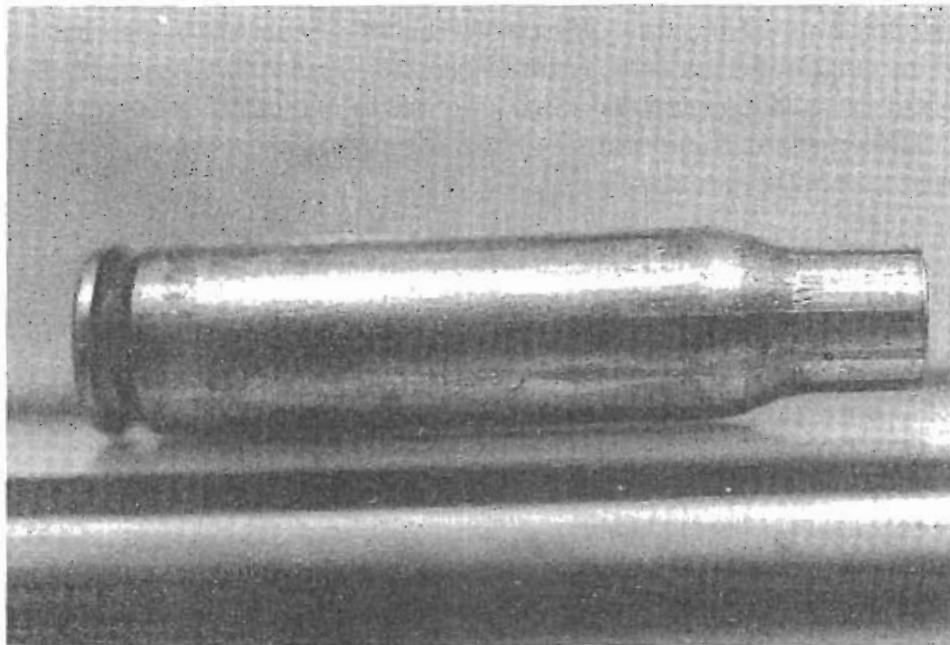
Con respecto a la densidad seccional de un proyectil, esta corresponde al peso de la bala dividido entre el cuadrado de su diámetro. Los proyectiles con densidades seccionales bajas pueden ser impulsados a velocidades más altas dentro del cañón del arma, pero una vez que el proyectil es expulsado del cañón, una densidad seccional baja reduce su efectividad. Por su parte, los proyectiles con densidades seccionales más altas mejoran sustancialmente su rendimiento durante su trayectoria en el aire, considerando que las capas de aire empiezan a actuar como una fuerza retardante en la velocidad del proyectil. Como resultado de la resistencia al avance de la bala se aplica el término coeficiente balístico. Entones es claro que cuando el diámetro de un proyectil aumenta, aun en forma modesta, el coeficiente balístico decrece, por lo que el efecto desacelerante del aire sobre el proyectil será mayor y la velocidad de este disminuirá rápidamente.

El cañón de las armas

El cañón ordinariamente está constituido por un tubo de acero que tiene dos funciones primordiales; proporcionar dirección a los proyectiles y resistir las altas presiones que se generan en su interior. En casi todas las armas de fuego, con excepción de los revólveres, el cañón se encuentra dividido en dos partes la recámara y el ánima, donde la parte metálica que une a la recámara con respecto al cañón es conocida como el *cono de unión*.

La recámara es el lugar destinado para alojar el cartucho, y el ánima corresponde al espacio interior del cañón por donde se desplaza el proyectil, presentándose cañones de ánima *lisa* y *rayada*. Los primeros comúnmente son empleados para disparar proyectiles múltiples y los segundos para proyectiles únicos. En los revólveres, las recámaras o alvéolos del cilindro se encuentran separadas del cañón, las que se alinean con el eje del cañón por un movimiento de rotación, de la abertura entre el cañón y la recámara del cilindro, particularmente se presentan fugas de presión cuando se produce el disparo.

Con respecto al interior de las recámaras de los cañones, estas regularmente se presentan lisas, con excepción de algunos fusiles y subfusiles H&K (Heckler & Koch), cuyas recámaras cuentan con un rayado rectilíneo y paralelo, que facilita la extracción de los casquillos durante el proceso automatizado del arma, los que al ser observados conservan marcas lineales a lo largo de su estructura cilíndrica producidas por el fogonazo del disparo.



Marcas del rayado de la recámara en un casquillo del calibre 7.62 Nato.

Los cañones de ánima rayada

Quando se dispara un proyectil esférico, su trayectoria no se modificaría por su posición en el espacio, puesto que no importa la posición adopte siempre presentará su superficie redonda con respecto a la resistencia del aire, ejerciendo mayor fricción sobre la esfera y originando una drástica disminución de su velocidad.

Sin embargo, los proyectiles alargados y disparados por cañones rayados aumentarían su coeficiente balístico, pues idealmente se desplazarán con su extremo puntiagudo siempre hacia delante, actuando de manera efectiva en la dirección de su trayectoria. Solamente en este caso se puede mantener disminuida la resistencia del aire y, la demora en el desplazamiento de la bala será tan baja como sea posible. El propósito de asegurarse de que el proyectil siempre siga una trayectoria teórica ideal es un problema de estabilidad y para ello existen dos formas básicas.

- Mediante hacer girar al proyectil antes de salir del cañón.
- Instalando alerones en el extremo posterior del proyectil, a fin de que la presión del aire no desestabilice el vuelo de este.

La segunda opción de utilizar aletas en proyectiles de armas portátiles no es nada práctico, pues dentro del cañón las balas se desplazan en un ambiente hermético, no obstante, esta alternativa es convenientemente utilizada en misiles, granadas y bombas de uso militar. De tal manera que los cañones de armas portátiles se encuentran surcados con estrías o hendiduras helicoidales, que pueden variar en su orientación, cantidad, longitud y profundidad, y su propósito es impartir un movimiento rápido de rotación al proyectil para que este obtenga la estabilidad necesaria, manteniendo su punta siempre hacia delante y venciendo con mayor facilidad la resistencia del aire, logrando mejor precisión y sobre todo alcance.

La condición más apropiada para que el proyectil obtenga una velocidad adecuada de rotación, esta determinada por la inclinación de las rayas helicoidales, que obligan al proyectil a adquirir una velocidad máxima desde los primeros instantes de su recorrido en el cañón, donde las marcas producidas sobre la bala no cambian a medida que transita el ánima. Lo que se conoce como campos o tabiques en el ánima, son las que imprimen las estrías o rayas que se observan en el proyectil y, las rayas o estrías del cañón originan los campos o tabiques en la bala.

La profundidad de las estrías helicoidales debe ser constante, con una mínima de una milésima de pulgada y hasta un máximo de seis, suficiente para obligar al proyectil a adquirir la rotación suficiente y para evitar una fricción excesiva sobre las paredes del ánima, que pudieran resultar en el incremento acumulado de presiones no deseadas.

La velocidad de rotación de los proyectiles, se obtiene dividiendo la velocidad inicial en metros/segundo con respecto al paso de hélice inscrito en el cañón, es decir, la longitud que tenga la hélice para completar una vuelta (medida también en metros) y, el resultado multiplicado por 60 (factor tiempo), de esta forma se obtienen las revoluciones por minuto desarrolladas por el proyectil.

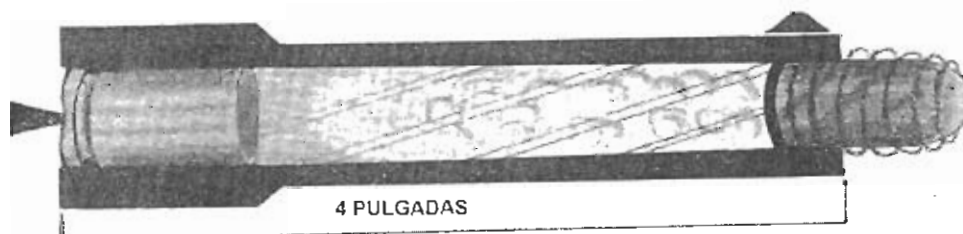
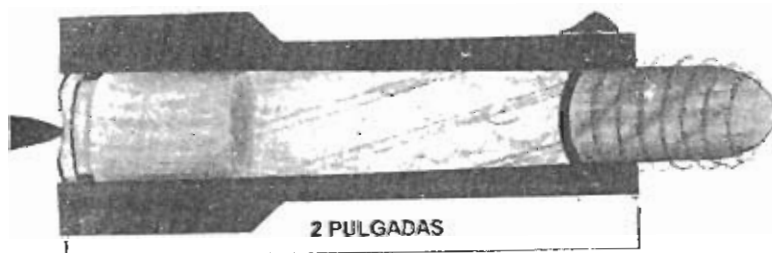
Cuando los proyectiles son más largos, se le proporciona mayor velocidad de rotación, asegurando una conveniente estabilidad. El rayado de los cañones puede ser *convencional* (de orientación dextrógiro o levógiro) o, *poligonal* o de conducción. La orientación del rayado de los cañones no representa una mayor relevancia en la efectividad de los proyectiles, pues la resistencia del aire y la fuerza de gravedad actúan de la misma forma para ambos giros, la importancia de estos radica en que el proyectil adquiera una conveniente rotación para mantenerlo estable durante su trayectoria. Lo que en un momento pudiera originar deficiencias en la estabilidad de las balas, sería el desgaste pronunciado en el relieve del rayado, ocasionado que este actuará indiscriminadamente en su vuelo.

La longitud del cañón y la velocidad del proyectil

La velocidad inicial de un proyectil dependerá de la longitud del cañón del arma, así como de una determinada combinación de pólvora y proyectil. En una serie de pruebas utilizando cartuchos del calibre nominal .44 Rem Magnum, con proyectiles blindados de 250 granos, impulsados por 22 granos de pólvora 2400, y disparados en revólveres con cañones de diferente longitud, se obtuvieron los siguientes resultados.

Longitud del cañón	Velocidad inicial en metros/segundo	Perdida de velocidad
8 pulgadas	427	(control) 0%
7½ pulgadas	417	2%
6½ pulgadas	396	7%
4 pulgadas	365	14%

Cuando la longitud del cañón es menor a las 4 pulgadas, la pérdida de velocidad por pulgada descontada es mucho más grande que la de los cañones mayores a las 4 pulgadas.



A mayor longitud del cañón se presenta mayor efecto de la propulsión de los gases, en consecuencia se aumenta la velocidad de los proyectiles.

En el momento que se tenga que considerar la potencia de un arma de fuego, además de otras circunstancias, se debe tomar en cuenta la longitud de su cañón, pues esto influye particularmente en la velocidad de los proyectiles, que a su vez, se relaciona directamente con el incremento o disminución de su energía cinética. Por lo que no se debe tomar como una particularidad invariable el que todas las armas fuego del mismo calibre imprimirán la misma velocidad inicial de las balas que disparan, quedando esto vinculado entre otros aspectos, a la longitud del cañón.

El alcance máximo de un proyectil quedará sujeto a dos circunstancias principales; el impulso generado en el interior del cañón y, al ángulo respecto al plano horizontal al cual se realiza el disparo. En el primero de los casos, queda definido por el hecho de que la acción propulsora de la pólvora no puede seguir actuando sobre un proyectil después de que abandona el cañón del arma, en consecuencia, la velocidad máxima de impulso se obtendrá en el momento en que deja el cañón, estableciendo así, su mayor alcance posible.

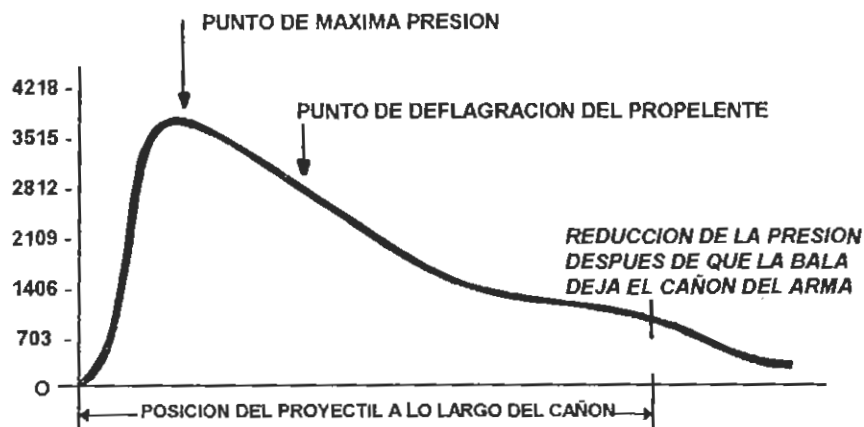
En algunas ocasiones se desprende una deficiente información al respecto, pues se dan versiones que manifiestan que los proyectiles después de alejarse cierta distancia del cañón adquieren un impulso extra que incrementa su velocidad. Este fenómeno realmente se suscita pero dentro del cañón del arma y, no fuera de él, considerando que las balas en su desplazamiento interno se encuentran forzadas a rotar por el relieve de las estrías, de tal forma que la fricción tiende a frenar su proyección. Sin embargo, los proyectiles al salir del cañón se liberan de dicha resistencia incrementando su velocidad, pero una vez que la bala haya salido, la presión de los gases que lo impulsaban se desvanecen en el ambiente exterior, entonces no habrá otro agente propulsor que incremente más su velocidad. Por lo que se debe dejar en claro, que la velocidad máxima de los proyectiles se determina a la salida de la boca del cañón, conocida esta como velocidad inicial, de mordaza, o en la boca del cañón.

Si se desea predecir la trayectoria de un proyectil y su alcance máximo, entonces se debe considerar particularmente su velocidad inicial, la que directamente queda supeditada a los siguientes factores.

- El peso de la bala
- La temperatura de la combustión de la pólvora
- La presión en el interior del cañón
- Las condiciones físicas del cañón

Donde el peso del proyectil corresponde a la masa que deberá desplazarse en el interior del cañón, si este es liviano será más fácil de impulsar, pero si fuera más pesado entonces se desplazará con menor velocidad en comparación con el ligero. Cuando la temperatura de combustión de la pólvora es muy elevada producirá mayor presión en la recámara del arma, en consecuencia producirá un mayor impulso sobre el proyectil, en caso contrario el impulso sobre el mismo será menor. La presión debe ser la suficiente para impulsar al proyectil, por lo que se busca que los cañones de las armas resistan altas presiones hasta límites tolerados para evitar riesgos. Entonces, las presiones en el cañón se encuentran estrechamente relacionadas con la temperatura del propelente. Una ilustración sobre la curva de las presiones que se generan en el interior del cañón se puede observar de la siguiente manera.

Presiones en la recámara
(Kilogramos/centimetro cuadrado)



Con respecto a las condiciones físicas del cañón, estas se refieren al hermetismo que debiera presentar, donde los gases propulsores actuarán para proporcionar una conveniente aceleración del proyectil, considerando que un cañón dañado por efectos de la erosión rebaja el relieve de sus tabiques, entonces, se producirán fugas excesivas de presión que disminuirán la velocidad de las balas.

Cantidad de estrías

La cantidad de estrías en los cañones varía de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada fabricante, las que resultan de investigaciones sobre el rendimiento de los proyectiles. Las rayas del cañón pueden encontrarse en pares o impares, habiendo cañones de 2 hasta 24 estrías de diferente orientación. Algunos ejemplos de ello se pueden observar en la siguiente gráfica.

Tipo de arma	Calibre	Fabricante	Modelo	Cantidad de estrías	Orientación del rayado
Rifle	.30-06 Springfield	Remington	03-A3	02	Dextrógiro
Revólver	.22 Long Rifle	Iver Jhonson	1900	03	Levógiro
Rifle	.22 Long Rifle	Winchester	500-1	04	Dextrógiro
Revólver	.22 Long Rifle	Remington	341	05	Dextrógiro
Pistola	.25 Auto	Colt	Junior	06	Levógiro
Pistola	.25 Auto	Phoenix Arms	V. Pocket	07	Levógiro
Pistola	.25 Auto	RG. Ind.	RG-26	08	Dextrógiro
Revólver	.32 S & W	Arminius	HW3	10	Dextrógiro
Rifle	.30-30 Win	Wester Field	740	12	Dextrógiro
Rifle	.30-30 Win	Marlin	336RC	16	Dextrógiro
Rifle	.22 Long Rifle	Marlin	Glenfield	20	Dextrógiro
Rifle	.30-30 Win	Marlin	336	22	Dextrógiro
Rifle	.22 Long Rifle	Fieldman	Sin Mod.	24	Levógiro

El paso de hélice

El término paso de hélice o torsión del rayado se refiere a la distancia en la cual las helicoidales ejecutan una vuelta completa dentro del anima del cañón, la forma más usual para describir dicha torsión es señalar primero la vuelta y después la distancia, tal es el caso de algunas armas que presentan rayados con una vuelta completa en una distancia de diez pulgadas (1 en 10"). Donde el proyectil durante su desplazamiento en el cañón completará una giro íntegro por cada 10 pulgadas de longitud de cañón y, aun cuando el arma no presente un cañón de ese tamaño. Siendo los fabricantes de armas los que determinan el paso de hélice de sus cañones en consideración al buen desempeño de los proyectiles.

Por resultados obtenidos mediante la experimentación, se demuestra que los proyectiles de calibres grandes consiguen mejor rendimiento cuando la vuelta completa se presenta en una mayor longitud de rayado, adquiriendo con ello una velocidad de rotación más lenta. En forma contraria, los proyectiles de pequeño calibre se desempeñan mejor con una torsión más reducida logrando velocidades de rotación más rápidas. Como ejemplo se puede mencionar uno de tantos rifles del calibre .44 Rem Magnum, que particularmente cuenta con un paso de hélice de una vuelta en 38 pulgadas (1 en 38), y en un rifle del calibre 6 mm Remington el paso de hélice se puede presentar de una vuelta en 9 pulgadas (1 en 9).

Si fuera disparado un rifle con un paso de hélice de 1 vuelta en 10 pulgadas, con una velocidad inicial del proyectil de 2000 pies/segundo, que equivale a 24,000 pulgadas/segundo, esté obtendrá una velocidad de rotación de 2,400 revoluciones por segundo (144,000 por minuto), y si la bala se alcanzara un objeto ubicado a 150 yardas de distancia (137 metros), entonces este rotará 540 revoluciones hasta el instante del impacto, esto tomaría un tiempo menor a un ¼ de segundo.

Una gráfica representativa sobre diferentes pasos de hélice en distintas armas de fuego se puede observar de la siguiente manera (una vuelta por longitud de cañón en pulgadas).

Tipo de Arma	Calibre	Fabricante	Modelo	Paso de hélice	Orientación del rayado
Pistola	.32 Auto	Colt	1903	1/16	Levógiro
Pistola	.380 Auto	Colt	1902	1/17.6	Levógiro
Pistola	9 mm Luger	Beretta	1905	1/10	Dextrógiro
Pistola	9 mm Luger	Browning	Hi-Power	1/9.9	Dextrógiro
Pistola	.45 Auto	Ithaca Gun.	1911 A1	1/16	Levógiro
Revólver	.38 Especial	Charter Arms	Undercover	1/17.5	Dextrógiro
Revólver	.38 Especial	Colt	Cobra	1/13.9	Levógiro
Revólver	.38 Especial	Smith & Wesson	10-6	1/18.8	Dextrógiro
Revólver	.357 Magnum	Smith & Wesson	27	1/18.8	Dextrógiro
Revólver	.357 Magnum	Colt	Python	1/14	Levógiro
Rifle	.30 Carabine	Winchester	64	1/11	Dextrógiro
Rifle	.303 Brithis	Enfield	Lee Enfield	1/10	Levógiro
Rifle	.308 Win	Savage Arms	1899	1/12	Dextrógiro
Rifle	.44 Magnum	Sturm Ruger	44 Carabine	1/37.9	Dextrógiro

Cota de fijación

La cota de fijación o *headspace* como se conoce en inglés, corresponde a la distancia entre el punto de apoyo del cartucho alojado en la recámara del cañón con respecto al plano frontal del cierre o bloque de obturación. Considerando para ello las características estructurales de cada arma y la configuración particular de los cartuchos, donde el punto de apoyo pudiera ser la pestaña, el hombro, la boca del casquillo, o el refuerzo de los cartuchos con esa condición.

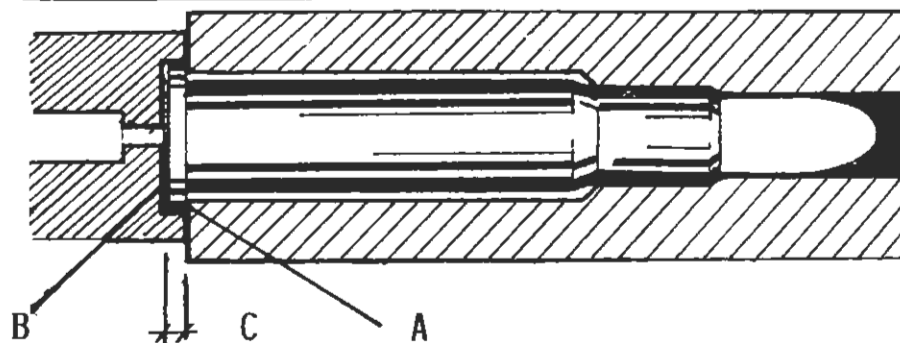
Las cotas de fijación de los cartuchos suelen encontrarse dentro de las tolerancias propias del diseño del fabricante. No obstante, las cotas de fijación pueden presentar arriesgadas variaciones en cartuchos y armas antiguas, al igual que en aquellas que hayan sido modificadas, como en el caso de la sustitución del cerrojo, o de cualquier otro sistema de obturación. Esta situación debe tomarse muy en cuenta por las personas dedicadas a recargar u optimizar cartuchos, donde el constante recalibrado de los casquillos puede ocasionar sustanciales variaciones de las respectivas medidas.

La forma de los casquillos resulta importante pues de ello depende la correcta introducción del cartucho en la recámara, así como para facilitar su extracción después del disparo. Los primitivos casquillos cónicos y con pestaña, al igual que los más actualizados casquillos cilíndricos y con reborde, ordinariamente son empleados para armas de repetición como revólveres y rifles de acción de palanca y de cerrojo, y los casquillos ranurados son los más adecuados para las armas automatizadas de gran capacidad de disparo, puesto que la ranura es obligada para que se incruste el mecanismo del extractor, que en su momento desaloja el casquillo de la recámara. Los casquillos abotellados se emplean en fusiles militares y de uso civil. Los reforzados, que presentan un cinturón de mayor espesor que el diámetro exterior del casquillo, los hace muy convenientes para cartuchos de rifles de gran potencia, como los magnum, aun cuando no todos los cartuchos de estas características tengan que presentar el refuerzo.

Por lo que, la forma del cartucho y la de su propio culote tienen bastante importancia para su correcta posición y retención dentro de las recámaras de las armas, donde las adecuadas tolerancias en las cotas de fijación aseguran un conveniente funcionamiento del arma durante el proceso del disparo, impidiendo fracturas en los casquillos y, en consecuencia la fuga de gases en dirección del cierre de la recámara.

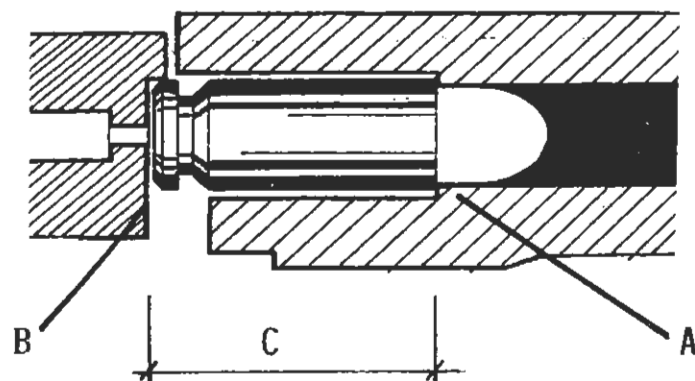
Las tolerancias de las cotas de fijación o *headspace*, no deben ser superiores a los 0,2 mm, una tolerancia excesiva incrementa los riesgos de un incidente desafortunado, y una tolerancia menor puede impedir la correcta obturación de la recámara, donde inclusive en los cartuchos de fuego anular se puede producir una detonación anticipada, ya que al acerrojar un arma semiautomática el desplazamiento violento del bloque pudiera golpear el culote del cartucho y hacer reaccionar la mezcla fulminante.

En las recámaras de las armas diseñadas para cartuchos *con pestaña o reborde* (rimmed), al igual que en los cartuchos de percusión anular, la cota de fijación se mide entre el plano de la recámara y el cierre de esta.



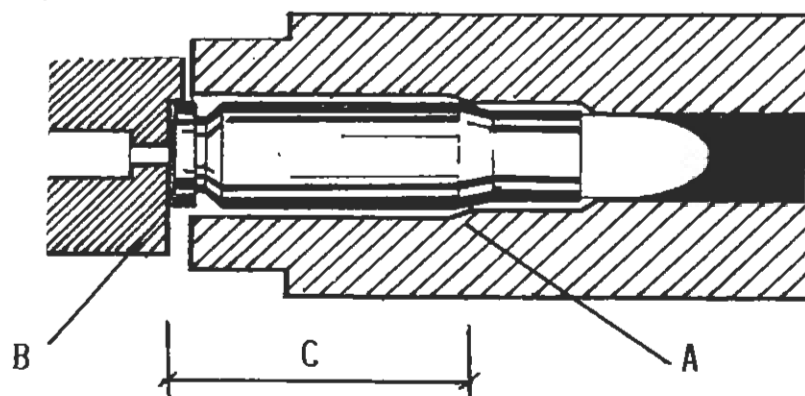
- a) Punto de apoyo
- b) Plano anterior del cierre
- c) Cota de fijación (headspace)

En los cartuchos *cilíndricos sin pestaña*, la cota de fijación se mide entre el plano del cierre de la recámara y el borde donde se apoya la boca del casquillo.



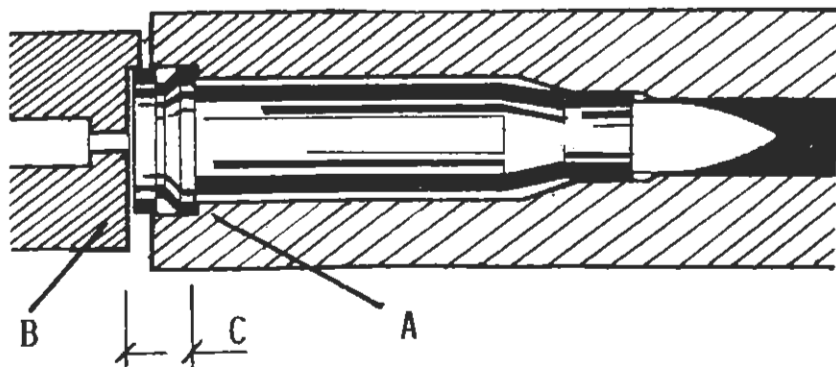
- a) Punto de apoyo
- b) Plano anterior del cierre
- c) Cota de fijación (headspace)

En los cartuchos *abotellados sin pestaña*, la cota de fijación se mide entre el plano del cierre de la recámara y el punto donde se apoya el hombro del casquillo.



- a) Punto de apoyo
- b) Plano anterior del cierre
- c) Cota de fijación (headspace)

En los cartuchos *reforzados*, la cota de fijación se mide entre el plano del cierre de la recámara y el borde interno del refuerzo del casquillo.



- a) Punto de apoyo
- b) Plano anterior del cierre
- c) Cota de fijación (headspace)

El retroceso de las armas

De acuerdo a la tercera ley de Newton que trata sobre el movimiento, *la reacción es siempre igual y opuesta a la acción*, en palabras más conocidas, a toda acción corresponde una reacción de igual magnitud y en sentido opuesto.

No importa a que fuerza llamemos acción y a cual reacción, lo principal es que ambas fuerzas iguales y contrarias son inseparables, no puede existir una sin la otra. Una segunda manera de decirlo es; si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro (llamada acción), éste le responde con otra fuerza (llamada reacción) igual y contraria a la primera, de tal manera que se conserva el equilibrio.

El principio de la acción y la reacción es quizá el menos comprendido, esto probablemente se debe a que rara vez se usa para resolver problemas, la dificultad surge al tratar de aplicar las fuerzas de acción y reacción al mismo cuerpo cuando en realidad se aplican a cuerpos diferentes, ya sea que un cuerpo esté en reposo o en movimiento su estado depende de las fuerzas que actúan sobre él, y no de las fuerzas que el ejerza sobre algún otro.

En lo que se refiere a los disparos de armas de fuego este principio queda plenamente identificado, en razón de que la acción corresponde al desplazamiento del proyectil hacia adelante y, la reacción corresponde al retroceso propio del arma, donde también se involucra un efecto de movimiento hacia atrás de la persona que efectúa el disparo.

En el ambiente de las armas de fuego, es común que a este efecto singularmente se le conozca como patada o culatazo. Aun cuando la reacción o retroceso del arma es de igual magnitud que la acción que corresponde al disparo del proyectil y por efectos del impulso provocado al mismo, la bala por ser más ligera se desplaza rápidamente, pero el arma de fuego comparada con el proyectil es más pesada, en consecuencia se mueve más despacio que la bala.

La persona que dispara una arma de fuego trabaja en contra del movimiento hacia atrás de la misma, interviniendo su peso corporal y sintiendo el movimiento del arma que retrocede hacia su cuerpo, particularmente este retroceso provoca que el cañón del arma se levante, de hecho el retroceso es una sensación del tipo personal y no de un retroceso real.

La forma como se percibe el retroceso de una arma se modifica y se efectúa de mayor o menor intensidad según una serie de circunstancias complejas que involucran; la energía cinética del proyectil o de la carga de proyectiles múltiples que son disparados, el diseño y características de los mecanismos que conforman el arma y, la constitución física del individuo que acciona el arma.

Muchas de las veces la excitación, el nerviosismo o el estado de ánimo de la persona que dispara, influye para controlar o no controlar la fuerza de retroceso del arma, de tal manera que esto hace imprescindible un buen programa de entrenamiento para así acostumbrarse al uso de las armas de fuego.

Erosión y corrosión

Conforme el uso de un arma de fuego, está se encuentra sujeta a desgastes de su estructura por dos causas principales; la erosión y la corrosión. Ambas actúan aumentando el diámetro del cañón y disminuyendo el relieve de las estrías en los cañones rayados. Esto provoca una disminución de la efectividad del sello hermético que debe existir entre el ánima del cañón y el proyectil durante su desplazamiento hacia la salida del cañón. De hecho, dos consecuencias indeseables resultarán:

- El proyectil no obtendrá la rotación suficiente para mantenerse estabilizado durante su vuelo, y por consiguiente disminuirá la precisión.
- El proyectil perderá velocidad inicial, decreciendo su poder de impacto.

La erosión es producto de la fricción, pues siempre que un cuerpo se desliza sobre otro aparecen fuerzas de fricción opuestas al movimiento entre ellos, tales efectos se deben en gran parte a las fuerzas de atracción atómicas y moleculares en las áreas de contacto. Dentro de ciertos límites, las superficies lisas no afectan sobremanera las fuerzas de rozamiento por deslizamiento pues se presentan áreas de menor contacto, mientras que si son ásperas o forzadas habrá grandes zonas de fricción, más aun cuando se trata de relieves profundos que actúan sobre el mayor diámetro de un proyectil. También es bien sabido que superficies del mismo material muestran mayor fricción que las de materiales distintos.

Algunos experimentos demuestran que se necesita una fuerza mayor para poner en marcha un cuerpo inmóvil en comparación a otro que se encuentra en movimiento. En otras palabras, el rozamiento estático o de arranque es mayor que el rozamiento dinámico, sin embargo, una vez que el cuerpo se mueve la fuerza de rozamiento por deslizamiento sólo crece ligeramente al aumentar la rapidez y permanece casi constante en un intervalo limitado de velocidades. Las experiencias adquiridas particularmente con metales en contacto, demuestran que cuando una superficie está comprimida contra otra y se produce el desplazamiento, las enormes presiones que existen en las diminutas áreas de contacto causan una especie de soldadura de los dos materiales.

En todos los materiales los átomos y moléculas están tan próximas en las áreas de contacto que las intensas fuerzas de atracción mutua frecuentemente arrancan microscópicas partículas del material desde un cuerpo al otro y al moverse de manera longitudinal. Para poner en marcha un cuerpo se tienen que quebrantar de una vez esos enlaces, mientras que para mantener el movimiento hay que romperlos continuamente. Como enunciado general, se puede decir que siempre que haya movimiento habrá rozamiento, todas las formas de rozamiento se pueden clasificar dentro de tres clases, por deslizamiento, por rotación (o de rodadura) y, en fluidos (o viscosos).

Los rozamientos por deslizamiento y por rotación están limitados y orientados en los sólidos, mientras que el rozamiento viscoso se aplica a los líquidos y gases. Usualmente el rozamiento por deslizamiento a bajas velocidades es mayor que el viscoso, mientras que a grandes velocidades es al contrario.

En las armas de fuego, el rozamiento de los proyectiles sobre las paredes del ánima del cañón provoca la erosión, la que resulta de acuerdo a la calidad de los materiales y al uso particular del arma, pues este efecto corresponde a un desgaste progresivo y después de varios cientos de disparos realizados, donde el empleo excesivo de cartuchos de alta velocidad ocasionan mayor erosión.

La erosión motiva una insuficiente rotación de los proyectiles durante su recorrido en el cañón, entonces, a su salida, estos palotearán o darán tumbos en su trayectoria, y su precisión será imprevisible. Además, las heridas que estas balas pudieran ocasionar en seres humanos o animales serán de irregulares dimensiones, dado que los proyectiles no penetraran de punta. Otros factores que también causan erosión son los siguientes:

- Cuando la pólvora se quema las reacciones químicas son intensas y se concentran en áreas pequeñas del ánima del cañón. Estas acciones favorecen el reblandecimiento de la superficie del metal y por lo tanto se desgastan más con los gases que lo recorren a gran velocidad.
- Por la presencia de partículas de pólvora que no se queman en su totalidad.
- Cuando los gases se fugan por delante del proyectil conforme este gira y se desplaza hacia la salida del cañón.

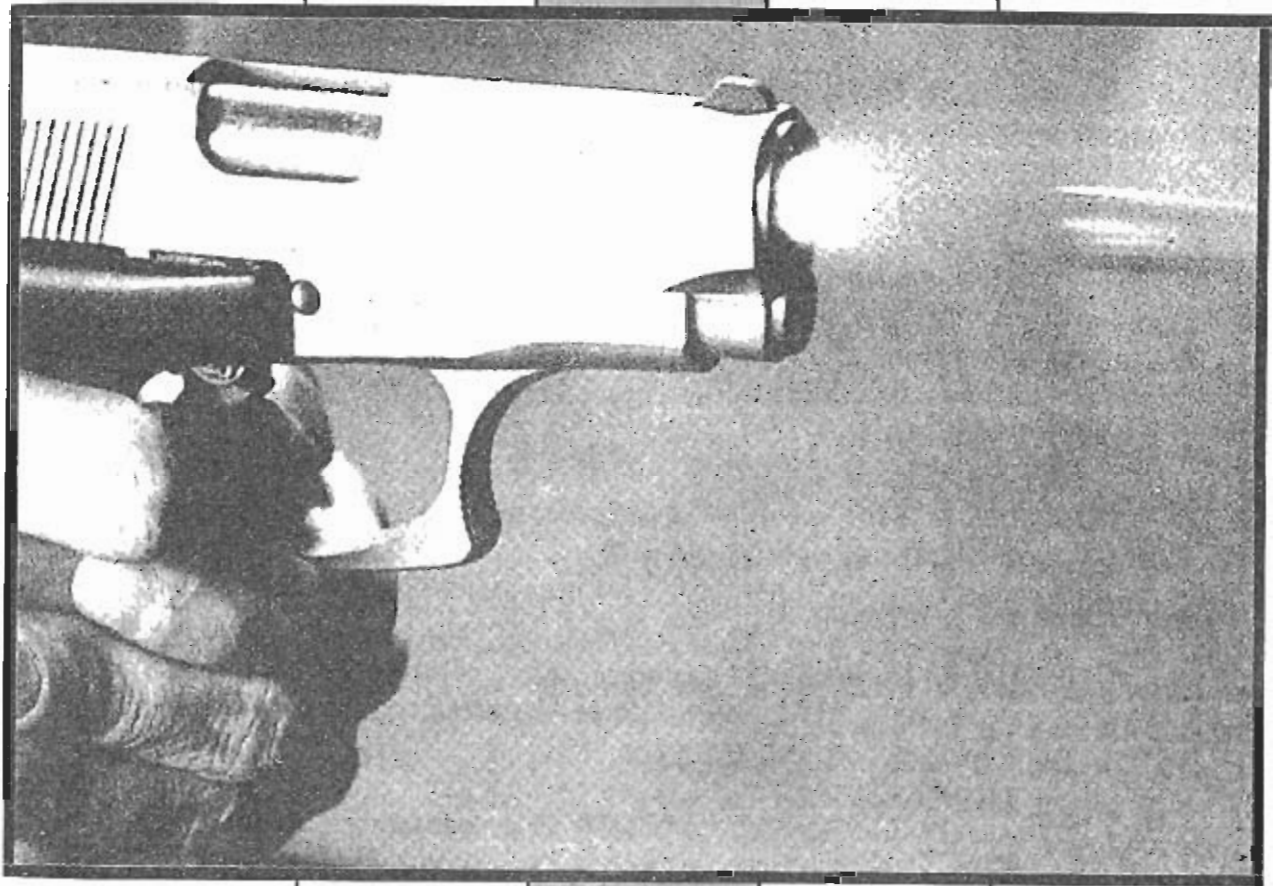
La *corrosión* es el resultado del descuido, esto por la falta o inadecuada limpieza de las armas después de haberlas disparado, pero en comparación con la erosión es de menor significado con respecto al deterioro de su estructura.

La falta de limpieza de un arma después de haberla disparado puede hacerla inoperante, dado que los residuos de pólvora y suciedad acumulada obstruirán partes mecánicas de la misma. Cuando la corrosión ya se encuentra presente en el cañón, la mejor manera de remediarlo es sustituyéndolo por otro nuevo, pues no existe ningún otro método eficaz para eliminarlo, por lo que es mejor evitarla que repararla.

Una condición que debe evitar a toda costa es la falta de limpieza en las armas, considerando las latentes implicaciones de riesgo para el usuario, particularmente de los agentes policiacos y de seguridad, que tal vez descuidan la única solución de supervivencia en casos extremos de enfrentamientos armados.

La corrosión es común en los climas húmedos y tibios, por lo cual algunas de las nuevas generaciones de revólveres y pistolas se fabrican en acero inoxidable, que resultan bastante resistentes a los efectos corrosivos.

3. BALISTICA EXTERIOR



La balística exterior estudia la trayectoria real de los proyectiles después de que estos abandonan el cañón de las armas. A su vez, la trayectoria se define como la línea que une las diferentes posiciones que va ocupando un proyectil en el espacio a medida que pasa el tiempo. Este estudio es algo complejo, puesto que varias fuerzas actúan en forma determinante para establecer la trayectoria real de un proyectil. Entre los factores que influyen en la trayectoria de las balas se encuentran los siguientes.

- La resistencia del aire
- La fuerza de gravedad de la tierra
- La influencia del viento
- La rotación impartida por el rayado del cañón
- El control que se ejerce sobre el arma

Con la finalidad de llegar a una idea más precisa sobre la trayectoria de una bala, es necesario despreocuparse en forma momentánea de cuatro de los factores antes expuestos, excepto la fuerza de gravedad, si hacemos esto es posible demostrar el principio de la trayectoria de un proyectil bajo condiciones ideales.

La trayectoria que resulta de estas condiciones ideales se conoce como trayectoria en el vacío, y que corresponde a la distancia que recorre el proyectil si no existiera ninguna resistencia de aire. La forma de esta trayectoria ideal en el vacío se conoce como *parábola*, cuya forma curva es bastante conocida en la geometría básica.

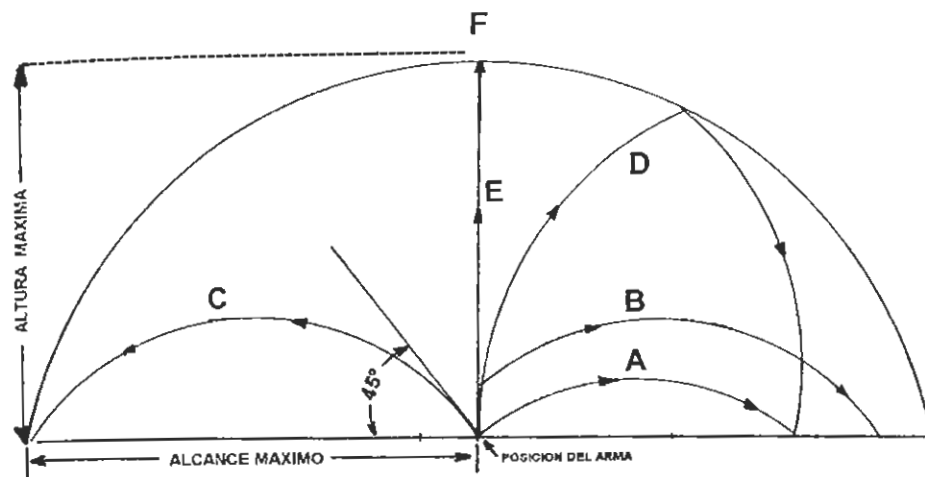
El efecto parabólico tiene una estrecha relación con el alcance y la altura de los proyectiles, pues la distancia a la que puede llegar una bala dependerá del ángulo de elevación del cañón con respecto al plano horizontal, en el caso de que se excediera el ángulo máximo de elevación entonces el alcance extremo del proyectil se vería disminuido.

Por su parte, la máxima altura a que puede llegar un proyectil aumentará a medida de que sea incrementado el ángulo de disparo y, hasta que el cañón del arma se apunte directamente hacia arriba, es decir en un ángulo de 90° con respecto al plano horizontal. Esta información tal vez no tenga mucho valor práctico, a menos que se esté preocupado en el campo de la artillería con alcances máximos, o por disparos de armas antiaéreas.

Para asegurar el alcance máximo de un proyectil en una trayectoria en el vacío deberá presentar un ángulo de 45° . Dicho en otras palabras, si el proyectil abandona el cañón en un ángulo de 45° con respecto a la horizontal, también tocará tierra en un ángulo de 45° .

Un estudio sobre trayectorias en el vacío revela un número de eventos muy interesantes, donde el alcance de un proyectil puede ser aumentado en proporción directa a su energía inicial, esto significa que el alcance de un proyectil es proporcional al cuadrado de su velocidad inicial. Una gráfica sobre las trayectorias de proyectiles en el vacío se puede observar de la siguiente manera.

Trayectorias en el vacío



En la gráfica se ilustran los diversos alcances y alturas conseguidas en el vacío por los proyectiles de acuerdo al ángulo en que se efectuaron los disparos. Donde la distancia extrema se presentan en el disparo de 45° (letra C), y la altura máxima se consigue en el disparo a 90° con respecto a la horizontal (letra E), las demás parábolas muestran diferentes ángulos de disparo para alcance y altura.

Desde un punto de vista práctico, los incrementos para el alcance de las balas son reducidos, porque estos necesariamente deben ser disparados en condiciones reales (en la atmósfera), donde se origina una fuerte resistencia del aire al desplazamiento de los proyectiles. Es interesante observar que a medida que se incrementa la velocidad de una bala la resistencia del aire aumentará para frenar su trayectoria. En estudios técnicos queda demostrado que los proyectiles con velocidades mayores a los 900 metros/segundo solamente obtienen ligeros incrementos en su alcance, por lo que es necesario aumentar la energía cinética inicial de las balas.

Despreciando un número de factores, entre los que destaca la resistencia del aire, no obstante, en la balística exterior los efectos del aire no pueden ser para nada despreciados, pues las trayectorias de los proyectiles en la atmósfera resultan bastante diferentes, dado que el alcance de las balas con la presencia de aire son más cortas que las trayectorias en el vacío. Es importante darse cuenta que en la atmósfera la trayectoria de un proyectil no es simétrica como lo es en el vacío, en el aire la trayectoria de la bala se hace menos curvada en su parte descendente en comparación con su parte ascendente. Aplicando términos angulares un proyectil disparado en un ángulo de 45° tenderá a caer en un ángulo mucho menor al original.

Entonces, el vértice de la trayectoria de una bala en el aire se desplazará hacia la parte descendente, más aun, el alcance máximo de un proyectil con la presencia de aire no corresponde a un disparo en ángulo de 45° . Esto dependerá del calibre, del peso y de la velocidad inicial del proyectil. En las armas cortas, el ángulo de elevación para obtener el máximo alcance será menor a los 45° . Detectando enormes diferencias entre el alcance extremo de los proyectiles con trayectorias reales en el aire con respecto a las trayectorias calculadas en el vacío, aun cuando sea utilizado un mismo tipo de proyectil. Por esta razón, los expertos en balística de varias compañías fabricantes de cartuchos, invierten mucho tiempo y dinero tratando de mejorar la forma de los proyectiles para recuperar, tanto como sea posible, la pérdida de velocidad de las balas en el aire.

Fricción en fluidos

El rozamiento en un gas o en un líquido, se manifiesta cuando se hace correr el fluido alrededor de un obstáculo fijo, o cuando se mueve un objeto a través de un fluido antes estacionario. Estos rozamientos están relacionados con la propulsión de los torpedos en el agua y con los proyectiles en el aire. En cualquier estudio sobre el rozamiento en fluidos, no se considera como diferencia el que el fluido se considere móvil mientras que el objeto permanece fijo, o viceversa, únicamente es necesario especificar que hay un movimiento relativo entre ambos.

Los experimentos demuestran que a velocidades relativamente bajas el movimiento del fluido alrededor del objeto es suave y regular, donde el rozamiento del fluido es proporcional a la velocidad, es decir, que a medida que la velocidad crece el rozamiento aumenta proporcionalmente, así que menos fuerza está disponible para la aceleración. A medida que la velocidad aumenta se llega a un punto donde aparece la *turbulencia*, y la fuerza de rozamiento aumenta rápidamente volviéndose proporcional al cuadrado de la velocidad. En un ejercicio simple queda demostrado tal afirmación; cuando se viaja en un vehículo partiendo de una baja velocidad y se saca una mano por la ventanilla se empieza a sentir la resistencia del aire con relación al desplazamiento, si paulatinamente se aumenta la velocidad entonces se incrementará la resistencia y se sentirá una fuerte fricción en la mano, hasta llegar el momento en que la resistencia es tal que probablemente no se podrá tener control de la mano por causas de la excesiva resistencia del aire y el incremento sustancial de la turbulencia.

El flujo turbulento está caracterizado por pequeños remolinos que se forman detrás del objeto que se desplaza, donde no solo hacen que el fluido se tenga que mover con rapidez hacia afuera o alrededor del cuerpo, sino que los remolinos toman considerable cantidad de energía que redundará en mayores pérdidas energéticas, en este caso del proyectil y, por lo tanto, en un incremento del rozamiento. Cuando la velocidad se va incrementando, los remolinos en lugar de formar pares simétricos aparecen alternativamente a un lado y luego al otro dejando un largo rastro de vértices, estas hileras de torbellinos comúnmente se designan como estelas de Kármán. Cuando la velocidad de un cuerpo aerodinámico se aproxima a la velocidad del sonido, el rozamiento crece rápidamente volviéndose proporcional al cubo de la velocidad. En el caso de los proyectiles de armas de fuego, muchos de estos sobrepasan la velocidad del sonido, de tal forma que el aire ejerce una excesiva resistencia a su desplazamiento y consecuentemente un aumento de la turbulencia.

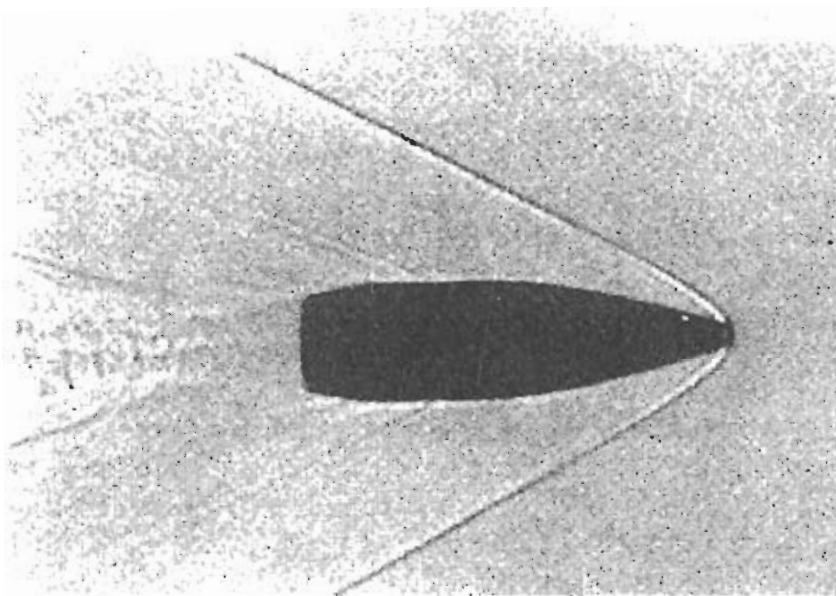
Velocidad de los proyectiles

De acuerdo a la potencia de los cartuchos disparados por armas con características específicas, los proyectiles pueden desplazarse a velocidades.

- Subsónicas (por abajo de la velocidad del sonido en el aire)
- Sónicas (en promedio a la misma velocidad del sonido)
- Supersónicas (por arriba de la velocidad del sonido)

El perfeccionamiento de cartuchos y de sus proyectiles, capaces de adquirir velocidades mayores a las del sonido, han aumentado la importancia del estudio del flujo del aire a grandes velocidades alrededor de balas de diferentes formas y tamaños. El flujo para proyectiles que se mueven a velocidades supersónicas está caracterizado por la existencia en el aire de discontinuidades conocidas como *ondas de choque*.

Estas discontinuidades súbitas son el resultado de encuentros repentinos del aire con respecto a un cuerpo impenetrable. A velocidades subsónicas el fluido parece estar prevenido y empieza su flujo hacia afuera antes de la llegada de la punta del proyectil. Sin embargo, a velocidad supersónica el fluido al frente del proyectil no está perturbado, mientras que el situado inmediatamente detrás se mueve lateralmente. El impulso súbito en la nariz de la bala crea una región de alta presión que al avanzar hacia fuera con la velocidad del sonido crea la onda de choque de forma cónica, la que cambia la dirección del flujo del aire.



Efecto de la onda de choque y la presencia de turbulencia en el desplazamiento de un proyectil de alta velocidad.

Se sabe que la temperatura en el ambiente tiene un efecto moderado sobre la velocidad del sonido, pues estudios recientes y, tal vez más precisos, realizados por Dayton C. Miller en 1934, utilizando cañones para la defensa costera como fuentes de sonido y un grupo de receptores situados a diferentes distancias, se obtuvo un resultado de la velocidad del sonido de 331 m/seg., a la temperatura de 0° C, lo que equivale a 1,192 Km./hora, y por cada grado centígrado de elevación de la temperatura, la velocidad del sonido en el aire aumenta a razón de 61 cm/seg. O su equivalente de 2 pies/seg.

En estudios supersónicos se acostumbra especificar la velocidad de un cuerpo con respecto a la velocidad del sonido, la relación entre estas dos velocidades se le denomina como número de *Mach*, en reconocimiento al físico Ernesto Mach por sus estudios sobre la velocidad del sonido.

$$\text{Número de Mach} = \frac{\text{Velocidad del cuerpo}}{\text{Velocidad del sonido}}$$

Si la velocidad de un proyectil es reducida la resistencia del aire también es pequeña, con incrementos en la velocidad la resistencia del aire aumentará. Por lo general, cuando la velocidad de un proyectil sobrepasa los 300 metros/segundo, la resistencia del aire empieza a incrementarse en una proporción mucho mayor. Es interesante observar que la velocidad a la cual la resistencia del aire se incrementa es mucho mayor que la velocidad del sonido en el aire. En él frío también se detecta que la velocidad del sonido es más lenta.

Entre algunos expertos en balística que tratan con proyectiles de alta velocidad, es muy común referirse a estas velocidades en términos de la relación que existe entre la velocidad de la propia bala con respecto a la velocidad del sonido, por ejemplo, si un proyectil se desplaza a una velocidad de 2,200 pies/segundo (670 metros/segundo) a nivel del mar, se dice que tiene una velocidad de Mach II, pues la velocidad del sonido en el aire corresponde a los 1,100 pies/segundo (335 metros/segundo) que se describe como velocidad de Mach I.

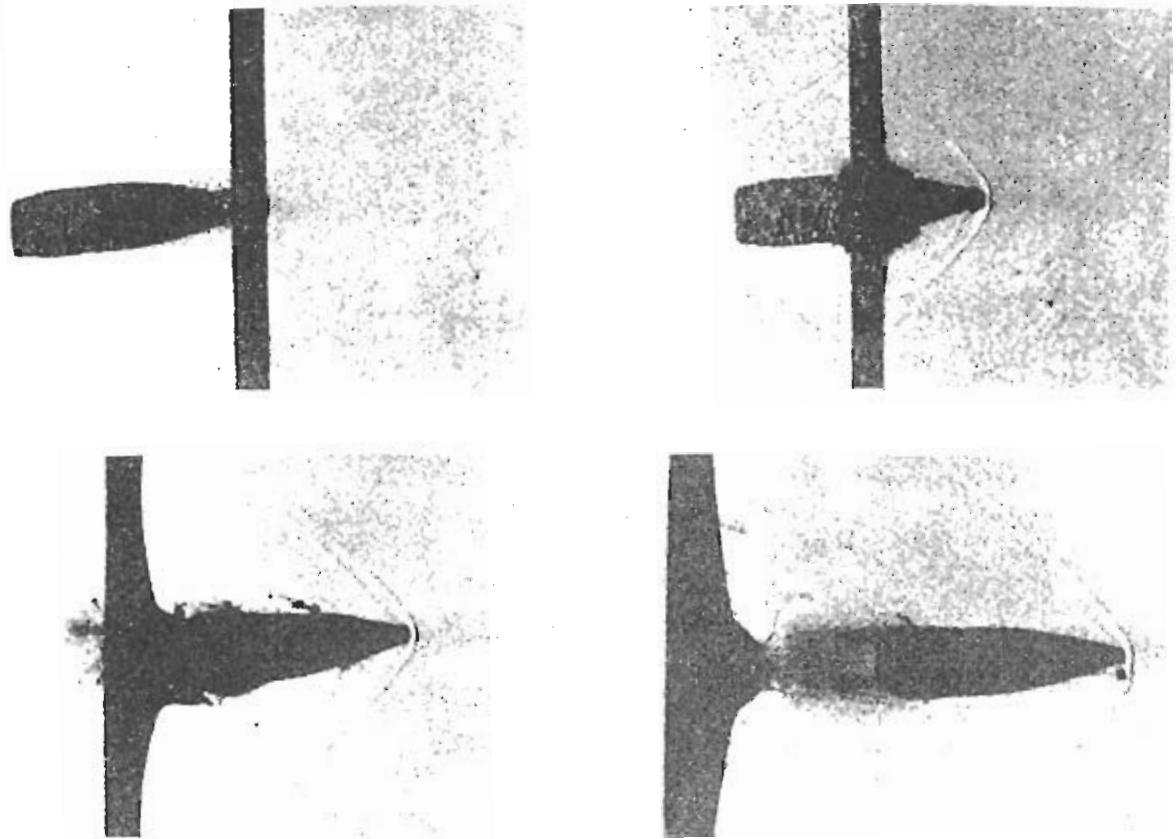
Formas aerodinámicas

Adaptando la forma de un cuerpo a las líneas de corriente del fluido a través del cual se mueve se puede reducir desmesuradamente la fuerza retardante del rozamiento, esto es particularmente efectivo en altas velocidades, donde las condiciones del flujo turbulento predominarían al añadir al proyectil una cola de modo que la sección transversal tenga la forma aerodinámica, por lo que, la tendencia a formar torbellinos se puede reducir y el cuerpo se deslizará a través del fluido con un mínimo de perturbación, tal es el caso de los proyectiles cola de bote.

Los experimentos demuestran que los proyectiles de punta aguda con una cola alargada y de diámetro más reducido que el grueso de su cuerpo cilíndrico son más efectivos para disminuir la resistencia del aire, por lo tanto, la forma de las balas tienden a ser aerodinámicas para reducir tal fuerza retardante, tratando de evitar disminuciones drásticas de sus velocidades residuales.

También es importante considerar la adecuada velocidad de rotación impartida por el rayado del cañón sobre el proyectil, para con ello asegurar que este mantenga su punta siempre hacia delante y preservando una conveniente estabilidad. Cosa contraria resultaría el que se impartiera poca energía en el movimiento de rotación a la bala, porque esta no podrá girar con la suficiente rapidez obligando al proyectil a cabecear, palotear o dar vuelcos indiscriminados en todas las formas posibles. El movimiento de cabeceo es característico de cualquier proyectil en vuelo y no puede ser evitado si el rayado del cañón se encuentra en deficientes condiciones, siendo un efecto sumamente nocivo para los disparos de precisión a largas distancias.

Por lo que se debe enfatizar, que los proyectiles disparados por armas con ánima rayada presentan dos tipos de movimiento distintos, uno de traslación y otro de rotación. El primero corresponde a la distancia recorrida por el proyectil en un tiempo determinado, y la segunda corresponde a la trayectoria que describen todos los puntos rígidos del proyectil en su rotación alrededor de su centro guía, siendo simplemente círculos cuyo centro geométrico es precisamente su eje.



Secuencia fotográfica que muestra la penetración de un proyectil del calibre 7.62 mm sobre una placa de polímero.

Tiro Horizontal

Cuando un proyectil es disparado, la máxima distancia que recorre puede ser de gran importancia para fines balísticos. Despreciando la fricción o resistencia del aire, la bala forma una curva parabólica simétrica, donde la distancia horizontal alcanzada viene determinada por la magnitud y dirección del proyectil, aspectos estrechamente relacionados con su velocidad inicial.

Si nuevamente se desprecia la fricción del aire, un cuerpo caerá libremente desde el reposo al mismo tiempo que otro es proyectado horizontalmente desde la misma altura, donde ambos chocaran a la vez con el suelo. La primera conclusión a que se puede llegar es que la aceleración hacia abajo de un proyectil, es la misma que la caída libre de un cuerpo y se produce independientemente de su movimiento horizontal. Más aun, una medida experimental de tiempo y distancia demuestra que la velocidad horizontal de proyección no cambia y no depende del movimiento vertical, en otras palabras un proyectil ejecuta independientemente los siguientes dos movimientos.

- Una velocidad horizontal constante
- Una aceleración vertical hacia abajo por efectos de la fuerza de gravedad.

Con una velocidad inicial del proyectil, la distancia horizontal recorrida es proporcional al tiempo, y esta dada por la ecuación; $x = vt$, donde x es la distancia recorrida, v es la velocidad inicial, y t el tiempo.

Particularmente, los proyectiles de baja velocidad cuando son disparados a largas distancias y en presencia de aire siguen una trayectoria parabólica, donde la fuerza retardante del rozamiento con el aire casi es despreciable. No obstante, para los proyectiles de gran velocidad el aire frena continuamente su movimiento proyectándolo hacia abajo, y la trayectoria se aparta de la forma parabólica. Cuanto mayor sea la velocidad, más grande será la fuerza de rozamiento del aire, y mayor será la desviación respecto de una trayectoria parabólica.

Para calcular la trayectoria teórica de un proyectil, inicialmente es conveniente despreciar el rozamiento del aire y luego, si es necesario, hacer las correcciones para la resistencia del aire. Como regla general, los factores conocidos y concernientes a un proyectil determinado son, la velocidad inicial y el ángulo de elevación del disparo, que siempre se mide con respecto a la horizontal, los factores por calcular son.

- a) El tiempo de la trayectoria
- b) La altura máxima conseguida
- c) El alcance máximo logrado.

El tiempo de vuelo de un proyectil se define como la duración en segundos que transcurre para su regreso al mismo nivel desde donde fue originalmente disparado. La altura máxima se define como la mayor distancia vertical alcanzada por el proyectil obtenida desde el plano horizontal de tiro. Mientras que el alcance máximo corresponde a la distancia horizontal desde el punto de proyección, hasta el lugar donde el proyectil vuelve a tocar el plano horizontal.

Para calcular la altura y el alcance de un proyectil, la velocidad inicial o de proyección se descompone en dos componentes, una vertical y otra horizontal, llamando v a la velocidad de tiro y θ al ángulo de elevación del cañón del arma, los componentes x e y de la velocidad están dadas por las siguientes funciones trigonométricas:

$$\sin \theta = \frac{V_y}{v} \quad y \quad \cos \theta = \frac{V_x}{v}$$

Si se transpone v al otro miembro de cada ecuación,

$$V_y = v \sin \theta$$

$$V_x = v \cos \theta$$

El recorrido de la trayectoria verdadera de un proyectil es una combinación de dos movimientos, uno el movimiento de una partícula proyectada verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial V_y , el otro una velocidad horizontal V_x que permanece constante. En otras palabras, una partícula lanzada verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial V_y se elevaría a la misma altura y en el mismo tiempo que la otra proyectada en un ángulo θ y con una velocidad V , puesto que, el tiempo requerido para alcanzar el punto más alto es igual al tiempo necesario para caer a la misma distancia, entonces la fórmula que se usará para la caída libre de un objeto en reposo será:

$$V_y = gt$$

Por transposición y sustitución de la ecuación se encontrará que:

$$t = \frac{V_y}{g} = \frac{V \sen \theta}{g}$$

Por que t es el tiempo de elevación o el tiempo de caída, el tiempo total de vuelo será $2t$, por lo tanto, tiempo de vuelo es por consiguiente:

$$t = \frac{2v \sen \theta}{g}$$

Para encontrar la altura H , se usa la ecuación; $(V_y)^2 = 2gH$

$$\text{Despejando } H \text{ tenemos; } H = \frac{(V)^2}{2g}$$

Usando la segunda ecuación, se sustituye $V \sen \theta$, por V_y y se tiene;

$$H = \frac{(V \sen \theta)^2}{2g}$$

Para encontrar el alcance R , se usa la ecuación $x = vt$. Reemplazando la letra x por R , v por $v \cos \theta$, y t por tiempo total de vuelo $T = 2v \sen \theta / g$, encontramos;

$$R = v \cos \theta \times \frac{2v \sen \theta}{g} \quad \text{o bien} \quad R = \frac{2v^2 \sen \theta \cos \theta}{g}$$

Para poner la anterior formula de otra manera, se emplea la relación trigonométrica $2 \sen \theta \cos \theta = \sen 2\theta$, haciendo las sustituciones se tiene:

$$R = \frac{V}{g} \sen 2\theta^2$$

Alcance; En esta forma se ve el momento que para una velocidad dada el alcance es extremo cuando $\sen 2\theta$ es máximo. Pues el seno tiene su mayor valor igual a la unidad para un ángulo de 90° , el mayor ángulo θ será de 45° . Más aún, el alcance para cualquier ángulo de un número de grados mayor que 45° , será igual al alcance para un número igual de grados menor de 45° .

Ejemplo, si un proyectil se dispara con una velocidad inicial de 700 m/seg, en un ángulo de elevación de 15° . Calcular (a) el tiempo de vuelo, (b) la altura máxima alcanzada y, (c) el recorrido o alcance máximo. Donde para obtener una parábola uniforme se debe despreciar la resistencia del aire.

BALISTICA EXTERIOR

Solución. Los valores dados son; $v = 700$ m/seg, $\theta = 15^\circ$, y la gravedad $= 9.80$ m/seg.². Para hallar el tiempo de vuelo se sustituyen directamente estos valores en la ecuación:

$$t = \frac{2v \sin \theta}{g} = \frac{2 \times 700 \times 0.2588}{9.80} = 36.97 \text{ seg.}$$

(b) Para hallar la altura máxima sustituimos las cantidades conocidas en la siguiente ecuación:

$$H = \frac{(v \sin \theta)^2}{2g} = \frac{(700 \times 0.2588)^2}{2 \times 9.80} = 1,674.43 \text{ metros}$$

(c) Para hallar el alcance, se sustituyen los valores directamente en la siguiente ecuación:

$$R = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{(700)^2 \times 0.5}{9.80} = 25,000 \text{ metros}$$

Los cálculos teóricos de balística exterior se obtienen cuando el proyectil se desplaza en un vacío completo, bajo estas condiciones, el alcance máximo de una bala se presentará cuando el cañón del arma se eleve en un ángulo de 45° con respecto a la horizontal. Bajo estas condiciones ideales, el alcance varía únicamente con la velocidad inicial a la cual es disparado el proyectil.

Con presencia de aire, el alcance máximo de un proyectil, ya sea de arma corta o larga, es apenas una séptima parte del alcance que podría ser calculado en el vacío. Teóricamente se considera que en el vacío un proyectil disparado en un ángulo de 45° , por un rifle del calibre .30, podría tener un alcance extremo de 43 millas (69.1 kilómetros), pero en condiciones reales el alcance máximo se presentaría de aproximadamente 2 millas (3.2 kilómetros).

Los proyectiles de armas largas ordinariamente presentan mayor fricción al aire, donde la resistencia es tan pronunciada que su alcance máximo se obtendrá cuando los cañones se elevan en ángulos entre los 25° y 29° con respecto a la horizontal, en ángulos mayores o menores el alcance máximo disminuye.

Términos empleados en el estudio de balística exterior

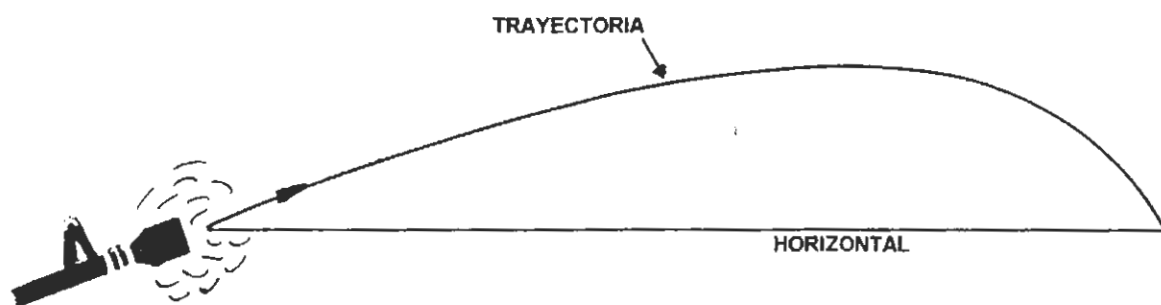
- a) *Eje del cañón.* Es la línea imaginaria que pasa por el centro del cañón y a lo largo del ánima.



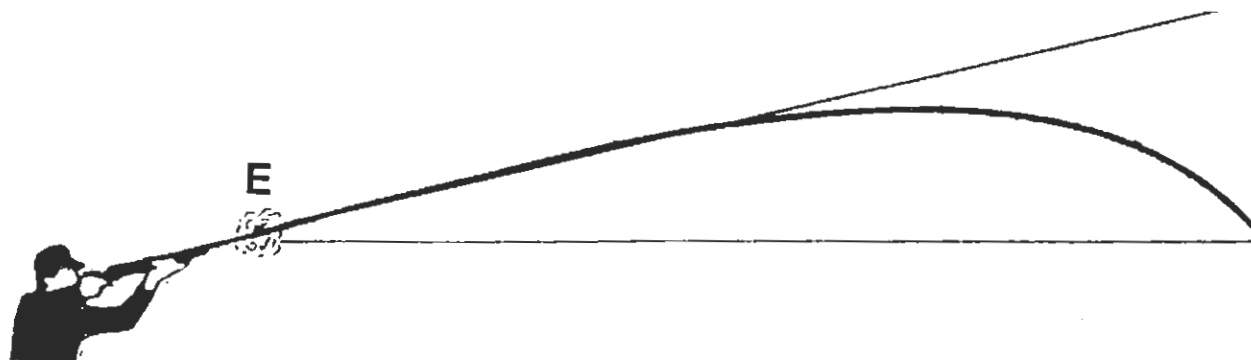
- b) *Línea de mira.* Es la recta imaginaria que parte del ojo del tirador pasando por el centro de la mira posterior del arma y tocando la cúspide del grano de mira.
- c) *Línea de tiro.* Es la prolongación del eje del cañón cuando el arma se encuentra apuntada.



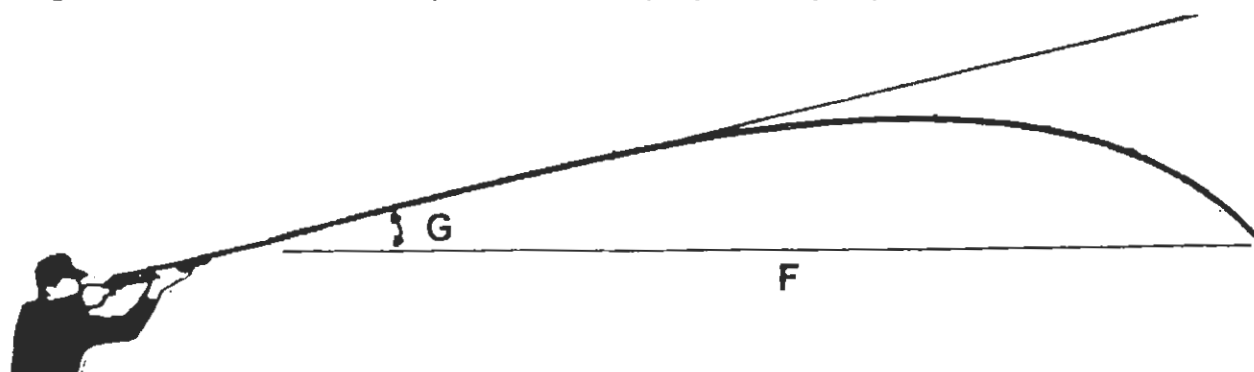
- d) *Trayectoria.* Es la línea que une las diferentes posiciones que va ocupando el proyectil en el espacio a medida que pasa el tiempo.



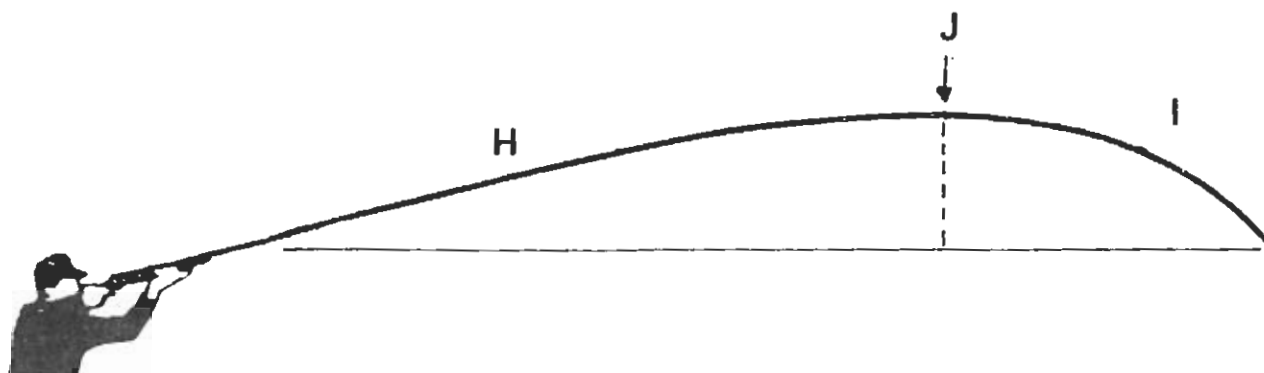
- e) *El origen de la trayectoria.* Es el centro de la boca del cañón.



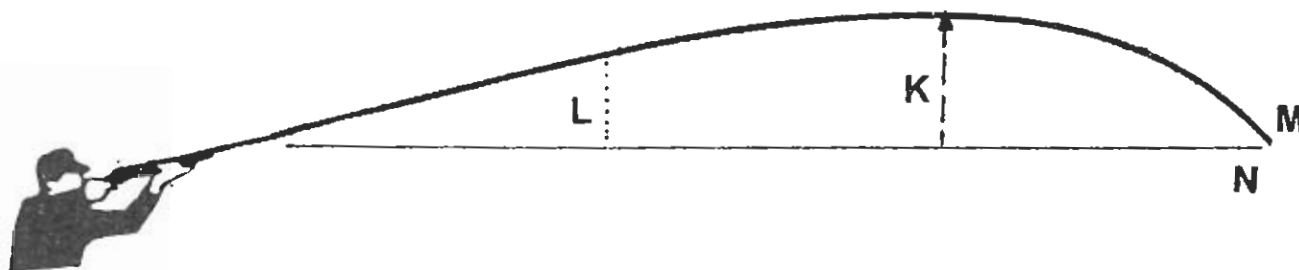
- f) *Horizonte del arma.* Es la línea horizontal que pasa por el origen de la trayectoria con respecto al objetivo, también considerado como plano horizontal.
- g) *Angulo de tiro.* Es el formado por la línea de proyección y el plano horizontal.



- h) *Rama ascendente*. Es la parte de la trayectoria que va del origen al vértice.
- i) *Rama descendente*. Es la parte de la trayectoria que va del vértice al punto de llegada.
- j) *Vértice*. Es el punto más alto de la trayectoria del proyectil.



- k) *Flecha*. Es la vertical que baja del vértice de la trayectoria a la horizontal.
- l) *Ordenada*. Es la distancia vertical de la horizontal a un punto cualquiera de la trayectoria.
- m) *Punto de caída*. Es lugar donde termina la parábola que realiza el proyectil.
- n) *Alcance*. Es la distancia recta entre el origen y el punto de llegada.



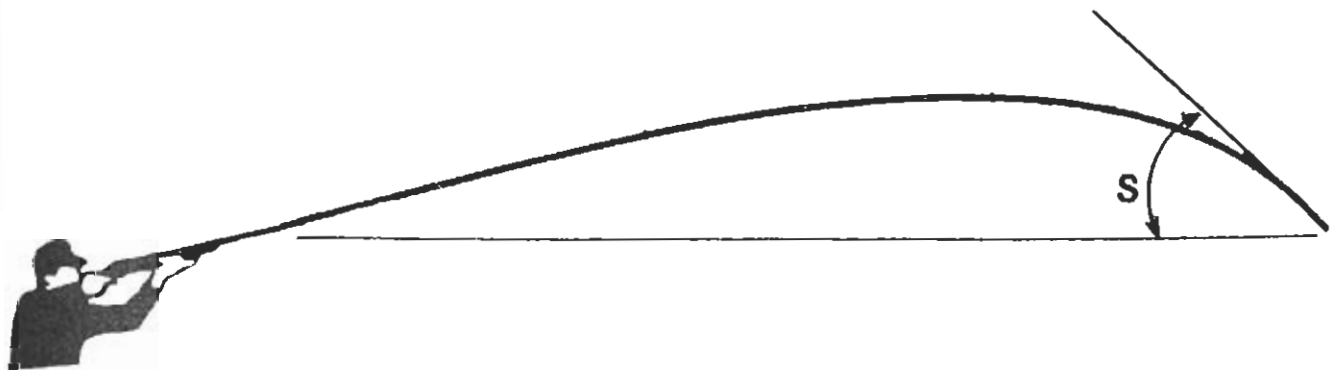
- o) *Velocidad restante*. Es la velocidad residual que presenta el proyectil en un punto cualquiera de su trayectoria y después de su origen.
- p) *Duración de la trayectoria*. Es el tiempo que emplea un proyectil en recorrer su trayectoria desde el origen hasta el punto de llegada.



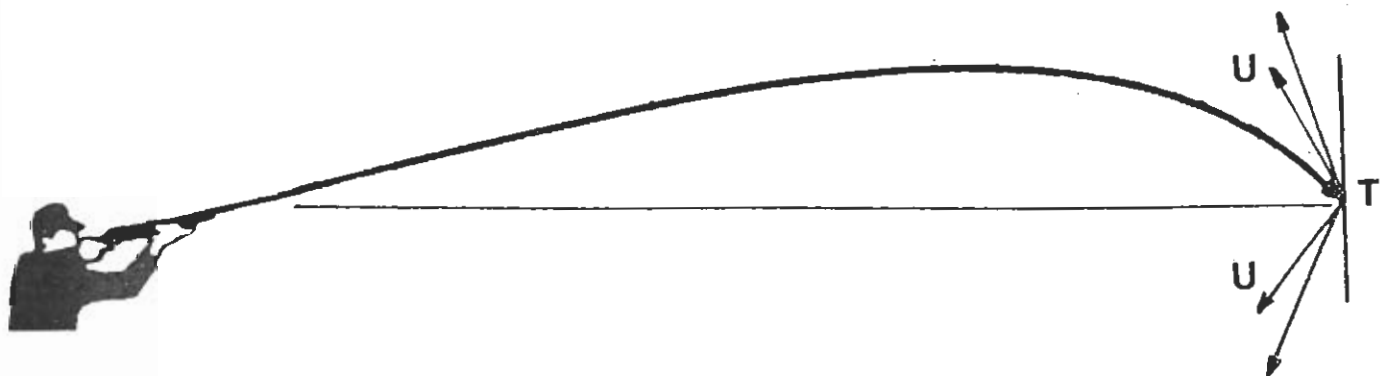
- q) *Abcisa de un punto.* Es la distancia del origen al pie de la ordenada que baja a ese punto.
- r) *Abatimiento.* Es la distancia vertical de la línea de proyección a la trayectoria.



- s) *Angulo de caída.* Es el formado por la tangente a la trayectoria en el punto de caída con respecto a la horizontal.



- t) *Impacto.* Es el daño, efecto o marca producida por el proyectil en la estructura que golpea.
- u) *Rebotes.* Son los recorridos irregulares que regularmente presentan los proyectiles cuando impactan estructura duras y en ángulos menores a los 30° , los que pueden continuar con una trayectoria imprevisible según sea su velocidad restante.



Densidad seccional y coeficiente balístico

La densidad seccional de un proyectil se encuentra intrínsecamente relacionada con el material que lo conforma, donde el plomo es uno de los metales que presenta mejor densidad seccional en comparación con otros materiales.

Si se tuvieran dos proyectiles, uno de plomo y otro de un material más liviano como el plástico o la madera, pero que ambos incluyeran similares características de diámetro, forma y tamaño, y que fueran disparados a una misma velocidad inicial, aun cuando las dimensiones de estas balas son idénticas y la resistencia del aire es similar para ambos, sin lugar a dudas el proyectil que presentará mayor alcance y mejor poder de impacto corresponde al de plomo, ello por la densidad del material que lo conforma.

En otro caso, si se tuvieran dos proyectiles con el mismo diámetro y elaborados con idéntico material, ya sea plomo, pero que uno de ellos presente el doble de longitud con respecto al otro, y fueran disparados con similar velocidad inicial, el proyectil de mayor longitud tendrá mayor alcance y presentara mejor poder de impacto con respecto al más corto. De esta forma comprenderemos que cualquier proyectil que se desplace en el aire será menos frenado si su forma es ojival o puntiaguda, por lo que aumenta su alcance. Por el contrario, si el proyectil presenta una forma achatada, su velocidad se verá disminuida por los efectos de la resistencia del aire que actúa sobre una mayor superficie expuesta del proyectil.

El *coeficiente balístico*, consiste en la capacidad que presenta un proyectil para mantener una mayor velocidad residual con respecto a la resistencia del aire. Este es un factor para vencer lo mejor posible la fricción que ofrecen las capas de aire, y la efectividad balística del proyectil dependerá de su peso, diámetro y forma, donde también se involucra la velocidad inicial. Entonces, el coeficiente balístico se puede definir como una medida que identifica la eficiencia de los proyectiles durante su trayectoria en el aire.

El coeficiente balístico o factor de la forma de los proyectiles, se calcula dividiendo el peso de la bala, entre el cuadrado de su diámetro. Por lo cual los proyectiles de armas largas ordinariamente tendrán una forma alargada, y consecuentemente su peso aumentará con el cubo o tercera potencia de su diámetro, incrementando con ello su coeficiente balístico. De manera contraria, los proyectiles para armas cortas generalmente presentaran un coeficiente balístico de menor valor, por lo que su trayectoria en el aire se verá disminuida significativamente. En conclusión, existen formas de proyectiles que son más eficientes que otros para vencer la resistencia del aire.

El jalón

El jalón es otro fenómeno que se presenta en el estudio de balística exterior, el que consiste en la desviación lateral de la trayectoria de un proyectil con respecto al plano de proyección, y que en la mayoría de las veces se origina por la excesiva rotación de la bala. Como resultado de este jalón la trayectoria de las balas tienden a desviarse hacia la izquierda o a la derecha del tirador, según sea la orientación del rayado. En distancias cortas, el efecto del jalón no es muy significativo y no afecta tanto la precisión, el que puede ser despreciable en disparos con armas cortas, sin embargo, en los disparos a larga distancia, del tipo francotirador, el jalón si representa significativa importancia.

BALISTICA EXTERIOR

Hasta el momento, queda establecido que los factores que se originan en el interior del cañón tienen una relevante importancia en la balística exterior, pues el buen desempeño en el proceso del disparo, garantizará que la bala durante su trayectoria cumpla satisfactoriamente con los requerimientos del tirador. No obstante, los factores externos también deben ser considerados, los que influyen sobremanera en la trayectoria real de los proyectiles, esto es, desde que salen por la boca del cañón, hasta que consuman el contacto con el objetivo.

Al igual que la resistencia del aire, la fuerza de gravedad y el jalón, también la dirección y velocidad del viento influyen para modificar la trayectoria de un proyectil, el que ocasiona desviaciones laterales de la bala con relación al tirador, a esta consecuencia se le conoce como *venteo*. Por tal razón, muchos rifles o fusiles modernos incluyen graduaciones laterales de su mira posterior, destinadas a corregir los efectos de este efecto.

Cuando una fuerza externa al arma no puede ser controlada, se debe de efectuar un estimado sobre la influencia que tendrá en la trayectoria del proyectil, siendo necesario esforzarse para corregir las irregulares dentro del arma, pues cualquier proyectil que se desplaza en el aire su centro de gravedad influye para modificar la trayectoria.

Precisión

Existen numerosas razones para considerar que la precisión de los disparos se obtiene con un arma de fuego y cartuchos en buenas condiciones, pero lo más importante corresponde a la habilidad del tirador para acertar sus disparos donde él requiere. Donde la destreza es un factor de suma importancia para los deportistas y, sobre todo, para los agentes policiacos que obligadamente requieren mejorar su precisión, lo que de alguna manera es mucho más importante que el calibre del arma que les fuera asignada.

Antes que todo, el calibre de las armas cortas empleadas por elementos policiacos, se encuentra destinado a incrementar el poder de detención sobre los adversarios, esto quiere decir, que están destinadas a inutilizar de manera inmediata a las personas contraventoras de la ley, en los casos de enfrentamiento armado y, sin que necesariamente se tenga que dar muerte a tales individuos, para con ello evitar situaciones contraproducentes que puedan poner en riesgo la seguridad de otras personas ajenas a los hechos y la de los propios servidores públicos.

Se puede mencionar por ejemplo, que las armas empleadas regularmente por las instituciones de seguridad y de procuración de justicia, son revólveres de los calibres .38 Especial y .357 Magnum y, pistolas .38 Super, 9 mm Parabellum, 10 mm Auto, .40 S&W y .45 ACP. Pero aun cuando estas presenten excelentes cualidades balísticas, los policías también requieren un exhaustivo programa de capacitación para optimizar su precisión, donde se pueden involucrar simulacros más reales y bajo condiciones específicas de cualquier clase, con ello se mejoran las técnicas tácticas y, sobre todo, se incrementa la habilidad de acertar los disparos, más cuando se trata de verdaderos enfrentamientos armados con delincuentes.

Para resumir este apartado, sería provechoso mencionar una frase bien aplicada por cazadores, la que señala; *más vale un disparo del minúsculo calibre .22 en la cabeza que el de cualquier Magnum en el rabo.*

Movimientos del cañón

Al disparar un arma de fuego, lo ideal sería que el cañón no tuviera ningún movimiento instantáneo que pudiera modificar la trayectoria ideal del proyectil, desafortunadamente ciertos movimientos del cañón son inevitables. Cuando se dispara un arma con cañón largo y delgado, la presión de los gases momentáneamente lo enderezan hasta cierto punto, este movimiento es indeseable, puesto que puede cambiar ligeramente la dirección del proyectil afectando la precisión.

Un cambio en la dirección del proyectil tiene relación directa con el eje del cañón del arma, este fenómeno puede denominarse como *brinco*. En algunos casos el brinco se presenta en forma similar para cada uno de los disparos efectuados, debiendo ser considerado para corregir los tiros subsecuentes. Cuando las armas se encuentran bien diseñadas y son adecuadamente sostenidas por el tirador, el brinco es tan pequeño que muchas veces se expresa en términos de 1 a 2 milésimas de pulgada de corrección, esto con respecto al ángulo de elevación del arma y con relación al alcance del proyectil.

Gravedad y caída de los cuerpos

Alrededor de 1590, Galileo meditó sobre la caída de los cuerpos, encontrando que despreciando la fricción del aire todos los cuerpos grandes y pequeños caen con la misma aceleración. Esta ley corresponde a la caída de los cuerpos y puede considerarse como una paradoja física, pues contradice las conclusiones a que una persona común puede llegar tras una serie de observaciones, pensando tal y como lo hizo el filósofo Aristóteles (384-322 a.C.), quien sugirió que los cuerpos pesados caían proporcionalmente más rápido que los objetos ligeros.

Algunos acontecimientos históricos refieren que en una ocasión Galileo concentró a una gran cantidad de personas cerca de la torre inclinada de Pisa, y tras subir la escalera de caracol hasta el campanario dejó caer dos piedras, una grande y otra pequeña. Estos dos cuerpos descendieron uno al lado del otro y golpearon juntos el suelo, anunciando el fin de la antigua hipótesis de Aristóteles y el nacimiento de una nueva era en la ciencia. Ya sea que este suceso fuera cierto o falso su importancia radica en los auténticos experimentos que hubo de realizar Galileo para demostrar sus deducciones, presentando al mundo un nuevo método científico más digno de confianza y que consiste en la experimentación.

El retraso que se observa en la caída de algunos cuerpos ligeros, como plumas de ave y hojas de papel, es debido a la fricción que ofrece el aire a la caída de tales objetos, esta fricción aumenta mientras mayor sea la altura de la caída y será más pronunciada cuando más ligeros sean. Esto se produce por la gran superficie que presentan las plumas o las hojas que revolotean hasta el suelo y que son frenadas por la gran cantidad de aire que debe ser empujado a los lados para dejarlas caer, sin embargo, en ausencia de aire incluso una pluma de ave caerá con la misma aceleración que una bola sólida de acero, por lo que todos los cuerpos en el vacío caen con la misma aceleración.

Experimentos efectuados en muchos puntos del planeta sobre la aceleración debido a la gravedad, demuestran que la aceleración no es la misma en todas partes ya que se detectan ligeras variaciones, además de que es importante conocerlas aun cuando estas alteraciones son pequeñas y no tienen ninguna consecuencia en la mayoría de los problemas prácticos.

En general, los valores de la gravedad están entre un mínimo de 9.7804 metros/segundo² en el ecuador, y un máximo de 9.8321 metros/segundo² en los polos Norte y Sur, aun en estas latitudes se observan variaciones por las irregularidades de la conformación del planeta, por lo que el comité internacional de pesas y medidas ha elegido como valor aceptado o patrón unificado el de 9.80665 metros/seg². Pero para propósitos prácticos se acostumbra usar los valores de 9.80 metros/seg². Entonces, debemos suponer que para la caída libre de los cuerpos; $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

Si en ausencia de aire se pudiera disparar un proyectil en línea recta hacia arriba, la velocidad de este paulatinamente disminuiría hasta llegar a un punto en el cual permanezca momentáneamente en reposo, luego caerá de vuelta a la Tierra adquiriendo al llegar al punto de partida la misma velocidad que tenía al ser lanzado. El experimento demuestra que el tiempo empleado para elevarse al punto más alto de su trayectoria es igual al tiempo transcurrido en la caída. Esto implicaría que los movimientos hacia arriba son precisamente iguales a los movimientos hacia abajo, pero invertidos, y donde se involucra el tiempo y la rapidez. Si el referido proyectil correspondiera al calibre nominal .38 Especial, con un peso de 158 granos, y fuera disparado en el vacío de manera vertical, este desarrollaría una velocidad inicial aproximada a los 257 metros/segundo, con una energía de 34 kilogramos-metro, después de cada segundo de tiempo, su rapidez en el camino hacia arriba resulta ser igual al mismo nivel cuando el proyectil viene hacia abajo, tal energía sería empleada para elevar al proyectil hasta su máxima altura, entonces la energía en su punto máximo será de 0, es decir que no tendrá ningún efecto relevante.

Entonces la fuerza de gravedad ejercería su influencia y provocaría una aceleración constante del proyectil en su caída, a razón de 9.80 metros/segundo². En los momentos en que el proyectil regresara al nivel de origen del disparo, la velocidad que presentaría sería nuevamente de 257 metros/segundo y su energía cinética sería también de 34 kilogramos-metro. Esto resultaría en un proyectil tan peligroso como si recientemente fuera disparado.

Tomando el punto del disparo como origen, y adoptando los preceptos para el tiro vertical hacia arriba, se establece lo siguiente:

- Las distancias por encima del origen son positivas.
- Las distancias abajo del origen son negativas.
- Las velocidades hacia arriba son positivas.
- Las velocidades hacia abajo son negativas.
- La aceleración hacia abajo por efectos de la fuerza de gravedad es negativa, ya sea que el proyectil se mueva hacia arriba o hacia abajo, la aceleración de la gravedad es siempre hacia abajo.

Sin embargo, los proyectiles no caen en el vacío pues existe una atmósfera llena de aire que impide la caída completamente libre de las balas, las que al regresar a la tierra ofrecerían una resistencia al aire. Esta fricción aumentaría mientras mayor sea la altura desde donde caigan los proyectiles y aumentando paulatinamente su aceleración, además, que para ese entonces carecerán de la estabilidad proporcionada por la rotación impartida por el rayado del cañón, por lo que pudiera regresar dando vuelcos en forma indiscriminada, entonces no regresará al punto de origen con la misma velocidad inicial. No obstante, desde un punto de vista físico podemos considerar al proyectil como un objeto en caída libre, y de acuerdo a la altura de su descenso representará un serio riesgo para cualquier estructura en la Tierra.

Para los proyectiles que se desplazan en caída libre y que presentan menor superficie, su velocidad se verá incrementada, apareciendo en un momento dado el flujo turbulento hasta finalmente conformar la parte predominante de la resistencia por fricción. Bajo estas circunstancias, se presenta tanto la resistencia al flujo laminar, como la resistencia al flujo turbulento, de modo que se iguala la fuerza de la gravedad (hacia abajo), con respecto a la fuerza de fricción (hacia arriba).

Otro ejemplo teórico de un disparo vertical, correspondería a un proyectil del calibre .30", con un peso de 220 granos, el que al regresar de nuevo a la tierra y, por los efectos de la fricción laminar y del flujo turbulento tendría una velocidad terminal aproximada a los 48 metros/segundo, con una energía equivalente a 1.8 Kilogramos-metro, muy por debajo a su energía inicial que se aproxima a los 380 kilogramos-metro. Esto contestaría a una de las preguntas más comunes que se hacen en balística con respecto a los disparos verticales, siendo evidente que un proyectil disparado hacia arriba no caerá con la misma velocidad que la original, pero que si tendrá la suficiente capacidad para provocar serias heridas en las personas.

De esto se puede concluir, que un proyectil que se dispara verticalmente como signo de advertencia o para probar un arma de fuego, puede ser un serio riesgo para las personas ajenas a ese evento, tal es el caso de lo que conocemos como balas perdidas.

Balística de escopetas

Las trayectorias de las postas o municiones disparadas por una escopeta, siguen básicamente los mismos principios que la trayectoria de un proyectil ojival, sin embargo, se observan algunas diferencias entre la balística de proyectiles esféricos y la balística de proyectiles ojivales con rotación.

En principio, la velocidad inicial de una carga de municiones de escopeta es mucho menor que la velocidad inicial de un proyectil de rifle, pues las municiones se mantienen relativamente sueltas en su desplazamiento a lo largo del interior del cañón, de tal manera que la presión de los gases disminuye el impulso de las postas en su salida por la boca del mismo. Comúnmente estas bajas presiones son consecuencia de las pólvoras propelentes que se queman rápidamente. También se debe considerar que los cañones de las escopetas por lo regular se fabrican en acero más delgado, dando el aspecto de simples tubos, este espesor es mucho menor con respecto a los cañones de los rifles, por lo tanto, las presiones de los gases deben ser inferiores para evitar riesgos en esos cañones de limitada resistencia.

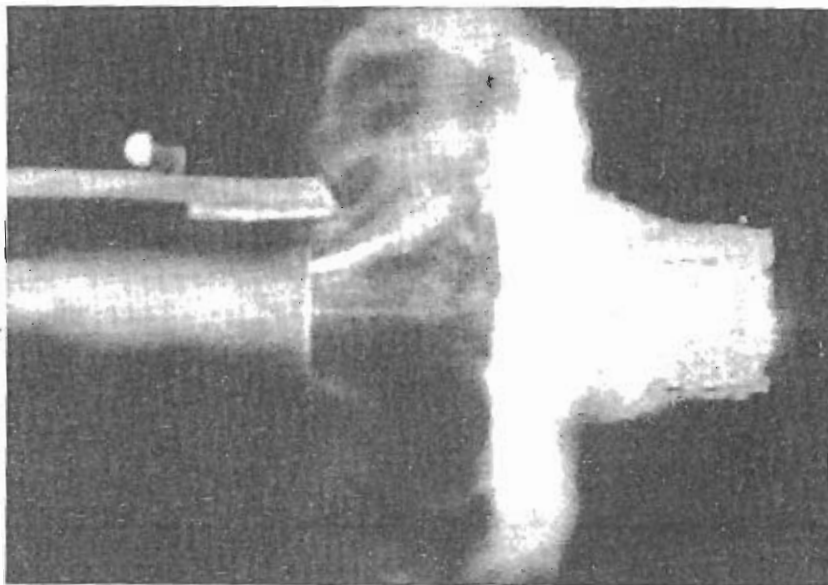
BALISTICA EXTERIOR

De hecho, las presiones de los gases en el cañón de una escopeta se aumentan tan rápidamente que la presión máxima se logra antes de que la carga de munición se mueva una pulgada a través del mismo. Una vez que se logra la presión máxima, los gases se expanden de tal forma que se origina una reducción acelerada de la presión.

La presión máxima alcanzada en el cañón de una escopeta, puede situarse alrededor de los 1000 kilogramos-centímetro², no obstante, la presión en la boca del cañón se presenta alrededor de los 70 kilogramos-centímetro². Como puede apreciarse, estos valores son significativos en comparación con las cantidades de presión que se presentan en las armas con ánima rayada. Después de que la carga de proyectiles deja el cañón de la escopeta, la trayectoria para cada una de las postas es la misma que para cualquier proyectil esférico, esto quiere decir que siempre presentaran su superficie esférica con respecto a la resistencia del aire.

Las municiones y postas empleadas para cargar los cartuchos de escopeta, ordinariamente se fabrican de plomo relativamente blando, en las que se producen deformaciones de su estructura esférica, por el hecho de que estas se golpean entre sí, o por impacto sobre las paredes internas del cañón, esto a medida que salen por el mismo. El resultado final dará origen a una dispersión significativa de la carga de proyectiles, efecto conocido como plomeo o cono de dispersión. Este esparcimiento se aumenta conforme se incrementa la distancia a la que se realiza el disparo de la carga de proyectiles.

A medida que la carga de proyectiles se aleja del cañón, estas tienden a extenderse, este efecto resulta del hecho de que no todas las postas tienen iguales características balísticas, más aun, las municiones ubicadas en la parte delantera de la carga en el cartucho provocaran una turbulencia u onda de impacto, que impedirán en cierto grado el desplazamiento de aquellas municiones que vienen detrás, este alargamiento de la carga de proyectiles es importante cuando se efectúan tiros de precisión.



Efectos iniciales del disparo de una escopeta

Un estudio efectuado sobre la dispersión de proyectiles múltiples, disparados con escopetas de diferente calibre y con cañones de cilindro verdadero, arrojó los siguientes resultados:

BALISTICA EXTERIOR

Calibre 20 Ga.

- * Cartucho Remington - Alta (70 mm)
- * Carga de munición; 1 onza (28 Gramos)
- * Diámetro de la munición .130" (3.30 mm)
- * Velocidad inicial aprox. 372 m/seg.

- * Carga de pólvora; 20 granos (1.30 gramos)
- * Tamaño de la munición "4"
- * Cantidad aprox. de municiones 133
- * Escopeta Remington con cañón de 25"

Distancia del disparo	Diámetro de la dispersión	Distancia del disparo	Diámetro de la dispersión
3 mt.	8 cm.	15 mt.	66 cm.
6 mt.	23 cm.	18 mt.	86 cm.
9 mt.	40 cm.	21 mt.	94 cm.
12 mt.	50 cm.	24 mt.	108 cm.

Calibre 16 Ga.

- * Cartucho Remington - Alta (70 mm)
- * Carga de munición 11/8 onza (32 Gramos)
- * Diámetro de la munición .150" (3.81 mm)
- * Velocidad inicial aprox. 377 m/seg.

- * Carga de pólvora; 24.6 granos (1.60 gramos)
- * Tamaño de la munición "2"
- * Cantidad aprox. de municiones 105
- * Escopeta Halcón con cañón de 31"

Distancia del disparo	Diámetro de la dispersión	Distancia del disparo	Diámetro de la dispersión
3 mt.	8 cm.	15 mt.	62 cm.
6 mt.	20 cm.	18 mt.	83 cm.
9 mt.	35 cm.	21 mt.	90 cm.
12 mt.	50 cm.	24 mt.	104 cm.

Calibre 12 Ga.

- * Cartucho Remington - Alta (70 mm)
- * Carga de munición 1¼ onza (36 Gramos)
- * Diámetro de la munición .180" (4.57 mm)
- * Velocidad inicial aprox. 405 m/seg.

- * Carga de pólvora; 29.93 granos (1.94 gramos)
- * Tamaño de la munición "BB"
- * Cantidad aprox. de municiones 61
- * Escopeta Mossberg con cañón de 20"

Distancia del disparo	Diámetro de la dispersión	Distancia del disparo	Diámetro de la dispersión
3 mt.	6 cm.	15 mt.	54 cm.
6 mt.	15 cm.	18 mt.	61 cm.
9 mt.	22 cm.	21 mt.	78 cm.
12 mt.	38 cm.	24 mt.	86 cm.

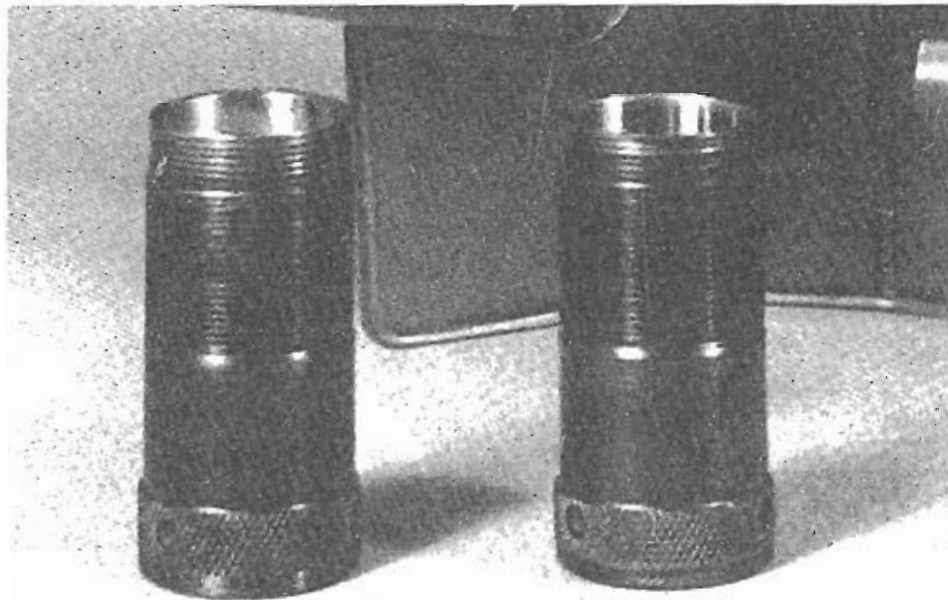
Los resultados demuestran que la dispersión de los proyectiles se encuentra influenciada por el tamaño y cantidad de la carga de proyectiles, así como, por la longitud de los cañones de las armas utilizadas, observando que a menor diámetro de las municiones ofrecerán menor resistencia al aire, entonces la diseminación de los proyectiles será mas abierta.

Los Chokes

Los *chokes* son aditamentos que se ensamblan en la boca del cañón de las escopetas y se utilizan para evitar lo más posible la dispersión de la carga de proyectiles, consiguiendo que dicha carga se mantenga agrupada en distancias entre los 40 y 50 metros, aumentando la cantidad de impactos efectivos sobre la pieza de caza que se desea abatir.

En el mercado se encuentran chokes de varios tipos y para diferentes necesidades de tiro. En distancias inferiores a los 12 metros los chokes normalmente no son empleados por tiradores, pues en disparos cortos y por la agrupación de los impactos ocasionaran que la pieza afectada posiblemente sea destrozada.

El origen de los chokes intercambiables se encuentra registrada por una patente fechada el 10 de abril de 1866, obtenida por un armero estadounidense llamado Roper. Dos meses después un Ingles de nombre Pape, obtuvo una segunda patente para tales accesorios. Pero el perfeccionamiento de los chokes se acredita a W.W. Greener, quien en 1874 introdujo al mercado de escopetas estos aditamentos intercambiables que reducían costos, evitando que los aficionados a la cacería tuvieran que comprar diferentes escopetas con diferentes tipos de choke-bore (internos), de tal forma que los usuarios pudieran utilizar la misma escopeta para diferentes necesidades de tiro, teniendo la oportunidad de intercambiar los chokes disponibles para todos los tipos de escopetas.



Chokes intercambiables

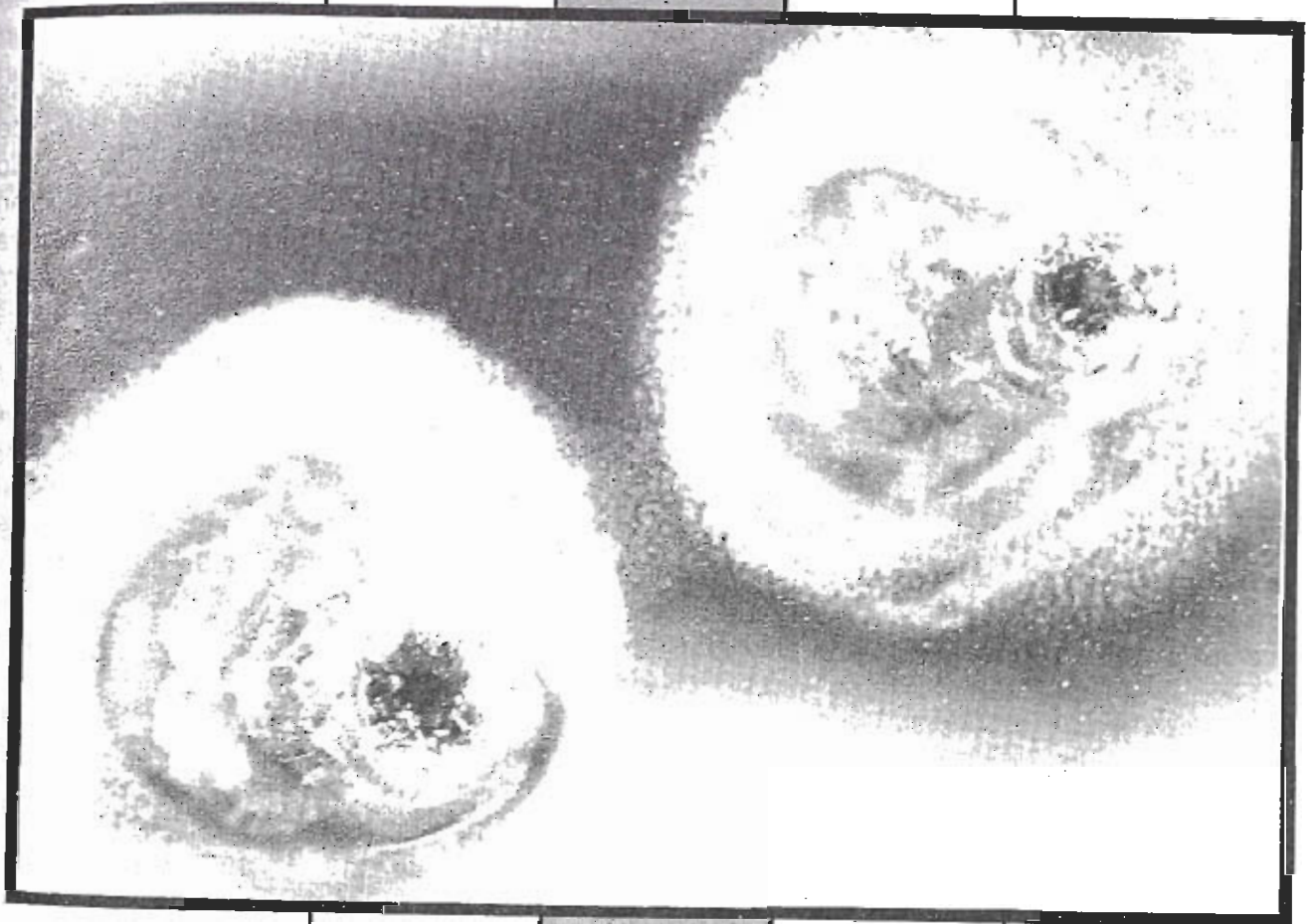
Entonces, la función de los chokes es la de controlar la dispersión de las municiones, de manera que se pueda concentrar una mayor cantidad de proyectiles a distancias más largas, pero sin llegar a reducir tanto la boca del cañón, pues resultaría lo contrario. Si la reducción fuera mayor se correría el riesgo de que el cañón reventará por efecto de la presión que generan los disparos, donde la carga de proyectiles al quedar limitada en su libre desplazamiento podría ocasionar ese efecto indeseable.

En disparos efectuados a una distancia de 36 metros y empleando los diferentes tipos o denominaciones de chokes, se obtuvieron ciertos resultados que demuestran las cantidades de proyectiles se impactaron en un círculo de 75 cm de diámetro:

- Full choke; con impactos 68 de 100 o más.
- Choke 3/4; con impactos 65 de 100.
- Choke 1/2 o modificado, con impactos 64 de 100.
- Choke 1/4 o cilindro mejorado, con impactos 50 de 100.

los
s que
ro:

4. *BALISTICA DE EFECTOS*



La balística de efectos se orienta al estudio de la acción y consecuencia producida por los proyectiles, durante y, después de que estos hubieron de impactarse sobre cualquier estructura.

El conocimiento sobre la balística de efectos se encuentra mucho menos adelantado que la balística interior y la exterior, esto debido a que la tecnología actual en instrumentación no permite todavía una observación y recopilación de datos extensos y confiables al respecto, por el hecho de que los impactos de bala son instantáneos e imperceptibles a los ojos de los humanos, y solamente apreciativos por avanzada instrumentación óptica bajo condiciones muy controladas. Por lo tanto, el factor tiempo en la observación de estos fenómenos es técnicamente muy difícil de manejar, además de que se pueden exteriorizar gran diversidad de circunstancias imprevisibles que hacen prácticamente imposible elaborar un patrón de comportamiento correlativo y específico para cada uno de los calibres de las armas y, de los variados estilos de proyectiles.

Incluso, cuando se trata de pruebas de laboratorio, se detectarán diferencias sustanciales en los efectos para un mismo tipo de bala con respecto a la infinidad de materiales donde pudieran ser probadas. No obstante, desde siempre se han venido desarrollando investigaciones sobre los efectos de los proyectiles, donde se involucran disparos con diversos calibres sobre, maderas, laminas, cristales, etc. Inclusive, en alguna época, sobre cadáveres de humanos y en animales vivos, que fueran realizadas para obtener información supuestamente confiable, la que posteriormente resultaría en la selección de un determinado calibre para usos militares.

En el estudio de la balística de efectos se considera al proyectil como el elemento más activo del cartucho, en consecuencia él de mayor importancia para la efectividad de los disparos, pues si las balas no produjeran alguno de los efectos previstos entonces no tendría objeto el empleo de armas de fuego. En un tratado de cartuchería, el autor F. Lanza, define a la bala como una pieza generalmente metálica, conformada por uno a más elementos, que al tomar el rayado del arma obtiene sus consecuentes movimientos de rotación y traslación, saltando a la atmósfera para volar libremente en parabólica trayectoria, e incidir en el blanco con toda su energía remanente.

Para asegurar la efectividad de los proyectiles, es necesario que estos cuenten con un mínimo de energía remanente que sea transferida al objeto, ya sea parcial o en su totalidad, de lo contrario, no se tendrá ninguna consecuencia importante. Tal energía se obtiene por la velocidad del proyectil, por su masa y, por su forma física, este último factor es importante para asegurar la máxima transferencia de la energía. Entonces, cuando se habla de balística de efectos es necesario considerar a la energía cinética como el factor principal para provocar los daños deseados sobre cualquier estructura, dicha energía puede ser expresada en el sistema técnico o gravitacional en kilogramos-metro, y en el sistema inglés en pies-libra.

La energía cinética de una bala se reduce conforme disminuye su velocidad, por lo que ambas fuerzas son reciprocas, es decir, los efectos para un determinado proyectil no serán los mismos en disparos a corta distancia en comparación con los de larga distancia, pues conforme la bala se desplaza en el espacio la resistencia del aire y la fuerza de gravedad reducirán su inercia, atenuando también su energía, por tal motivo es que se emplean los términos *residual* o *remanente*, orientados a señalar la cantidad de velocidad y energía que aún presentan los proyectiles en determinadas posiciones de su trayectoria.

De las muchas investigaciones que pudieran considerarse como trascendentes para la recopilación de datos sobre balística de efectos, se encuentran algunas tan insensibles y horrendas que en la actualidad pudieran ser motivo de polémica y hasta de indignación. No obstante, para el pensamiento de la época en que se realizaron se debieron considerar justificadas. Dos de las más interesantes investigaciones a continuación se refieren:

Investigaciones del Dr. Doyen

En las últimas cuatro décadas del siglo XIX y principios del siglo XX, el doctor Doyen inició en Francia una extensa recopilación de información con fines científicos, obtenida por medio de declaraciones recabadas de combatientes de la guerra de Crimea, y con respecto a las heridas de proyectiles que presentaron los caídos en batalla, así como, de la observación de heridas en la guerra Franco-Prusiana de 1870, además de dirigir en 1888 los ensayos sobre el empleo de los nuevos proyectiles blindados de pequeño calibre impulsados por la recién inventada pólvora sin humo, diseñados para el primer fusil militar que utilizaba este moderno propelente.

Los resultados de sus estudios fueron publicados en 1901, donde se describían los efectos de los proyectiles esféricos y cilindro-ogivales de grueso calibre, además de los calibres intermedios de 11 mm y, de las balas blindadas de reducido calibre empleadas en el fusil Lebel, modelo 1886. De tales investigaciones se establecen tres periodos de tiempo en el empleo de proyectiles y, que se definen como los de grueso, intermedio y pequeño calibre, la relación y diferencias de cada uno de ellos se puede reseñar de la siguiente forma:

Los proyectiles de grueso calibre

Estos se sitúan entre 1717 y hasta 1860, donde se utilizaban las balas esféricas y cilindro ogivales fabricados en plomo puro, disparadas en las entonces armas con ánima lisa y de avancarga en calibres comprendidos entre los 15 y los 19 mm (.58 y .75 pulgadas). Según la versión del Dr. Doyen, las heridas producidas por estos proyectiles eran extremadamente graves. Un balazo en el cráneo, en tórax o abdomen, producía la muerte inmediata del combatiente que la recibía. En brazos o piernas, las heridas presentaban un cuadro de malignidad excepcional debido al grueso diámetro del proyectil, donde la poca velocidad de la bala hacía que esta se quedase en el miembro herido sin atravesarlo, arrastrando consigo e incrustando restos de vestimenta, con lo que la herida se infectaba rápidamente por la presencia de cuerpos extraños, siendo la amputación el único recurso para salvar la vida cuando la bala había roto uno de los gruesos huesos de las extremidades.

Por tales afirmaciones se deduce, que la relativa baja velocidad de los grandes y pesados proyectiles los obligaban a quedarse incrustados en el cuerpo de las víctimas, transfiriendo instantáneamente y en su totalidad su energía remanente, como si fuera un descomunal golpe contundente que irremediablemente abatía al combatiente para dejarlo sin sentido y, por lo tanto, fuera de combate, y que dependiendo de la ubicación de la herida originaba su deceso inmediato o posterior.

En estos eventos, los enfrentamientos armados ordinariamente se suscitaban a cortas distancias, pues si fuera al contrario, los proyectiles no tendrían un gran alcance para producir tales efectos y, aun cuando no se conoce con precisión la velocidad inicial que desarrollaban estas balas, se puede concluir que sus efectos vulnerantes eran directamente proporcionales a su energía remanente.

Los proyectiles de mediano calibre

Con el avance del conocimiento de la física con relación a la velocidad y energía de los proyectiles, además de la inclusión del rayado en el cañón de las armas, se inició una etapa en la reducción de los calibres de las balas de plomo, apareciendo los proyectiles de mediano calibre, con un diámetro promedio de 11 mm (.44 pulgadas), los que se evidenciaron en un corto periodo de tiempo, entre 1865 y 1885.

Las conclusiones de Dr. Doyen refieren; en las heridas producidas a los combatientes germanos en la guerra de 1870 - 1871 se observan características novedosas: Se revela particularmente en las líneas alemanas muertos y heridos que presentan lesiones hasta ahora desconocidas, estallidos de viseras y enormes heridas abiertas en brazos o muslos. A menudo, no se encuentra de las balas más que fragmentos, y se acusa a los franceses de emplear proyectiles explosivos.

Tales efectos devastadores, obligadamente fueron originados por un incremento sustancial en la velocidad de aquellos proyectiles de menor masa, además de que se les dotaba de un movimiento rápido de rotación. La velocidad inicial desarrolla por las balas del fusil Chassepot se situaba alrededor de los 375 metros/segundo, a diferencia de los 305 metros/segundo de los proyectiles de otros fusiles. Los efectos vulnerantes de las balas de mediano calibre, producían heridas más graves que las balas de plomo de grueso calibre, esto debido al aumento de la energía que se transfería en su totalidad sobre la víctima y, por la fragmentación del plomo en los momentos del impacto, resaltando la presencia de una nueva fuerza, la que corresponde a la velocidad de rotación de los proyectiles, produciendo efectos más perniciosos para proyectiles de 25 gramos de peso, esto a partir de las 750 revoluciones por segundo.

En combinación con la energía remanente transferida a las víctimas, también se involucraban los efectos originados por la relación velocidad de rotación y masa de los proyectiles (750/25). Por lo que los efectos vulnerantes de las nuevas balas dependían de su velocidad residual y masa, incluyendo la rotación impartida sobre las mismas, las que si llegasen a fragmentarse provocarían un efecto casi explosivo.

Los proyectiles de pequeño calibre

La reducción trascendente de los calibres de las balas, con diámetros entre los 6.5 y 8 mm. se inició en la última década del siglo XIX, favorecida por la introducción de la nueva pólvora sin humo, donde también se incluía un encamisado en los proyectiles, de tal manera que se originó la fabricación de proyectiles cilíndricos con puntas redondeadas.

Posteriormente y, alrededor de la primera década del siglo XX, fue cuando se elaboraron balas ojivales con puntas más agudas y bases cilíndricas o cónicas, estas últimas producían una mejora significativa en el desplazamiento de los proyectiles en la atmósfera. Motivando con ello la fabricación de nuevas armas capaces de soportar las altas presiones generadas por el nuevo propelente, que a su vez, reducía considerablemente los residuos depositados en los cañones, facilitando su limpieza.

La moderna pólvora sin humo aumentaba sustancialmente la velocidad de traslación y de rotación de las balas blindadas, pues al fabricarse con un metal más duro que el plomo, éstas no saltaban las estrías en su desplazamiento a lo largo del cañón, obteniendo a plenitud la fuerza de rotación necesaria para mantenerse estabilizadas en su trayectoria, aumentando con ello su poder de penetración.

El blindaje de las balas, fue considerado como una necesidad técnica de acuerdo a las nuevas cualidades obtenidas por los proyectiles, relacionadas directamente a la velocidad de traslación y de rotación, estimulando a todas las grandes potencias militares para iniciar la introducción de fusiles que disparasen las novedosas balas encamisadas de reducido calibre. Por el empleo de tales proyectiles, el Dr. Doyen describiría; las heridas originadas por estas nuevas balas no causan dolor alguno e inmediato, sino que al cabo de un cierto tiempo se nota una sensación local de entumecimiento. Las fracturas producidas por las balas blindadas son generalmente menos graves que aquellas producidas por los proyectiles de grueso calibre, no observando ningún efecto explosivo. Las balas no deformables de pequeño calibre son pues, incuestionablemente menos mortales que las balas de plomo de 10 mm.

Estos conceptos fueron aplicados para los efectos ocasionados por las balas de punta roma empleadas a principio del siglo XX, llegando a ser denominadas como proyectiles humanitarios, considerando que la muerte de los combatientes se originaba sin horrendas heridas. Sin embargo, en posteriores conflictos coloniales, los militares se dieron cuenta que no tenían un verdadero poder de detención que pusiera de inmediato fuera de combate a sus enemigos, y aun cuando fueran heridos, seguían teniendo la capacidad para cargar con suficiente fuerza y con sobrada violencia a los invasores. Por lo que se ideó la forma de debilitar la punta de las balas elaborando una cruz aserrada, que producía una fragmentación del proyectil durante el proceso del impacto, obteniendo así, fulminantes paradas en seco de los contrincantes, los que al ser derribados presentaban grandes cavidades en las heridas y particularmente un efecto explosivo en los órganos.

De tal forma que las nuevas balas encamisadas de punta roma y de reducido calibre obtenían un enorme poder perforante, esto por su escasa o nula deformación, con una energía remanente 20% superior a los anteriores proyectiles de plomo con un calibre de 11 mm, además de que la velocidad de rotación de las balas se situaba entre las 48,000 y 1120,000 r.p.m., las que atravesaban con facilidad los cuerpos de los enemigos. Pero al no transferir gran cantidad de su energía remanente carecían de significativos efectos vulnerantes, dado que su forma aerodinámica y su dureza les confería un gran poder de penetración a cualquier distancia, más disminuía su poder de detención, donde únicamente a corta distancia los efectos de los disparos son enormes, observando estallamiento de órganos blandos, como el estómago y pulmones, así como enormes cavidades en tejidos musculares, sin que para ello existiera una necesaria deformación o fragmentación de la bala.

Con la intención de que tales proyectiles fueran más efectivos a cualquier distancia se fueron desarrollando ideas sobre su forma, la que les permitiera ceder mayor cantidad de energía remanente en los enemigos, incrementando sus efectos destructivos.

Comisión Tohmson LaGarde

En 1903 fue creada por el Gobierno de los Estados Unidos una comisión militar investigadora, orientada a producir intencionalmente efectos vulnerantes de balas de diversos calibres sobre cadáveres de humanos y heridas en animales vivos, con la intención de observar y documentar los efectos balísticos, cuyo objetivo fundamental fue el de verificar el calibre del arma corta que tuviera mayor poder de detención, y que pudiera ser adoptada para uso militar.

Dicha comisión estaba precedida por el mayor Louis A. LaGarde, del cuerpo médico, y por el capitán John T. Tohmson, quienes en 1904 rindieron un informe inicial, influyendo en gran medida para la selección, en su momento, del calibre .45" para el ejército Estadounidense. En aquella época, los ensayos sobre cadáveres y en seres vivos parecían justificados, pues durante las batallas coloniales en Filipinas, los soldados americanos no contaban con un gran poder de detención en sus armas reglamentarias del calibre .38", por lo que tenían que sufrir los embates de los fanáticos del lugar, a los que no podían dejar fuera de combate en forma inmediata.

Pruebas en cadáveres

Las pruebas en cuerpos humanos consistían en colgarlos y dispararles, observando y anotando el movimiento de las extremidades cuando recibían el impacto de cada bala, y cuando se producía un incremento en la oscilación del cuerpo o miembro disparado, entonces se practicaba una necropsia y se tomaban radiografías. No había un parámetro o medida específica para determinar la cantidad de oscilación o de movimiento del cuerpo, por lo que se estimaba dicho valor con una puntuación del 0 al 100, como una simple medición apreciativa.

Las armas de fuego que se emplearon correspondían a los calibres existentes en aquel entonces, usando proyectiles de variados tipos, los que se creían más apropiados para uso militar:

- 7.65 mm Parabellum, con bala encamisada.
- 9 mm Luger/Parabellum, con bala encamisada de punta troncónica.
- .38 Long Colt, con bala de plomo de punta redonda.
- .38 ACP (Automatic Colt Pistol), con balas encamisadas y semienclamisadas con punta blanda de plomo.
- .45 Long Colt, con bala de plomo en punta roma y en punta hueca.
- .455 Webley man-stopper, con bala de plomo y punta hueca
- .476 Eley con bala maciza de plomo y punta redonda.

Algunos resultados de las pruebas demostraron que los proyectiles de pequeño calibre que desarrollaban mayores velocidades iniciales, tenían un efecto casi explosivo en el cerebro. Las balas de plomo de grueso calibre no producían tales efectos, pero provocaban grandes estragos porque se aplastaban contra la cara interna de la pared opuesta del cráneo. Sin embargo, los proyectiles de plomo de grueso calibre eran más eficientes rompiendo huesos en comparación con las balas encamisadas, detectando que los de plomo producían mayores movimientos oscilatorios en los cuerpos, incluyendo sus extremidades, además de que sufrían sustanciales e irregulares deformaciones en su estructura. Contrariamente sucedía con las balas encamisadas, donde se observaron ligeras o nulas deformaciones.

Conforme se incrementaba el diámetro y peso de las balas se presentaba un incremento en la oscilación de los cuerpos, por lo que el calibre .476 Eley obtuvo en ese sentido una mayor puntuación relativa, y los proyectiles de revólver del calibre .38 Long Colt obtuvieron la menor puntuación. Otros resultados en estas pruebas, resaltan el hecho de que las balas del calibre 9 mm Parabellum, igualaban en estos ensayos comparativos al .45" de punta roma.

Se puede suponer que las conclusiones a que llegó la comisión investigadora, técnicamente quedaron orientadas a la relación calibre y peso de las balas como factor principal para obtener un mayor poder de detención, pues deducían que el diámetro del proyectil era más importante para conseguir un efecto de shock, y restaban importancia a la propia velocidad de las balas, detectando que el incremento del calibre ocasionaba un aumento en la oscilación de los cuerpos. Sin embargo, y razonablemente, se olvidaron de varios factores de importancia actual, tales como la velocidad de traslación y de rotación de las balas, así como de la forma de estas, que conjuntadas, estrechan su relación con la energía de impacto, lo que aporta el verdadero poder vulnerante de los proyectiles.

Pruebas en animales vivos

Estas pruebas se efectuaron en un matadero de la ciudad de Chicago, ejecutando para ello 13 ejemplares de ganado sin anestesiar, entre los que se encontraban cinco bueyes, cuatro vacas, tres toros y un novillo, cuyos pesos oscilaban entre los 450 y 590 kilogramos. Sobre estas bestias se efectuaron una serie de disparos a bocajarro en el área de los pulmones e intestinos, procurando no perforar ni el corazón, ni los grandes vasos sanguíneos, para evitar así, una muerte inmediata. Estos ensayos se orientaban a detectar los efectos vulnerantes de las balas, sin que se llegase a impactar órganos extremadamente delicados, de tal forma que se pudiera evaluar el poder de detención de los proyectiles para relacionarlo con las acciones de combate de los militares.

La primera parte de estas pruebas, consistía en dispararles con una secuencia lenta a cada uno de los animales y hasta que estos cayeran, destinando un solo calibre para cada bestia. Los resultados advierten que el animal al que le fuera disparado con el calibre 7.65 mm se desplomó a los 30 segundos y murió súbitamente, de la disección que le fue practicada, se comprobó que la bala le había destrozado la aorta. El segundo mejor calibre correspondió al .45 Long Colt, con proyectil de punta hueca, pues la bestia murió dos minutos después del segundo disparo.

Para el calibre .38 Long Colt, tuvieron que pasar tres minutos de espera para derribar al animal y después del tercer disparo. El calibre .476 Eley produjo la caída del animal hasta el cuarto minuto del tercer disparo, pero la prueba fue anulada debido a que la comisión investigadora esperaba un mejor desenlace, considerando para ello, los resultados obtenidos en las anteriores pruebas sobre cadáveres, volviendo a realizar el experimento sobre otra bestia.

La comisión aún esperaba mejores resultados de este proyectil, no obstante, esté resultó todavía más desfavorable que en la anterior prueba, pues a los seis minutos del tercer disparo el animal aún se mantenía en pie, teniendo que ser sacrificado disparando cuatro veces sobre su cabeza, detectando que los proyectiles no atravesaron por completo el cráneo, por lo que se empleo el método de matarlo a golpes de martillo. Lo mismo se hizo con las bestias que no cayeron abatidas en el tiempo estimado como prudente.

En las pruebas de disparo secuencial lento, el calibre 9 mm Parabellum fue despreciado por los investigadores, por lo tanto, no fueron demostrados ni comprobados los efectos vulnerantes de este proyectil en animales vivos, observándose un cierto criterio favorecedor hacia los proyectiles de grueso calibre.

Otra parte de las pruebas, consistió en evaluar las consecuencias acumulativas de disparos en los organismos de las bestias, efectuando estos con una secuencia tan rápida como fuera posible, pero sin que se llegase a perforar el corazón y los grandes vasos sanguíneos, con la intención de relacionar los resultados con aspectos reales de combate. A pesar de ello, el procedimiento para las pruebas resultó un fracaso, pues dos de las pistolas utilizadas se obstruyeron, anulándose el efecto acumulativo de los disparos y dando el tiempo suficiente a los animales para recuperarse. No obstante, se obtuvieron algunos resultados, como en el caso de diez disparos en secuencia rápida del calibre 7.65 mm, que no fueron suficientes para derribar al animal, y de doce disparos del calibre 9 mm, de los que dos penetraron sobre el abdomen de la bestia y que todavía se mantuvo en pie, así como del calibre .45", donde fue necesario entre seis y diez disparos para derribar al animal.

Tales resultados pudieran considerarse endebles, donde obviamente no se tomaron en cuenta las circunstancias emocionales, las que obligadamente se manifiestan en los seres humanos cuando están luchando por su vida, tales como, el estrés, el temor, la agresividad o la ira, que difieren sustancialmente con una situación pasiva de los animales, que no asimilaron en su magnitud el peligro a que estuvieron expuestos durante el desarrollo de las pruebas.

Los ensayos realizados en 1904, no aportaron un trascendente conocimiento sobre el comportamiento del organismo de los seres humanos al ser impactados por proyectiles de arma de fuego, época en que la comisión Tohmson - LaGarde se constituyó como un grupo investigador serio y organizado, que únicamente llegó a la conclusión de que el calibre es más importante que la propia velocidad de las balas, sin llegar a menospreciar las limitaciones que se tenían en aquel entonces, esto, en cuanto al armamento, sistemas y calibres disponibles, además de la carencia de instrumentación adecuada para documentar instantáneamente los efectos balísticos.

Se dice que el informe rendido por dicha comisión influyó, en gran medida, para que posteriormente fuera elegido el calibre de ordenanza .45 ACP, diseñado para la pistola Colt, modelo 1911, reglamentaria durante muchos años para el ejército de los Estados Unidos. El que se extendió vertiginosamente en todo el mundo, para que muchos países también lo adoptaran para sus fuerzas armadas. Tanto es el arraigo que precede al .45 ACP, que actualmente muchos apasionados de las armas lo defienden radicalmente.

Transferencia de energía

Con la finalidad de observar y recopilar información específica sobre las consecuencias que ocasionan los proyectiles, la balística de efectos define los cuerpos que pueden ser susceptibles de impactos como.

- Humanos
- Animales
- Estructurales (dentro de esta categoría se encuentran todos los objetos inanimados).

A su vez, la balística de efectos agrupa a los proyectiles con respecto al uso táctico militar, policiaco o deportivo al que se van a destinar, los que de acuerdo a su forma y constitución determinan la máxima transferencia de su energía sobre el objeto impactado, tal circunstancia se encuentra estrechamente relacionada con la velocidad y deformación de las balas.

Para demostrar la transferencia de energía de los proyectiles, algunos fabricantes de cartuchos, e investigadores en la materia, realizan pruebas controladas en laboratorio, las que se documentan en vídeo o fotografía, demostrando en bloques de gelatina las enormes cavidades producidas por las balas, así como, la disminución drástica de su velocidad. O bien, en disparos sobre bidones de plástico, donde se observa el estallido de los envases conteniendo líquidos coloreados, que demuestran el efecto hidráulico que se origina por la deformación de proyectiles de alta velocidad.

Sin embargo, para que se suscite una adecuada deformación en las balas destinadas a la caza, o para actividades de seguridad, se tendrá que depender de dos factores: La constitución del tejido en el punto de impacto y, las características de las estructuras físicas subsecuentes, que obligadamente se oponen al desplazamiento de los proyectiles, como, la piel, músculos, huesos, vísceras, etc., variantes que indudablemente se encuentran presentes y en las que el tirador no puede influir. Por lo cual, los fabricantes de cartuchos y particulares, diseñan una variedad de balas para emplearlas en casos específicos, cuya forma generalmente es destinada a tratar de deformarse en el momento más conveniente, para con ello asegurar la máxima transferencia de su energía residual.

La energía residual o remanente, es la que transporta la bala en el momento del impacto, la que se encuentra demostrada por la fórmula $E = mv$, donde la masa del proyectil es muy importante, pero la velocidad al momento del impacto es mucho mayor. Por lo que, el peso, la forma, la dureza y la velocidad de los proyectiles, se relaciona directamente con la parcial o total transferencia de su energía. De tal forma que las balas pueden distinguirse de acuerdo a su poder de *detención*, o de *penetración*.

Por información recabada de investigaciones sobre heridas producidas por proyectiles de arma de fuego, se desprende un patrón de comportamiento teórico sobre la pérdida de la velocidad, y por consiguiente, de la transferencia de la energía de un proyectil blindado de 124 granos, del calibre 9 mm Parabellum, el que fuera disparado sobre la espalda de un individuo a una distancia de 15 metros, destacando los siguientes resultados:

- Velocidad inicial del proyectil 279 metros/segundo.
- Velocidad residual al momento del contacto con la piel, 250 m/seg.
- Perforación de la espina dorsal, con una velocidad residual de 169 m/seg.
- Penetración en la cavidad abdominal, con una velocidad residual de 109 m/seg.
- *Perforación del estómago y salida del proyectil, con una velocidad residual de 60 m/seg.

* El último valor corresponde a la velocidad remanente que todavía presenta el proyectil después de haber atravesado el cuerpo de la persona.

Para el proyectil de 124 granos, la pérdida de velocidad al pasar a través de, cuerpo del individuo es de 216 metros/segundo, esto equivale a una transferencia de la energía de aproximadamente 20 kilogramos-metro, y después de haber salido, aún contiene una energía remanente aproximada a 1.5 kilogramos-metro, considerando que la energía inicial para este proyectil se aproximaba a los 30 kilogramos-metro. Para este ejemplo, resulta interesante el análisis sobre los efectos de la pérdida de velocidad y la transferencia de energía de los proyectiles ojivales al penetrar estructuras blandas y duras de un cuerpo humano.

Es importante recalcar que el comportamiento del proyectil para tal ejemplo, no debe considerarse como particularmente comparativo para todos los eventos con cierta semejanza, pues en la mayoría de los casos se puede involucrar otros factores que desvirtúen tales resultados. No obstante, estos acontecimientos deben mantenerse en perspectiva cuando se evalúa la efectividad de un cartucho para propósitos específicos, y que de acuerdo a la cantidad de transferencia de su energía determinarán sus cualidades de empleo, ya sea de parada o perforante.

Otros factores que deben tomarse en cuenta, corresponden a los objetos blandos o duros que se interponen a la trayectoria de los proyectiles que se disparan sobre objetivos humanos o animales, tales como; cristales o láminas de la carrocería de vehículos, madera de muebles o troncos de árboles, inclusive la maleza abundante o escasa, que pudiera frenar el desplazamiento de las balas, o bien, provocar inestabilidad o desviaciones ligeras o sustanciales de las mismas. Para estos proyectiles, la pérdida de velocidad y de energía pudiera ser tan grande que en apariencia los efectos se presentarían contradictorios con respecto al conocimiento que se tenga sobre la materia, por lo que resulta importante el análisis concienzudo de cada caso en particular.

Algunos experimentos que involucran disparos sobre láminas metálicas como objetos antepuestos a un cuerpo humano, fueron realizados con pistolas de los calibres .45 ACP y 9 mm Parabellum, donde fuera colocada madera de pino como objetivo final (simulando el cuerpo de una persona), encontrando que el proyectil blindado de 124 granos, para el calibre 9 mm, hubo de atravesar una lámina de 2 mm de espesor, penetrando sobre la madera de pino a una profundidad de 11.4 cm.

BALISTICA DE EFECTOS

Para el proyectil blindado de 230 granos, del calibre .45 ACP, disparado bajo condiciones similares, la penetración fue únicamente de 1.5 cm sobre la madera. De estas pruebas también se obtuvo la siguiente Información.

Calibre	Penetración en la madera de pino	Velocidad residual en metros/segundo	Energía residual en kilogramos-metro	Poder de penetración
.45 ACP	1.5 cm.	57	2.6	1
9 mm P.	11.4 cm.	249	25.0	7

Resulta interesante observar que después de haber atravesado una lámina de hierro de 2 mm de espesor, el proyectil del calibre .45", con un mayor poder inicial de detención en comparación con el otro calibre, muestra menor capacidad de penetración al final de la prueba, y el proyectil del calibre 9 mm, que inicialmente contaba con un menor poder de detención, presenta al final un mayor poder de penetración.

Entonces, la velocidad restante de 57 metros/segundo para el proyectil .45 ACP, después de haber atravesado la lámina, sería apenas lo suficiente para penetrar un cuerpo humano, mientras que la velocidad restante del proyectil 9 mm Parabellum, de 249 metros/segundo, después de haber atravesado la misma estructura metálica, presenta suficiente velocidad para ocasionar graves heridas sobre una persona.

Poder de detención

El poder de detención de un proyectil, corresponde a la capacidad que tiene este para derribar, inutilizar o abatir a una persona o pieza de caza, aún cuando el disparo no se efectuó sobre órganos vitales. Aplicando este concepto a la defensa personal, se puede definir como la capacidad que tiene una bala para dejar incapacitado de toda acción ofensiva a un individuo agresor, sin que necesariamente se haya elegido la región o zona corporal del contacto.

El poder de detención de un proyectil o *stopping power* (StP), se encuentra expresado matemáticamente por la formula:

$$StP = E \times S^2 \text{ (energía en pies-libra } \times \text{ superficie frontal en pulgadas}^2\text{)}$$

En el sistema métrico, las unidades de Stopping Power se definen en los siguientes términos:

$$1 \text{ StP} = 1 \text{ kgm} \times 1 \text{ cm}^2$$

Las correspondientes conversiones se definen como:

$$1 \text{ StP} = 7.233 \text{ pies-libra} \times .155 \text{ pulgadas}^2$$

Por lo tanto, se puede deducir que el poder de detención de una bala es directamente proporcional a su energía remanente y a la superficie frontal, es por ello que muchos proyectiles de rifle que se disparan a gran velocidad, suelen presentarse con puntas muy agudas que mejoran su coeficiente balístico, pero diseñadas para deformarse en hongo al penetrar la pieza de caza, asegurando una máxima transferencia de su energía.

Contrariamente, los proyectiles para armas cortas no suelen tener velocidades que garanticen invariablemente su deformación, además de que su coeficiente balístico es inferior, donde su alcance y finalidad de uso es muy diferente a las balas para rifle. Por lo tanto, para mejorar su poder de detención se les suele incrementar la superficie frontal por medio de puntas roma, achatadas o semichatas, particularmente en la munición para revólveres, pues en pistolas semiautomáticas es necesario que los proyectiles tengan un mínimo de forma ojival para asegurar que los cartuchos se alojen adecuadamente en la recámara del cañón.

Pero a final de cuentas, lo importante es que el proyectil se deforme en los momentos siguientes al impacto, aumentando al máximo su superficie frontal, para que produzca un traumatismo y efecto de shock inmediato, que junto con una mayor cavidad de la herida y desgarros en los tejidos, van a permitir que el objetivo sea abatido lo más rápido posible.

Cuando no es factible aumentar la velocidad inicial de los proyectiles de las armas cortas, pero se quiere aumentar el poder de detención para una determinada bala, se necesita incrementar la superficie frontal de esta. De manera similar, si la velocidad inicial de un proyectil es reducida, lo que se puede hacer para asegurar mayor transferencia de la energía remanente, sería acrecentar su diámetro o densidad seccional, con lo que se consigue mayor masa y superficie frontal a la vez.

Antiguamente, cuando se usaba la pólvora negra como propelente, todas las armas cortas que contaban con un buen poder de detención, conocidas como Man-stopper, tenían que ser de grueso calibre, entre ellas las .44", .45" o superiores. En la actualidad, con el empleo de las pólvoras sin humo, se observa que las pistolas del calibre .45", así como los revólveres .41", .44" y .45" presentan un aumentado poder de detención.

No obstante y, debido a los continuos avances de la balística de efectos, se observan sustanciales mejoras en las armas de fuego y en la cartuchería. Por lo tanto, para obtener un conveniente poder de detención no se requiere que los proyectiles sean inevitablemente de grueso calibre o de gran masa, pues con los aumentos en las velocidades iniciales de las balas y las modificaciones de sus puntas, se cuenta con proyectiles que garantizan 100% su deformación, donde la superficie frontal casi doblará su diámetro original, aún cuando su peso sea ligero. Entonces, para fines de defensa personal o para ciertas acciones tácticas, se puede hacer innecesario el empleo de proyectiles de grueso calibre.

Un ejercicio teórico comparativo entre proyectiles de los calibres considerados como los más populares en el mundo, 9 mm Parabellum y .45 ACP, donde fueron aplicadas las fórmulas correspondientes a la energía cinética y al poder de detención, arrojaron los siguientes resultados.

- El calibre 9 mm Parabellum, con proyectil encamisado de 124 granos de peso, que desarrolla una velocidad inicial standard de 350 metros/segundo, presentará una energía aproximada de 50 kgm, obteniendo un poder de detención de 40.5 StP.
- El calibre .45 ACP, con proyectil encamisado de 230 granos de peso, que desarrolla una velocidad inicial standard de 260 metros/segundo, presentará una energía aproximada de 51 kgm, obteniendo un poder de detención de 58.4 StP.

Estos resultados obviamente demuestran que el poder de detención para la bala standard del .45 ACP es muy superior con respecto al proyectil 9 mm, con una diferencia de 17.9 StP, aun cuando la energía cinética de ambos proyectiles es muy similar. Pese a ello, si el proyectil 9 mm aumentará su superficie frontal a 2.43 mm con respecto a su diámetro original y por efectos de la deformación por impacto, para así equiparar la superficie del calibre de la bala del .45 ACP, resultaría que con la misma energía de 50 kgm, el poder de detención del 9 mm se incrementaría a 57.1 StP, igualando prácticamente al proyectil .45 ACP.

Ahora bien, si el proyectil 9 mm fuera de punta hueca, y por efecto del impacto aumentará la superficie frontal hasta los 15 mm de diámetro (con la misma energía cinética), el poder de detención se incrementaría alrededor de los 75 StP, por lo tanto, superaría en gran medida al .45". En el caso de que se aumente la velocidad inicial del mismo proyectil 9 mm, entonces se acrecentaría aun más su poder de detención. Sin embargo, lo mismo sucedería en todos los casos para el proyectil .45", es decir, que se produjeran modificaciones en su punta, o que se incremente su velocidad inicial.

Por lo tanto, para considerar el verdadero poder de detención de cualquier bala, es necesario analizar una gran variedad de aspectos de orden práctico y no exclusivamente de aspectos teóricos, pues las gráficas de velocidades y energías de los proyectiles, publicadas especialmente por los fabricantes de cartuchos, se obtienen de pruebas controladas o simuladas de laboratorio, utilizando armamento y cartuchería con características específicas y en condiciones óptimas.

Pero en eventos reales se pueden exteriorizar muchas variantes, donde se involucrarían las condiciones físicas de una determinada arma, su longitud de cañón, el tipo de cartucho y el estilo de bala utilizada. En consecuencia, se desprenderán sustanciales diferencias en la velocidad y energía inicial de los proyectiles, además de las cualidades particulares de la estructura impactada, al igual que las posibles deformaciones parciales o completas de los proyectiles, etc.

Poder de penetración

En lo que se refiere a la caza de animales, o en la inhabilitación de agresores, se pudiera decir que la penetración completa es un factor negativo, pero si en lugar de penetración se emplea la palabra perforación, destinada a señalar la capacidad que tiene un proyectil para perforar cuerpos u otras estructuras, esta puede tener una enorme utilidad en aspectos tácticos militares y policiacos.

La fórmula para determinar el poder de penetración es inversa a la que se emplea para establecer el poder de detención de los proyectiles, esto es, $P = e/s$ (Penetración = a la energía remanente entre la superficie frontal de la bala). Esta consideración se desprende de la fórmula para la presión, que señala, la presión es igual a la fuerza dividida entre su superficie, donde a igualdad de fuerzas y, cuanto menor sea la superficie contra la que se ejerce, mayor presión se obtendrá. De lo que se puede deducir que presión es sinónimo de penetración, pues en el momento en que se vence la resistencia que se opone a dicha presión se origina la perforación.

Ordinariamente, los proyectiles destinados a producir perforaciones en cualquier medio, son aquellos que se emplean en armas largas y se encuentran blindados, es decir, los que cuentan con un conveniente coeficiente balístico. En este sentido, se tienen algunos conceptos generalizados donde se les adjudica, por ejemplo, el término de *proyectil perforante* al calibre 9 mm Parabellum, y de *proyectil de impacto* al calibre .45 ACP, entendiéndose esto último como poder de detención. Pero tales conceptos se dan exclusivamente por el calibre nominal, dejando de tomar en cuenta la variedad de estilos de balas que se pueden encontrar para cada uno de ellos, e ignorando que ambos calibres son destinados para el combate con armas cortas o de protección personal, con características muy particulares en cuanto a su poder de detención.

En lo que se refiere a los proyectiles para armas largas, para aumentar su poder perforante, es necesario que estén provistos de una forma aerodinámica, y que su encamisado esté constituido de metales duros, o que se incluyan núcleos de acero. Siendo necesaria la primera condición, para un mayor y más lejano transporte de la energía cinética, y la segunda condición, incrementa el factor perforante sobre la estructura impactada, llevando la bala la suficiente energía remanente para producir serios daños a los cuerpos posteriores. Además de la velocidad residual y la configuración de los proyectiles, también se debe tomar en cuenta la velocidad de rotación y la onda de choque que los acompaña, pues son factores que influyen en el efecto hidráulico que ejercen las balas al penetrar estructuras orgánicas, y que mucho ayuda para abatir las piezas de caza. Por lo que en el instante del impacto y, para garantizar un transporte razonable de la energía, así como una conveniente transferencia de la misma, es conveniente que la velocidad remanente de un proyectil de arma larga no sea inferior a los 600 metros/segundo.

Anomalías de penetración

Aun en nuestros días, no se ha desarrollado ninguna teoría completa para explicar la penetración de los proyectiles sobre la diversidad de materiales existentes, y donde se haya tomado en cuenta sus particulares propiedades de resistencia. Por lo que, la mayor parte de la información que se tiene al respecto corresponde a un conocimiento empírico.

La penetración simple de una bala sobre cualquier estructura, tal vez representa el aspecto más fácil de interpretar en balística de efectos, siendo el tema que se conoce mejor desde el punto de vista experimental, donde los efectos primarios del impacto sobre un objeto son particularmente evidentes. Lo que realmente resulta difícil de interpretar, son las consecuencias sucesivas que se manifiestan por el desplazamiento interior de los proyectiles al penetrar gruesas estructuras con diferentes densidades, incluyendo las deformaciones que puedan sufrir estos.

El proceso penetrante de las balas, ha sido extensamente investigado disparando proyectiles a través de placas metálicas de diferentes espesores. Si el proyectil atraviesa por completo una placa, se dice que este presenta poder de penetración. Si la bala se fragmenta por consecuencia de la dureza del material, resultaría en un rompimiento de pequeñas porciones que se proyectarían en diferentes direcciones, inclusive hacia la zona donde se efectuó el disparo.

En algunas ocasiones, los proyectiles pueden penetrar solamente una distancia pequeña dentro de un objeto duro, pero producen un impacto suficientemente fuerte, que una parte de la estructura es sometida a una deformación por contracción. La superficie deformada es el producto de un proceso que pudiera llamarse *espaldeo*, orientado a determinar que tan profundo penetra el proyectil, resultando un fenómeno proporcional a la velocidad residual del proyectil, donde se involucra su longitud y dureza.

Algunos experimentos sobre la penetración de proyectiles de armas cortas, disparados directamente sobre madera de pino, a una distancia de 45 metros, demuestran los siguientes resultados:

Tipo de arma	Calibre	Estilo del proyectil	Penetración	
			centímetros	pulgadas
Revólver	.22 Long Rifle	Plomo	12.6	6.9
Pistola	.380 Auto	Encamisado	8.3	3.0
Revólver	.38 Especial	Plomo	13.4	5.3
Pistola	9 mm Luger	Encamisado	15.3	6.0
Revólver	.44 S&W Especial	Plomo	13.8	5.4
Pistola	.45 Auto	Encamisado	13.7	5.3
Revólver	.357 Magnum	Plomo	29.0	11.4
Revólver	.44 Rem Magnum	Plomo	36.0	14.2

Onda de choque

La onda de choque es un factor que se encuentra presente en todos los proyectiles puntiagudos de alta velocidad, la que en disparos sobre estructuras orgánicas puede originar grandes efectos destructivos. Esto sucede aun cuando el peso y diámetro de las balas sea reducido y, sin que para ello, se presenten deformaciones significativas de los mismos, donde los resultados de cavernación o explosión de las heridas en cuerpos humanos o animales se debe a la forma e intensidad de la onda de choque.

Este proceso se origina cuando la bala en el momento del impacto, perfora el cuerpo cediendo una reducida parte de su fuerza viva, sin otra consecuencia mayor que la penetración de los tejidos que el proyectil encuentra a su paso, pero donde la súbita modificación de la onda de choque que acompaña a la bala producirá un efecto de cavernación, que puede variar de acuerdo a la densidad del órgano impactado.

De experimentos efectuados al respecto, queda de manifiesto que la onda de choque de una bala cilíndrica - ojival, provista de una velocidad de traslación de 700 metros/segundo y, con una velocidad de rotación de 120,000 r.p.m., origina una onda de choque muy abierta y relativamente de baja densidad, y que por los efectos del impacto, la bala tiende bruscamente a desacelerar, aumentando con ello el ángulo de penetración de la ojiva y, por consiguiente la disminución de la onda de choque, sin que se produzca una cavernación excesiva en el cuerpo afectado.

De manera contraria, la onda de choque de una bala puntiaguda provista de una velocidad de 800 metros/segundo, y con una velocidad de rotación de 170,000 r.p.m. presentaría la forma de un cono muy agudo y de gran densidad, que se comportaría como un proyectil secundario, y que en el instante del impacto disminuirá drásticamente su velocidad, así que la onda de choque producirá una cavidad de grandes proporciones, dependiendo desde luego, de la consistencia del órgano o tejido afectado.

Momento cinético de los proyectiles

El momento cinético de una bala se encuentra relacionado con el concepto físico de *cantidad de movimiento*, que se define como el producto de los siguientes factores:

$$\text{Cantidad de movimiento} = \text{Masa} \times \text{Velocidad} (p = mv)$$

De acuerdo a esta definición, todos los cuerpos que se desplazan tienen cantidad de movimiento. Donde una masa pequeña, moviéndose a elevada velocidad, puede tener la misma cantidad de movimiento que una gran masa desplazándose a baja velocidad. El concepto es particularmente importante al describir la colisión de dos cuerpos, y se puede aplicar a todas las masas.

Empleando este concepto en balística de efectos, se traduce en el momento cinético de un proyectil, el que se aplica comúnmente para péndulos balísticos, por ejemplo, en el tiro a siluetas metálicas, para conocer precisamente su momento, es decir, la pegada o poder de impacto de la bala, se debe seleccionar el proyectil que tenga mayores probabilidades de volcar la silueta con un solo disparo, sin importar la parte donde se produzca el impacto. De tal manera que un proyectil con una masa de 12 gramos, que se desplaza a una velocidad de 300 metros/segundo, obtendrá una cantidad de movimiento de 3.6 kgm/s (kilográmetros/segundo).

Chalecos balísticos

Los actuales chalecos de protección balística, tal vez sean los mejores ejemplos para demostrar como se recoge y se dispersa la energía cinética de los proyectiles, cuya función es la de evitar la concentración excesiva de la energía en el punto de impacto, que pudiera producir la perforación de la prenda y los consecuentes riesgos para el usuario.

Hoy en día, se comercializan chalecos balísticos con diferentes niveles de protección, fabricados con novedosos materiales flexibles, ligeros y cómodos, obtenidos de investigaciones relativamente recientes, los que sustituyen en parte a las pesadas, rígidas e incómodas armaduras de placa metálica, que ordinariamente producían una proyección imprevisible de los fragmentos de las balas, ofreciendo mayor peligro a las personas que los portaban.

Hasta ahora, los modernos chalecos se encuentran diseñados para detener impactos de proyectiles específicamente de armas cortas, los que para un máximo nivel de protección, no deben sobrepasar energías de 120 kilogramos-metro, además de que su forma no sea demasiado puntiaguda. En el caso en que se requiera incrementar el nivel de protección, por ejemplo, para detener proyectiles de mayor energía, como serían los de armas largas, se pueden utilizar insertos que se adaptan al propio chaleco, tales como, placas de cerámica, gruesos paneles balísticos laminados, y placas de acero que incluyen forros acolchonados de poliuretano, que son útiles para atrapar la probable fragmentación de las balas.

En lo que se refiere a chalecos balísticos, se cuenta hasta el momento con cuatro diferentes niveles de protección catalogados por el Instituto Nacional de Justicia de los Estados Unidos de Norteamérica, conocido por las siglas *NIJ*, donde se establecen los estándares obligados de resistencia contra balas para los chalecos de uso policiaco, cuya última norma se encuentra identificada como *NIJ STD 0101.03*.

De tal manera que los fabricantes de chalecos de ese país, deben sujetarse a los estándares marcados por dicho Instituto en todo lo concerniente a las pruebas y condiciones específicas a que deben ser sometidos los paneles balísticos, los que de acuerdo a su nivel de protección, tienen que ser capaces de resistir impactos de ciertos calibres, peso, estilo y velocidad de los proyectiles, donde se incluyen las balas de menor energía a las ya estandarizadas. Los diferentes niveles de protección a continuación se detallan:

Nivel I

<i>Calibre</i>	<i>Peso de la bala</i>	<i>Estilo del proyectil</i>	<i>Longitud del cañón</i>	<i>Velocidad inicial</i>
.22 LRHV	40 Granos	Punta redonda de plomo	6"	1050 pies/seg.
.25 Auto	50 Granos	Encamisado de cobre (FMJ)	2"	810 pies/seg.
.32 Auto	71 Granos	Encamisado de cobre	4"	905 pies/seg.
.380 Auto	88 Granos	Encamisado punta hueca	4"	990 pies/seg.
.38 Especial	158 Granos	Punta redonda de plomo	6"	850 pies/seg.
.38 Especial	158 Granos	Semiwadcutter	6"	850 pies/seg.

BALISTICA DE EFECTOS

Nivel II-A (Baja Velocidad)

Calibre	Peso de la bala	Estilo del proyectil	Longitud del cañón	Velocidad inicial
.22 Magnum	40 Granos	Punta sólida	4½"	1180 pies/seg.
.38 Especial	125 Granos	Encamisado punta hueca + P	6"	1028 pies/seg.
.38 Especial	158 Granos	Punta de plomo + P	6"	1090 pies/seg.
.38 Especial	110 Granos	Encamisado punta hueca + P	6"	1235 pies/seg.
.45 ACP (Auto)	230 Granos	Encamisado de cobre (FMJ)	5"	810 pies/seg.
.357Magnum	158 Granos	Encamisado punta blanda	4"	1250 pies/seg.
.357Magnum	158 Granos	Punta de plomo	4"	1250 pies/seg.
.357Magnum	158 Granos	Semiwadcutter de plomo	4"	1250 pies/seg.
.41 Magnum	210 Granos	Punta redonda de plomo	4"	965 pies/seg.
9 mm Parabellum	95 Granos	Encamisado punta blanda	4"	1250 pies/seg.
9 mm Parabellum	100 Granos	Encamisado punta hueca	4"	1250 pies/seg.
9 mm Parabellum	124 Granos	Encamisado (FMJ)	4"	1090 pies/seg.
9 mm Parabellum	115 Granos	Encamisado punta hueca	4"	1160 pies/seg.
9 mm Parabellum	145 Granos	Subsónico	5"	1050 pies/seg.
9 mm Parabellum	145 Granos	Encamisado Hydra Shok	5"	1050 pies/seg.
10 mm Auto	170 Granos	Encamisado punta hueca	5"	1175 pies/seg.
10 mm Auto	200 Granos	Encamisado TC	5"	1075 pies/seg.

Nivel II (Alta Velocidad)

Calibre	Peso de la bala	Estilo del proyectil	Longitud del cañón	Velocidad inicial
.41 Magnum	210 Granos	Encamisado punta blanda	4"	1300 pies/seg.
.44 Magnum	240 Granos	Encamisado punta blanda	4"	1180 pies/seg.
.44 Magnum	240 Granos	Semiwadcutter de plomo	4"	1200 pies/seg.
.357Magnum	125 Granos	Encamisado punta hueca	4"	1450 pies/seg.
.357 Magnum	110 Granos	Encamisado punta hueca	4"	1550 pies/seg.
.357 Magnum	158 Granos	Encamisado punta blanda	6"	1395 pies/seg.
.357Magnum	158 Granos	Hornady	6"	1445 pies/seg.
10 mm Auto	175 Granos	Silvertip	5"	1225 pies/seg.
9 mm Parabellum	124 Granos	Encamisado (FMJ)	5"	1175 pies/seg.
9 mm Parabellum	115 Granos	Silvertip	5"	1170 pies/seg.

Nivel III-A (.44 Magnum, cañón de 6 pulgadas, subfusil 9 mm P, cañón de 9 ½ pulgadas)

Calibre	Peso de la bala	Estilo del proyectil	Longitud del cañón	Velocidad inicial
.44 Magnum	240 Granos	Semiwadcutter Gas Check	6"	1400 pies/seg.
9 mm Parabellum	124 Granos	Encamisado (FMJ)	9½"	1400 pies/seg.

Los insertos de placas de cerámica, acero, o paneles balísticos, capaces de detener impactos de proyectiles de armas largas, aumentan el nivel de protección de los propios chalecos, los que se encuentran previstos por el referido estándar NIJ STD 0101.03, como niveles III y IV, con la siguiente capacidad de resistencia.

NIVEL III (Rifles de Alto Poder)

Calibre	Peso de la bala	Estilo del proyectil	Longitud del cañón	Velocidad inicial
7.62 mm Nato	150 Granos	M-80 (encamisado de acero)	28"	2750 pies/seg.
7.62 mm Nato	150 Granos	M-80 (encamisado de cobre)	28"	2750 pies/seg.
.30-06 Spgr.	180 Granos	Encamisado punta blanda	24"	2700 pies/seg.
.30 Carabina	110 Granos	Encamisado (FMJ)	18"	1950 pies/seg.
12 Gauge	-----	Rifled Slug	18"	1550 pies/seg.
.223 (5.56 mm)	55 Granos	Encamisado (FMC)	20"	3075 pies/seg.
7.62 x 39 mm	123 Granos	Encamisado de acero	22"	2400 pies/seg.

NIVEL IV (Rifles con Proyectiles Penetrantes)

Calibre	Peso de la bala	Estilo del proyectil	Longitud del cañón	Velocidad inicial
.30-06 AP	166 Granos	Penetrante	26"	2850 pies/seg.
7.62 mm Nato A.P	150 Granos	Penetrante	24"	2750 pies/seg.
.223 (5.56 mm)	55 Granos	Punta Penetrante (FNB)	20"	3090 pies/seg.
7.62 x 39 mm	123 Granos	Penetrante (núcleo de acero)	22"	2550 pies/seg.

En caso de que se requiera efectuar pruebas de resistencia balística sobre chalecos, estas se deberán llevar a cabo bajo ciertas condiciones para en su caso establecer si pueden considerarse como aceptables. Algunos de los principales requisitos para tales pruebas a continuación se detallan.

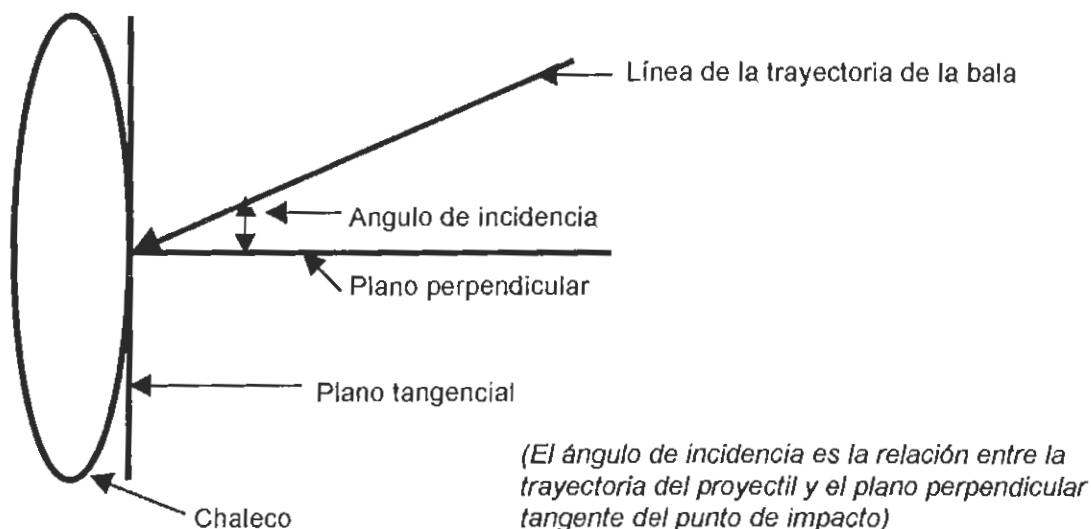
- Introducir el panel balístico a probar durante tres minutos en agua, posteriormente insertar el panel en el forro del chaleco y montarlo sobre un bastidor cuadrado de 61 x 61 cm, con un espesor mínimo de 10.2 cm, que contenga plastilina de moldeado conocida como Roma I, la que deberá permanecer con una superficie plana, a una temperatura ambiente de 15 a 30° centígrados.



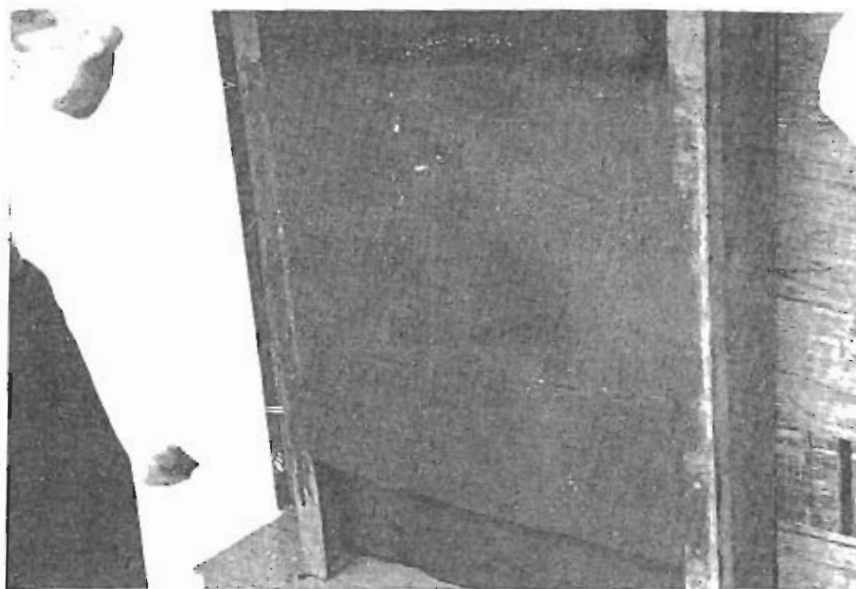
Inmersión de los paneles balísticos en agua

BALISTICA DE EFECTOS

- Efectuar los disparos inmediatamente después, empleando cartuchos del calibre correspondiente al nivel de protección del chaleco, con una secuencia de cuatro disparos en forma perpendicular al plano tangencial del punto de impacto, y después, otros dos disparos en ángulo de 30° y de manera descendente con respecto al mismo plano tangencial.



- Los impactos en el panel del chaleco, deberán situarse con una separación mínima de 5 cm uno de otro, y a una distancia no menor de 7.5 cm con respecto a los bordes del panel balístico. De otra manera existe la posibilidad de que alguno de los proyectiles perforen el panel, pues las fibras se debilitan al concentrarse la energía en puntos cercanos a los impactos iniciales.
- La deformación máxima permisible es de 1.73 pulgadas (44 mm), la que se producirá como depresiones en la plastilina Roma I contenida en el bastidor, las que se medirán con un Vernier desde la superficie y hasta al área más profunda de la deformación.



Depresiones originadas sobre la plastilina de moldeado

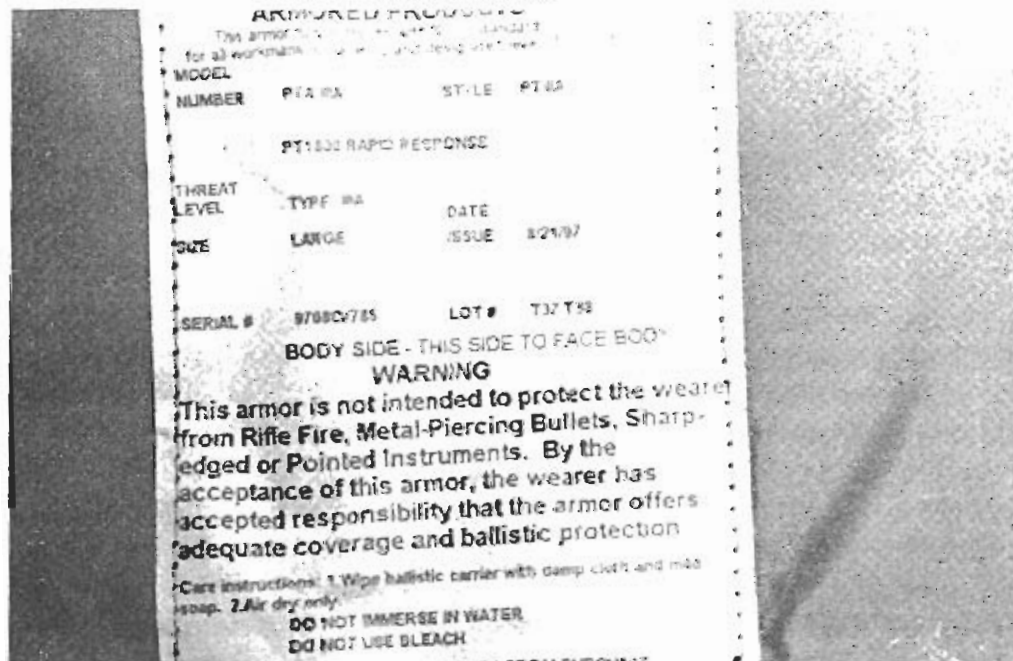
BALISTICA DE EFECTOS

- Para medir la velocidad de los proyectiles se debe utilizar un cronógrafo de precisión, con una tolerancia mínima de 1 pie/segundo y un máximo de 2 pies/segundo, situado el primer arco a una distancia mínima de 2 metros con respecto a la boca del cañón del arma, y un máximo de 3.5 metros.



Ubicación del cronógrafo y del soporte de los chalecos

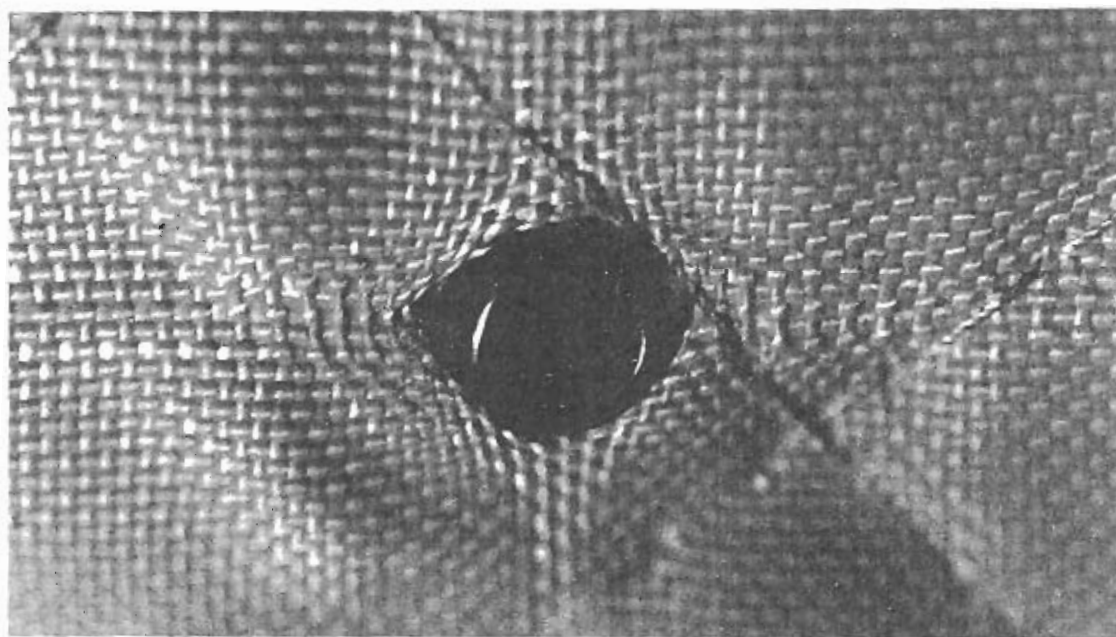
- Los chalecos deberán contar con la respectiva etiqueta de información técnica del fabricante, la que entre otras anotaciones tendrá que señalar, el nivel de protección acuerdo al standard NIJ STD-0101.03, fecha de elaboración y fecha de caducidad (5 años), modelo, matricula o número de lote, estilo y talla. En lo que se refiere a los paneles balísticos, estos deberán identificar la cara de impacto (strike face), pues en el caso de que sean removidos del forro por cuestiones de limpieza, el usuario pueda volver a colocarlos correctamente.



Etiqueta de información técnica sobre las características del chaleco.

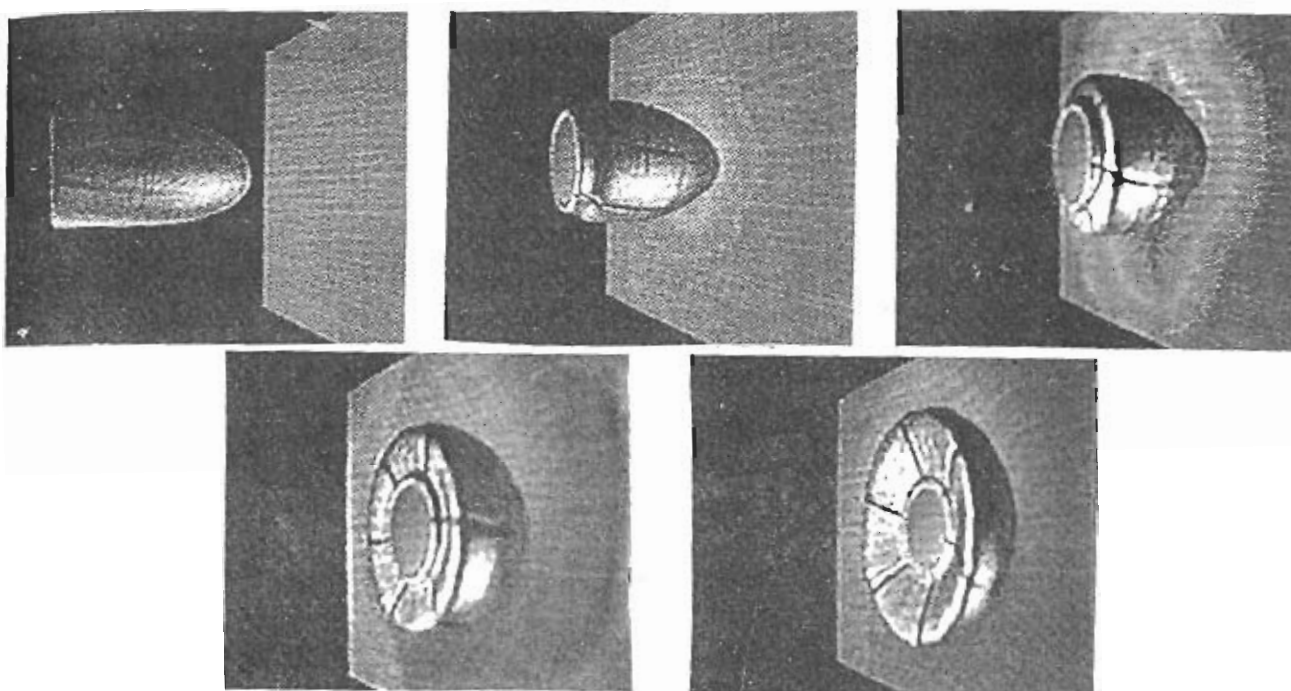
Los principales materiales balísticos que se emplean en la fabricación de chalecos de protección personal, son, el *Kevlar*, el *Spectra* y el *Twaron*, con los que además, se confeccionan una variedad de prendas similares, como chamarras, gabardinas, sacos de vestir, e incluso pantalones, y en algunos casos, se utilizan como blindaje menor para automóviles, donde se colocan paneles balísticos en el interior de los lienzos de las puertas, los que únicamente son capaces de detener proyectiles de baja velocidad y energía.

El material denominado Kevlar, fue introducido en 1970 por la compañía DuPont, y otra variedad conocida como Kevlar 129 se introdujo en 1988. En la actualidad se presentan tres variantes de kevlar, el 29, 129 y el Kevlar LT, que difieren entre sí en la densidad de sus tejidos. De acuerdo a la información del fabricante, es una fibra ligera y flexible cinco veces más fuerte que un peso igual de acero, es resistente al estiramiento y a las flamas, sin tendencia a fundirse. La función de las fibras de kevlar es absorber y dispersar la energía a las áreas más alejadas del punto de impacto del proyectil, donde la energía adicional es diseminada entre las demás capas que conforman el panel balístico, que tienen la función de reducir la severidad traumática originada por la presión del proyectil al momento del impacto, dependiendo de la cantidad de capas que conforman al panel.



Efectos de la dispersión de la energía de una bala del calibre
9 mm Parabellum sobre un panel balístico de Kevlar

El *Spectra* fue introducido en 1985 por la compañía AlliedSignal, y de acuerdo al fabricante corresponde a una fibra 10 veces más fuerte que un peso igual de acero, muy ligera y que incluso flota en el agua. Este material consta de dos capas unidireccionales obtenidas de resinas flexibles y selladas entre dos hojas delgadas de película de poliestireno de alta calidad. Otras dos variantes son las conocidas como *Spectra Escudo*, introducida en 1988, y el *SpectraFlex*, el que corresponde a un material más delgado y ligero pero de alta resistencia balística, además de ser fuerte a la humedad y algunos químicos, y que al igual que el Kevlar, tiene la función de dispersar simultáneamente la energía en las direcciones más alejadas al punto de impacto, con lo cual se reducen los efectos de las depresiones traumáticas.



Gráfica de la secuencia del impacto de un proyectil y la dispersión de la energía sobre un panel de Spectra

El Twaron fue introducido en 1986 por la compañía Akzo Nobel para aplicaciones balísticas. Esta fibra aramida ofrece gran fortaleza y elasticidad como características fundamentales para la absorción y dispersión de altas energías de impacto. Su tecnología esencial, consiste en la elaboración de un tejido abundante de hilados más finos, con lo cual se incrementa la absorción de la energía. Al igual que las otras fibras, se presentan dos variantes de Twaron, uno de ellos introducido en 1991 y conocido como *Twaron CT*, y el más reciente denominado *Twaron 2000*.

Para la confección de chalecos balísticos, algunas veces se emplean combinaciones de fibras, tales como el Kevlar y Spectra, en diferentes o en iguales proporciones, siendo generalmente más abundante la presencia de Kevlar, contándose hasta 30 capas capitonadas de esta fibra para el máximo nivel de protección (III-A), y para proporcionar mayor comodidad, algunos fabricantes incluyen porciones de poliuretano capitonado, que de alguna forma tiende a disminuir las depresiones traumáticas originadas por los impactos de las balas.

En lo que se refiere a los forros de los chalecos, estos pueden elaborarse de nylon, o de cordura, además de incrustarse accesorios elásticos para un correcto ajuste en el cuerpo de usuario, donde se incluye ordinariamente el conveniente material adherente conocido como *velcro*.

Los insertos para los chalecos balísticos, destinados a resistir impactos de ciertos proyectiles de armas largas, regularmente se conforman por placas de cerámica, de acero, o paneles balísticos laminados, los que aumentan el nivel de protección a III y IV. Las pruebas de resistencia para tales insertos, deben ser efectuadas bajo las siguientes condiciones:

BALISTICA DE EFECTOS

- La distancia que debe mediar entre la boca del cañón y la placa a probar, será de 15 mt.
- El cronógrafo, igual que en pruebas para chalecos, deberá ser situado a una distancia mínima de 2 metros con respecto a la boca del cañón.
- Pesar las placas antes y después de las pruebas, para considerar el grado de destrucción al ser baleadas.
- La placa deberá coincidir en su radio de curvatura con la plastilina Roma I del bastidor, para en su caso detectar las depresiones traumáticas que los impactos pudieran ocasionar.
- Para las placas del Nivel IV, si se desea emplear cartuchos del calibre .30-06 (APM2), con proyectil de penetración de punta negra (núcleo de carburo de tungsteno), se deberá efectuar un solo disparo de manera perpendicular.
- Para el mismo nivel IV, y en el caso de que se requiera utilizar cartuchos del calibre 5.56 x 45 mm (.223 Rem), tipo SS 109FNB, con punta de acero de color verde, o del calibre 7.62 x 51 mm (.308 Win), o del calibre 7.62 x 39 mm, con proyectil de núcleo de acero se deberán realizar 4 disparos de manera perpendicular y con una separación mínima de 5 cm entre cada uno de los impactos.
- Fuera del estándar del NIJ 0101.03, se recomienda colocar un globo de látex por arriba de las placas a probar, simulando la cabeza de una persona, con la finalidad de detectar la proyección de fragmentos provocados por los impactos, ya sean de los propios proyectiles, o del material que conforma a las placas.



Pruebas balísticas efectuadas sobre una placa de cerámica del Nivel IV

Las placas balísticas pueden presentar varias características, una de las cuales, consiste en una pieza completa de cerámica que puede variar en su tamaño y espesor, habiéndolas de 8x10 y 10x12 pulgadas, con un grosor promedio de .375 pulgadas (9.25 mm), donde, además, se integran capas de Kevlar laminado.

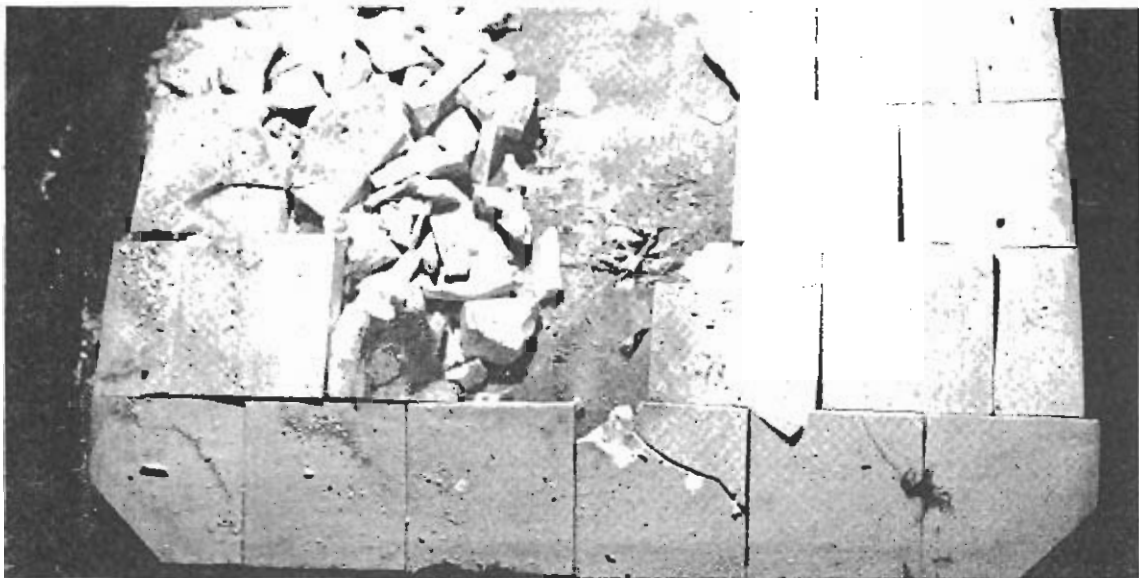
BALISTICA DE EFECTOS

La función de estas placas es la de fracturarse al momento del impacto y, distribuir la energía a las áreas alejadas del punto de contacto, tal y como sucede en los cristales comunes, donde se forman grietas radiales y concéntricas que se distribuyen alrededor del punto de impacto, y las capas de kevlar, aun cuando tienen la misma función de absorber la energía remanente, tienden a retener la fragmentación de los proyectil impactados.



Impacto de un proyectil del calibre 7.62x 63 mm (.30-06)
sobre una placa de cerámica del nivel IV

Otra variante de placas de cerámica, se observa en forma de cuadros sueltos pero compactados, donde la función de cada cuadro es la de fracturarse y distribuir la energía de la bala, pero con la idea de que esta no dañe a los otros cuadros de cerámica, para que a su vez, puedan recibir otros impactos sin que se haya debilitado toda la pieza en su conjunto, también denominada como placa multi-impacto.



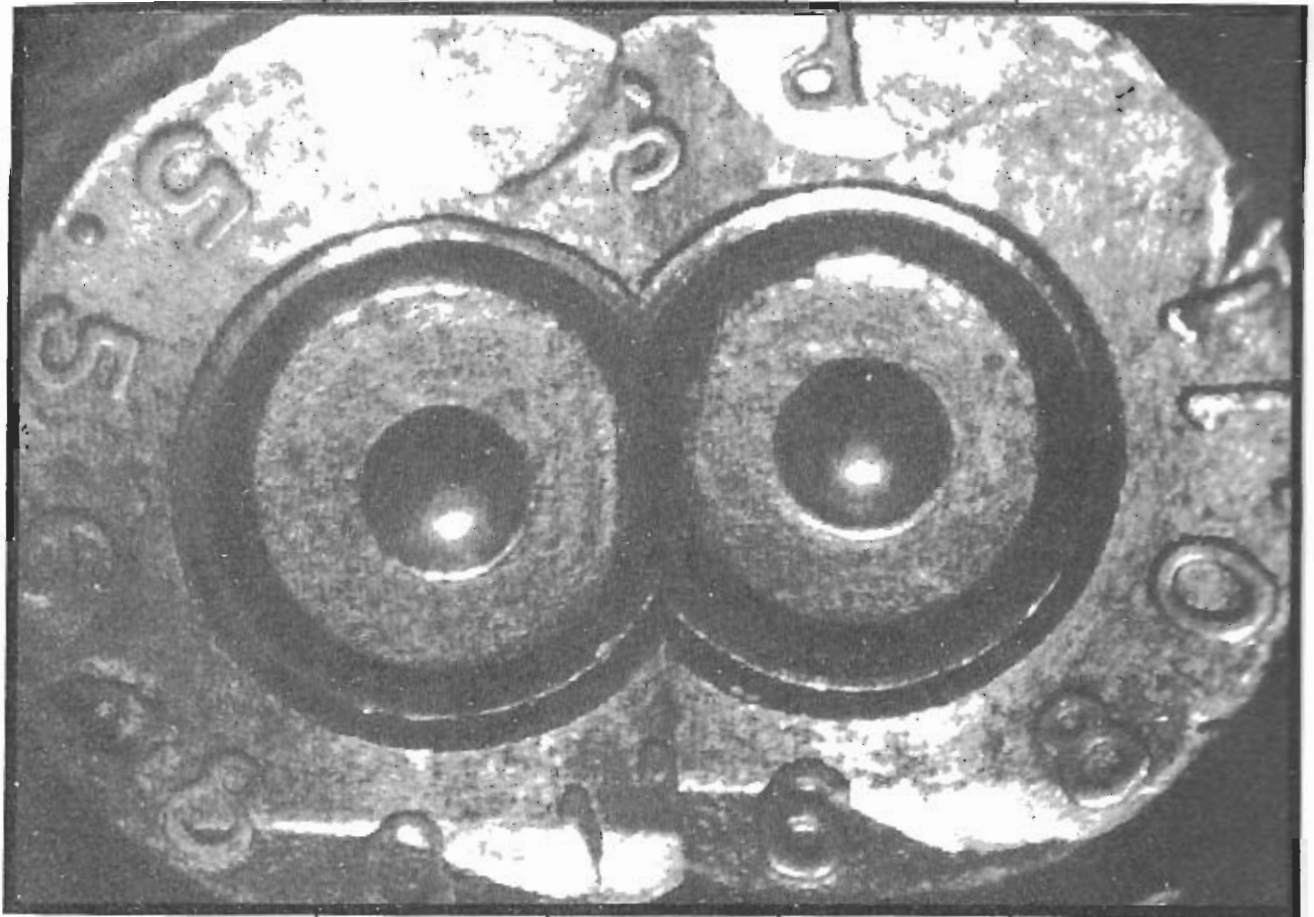
Estructura de una placa de cerámica multi-impacto

Con relación a las placas de acero, estas presentan la conveniencia de resistir múltiples impactos de bala, inclusive en agrupaciones cerradas, pero la desventaja se observa en la indiscriminada proyección de fragmentos de los proyectiles, que representan un serio riesgo para el portador de la placa, el que pudiera resultar lesionado por una porción de metal que se incrustase en su cuello o rostro. Por lo cual, los fabricantes de placas balísticas, incluyen piezas de hule o esponjas muy densas que puedan atrapar los fragmentos. Algunas de estas piezas metálicas, tienen la función de descamisar al proyectil para que libere la mayor parte de su energía, y una segunda sección, compuesta de laminas de cerámica o kevlar, detengan los núcleos de las balas.



Estructura de una placa de acero multi-impacto

5. BALISTICA FORENSE



La balística forense es una rama especializada de la criminalística, orientada al estudio integral de las armas de fuego, al alcance y dirección de los proyectiles que disparan y a los efectos que estos producen. En otras palabras, se encarga de investigar el comportamiento simple o complejo de las balas y, del examen de las trazas relacionadas con el uso de armas de fuego, las que se ven involucradas en eventos presuntamente criminales. A su vez, la criminalística es una disciplina auxiliar del derecho penal, que conjunta todas las ramas del conocimiento que pueden intervenir en el examen y tratamiento de los indicios relacionados con presuntos hechos delictuosos, con el propósito de establecer su existencia y su reconstrucción, para finalmente obtener suficientes elementos que identifiquen a los autores de los mismos.

El propósito fundamental de la balística forense es el de establecer, por medio de procedimientos técnicos, la correlación y procedencia de los indicios intrínsecos con las armas de fuego, como son, los casquillos y balas que son recolectados durante una investigación de criminalística de campo, así como de la reconstrucción de las trayectorias de los proyectiles y las consecuencias originadas por los mismos, con la finalidad de llegar al discernimiento de la verdad y demostrarla, empleando para ello el conocimiento que se desprende de las tres ramas de la balística, interior, exterior y de efectos, para aportar las suficientes pruebas que demuestren la participación de los autores de específicos sucesos delictivos.

Dentro de las actividades propias de la balística forense, se presentan dos esquemas particulares en el tratamiento de los indicios, uno de ellos orientado a los exámenes *físicos*, y el otro a las pruebas *químicas*, los que consisten en lo siguiente:

- Los exámenes físicos, corresponden al tratamiento perceptivo e interpretativo de la relación que tienen los indicios con respecto al hecho que se investiga, empleando para ello instrumentación óptica y de medición, como microscopios, lupas, fotografía, vídeo, procesadores, básculas, micrómetros, verniers, etc. Herramientas de las que se valen los peritos para obtener resultados confiables para fundamentar sus dictámenes. Algunos de los exámenes físicos que atiende la balística forense son; la comparativa de casquillos y de proyectiles, la identificativa de las marcas de herramientas dejadas por las armas de fuego sobre los mismos, la fijación de los impactos y la reconstrucción de las trayectorias de las balas.
- Las pruebas químicas, corresponden al tratamiento de los indicios empleando sustancias y materiales que ocasionan reacciones, que luego son interpretadas por los peritos en ese campo, o bien, aplicando avanzados métodos instrumentales, donde los resultados se obtienen cuantitativamente, como sería el caso de la absorción atómica y la activación de neutrones. Algunos exámenes químicos orientados a la balística forense son, el rodizonato de sodio, de walker, de nitritos, etc. Los que se destinan a la detección de las partículas metálicas que se desprenden de los disparos de armas de fuego.

Durante el desarrollo de este apartado, se atenderá particularmente todo lo concerniente a los estudios físicos de los indicios, exponiendo someramente lo relacionado con los exámenes químicos de esta disciplina, considerando la separación de estas dos especialidades en la mayoría de los laboratorios de criminalística de las procuradurías de justicia en nuestro país.

Dicho lo anterior, es imprescindible señalar, que dentro de los estudios físicos que tienen que atender los peritos en balística forense, se encuentra una variedad de circunstancias legales donde involucran disparos de proyectiles de armas de fuego, entre ellos, casos de homicidios, suicidios y lesiones de personas. Pero también implica su participación en el estudio de los daños por impactos de bala que son provocados sobre bienes muebles e inmuebles, los que son denunciados ante la autoridad correspondiente como daño en las cosas o en propiedad privada.

Así que las funciones de los peritos en esta disciplina no son exclusivas de estudios comparativos, o de identificación de marcas de herramientas, siendo necesaria su activa intervención en la reconstrucción de las trayectorias y, en el análisis de los efectos de los proyectiles, así como de la explicación de los variados fenómenos que se suscitan dentro y fuera de las armas de fuego, incluyendo los exámenes mecánicos y de funcionamiento de tales artefactos, con la finalidad de obtener resultados fundamentados para la emisión de dictámenes eficaces, en beneficio de una reclamada administración de justicia.

Con esto se trata de señalar que aun cuando se cuente con mucha, poca o nula información sobre balística, la experiencia y el conocimiento empírico adquirido por los peritos al involucrarse cotidianamente en asuntos de tal naturaleza, les será de gran utilidad para forjar su propio criterio técnico sobre la diversidad de circunstancias que se observan en cada uno de los asuntos a esclarecer, de los cuales se solicita rendir el correspondiente dictamen, ya sea oficial o particular.

No obstante, para que los peritos se encuentren en inmejorables condiciones para desempeñar sus funciones es indispensable la capacitación, y sobre todo, buscar siempre la actualización, pues en el ambiente de la balística, continuamente se observa la presencia de nuevas armas de fuego, novedosos cartuchos y diversos estilos de proyectiles, los que en algún momento pueden verse involucrados en hechos donde pudieran participar, así como para conocer novedosas técnicas, o para desarrollar las propias con respecto al tratamiento de los indicios.

Procedimientos de seguridad

Cuando es recolectada un arma de fuego en un lugar de hechos, o cuando es necesario manipular cualquier tipo de arma que haya sido puesta a disposición para su examen, siempre se debe suponer que esta se encuentra cargada, por lo que es indispensable llevar al cabo maniobras de seguridad para desabastecerla, o bien, para cerciorarse que efectivamente esta descargada, aun cuando anticipadamente se haya informado, por parte de otra persona, que el arma se encuentra vacía.

Estas acciones deben efectuarse invariablemente de forma individual, para eliminar cualquier situación de riesgo personal o de otras personas cercanas o lejanas a la situación, ello, por la posibilidad latente de que se produzca un disparo accidental. Las maniobras de seguridad que son recomendables, sobre todo en armas de las que se desconoce sus condiciones mecánicas o de funcionamiento, son las siguientes:

1. Cuando se entrega personalmente un arma de fuego, o se recoge de un lugar específico, nunca se debe sujetar por el cañón, evitando también orientar la boca del mismo en dirección de la ubicación de otras personas cercanas. Las armas cortas deben ser sujetadas por su empuñadura, y las armas largas podrán sujetarse por el guardamano, culata, o empuñadura, dependiendo de la estructura de las mismas.
2. Nunca se debe introducir anticipadamente alguno de los dedos, u otros objetos, en el área del llamador del arma, evitando ejercer, de momento, cualquier contacto con el mismo. Esto es de suma importancia, considerando que la mayoría de las personas instintivamente tienden a colocar el dedo índice sobre el disparador de las armas.
3. Evitar introducir objetos por la boca del cañón, como lápices, bolígrafos, varillas, etc. Aun cuando la intención sea la de no tocar la estructura del arma para la posible detección de las huellas dactilares de la última persona que haya manipulado el artefacto, donde obviamente se comete una imprudencia cuando se desconoce el estado mecánico del arma, además de que la consistencia de los objetos empleados generalmente no resisten el peso de esta, en tal circunstancia, es muy difícil su debido control.

Para la conservación de las posibles huellas dactilares, lo apropiado es manipular el arma por sus partes rugosas y empleando guantes de látex o poliestireno, donde escasamente se puede realizar un eficaz tratamiento de revelado de impresiones latentes.

4. Si se trata de armas que utilizan cargador separable, como las semiautomáticas y las automáticas, se debe localizar el mecanismo que lo libera para proceder a retirarlo eliminando así la posibilidad de que el arma se recargue al acerrojarla cuando se desaloja el cartucho que posiblemente abastece a la recámara.

Dependiendo del diseño del arma se encuentran variados dispositivos, por ejemplo, en las pistolas, los más accesibles son aquellos que se ubican al costado izquierdo de la empuñadura y que se activan con el dedo pulgar de la mano derecha o bien, dispositivos ambidiestros que se ubican en ambos costados de la empuñadura. En otras ocasiones, se encuentran en la base de la empuñadura y funcionan como un clip. En rifles o fusiles, se pueden ubicar a los costados del cajón de mecanismos, o en la parte anterior del guardamonte.

5. En el mismo tipo de armas, es obligado acerrojar el bloque de obturación para desalojar el cartucho, o para cerciorarse que la recámara se encuentra vacía. En este procedimiento se debe dirigir el cañón a la zona de menor riesgo. Hay quienes recomiendan hacerlo hacia arriba, y otros más hacia abajo, siendo esta última la posición más cómoda, pues en ocasiones realmente no se apunta el cañón directamente arriba, y únicamente se le proporciona cierta inclinación ascendente. En cualquier caso, lo importante es suprimir el riesgo de que en la posibilidad de que se produzca un disparo accidental el cañón no se encuentre apuntando hacia alguna persona.

6. Los revólveres pueden considerarse muy seguros cuando el martillo de encuentra desmontado, pero en el eventual caso de que se localicen *amartillados*, representan un serio riesgo para su manipulación, debiendo considerar que un cartucho útil se encuentra alineado con el eje del cañón y, con una mínima presión sobre el llamador se puede provocar el disparo, por lo que se recomienda desactivar el mecanismo sujetando con firmeza al martillo y acompañarlo al mismo tiempo que se hala el disparador. Después de ello, también se aconseja retirar los cartuchos útiles del cilindro, para evitar maniobras imprudentes de otras personas que pueda tener acceso al arma. En la mayoría de los revólveres, se libera el cilindro localizando el pestillo que lo bloquea, para después accionar la baqueta que desaloja los cartuchos.

Los revólveres de acción sencilla, generalmente cuentan con una compuerta al costado derecho de la armadura y por detrás del cilindro, la que se debe abrir y, con el auxilio de la baqueta, se retiran uno a uno los cartuchos haciendo girar el cilindro. Otros revólveres, se abren por arriba del marco del chasis, mecanismo conocido como de gozne o bisagra, que obligan al cilindro y cañón a bascular, y que al mismo tiempo se activa la estrella expulsora de los casquillos.

7. En los rifles repetición, ya sean de cerrojo, de palanca o de corredera, se deben activar los mecanismos de apertura de la recámara del cañón, para cerciorarse de que se encuentra vacía, en caso contrario, accionar los mecanismos hasta desabastecer completamente los cartuchos, pero siempre manteniendo los dedos alejados del llamador. En estas armas, el depósito de los cartuchos ordinariamente se presenta como un tubo que asemeja otro cañón, situado por abajo del verdadero cañón.



Procedimiento para desabastecer una pistola

8. En general, se deben tomar todas las medidas de seguridad posibles para evitar el mínimo riesgo de un disparo accidental, considerando la existencia de una diversidad de armas de fuego, tanto de manufactura registrada como hechas, modernas o antiguas, simples o complicadas, las que pudieran presentarse aparentemente descargadas, trabadas o encasquilladas, defectuosas o inutilizadas. Cuanta información se conoce de accidentes fatales por disparos de arma de fuego, inclusive entre personal de corporaciones policíacas que supuestamente cuentan con adiestramiento en su manejo, los que por ignorancia o exceso de confianza, se han provocado lesiones, o hayan privado de la vida a otras personas.

Cuando ya se hubo de comprobar que el arma de fuego se encuentra descargada, entonces con toda confianza se puede manipular, pues un arma sin cartuchos no representa mayor riesgo, donde las únicas consecuencias por descuido serían los machucones al accionar sus mecanismos, o los golpes contundentes.

Descripción técnica de las armas de fuego

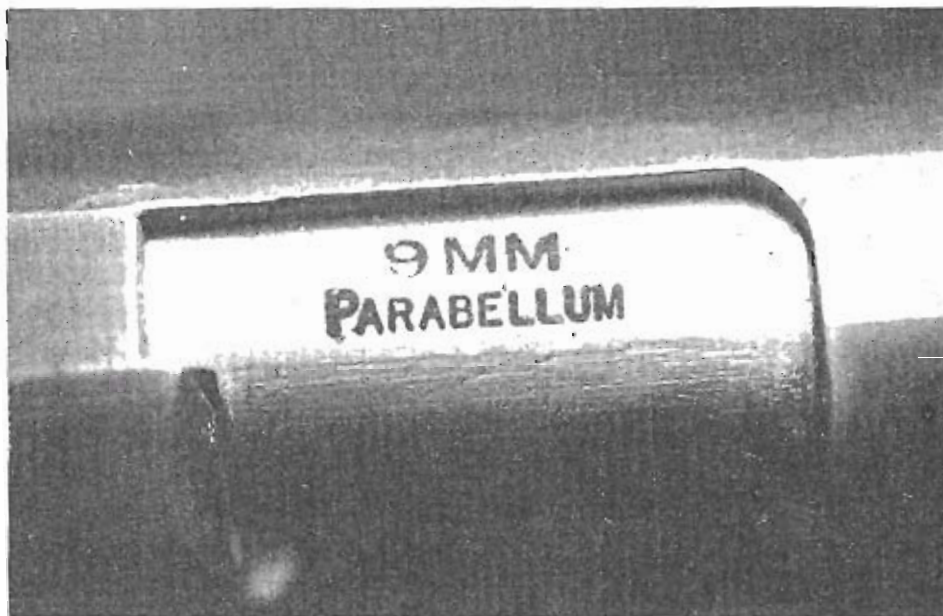
En los casos que se requiera elaborar un dictamen, levantar una fe ministerial, o rendir un informe sobre las características de un arma de fuego, que para fines identificativos y sobre todo legales, es muy importante describirla lo más apropiadamente posible, con el propósito de evitar confusiones posteriores que resultan contraproducente dentro de un proceso judicial, donde una exposición errada o confusa, puede motivar la duda razonable para el juzgador sobre la participación efectiva del arma en un hecho delictuoso. Por lo que se recomienda un procedimiento detalladamente descriptivo, que abarca los siguientes seis puntos:

1. El tipo de arma
2. El calibre nominal
3. La marca
4. El modelo
5. La matricula
6. Las características particulares

- 1º. *El tipo de arma de fuego.* Consiste en la descripción de acuerdo a su clasificación, principalmente por su longitud y funcionamiento. Ejemplos, los revólveres pueden ser de acción simple, o de doble acción. Las pistolas, monotiro (de disparo único), derrerger, semiautomáticas o automáticas. Los rifles o fusiles, de repetición (de acción de cerrojo, de palanca, de bomba o corredera), semiautomáticos o automáticos. Las escopetas, monotiro, de cañones yuxtapuestos (side by side), de cañones superpuestos (over & under), de repetición (acción de bomba o corredera), semiautomáticas, o Spas (armas con sistema de selección para el funcionamiento de repetición y semiautomático). En casos especiales, donde el arma sea de fabricación casera o rudimentaria (también conocidas como hechas), se debe describir detalladamente su forma y funcionalidad.

- 2°. *El calibre nominal.* Se debe señalar la nomenclatura del calibre específico del arma, lo que se relaciona directamente con los cartuchos que utiliza, lo que técnicamente consiste en la medida precisa o aproximada del diámetro de la bala seguida de su extensión. Ejemplos, .22 Corto, .22 L.R. (Long Rifle), 9 mm Luger o Parabellum, .38 Especial, .38 ACP, 7.62 x 39 mm, 7.62 Nato (7.62 x 51 mm), etc. Esto para evitar cualquier confusión que se pudiera dar al respecto, como en el caso de revólveres de los calibres .44 S&W Especial y .44 Rem Magnum, de los calibres .38 S&W y .38 Especial, de los calibres .32 S&W y .32 S&W Largo.

En pistolas de origen europeo y americano, pueden venir nominadas de diferente manera, aun cuando el calibre sea el mismo, como las marcadas con el calibre 9 mm kurz o Corto, y que corresponden en el sistema ingles al calibre .380 Auto, el que generalmente se confunde con el calibre nominal 9 mm Luger o Parabellum. Donde todos los cartuchos de referencia presentan mínimas o sustanciales diferencias en las dimensiones de sus casquillos.



Identificación del calibre nominal del arma

- 3°. *La marca del fabricante.* Consiste en la inscripción impresa del constructor del arma, la que puede ser localizada en cualquier parte de la estructura de los artefactos, también, sería conveniente señalar el país de origen del artefacto (si es que se conociera). En algunos casos, la marca del fabricante es confundida con otras inscripciones en las armas, tales son los casos de los términos "fire" (que señala la posición de disparo), o de "warning" (que informa la advertencia sobre el uso del arma) y, que algunas personas confunden con la marca del constructor. De igual manera, muchas de las armas importadas de otros países y comercializadas principalmente en los Estados Unidos, presentan alguna inscripción que identifica a la compañía importadora del artefacto, pero que realmente no corresponde a la marca del verdadero fabricante, debiendo considerar este factor para la adecuada descripción del artefacto. Si la marca no fuera legible por efectos de mutilación, descuido o antigüedad del arma, es más recomendable no especular sobre ella, por lo que se debe señalar que la marca no es visible. En el caso de que el artefacto sea de fabricación hechiza, se debe señalar debidamente esa situación.

4º. *La matrícula o número de serie.* De alguna manera puede considerarse esta descripción como la de mayor importancia, puesto que es el mejor medio para identificar específicamente un arma de fuego, la cual elimina la duplicidad de las armas, aun cuando sean del mismo fabricante, calibre y modelo. La matrícula puede representarse con números o en combinación con letras, puede encontrarse impresa en cualquier parte de la estructura del arma. Por ejemplo, en pistolas se observa regularmente sobre el receptor o en la base de la empuñadura. En los revólveres se puede ubicar en el interior o exterior del chasis, inclusive sobre el brazo de la bisagra que sostiene al cilindro, o en la misma base de la empuñadura. En algunas pistolas y fusiles de origen europeo y asiático, la matrícula puede estar inscrita varias veces en las diferentes estructuras del arma, ya sea sobre el cañón, la armadura y la corredera, siendo útil para conocer que al artefacto no le fue sustituida alguna de sus piezas originales. Si el arma carece de la matrícula, o esta se encuentra mutilada, se debe manifestar tal situación, lo mismo se recomienda para los artefactos hechizos.

5º. *El modelo.* Esta descripción corresponde al nombre, abreviatura, o siglas asignadas por el constructor para cada uno de sus productos fabricados en serie o de edición especial. El modelo generalmente se detecta sobre el receptor, armazón o corredera de las pistolas. En los revólveres se puede encontrar en el cañón o en su bastidor. En las armas largas, sobre el cajón de mecanismos o en el mismo cañón. En los casos de que el modelo del arma se encuentre ilegible por deterioro, antigüedad o mutilación provocada, entonces se manifiesta lo correspondiente, lo mismo sucedería para los artefactos hechizos.



Marca, matrícula y modelo de una pistola semiautomática

6°. *Las características particulares.* En este apartado se describen todas las condiciones específicas del arma, las que resultan útiles para evitar posteriores repercusiones, legales, como en el caso de sustracción, sustitución, o modificación de piezas. Por lo que se recomienda detallar las características del arma de acuerdo a su estructura, si esta se presenta pavonada, cromada, niquelada, deteriorada, o si es de acero inoxidable, etc. Si cuenta con grabados ornamentales o inscripciones especiales, tales como, nombres, apelativos, o conmemoraciones. En su caso, detallar las averías, deterioros o faltantes de piezas observadas. En los revólveres y pistolas, señalar el tipo de cachas adaptadas a su empuñadura, si son de madera, baquelita, sintéticas, anatómicas, metálicas lisas o con grabados, si cuentan con molduras o escudos especiales, también, si se presentan con incrustaciones de metales o piedras preciosas, etc. En las armas largas, describir el tipo de culata y, los materiales que conforman la empuñadura y el guardamano, si cuenta con miras especiales o telescopio, etc., si el artefacto fue localizado o remitido con cargador y cartuchos. En general, detallar cualquier característica de importancia que haya sido detectada por el examinador.

Tomando en cuenta las fotografías anexas a este apartado, el siguiente ejemplo sería el resultado de la identificación completa de un arma de fuego específica:

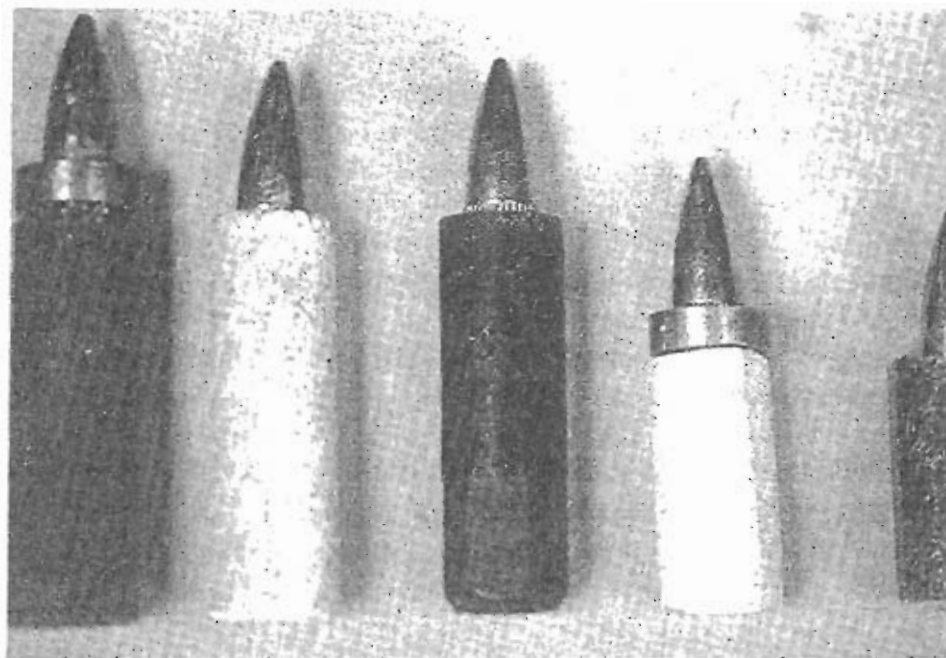
Pistola semiautomática, correspondiente al calibre nominal 9 mm Parabellum, de la marca Smith & Wesson, matrícula TAJ8576, modelo 469, pavón oscuro con desgaste, cachas de baquelita en color negro, con su respectivo cargador.

Fabricantes de cartuchos

Se pudiera definir al cartucho como el componente principal que requieren las armas de fuego para que puedan ser utilizadas como tales, el que se encuentra conformado por cuatro elementos fundamentales; casquillo, pólvora, fulminante y proyectil. Otro término que se aplica para nombrar al cartucho es el de *tiro útil*, que pudiera considerarse como inapropiado, pues en su interpretación no se observa mucho significado. Además de que en ciertos casos, es prácticamente imposible establecer si los cartuchos verdaderamente se encuentran en buenas condiciones de utilidad, para ello sería necesario dispararlos.

En la actualidad, los dos tipos de cartuchos que más destacan son los de fuego anular y los de fuego central, sin embargo, la tecnología en armas de fuego ha venido desarrollando cartuchos diferentes a los acostumbrados, algunos de ellos en etapa experimental, y otros más ya hechos realidad. Tal es el caso del moderno fusil alemán Heckler & Koch modelo G11, del calibre 4.7 mm operado por gas, que tiene una cadencia de disparo de 2,200 tiros por minuto. El desarrollo de esta arma se inició en 1969, y fue puesta en servicio militarmente en 1990, aun cuando solamente fuerzas especiales en Alemania la emplean.

Los cartuchos para el G11 carecen de casquillo, los que se constituyen por un bloque cilíndrico de propelente compacto y sólido, con la bala incrustada en un extremo, por lo que al ser disparado no se desaloja más que el proyectil.



Cartuchos para el fusil H&K, modelo "G11"

Sería obvio considerar que en la mayoría de los países se manufacturan cartuchos para armas de fuego, donde algunas de las industrias fabrican cartuchos para el uso exclusivo de sus fuerzas armadas, pero en las naciones más industrializadas y, donde la ley lo permite, se encuentran compañías que comercializan cartuchos para empleo deportivo y policiaco, los que pueden ser comprados por la población civil con pocas o nulas restricciones, en este caso se encuentran muchos estados de la Unión Americana.

En México, es común y relativamente fácil conseguir cartuchería de todas las marcas que se venden en los Estados Unidos, inclusive de los importados por esa nación y provenientes de fabricantes europeos y asiáticos, los que son introducidos legalmente o de manera clandestina a nuestro país. Aunados a estos productos, se encuentran los cartuchos de fabricación nacional, tanto de la Industria Tecnos, S.A. de C.V., como los manufacturados por la industria militar.

Al hablar de cartuchos para armas de fuego, se debe relacionar a los casquillos y proyectiles provenientes de los mismos, los que en un momento pueden ser recolectados como indicios de eventos delictuosos. En tales circunstancias, los peritos en criminalística y balística deben contar con la información necesaria para tratar de identificar al fabricante de los cartuchos originales, lo que resulta de gran utilidad, para los estudios y pruebas que se tengan que realizar en el laboratorio, además de que se pudiera establecer un método de rastreo sobre la procedencia de los correspondientes cartuchos.

Para identificar al fabricante de un cartucho comercial, únicamente se requiere observar el culote del casquillo para detectar las siglas o abreviaturas impresas por su constructor, al mismo tiempo, se establece el calibre nominal al que corresponde.



Identificación del fabricante del cartucho y de su calibre nominal

En los cartuchos de fabricación militar, la mayoría de las veces se presentan dos pares de números impresos sobre el culote de los casquillos. Ordinariamente, el par inferior corresponde al año de elaboración del cartucho, y el superior pudiera corresponder a la remesa que se hubo de fabricar durante ese año, o bien, al código de identificación de un calibre nominal específico de las industrias militares que manufacturan gran variedad de calibres para sus fuerzas armadas. Esta información es utilizada para conocer la antigüedad de los cartuchos, para almacenarlos, y en su caso permitir su consumo prioritario.



Identificación de un cartucho militar, del calibre nominal 7.62 x 39 mm

Con respecto a los cartuchos comerciales de fuego anular y central, se puede observar una variedad de siglas que identifican a su fabricante. El siguiente listado se orienta a informar sobre algunos de los principales y más comunes fabricantes de cartuchos.

Inscripción	Fabricante	País de origen
Aguila	Industrias Tecnos S.A. de C.V.	México
FC	Fabrica de Cartuchos	México
WIN	Winchester	U.S.A
W.C.C.	Winchester Cartridges Company	U.S.A
W-W	Winchester Wester	U.S.A
REM.	Remington	U.S.A
R.P.	Remington Peters	U.S.A
REM-UMC	Remington Union Metallic Cartridges	U.S.A
Federal	Federal Cartridges	U.S.A
F.C.	Federal Cartridges	U.S.A
C.C.I.	Cascade Cartridges International	U.S.A
C.I.	Cascade Cartridges International	U.S.A
Hornady	Hornady	U.S.A
Midway	Midway Industries	U.S.A
P.M.C.	Pam Metal Cartridges	Corea/U.S.A.
G.F.L.	Giulio Flocchi Lecco	Italia
GECO	Gustav Genschow & Co.	Alemania
C.B.C	Cartuchos Brasileños Coimbra	Brasil
I.M.I.	Industria Militar Israeli	Israel
H.C.C.	China North Industrial Corporation	China
Norinco	Norinco Industries	China
FNB	Fabrica Nacional de Armas de Guerra	Bélgica

Medidas de peso

La medida que se emplea para establecer el peso de las pólvoras y de los proyectiles, es conocida en inglés como "Grains", que traducida al castellano corresponde a *granos*. Este término al parecer tiene su origen en el siglo XVII y correspondía a una medida de volumen de granos de trigo. Los grains fueron inicialmente adoptados para pesar la anticuada pólvora negra empleada en las armas de avancarga, considerando para ello su reducido peso pero gran volumen.

En la actualidad, esta medida es utilizada para establecer el peso de las modernas pólvoras sin humo y de los proyectiles para armas de cañón rayado. Otras medidas que se emplean para pesar pólvoras y proyectiles son, el "dram" y la "onza". El dram para el peso de la carga de pólvora de los cartuchos para escopeta, y la onza para la carga de proyectiles múltiples, ya sean municiones o postas. Una gráfica sobre el empleo del dram y la onza en la fabricación de cartuchos para escopeta, incluyendo otra información relevante, se puede observar de la siguiente manera:

BALISTICA FORENSE

TIPO		SHUR SHOT				EXPRESS		
	Calibre	12	16	20	12	16	20	410
Carga de Pólvora	Munición	3 Drams	2 ½ Drams	2 ½ Drams	3 ¾ Drams	3 Drams	2 ¾ Drams	Máxima
	Posta	3 ¾ Drams	2 ½ Drams	2 ½ Drams	3 ¾ Drams	3 Drams	2 ¾ Drams	Máxima
Carga de Munición	Onzas	1 1/8	1	7/8	1 ¼	1 1/8	1	½
	Gramos	32	28	25	36	32	28	14
Carga de Posta	Onzas	1	3/4 y 1	3/4 y 7/8	1 3/8	1	1	½
	Gramos	28	21 y 28	21 y 25	39 y 36	28	28	14
Longitud Del Cartucho	En pulgadas	2 ¾	2 ¾	2 ¾	2 ¾	2 ¾	2 ¾	2 ¾
	En mm	70	70	70	70	70	70	63
Tamaño de la Munición		4-6-7 1/2 8-9	2-4-6 7 ½	4-6-7 1/2 8	BB-2-4 6-7 ½-8	2-4-6 7 ½-8	2-4-6 7 ½	4-6 7 1/2
Postas (Las cifras en paréntesis indican la cantidad de Postas)		0 (9) 1 (16) 4F 2 (20) 5F	1 (9) 2 (16) 4F 3 (20) 5F	2 (12) 3 (16) 4F 4 (20) 5F	0 (12) 1 (16) 4F 2 (20) 5F	1 (12)	2 (15)	00 (4)
Velocidad aproximada de la munición en m/seg.		365	365	355	405	377	372	365
Velocidad aproximada de la posta en m/seg.		365	388	355	393	382	372	365

La relación y los factores de conversión entre las unidades de peso empleadas en balística, son las siguientes:

Unidad	Definición	Conversión
Grano	1/7000 Libra	0.0648 Gramos
Dram	1/16 Onza	1.77 Gramos
Onza	1/16 Libra	28.349 Gramos
Gramo	Unidad básica del sistema métrico	15.432 Granos

Cuando se trata de proyectiles para armas de cañón rayado, los fabricantes de cartuchos los construyen con un peso adecuado de acuerdo a su calibre, materiales y estilo, basados en experimentos técnicos orientados a garantizar su conveniente desempeño, donde se involucran factores tan importantes como la velocidad inicial, la energía cinética, el coeficiente balístico y la densidad seccional de las balas.

Muchos fabricantes de cartuchos, comercializan proyectiles de variados estilos y con diferentes pesos para un mismo calibre nominal, como ejemplos, el .38 Especial, .357 Magnum, .44 Rem Magnum y 9 mm Parabellum, con la finalidad de proporcionar al consumidor los cartuchos más adecuados para un uso específico, ya sea deportivo, o de empleo táctico policial. Encontrando en el mercado proyectiles de diferentes fabricantes con similares estilos y pesos.

Por lo tanto, la información publicada por los distintos fabricantes de cartuchos resulta muy importante para los peritos en balística forense, la que pueden consultar en los casos en que se tenga que determinar el calibre nominal de proyectiles que fueran recolectados como indicios de una investigación criminalística, siempre y cuando esas balas no hayan sufrido considerable pérdida de masa, lo que se puede compensar con otros estudios físicos practicados a los proyectiles, de los que posteriormente atenderemos. Además, el considerar el peso de las balas examinadas resulta en un dictamen bien fundamentado.

Las siguientes gráficas demuestran si los fabricantes de cartuchos que se describen, tienen en el mercado proyectiles con un mismo estilo y peso para un determinado calibre nominal.

Proyectiles para armas cortas

Calibre	Estilo de la bala	Peso en Granos	Fabricantes				
			Remington	Winchester	Federal	P.M.C.	Aguila
.22 Corto	Plomo	29	sí	sí	sí	no	sí
.22 Long Rifle	Plomo	40	sí	sí	sí	sí	sí
.25 Auto	Encamisado	50	sí	sí	sí	sí	sí
.32 Auto	Encamisado	71	sí	sí	sí	sí	sí
.32 S&W	Plomo	88	sí	no	no	no	no
.32 S&W Largo	Plomo	98	sí	sí	sí	sí	sí
.380 Auto	Encamisado	95	sí	sí	sí	sí	sí
.380 Auto	Punta hueca	88	sí	no	no	no	no

BALISTICA FORENSE

Calibre	Estilo de la bala	Peso en Granos	Fabricantes				
			Remington	Winchester	Federal	P.M.C.	Aguila
9 mm Luger	Encamisado	115	sí	sí	sí	sí	no
9 mm Luger	Encamisado	124	sí	no	sí	sí	sí
.38 Super	Encamisado	130	sí	sí	no	sí	sí
.38 Super	Punta hueca	125	sí	sí	no	sí	no
.38 Especial	Plomo	158	sí	sí	sí	sí	sí
.38 Especial	Encamisado	130	no	sí	no	sí	no
.38 Especial	Punta blanda	125	sí	sí	sí	sí	no
.38 Especial	Punta metálica	158	no	no	no	no	sí
.38 Especial	Punta hueca	125	sí	sí	sí	sí	no
.357 Magnum	Plomo	158	no	sí	sí	sí	no
.357 Magnum	Punta blanda	158	sí	no	no	no	sí
.357 Magnum	Punta metálica	158	no	no	no	no	sí
.357 Magnum	Punta hueca	125	sí	sí	sí	sí	no
.41 Rem Mag.	Plomo	210	sí	sí	no	no	no
.41 Rem Mag.	Punta blanda	210	sí	sí	sí	sí	no
.44 Magnum	Plomo	240	sí	sí	no	no	no
.44 Magnum	Punta blanda	240	sí	sí	sí	sí	no
.44 Magnum	Plomo (gas check)	240	sí	sí	no	no	no
.44 Magnum	Punta hueca	180	sí	no	sí	sí	no
10 mm Auto	Encamisado	200	sí	sí	no	sí	no
10 mm Auto	Punta hueca	170	sí	no	sí	sí	no
.40 S&W	Encamisado	155	sí	sí	sí	no	no
.40 S&W	Punta hueca	180	sí	sí	sí	sí	no
.45 Auto	Encamisado	230	sí	sí	sí	sí	sí
.45 Auto	Punta hueca	185	sí	sí	sí	sí	no
.45 Auto	semiwadcutter FMJ	185	sí	sí	sí	no	no
.45 Colt	Plomo	250	sí	sí	no	no	no
.45 Colt	Semiwadcutter HP	225	no	no	sí	no	no

BALISTICA FORENSE

Proyectiles para armas largas

Calibre	Estilo de la bala	Peso en Granos	Fabricantes				
			Remington	Winchester	Federal	P.M.C.	Aguila
.223 Rem.	Encamisado	55	sí	sí	sí	sí	sí
.223 Rem.	Punta blanda	53	no	sí	no	no	no
.243 Win.	Punta blanda	80	sí	sí	sí	sí	no
6 mm Rem.	Punta blanda	80	sí	sí	sí	no	no
.270 Win.	Punta blanda	100	sí	sí	no	no	no
.280 Rem.	Punta blanda	140	sí	sí	no	no	no
7 mm Mauser	Punta blanda	140	sí	no	sí	sí	no
7 mm Rem Mag.	Punta blanda	140	sí	no	no	sí	no
7 mm Rem Mag	Encamisado	175	sí	sí	sí	sí	no
.30 Carabina	Encamisado	110	sí	sí	sí	no	sí
.30-30 Win.	Punta blanda	170	sí	sí	sí	sí	no
.300 Savage	Punta blanda	180	sí	sí	sí	no	no
7.62 x 39 mm	Encamisado	125	sí	no	no	sí	no
7.62 x 39 mm	Cola de bote	123	no	sí	sí	no	no
8 mm Mauser	Punta blanda	185	sí	sí	sí	no	no
8 mm Rem Mag.	Punta blanda	185	sí	no	no	no	no
7.62 x 51 mm	Punta blanda	150	sí	sí	sí	sí	no
7.62 x 51 mm	Cola de bote	150	no	sí	sí	sí	no
.30- 06 Sprg.	Punta blanda	150	sí	sí	sí	sí	no
.30- 06 Sprg.	Cola de bote	180	no	sí	sí	sí	no
.45-70 Gvt.	Encamisado	405	sí	no	no	no	no
.45-70 Gvt.	Punta blanda	300	sí	sí	sí	no	no
.458 Win.	Encamisado	500	sí	sí	sí	no	no
.458 Win.	Punta blanda	510	sí	sí	sí	no	no

La cadena de custodia

Durante cualquier investigación de campo, efectuada en un lugar donde se haya cometido un presunto hecho delictuoso, los peritos en criminalística, en balística, o la autoridad competente, deberán de proceder a la búsqueda, fijación, recolección y etiquetado de cualquier tipo de indicio que se presuma tenga relación con el evento que se investiga, procurando emplear las técnicas más convenientes para tales fines. Pero como en esta obra sé esta tratando el estudio de la balística forense, entonces, nos orientaremos al análisis de los indicios intrínsecos con esta disciplina.

En el caso de localizar armas de fuego, cartuchos, casquillos, proyectiles (enteros, porciones o fragmentos), cargadores, piezas mecánicas, accesorios, etc. Estos objetos tendrán que ser recabados y embalados en contenedores adecuado, para después trasladarlos al laboratorio e iniciar su correspondiente tratamiento, originando así la cadena de custodia, considerada como un procedimiento importante para el adecuado análisis secuencial de los indicios, que a su vez, hace responsable a las personas que en su momento los tuvieron a su disposición, ya sea para efectos de estudio, o únicamente para su custodia, con lo cual se evita su extravío o deterioro. Un ejemplo de la cadena de custodia, y del tratamiento secuencial de los indicios por las diferentes disciplinas forenses, se puede describir de la siguiente manera:

- La primera persona responsable de los indicios, es aquella que hubo de recolectarlos del lugar de los hechos, para después remitirlos al laboratorio. Entre otros, el representante social, y el perito en criminalística con la anuencia del primero.
- El segundo responsable pudiera ser el perito en dactiloscopia, que tendría la función de revelar las huellas dactilares latentes, que son de mucha utilidad para la identificación del presunto autor material del crimen.
- La tercera responsabilidad recae sobre el perito químico, quien tendrá la comisión de efectuar las pruebas propias de su materia, como la detección de los residuos metálicos que se desprenden de los disparos de armas de fuego, o bien, en la búsqueda de restos de sangre o de otras sustancias.
- La última responsabilidad recae en el perito en balística, quien efectuará los respectivos estudios físicos sobre los indicios recolectados, como la identificación y comparación de las marcas de herramientas impresas por las armas de fuego sobre los casquillos y proyectiles que se hubieron de disparar, para llegar a establecer si la respectiva arma se encuentra asociada con el hecho que se investiga. Quien a su vez, se encargará de regresar los indicios a la autoridad correspondiente.

Los peritos de cada una de las especialidades involucradas, deberán rendir sus respectivos dictámenes de acuerdo a los resultados que hayan obtenido. También es recomendable elaborar un formato para cada asunto en particular, donde se identifique al perito responsable de cada avance de los indicios dentro de la cadena de custodia. Dicho formato puede anexarse a la bitácora de las actividades cotidianas de una guardia y, para los casos de posteriores consultas.

Con respecto a la recolección de armas de fuego del lugar de los hechos, realmente no existen técnicas estrictas para asegurarlas, pues cada asunto debe ser tratado de manera especial, considerando la gran variedad de armas que pudieran verse relacionadas con hechos delictuosos, tanto cortas, como largas, de repetición, automáticas o semiautomáticas, antiguas o modernas, en buenas, regulares o deficientes condiciones, etc. Por lo que se aconseja, por no decir que se impone, que el personal encargado de recolectarlas tenga los suficientes conocimientos en el manejo de armas de fuego y, que pueda identificar fácilmente los principales mecanismos que las conforman, aun cuando se trate de artefactos extraños, o poco comunes. Además de que se recomienda seguir los pasos expuestos en el apartado de los procedimientos de seguridad.

Asignaturas de la balística forense

Dentro de la diversidad de actividades y aplicaciones en las que interviene la balística forense, que se desarrollan tanto en el laboratorio como en investigaciones de campo, estas pueden clasificarse en cuatro asignaturas esenciales, las que se pueden designar de la siguiente manera:

- Balística comparativa
- Balística identificativa
- Balística de trayectorias y efectos
- Mecánica de las armas de fuego

Los términos empleados para designar a estas cuatro disciplinas, tal vez resulten ajenos para muchos de los expertos en la materia, principalmente los que durante años se encuentran desarrollando esta actividad pericial. Sin embargo, la intención de este apartado es la de nombrar y seleccionar las diferentes tareas que realmente se efectúan al respecto, aun cuando en otras partes se les proporcione otra designación, o bien, que no se tenga una expresión específica al respecto. Pero la idea principal, es la de proporcionar una fuente de información detallada, para que otros interesados en esta disciplina especializada de la criminalística, puedan efectuar consultas que sean de utilidad para las actividades técnicas o jurídicas.

Las cuatro asignaturas de referencia, indudablemente se encuentran relacionadas con el conocimiento científico expuesto por las tres ramas de la balística, interior, exterior y de efectos, que a su vez, se traduce en la interpretación de los fenómenos que se suscitan dentro y fuera de las armas, con relación al porque se originan las marcas de herramientas sobre los casquillos y proyectiles, en las consecuencias de las balas en la producción de heridas o daños en diversas estructuras, así como en el adecuado tratamiento de los indicios, los que deben ser debidamente analizados en la búsqueda de la suficiente información técnica, que pueda ser útil para la elaboración de dictámenes veraces y fundamentados.

Balística comparativa

El concepto de balística comparativa, se aplica a al tratamiento físico de los indicios en el laboratorio, cuando por motivo de hechos delictuosos se hayan recabado armas de fuego, casquillos y proyectiles. El método de la balística comparativa consiste en la búsqueda, detección y comparación de particularidades especiales, que identifiquen un arma de fuego con respecto a los casquillos y proyectiles que originalmente conformaban a los componentes denominados cartuchos, cuyas marcas específicas quedan impresas durante el proceso de la acción conocida como disparo.

El sustento científico de la balística comparativa, queda de manifestó por el principio de intercambio y correspondencia de las características impresas por las herramientas que se emplearon para la fabricación de las armas de fuego, al igual que de las modificaciones generadas por el desgaste propio del uso y deterioro que sufren todos los artefactos mecánicos.

Los desgastes de las estructuras metálicas de las armas de fuego, se manifiestan en deterioros, como, rebajes, protuberancias, hendiduras y muescas, que se van originando después de haber sido utilizadas con frecuencia. Tales averías se originan de manera muy particular para cada arma, quedando así establecido que ninguna arma de fuego imprimirá similares características con respecto a las marcas dejadas por otra arma, aun cuando sean de la misma marca, calibre y modelo.

Cuando se requiera elaborar un dictamen de balística comparativa, es necesario contar con los mencionados indicios (arma de fuego, casquillos o proyectiles), donde el primer paso a seguir, consiste en examinar físicamente los indicios que fueran puestos a disposición y, sobre todo comprobar las condiciones de funcionalidad del arma de fuego, pues con ella es indispensable efectuar disparos de prueba para obtener los casquillos y proyectiles indubitados, necesarios para realizar las correspondientes confrontaciones microscópicas. El examen del arma reviste mucha importancia, a fin de evitar riesgos de fatales consecuencias, considerando que algunos artefactos pueden presentar serios deterioros en su funcionalidad, en cuyo caso sería más prudente dejar de hacer la prueba solicitada, e informar los motivos debidamente fundamentados para tomar tal decisión.

Los términos ordinariamente empleados en balística forense para identificar a los casquillos y proyectiles a examinar, se encuentran proporcionados de acuerdo su procedencia, los que pueden variar por el criterio particular y sobre todo a las técnicas aplicadas por cada perito en la materia, todos ellos muy aceptables, pues describen lo mismo pero con otras palabras.

- Los casquillos y proyectiles que son recabados como indicios, son descritos como *dubitados*, término que señala la duda que se tiene de su procedencia, también se les refiere como *problema*, que indica la incertidumbre planteada y que se tendrá que resolver.
- Los casquillos y proyectiles que son obtenidos por disparos de prueba, son denominados como *indubitados*, que indica que no existe ninguna duda sobre su procedencia, también se les describe como *testigos*, que identifican al arma de la cual proceden.

Para realizar disparos de prueba con el arma de fuego asegurada, se recomienda utilizar cartuchos nuevos y correspondientes al mismo calibre nominal de los casquillos y proyectiles indicios. Salvo sus excepciones se podrían emplear cartuchos recargados, como en los casos de que en el hecho que se investiga se hayan disparado cartuchos de la misma naturaleza, o bien, cuando no se tengan disponibles cartuchos nuevos para una determinada arma. También se sugiere que los cartuchos de prueba sean de la misma marca de fabricante que los casquillos indicios, y que los proyectiles indubitados correspondan al mismo estilo que las balas indicios. Solamente en los casos de que no se contará con los cartuchos adecuados, se deberán utilizar otras marcas que se tengan disponibles.

En más de alguna ocasión se pueden presentar situaciones complejas, en las que armas de fuego modificadas intencionalmente o por desgaste excesivo, se encuentren en condiciones de utilizar cartuchos de diferente calibre nominal al original. Un caso verídico suscitado en el Estado de Jalisco, corresponde al de una carabina del calibre original .30-30 Win, la que presentaba un sustancial desgaste del ánima de su cañón, sin que se haya modificado intencionalmente la recámara del arma, encontrándose en condiciones de alojar cartuchos del calibre nominal .357 Magnum.

Dicha arma se relacionaba con la muerte involuntaria de una persona, donde el joven que resultará fallecido, estando de visita con un amigo y propietario del arma, e incrédulo de que la carabina .30-30 pudiese disparar cartuchos del referido calibre .357 Magnum, procedió a cargar el arma, alojando directamente un cartucho dentro de la recámara del cañón, y sin tomar las debidas precauciones por fanfarronería, puso el arma en posición vertical y apoyada sobre el piso, procediendo a efectuar el disparo, cuyo proyectil penetró en la región inferior de su mandíbula, continuando con un trayecto hacia el cerebro, para quedar ahí alojado y ocasionando su muerte inmediata.

Este hecho motivó gran incertidumbre entre los familiares del occiso, dado que el resultado de balística comparativa había concluido que la carabina del calibre .30-30, si hubo de percutir y disparar respectivamente, el casquillo y el proyectil del calibre nominal .357 Magnum que fueran recabados como indicios. De tal manera que por disposiciones superiores, fue necesario que los peritos en balística efectuarán varias pruebas en similares circunstancias y en presencia de los familiares del finado, para demostrar satisfactoriamente los mismos resultados que fueron contemplados en el correspondiente dictamen.

En la misma situación se encuentra una variedad de armas de fuego, que en condiciones regulares, pueden utilizar cartuchos de calibre distinto al original, como en el caso de los revólveres que pueden utilizar cartuchos para pistola, entre ellos, los del calibre nominal .32 S&W Largo que pueden emplear cartuchos .32 Auto. En forma contraria, se encuentran pistolas semiautomáticas que están diseñadas para utilizar cartuchos para revólveres, como las pistolas Desert Eagle, que emplean cartuchos del calibre .357 Magnum y .44 Rem Magnum, o bien, de la pistola Colt Mid Range, que emplea cartuchos del calibre .38 Especial con proyectiles sacabocados (wadcutter).

Como estas situaciones y en variadas condiciones, se pueden presentar a los peritos en balística, por lo que debieran mantenerse siempre atentos a cualquier eventualidad y circunstancia no prevista de sucesos aparentemente rutinarias.

Dentro del procedimiento para efectuar disparos de prueba, se recomienda utilizar un mínimo de dos cartuchos para cada arma de fuego, ya que primero se debe comprobar que las marcas en los casquillos y proyectiles indubitados queden bien identificables y sean similares, para que no se tenga la menor duda que proceden de la misma arma, posteriormente, se debe realizar la confrontación microscópica en comparación con los respectivos casquillos y proyectiles indicios. No obstante, en muchos casos las marcas son tan complicadas de identificar que se impone efectuar la cantidad de disparos de prueba que fueran necesarios, hasta agotar todas las posibilidades en la obtención de resultados que confirmen o contradigan la participación del arma examinada.

Pero también existe la posibilidad de que un solo disparo de prueba sea suficiente para obtener resultados satisfactorios, esto sucede cuando los mecanismos del arma se encuentran demasiado desgastados y, las marcas que se imprimen en el casquillo y proyectil son muy irregulares, en consecuencia bastante identificables. Lo que también dependerá de la uniformidad o desigualdad de las marcas presentes en los indicios.

En ocasiones, se pueden presentar armas de un calibre poco común a las cotidianas en el ambiente criminal o policiaco y, donde se adjunte un solo cartucho útil de ese calibre para efectuar el correspondiente disparo de prueba en la obtención de los indubitados, no contando con los recursos inmediatos para conseguir más cartuchos para las pruebas.

En estas circunstancias se deberá realizar la confrontación de un casquillo y proyectil indubitados en comparación con los respectivos indicios, obligando a rendir los resultados en deficientes condiciones cuando las marcas no son bien identificables, y donde a veces saltan dudas al respecto, por lo que se debe tener presente que una conclusión errónea en cualquier sentido, ya sea positivo o negativo, puede conducir a una equivocación garrafal dentro de un proceso judicial, esta circunstancia debe tomarse en cuenta para cuando los peritos decidan rendir un dictamen al respecto.

Si se careciera de cartuchos del calibre original al de un arma determinada, los peritos pueden aplicar su ingenio para tratar de resolver la disyuntiva a la que se encuentran sujetos, buscando la mejor forma de efectuar disparos de prueba, inclusive, modificando cartuchos de otros calibres, siempre y cuando el arma se encuentre en condiciones para dispararlos y, sin menospreciar la seguridad propia y la de los demás.

En el caso de que se obtuvieran resultados positivos mediante este procedimiento, se deberán fundamentar estos, basándose en el principio de intercambio de los rastros particulares que imprimen los mecanismos de las armas de fuego, a su vez, se tendrá que detallar los motivos por los cuales se procedió de tal manera, incluyendo todos los aspectos sensibles al caso, para que en su momento no se pudiera impugnar el dictamen que fuera rendido.

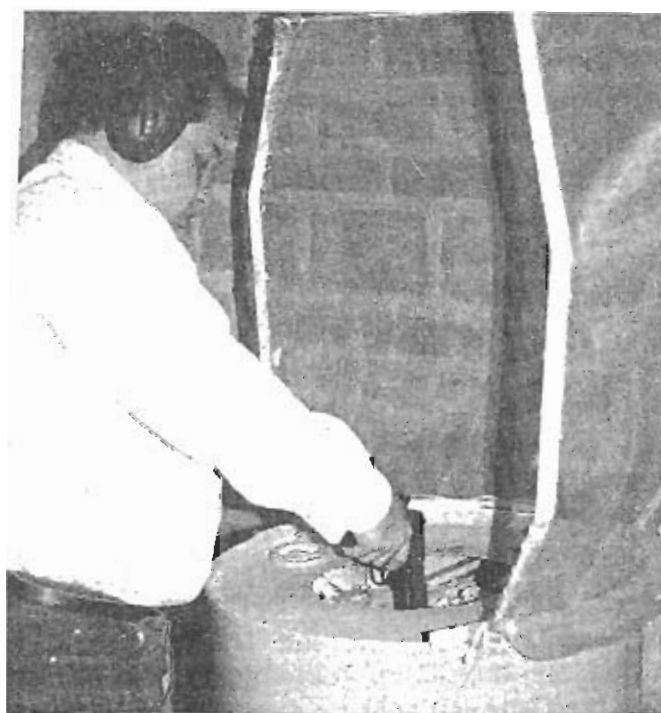
Cuando se carezca completamente de los recursos materiales para resolver cualquier situación, es más conveniente no rendir ningún resultado incierto, debiendo evitar cualquier especulación por las mismas consideraciones antes expuestas.

Procedimiento para efectuar disparos de prueba

Si se solicitará un estudio de balística comparativa, donde únicamente se presentaran casquillos indicios, los peritos pueden considerar la opción de efectuar disparos para obtener exclusivamente casquillos indubitados o testigos, en este caso, los disparos de prueba pueden ser realizados sobre arena u otros materiales de alta densidad, pero nunca deberán ser efectuados al aire, pues los proyectiles necesariamente tienen que caer, representando un serio riesgo para otras personas o estructuras, en todo caso los disparos se deben realizar sobre un suelo de tierra.

Un conveniente y económico sistema, consiste en la fabricación de una caja de arena, constituida por un tambo de lámina de 200 litros de capacidad, al que se le pueda elaborar un orificio de 30 cm de diámetro en su tapa superior, para después llenarlo con arena. Además, sobre la superficie de la arena se debe colocar estopa o algodón, que cotidianamente puede ser mojado para evitar que se incendie cuando se efectúen disparos con cartuchos que produzcan intensas llamaradas.

Estos materiales tienen dos utilidades, la más importante es la de prevenir que se proyecten violentamente porciones de arena hacia el exterior del tambo, esto por la gran potencia de algunas armas y, la segunda, para sofocar el estruendo producido por los disparos cuando la boca del cañón se encuentra en contacto con la estopa o algodón. También, se puede elaborar una estructura metálica en la parte superior y alrededor del tambo, cercada con malla de plástico o acero, que sirva como red para contener los casquillos expulsados por armas automatizadas.



Contenedor de arena para disparos de prueba

Este tipo de contenedor es muy conveniente y práctico, donde inclusive se pueden efectuar disparos en ráfaga, y de armas de alto poder, pues los proyectiles son detenidos con relativa facilidad por la resistencia que ejerce la arena al desplazamiento de las balas, lo único que se recomienda es tener la suficiente precaución para orientar debidamente el cañón del arma en dirección vertical al fondo del tambo. Como ejemplo de esto, podemos referir que por pruebas reales efectuadas, el depósito resistió disparos con una ametralladora M-60, del calibre nominal 7.62 Nato, cuyos proyectiles desarrollan velocidades iniciales superiores a los 850 metros/segundo.

Con respecto a la obtención de proyectiles indubitados se observan varios sistemas, algunos muy convenientes y otros no tanto, unos sencillos y otros más complicados, económicos y costosos. Todo depende de los recursos que se tengan para adquirirlos o fabricarlos. A continuación describiremos algunos de los contenedores empleados por el área de balística forense, de la procuraduría de justicia del estado de Jalisco.

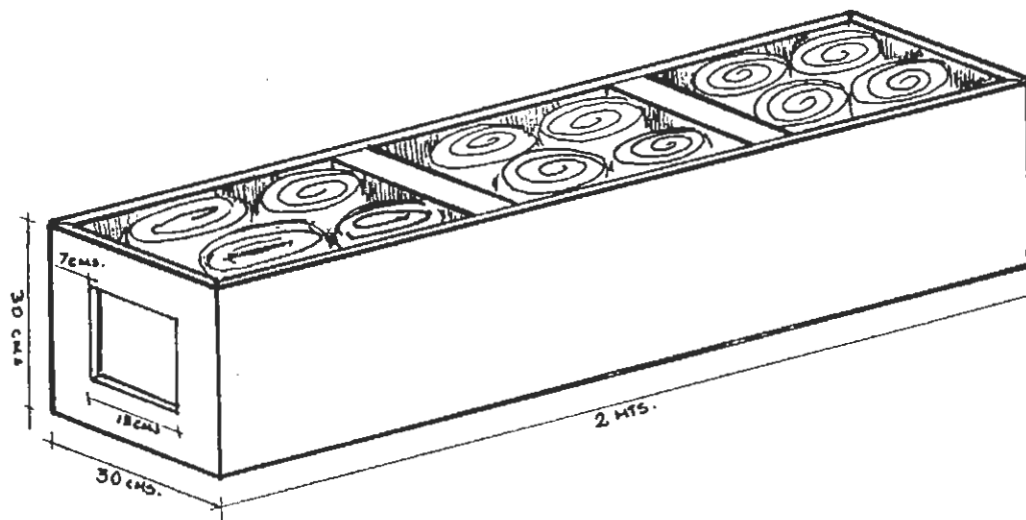
Contenedor de algodón o estopa

Consiste en una larga caja de madera, en la que se introduce cierta cantidad de algodón o estopa, que corresponde al material que atrapa a los proyectiles. Lo más recomendable es introducir verticalmente rollos de algodón de 500 gr, o bien, bultos de estopa contenidos en bolsas de poliestireno, además de colocar separadores de papel o cartón intercalados a una distancia de entre 25 a 30 cm, con el objeto de detectar el espacio preciso donde haya quedado alojado el proyectil disparado, según los separadores que hayan sido perforados.

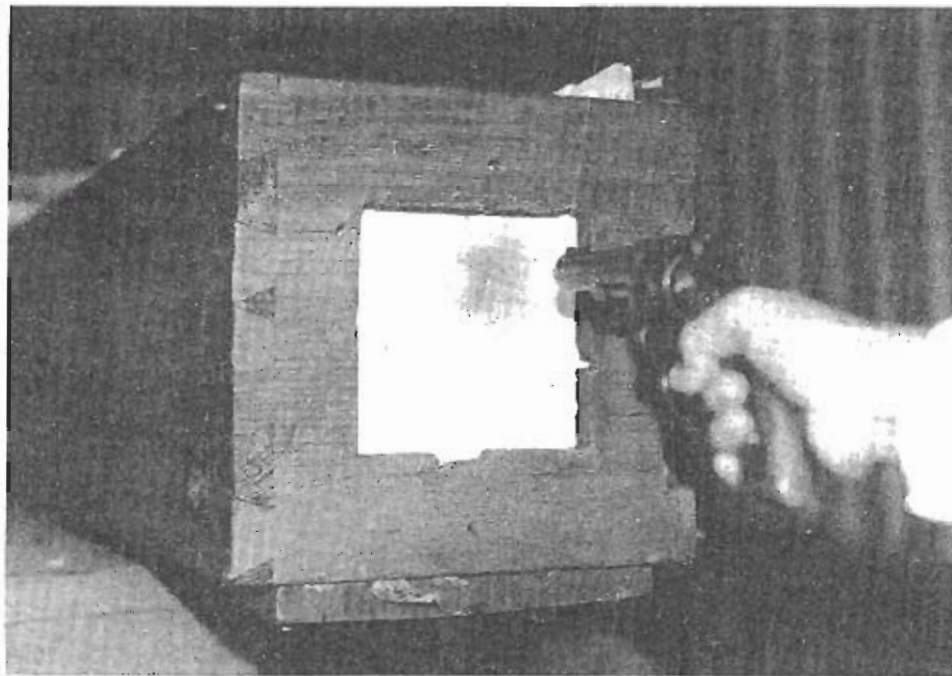
Después se procede a retirar el rollo de algodón, o el bulto de estopa específico, para recolectar el proyectil indubitado, volviendo a enrollar el algodón, o compactar el bulto de estopa, para introducirlo nuevamente en su lugar, y colocando otros separadores. Este proceso generalmente es tardado y bastante tedioso.

El método puede considerarse eficaz, pero también se ha detectado que aun cuando las fibras de algodón y estopa son blandas, producen marcas microscópicas por fricción sobre la estructura de las balas, pues las fibras al ser comprimidas y compactadas por el desplazamiento del proyectil, oponen fuerte resistencia a ser penetradas en su conjunto, donde se involucra en mayor o menor medida la potencia de los cartuchos disparados.

Como ejemplo, se puede mencionar que proyectiles de baja velocidad, como los calibres .22 Corto y .25 Auto, la distancia que recorren sobre algodón es apenas es de 15 a 20 cm, sin embargo, un proyectil de alta velocidad, como el calibre 7.62 x 39 mm, con una velocidad inicial aproximada a los 700 metros/segundo, se desplaza en algodón hasta una distancia de 1.50 a 2 metros, y su trayecto es muy imprevisible, esto por la densidad del algodón. Inclusive, se originan desviaciones sustanciales que pueden producir impactos o perforaciones en la caja de madera, esto también depende de la forma en que se efectúen los disparos.



Dimensiones básicas de una caja de algodón



Disparos en el contenedor de algodón

Otro sistema similar al anterior, bastante incomodo y pocas veces utilizado, es el de emplear un tramo de poste de acero, particularmente los usados en el alumbrado público o de semáforos, donde en el hueco de su base se introduce gran cantidad de estopa, la que se compacta a medida que se reduce el diámetro del tubo, esto a base de empuje que se ejerce con las manos, o con auxilio de una varilla o tramo de madera, para posteriormente realizar los disparos que se juzguen necesarios, y después, retirar de nueva cuenta la estopa y recuperar los proyectiles indubitados. Este proceso resulta bastante complicado y muy deficiente, pese a ello, puede considerarse como una opción más en casos de necesidad.

Uno de los métodos más convenientes para la obtención de proyectiles indubitados, consiste en efectuar los disparos en agua. Para ello, existen varias modalidades en la fabricación de tanques de recuperación de balas, algunos sofisticados de forma horizontal, los que pueden ocupar mucha superficie útil, los que generalmente cuentan con una cámara cerrada de disparo situada en la parte anterior y superior del tanque, incluyendo una rampa inclinada donde se posesiona el arma que se va a disparar, también presentan cubiertas de lámina en la parte superior que protegen toda la superficie del tanque, instaladas para evitar que se desalojen grandes volúmenes de agua al transferir los proyectiles su energía cinética sobre el líquido, dependiendo, desde luego, de la potencia de las armas utilizadas. Enseguida, con una varilla que incluye una goma en su punta, se procede a recolectar los proyectiles que se depositan en el fondo del tanque.

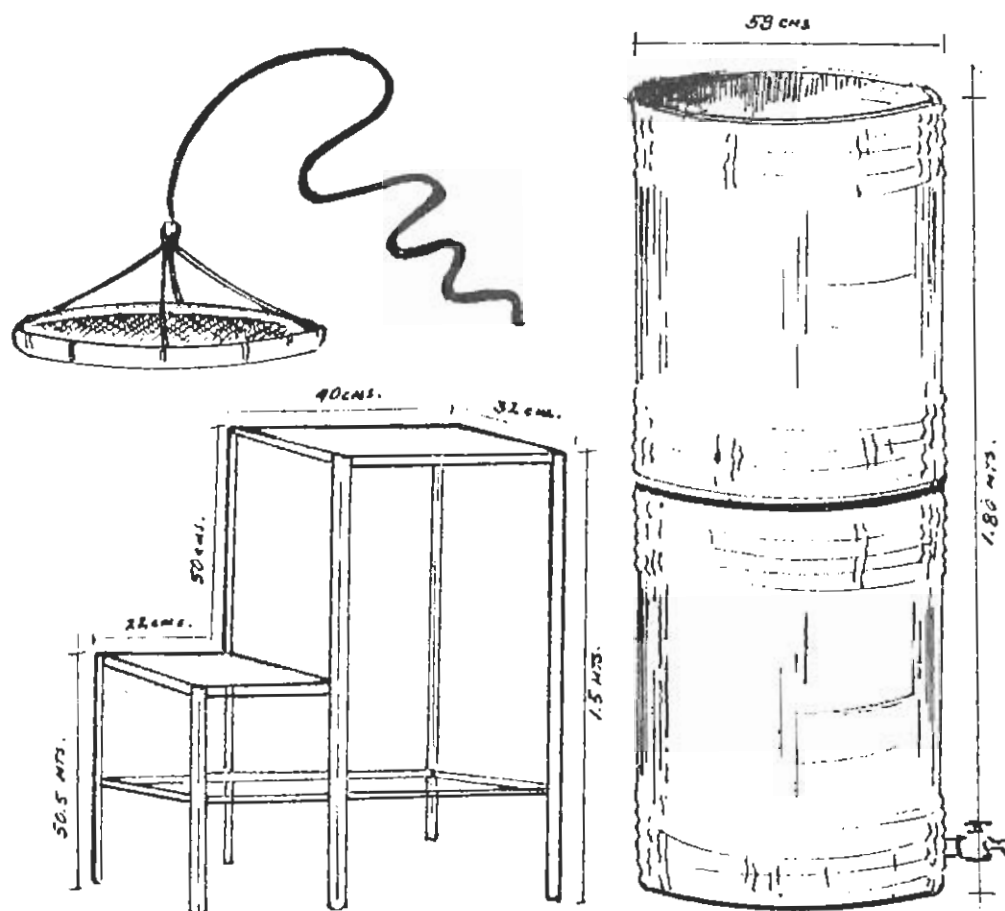
Por su parte, los tanques verticales ocupan poca superficie de piso. Un buen consejo para fabricar un tanque vertical de características rudimentarias, pero bastante económico, consiste en adquirir dos tambos de lámina con capacidad de 200 litros, a uno de los cuales se le desprenden ambas cubiertas, y al segundo únicamente se le retira la tapa superior, ambos tambos deben unirse en forma de columna con soldadura de acetileno, a los que se puede recubrir con pintura anticorrosiva para proporcionarles mayor tiempo de utilidad.

Para aumentar la resistencia de la base del tanque inferior, se deben introducir al fondo las tres cubiertas que de origen fueran retiradas de los dos tambos, o bien, se puede introducir una placa de acero del mismo diámetro que el de las cubiertas, con la finalidad de evitar cualquier perforación que produzcan los proyectiles de mayor velocidad, y de los cuales inicialmente se desconozca su comportamiento.

También se debe construir una canasta con un aro de metal robusto, el que se recubre con dos capas de malla de acero de tejido cerrado. Dicho aro deberá presentar un diámetro ligeramente inferior al del interior del tanque, para que la canasta se pueda desplazar fácilmente al fondo del mismo, pero disminuyendo lo más posible el espacio abierto entre las paredes del tanque y el aro de metal, evitando que los proyectiles puedan desplazarse hacia fuera de la canasta.

A la canasta se le sujetan tres o cuatro tirantes con una longitud de 40 cm cada uno, fijados proporcionalmente en los extremos del aro y unidos en sus extremos en forma piramidal, en cuya punta se amarra otro tirante de tres metros de longitud, utilizado para elevar la canasta. El material de los tirantes puede ser de lazo de plástico, o de cadena delgada de acero para incrementar su durabilidad. Así mismo, se debe fabricar un banco de fierro de un metro aproximado de altura, para que las personas puedan alcanzar el nivel del tanque, el que puede incluir uno o dos peldaños intermedios para facilitar el situarse en la parte superior.

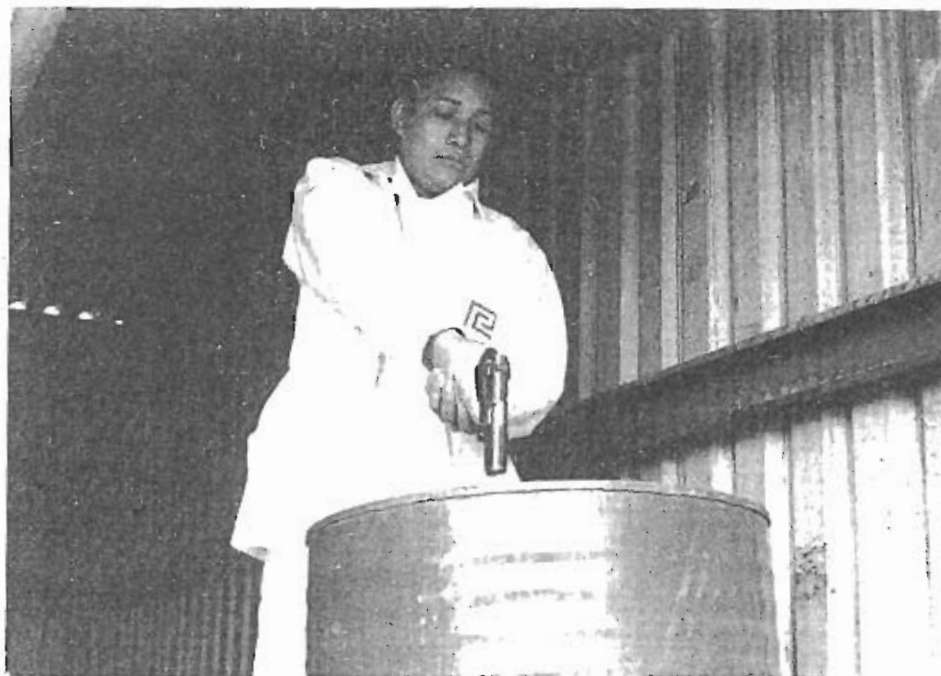
Ya encontrándose el tanque construido, se procederá a llenarlo con agua a un nivel escasamente inferior al borde, de 10 a 20 cm; después, se introduce la canasta hasta el fondo del mismo, si se requiere, se puede fabricar una cubierta de triplay, o de otro material, de mayor diámetro que el tambo y con un orificio al centro, por donde se va introducir el cañón del arma. Más económico aun, se puede emplear una cubierta de plástico grueso, la que se sitúa en la parte superior del tanque y que reduce el desalojo de agua por consecuencia de los disparos. Enseguida, se recoge la canasta y se recuperan los proyectiles indubitados. Este método resulta económico, rápido y sobre todo efectivo.



Dimensiones básicas de un tanque de agua, recuperador de proyectiles

Con este tipo de tanque se obtienen muy buenos resultados en disparos con la mayoría de armas cortas y, empleando cartuchos de velocidad standard, entre ellos, los calibres .22 Corto, L.R y Magnum, .25 Auto, .32 Auto, .380 Auto, 9 mm Parabellum, .38 ACP y Super, .38 Especial, .40 S&W y .45 ACP. Con respecto a los proyectiles de mayor velocidad y energía, como los calibres, .357 Magnum, .44 Rem Magnum y 10 mm Auto, estos pudieran golpear el fondo del tanque y deformarse, por lo que se recomienda aplicar otro método, que incluye disparos con armas largas de alta velocidad, el que consiste en lo siguiente.

Empleando una herramienta conocida como *martillo de inercia* (kinetic bullet puller), que todos los peritos en balística debieran poseer, el que tiene la forma básica de un martillo con un depósito de material plástico transparente, además de un aro que se agranda para introducir cartuchos de fuego central de diferentes calibres nominales, que al ser golpeado sobre cualquier superficie dura, origina por efectos inerciales, el desprendimiento del proyectil y el desalojo de la pólvora contenidos en el casquillo.



Disparos de prueba en el tanque de agua

Después, con el auxilio de una báscula, se disminuye una determinada cantidad de pólvora, debiendo considerar la velocidad inicial que señalan los fabricantes de cartuchos para un determinado calibre, donde al disminuir un cuarto de la carga de proyección, teóricamente decrecerá la velocidad inicial del proyectil en un 25%.

Posterior a ello, se introduce la pólvora al casquillo incluyendo una porción de algodón que ocupe el espacio vacío del propelente desalojado, esto para evitar que la pólvora se mantenga suelta y eliminando la producción de presiones indeseables, incrustando nuevamente el correspondiente proyectil, golpeándolo suavemente con la base del martillo de inercia o de otra herramienta.

Para asegurar que el cartucho modificado no se confunda con uno normal, se recomienda marcar el casquillo del primero con tinta indeleble, lo que advierte a las demás personas que ese cartucho se encuentra modificado. De esa forma, el cartucho se presenta en condiciones adecuadas para dispararlo en el contenedor de agua.

Es evidente que el cartucho modificado se encuentra disminuido en su potencia original, y si fuera disparado por un arma semiautomática, eventualmente no tendrá la capacidad de completar el ciclo de apertura y cierre del bloque del cerrojo, por lo tanto, la apertura de la recámara se tiene que hacer manualmente para desalojar el casquillo percutido, y que este probablemente no será muy útil para los efectos comparativos, pues al decrecer la potencia del cartucho, las marcas dejadas por el arma no se imprimirán en toda su magnitud. Lo importante de este método es obligar al proyectil a pasar por el ánima del cañón, adquiriendo las marcas propias del rayado.



Extracción de proyectiles con el martillo de inercia

Después de efectuar el disparo con un cartucho modificado, es necesario observar a través del ánima del cañón, para cerciorarse que el proyectil no se haya atorado dentro del mismo, lo que representaría un grave riesgo en el caso de que se requiera realizar un segundo disparo en similares condiciones, dado que un choque de ambas masas dentro del cañón y, la presión de los gases que no encuentran su salida ordinaria, provocarían materialmente la destrucción del arma.

Esto sucedería cuando se disminuye en mayor proporción la cantidad de pólvora, o bien, cuando las cualidades químicas del propelente se encuentran deterioradas, esto por efectos de la antigüedad o humedad que haya penetrado al cartucho. Por lo que se aconseja modificar únicamente cartuchos originales y de reciente fabricación, o de comprobada efectividad, los que se obtienen de un conjunto de cartuchos que previamente hayan sido disparados con su carga completa.

La cantidad de pólvora que puede ser retirada de los cartuchos puede variar, de acuerdo a la velocidad inicial que señalan los fabricantes de los mismos. Para los cartuchos de armas cortas de los calibres .357 Magnum, .44 Magnum y 10 mm Auto, es recomendable retirar únicamente $\frac{1}{4}$ de su carga de proyección, ejemplo.

- Un cartucho .357 Magnum, con una carga máxima de pólvora de 17.5 granos (1.134 gramos), con proyectil de 158 granos (10.23 gramos), que desarrolla una velocidad inicial aproximada a los 359 metros/segundo, se le disminuyen 4.37 granos de pólvora (0.28 gramos), decreciendo su velocidad en aproximadamente 269 metros/segundo, similar a de un cartucho del calibre .38 Especial con carga completa, que fácilmente puede ser frenado en el tanque de agua.

En lo que respecta a cartuchos para armas largas, la cantidad de pólvora debe ser disminuida en mayor proporción, pues las velocidades iniciales de estos son mucho mayores que los cartuchos para armas cortas. Esto también dependerá del calibre y fabricante del cartucho; recomendando retirar como máximo $\frac{2}{3}$ de su carga original, ejemplo.

- Un cartucho del calibre 7.62 x 39 mm, con una carga máxima de pólvora de 25 granos (1.62 gramos), con proyectil de 124 granos (8.03 gramos), que desarrolla una velocidad inicial aproximada a los 701 metros/segundo, se le disminuyen 16.6 granos de pólvora (1.07 gramos), decreciendo su velocidad en aproximadamente 233 metros/segundo, similar al de un cartucho del calibre .380 Auto con carga completa.

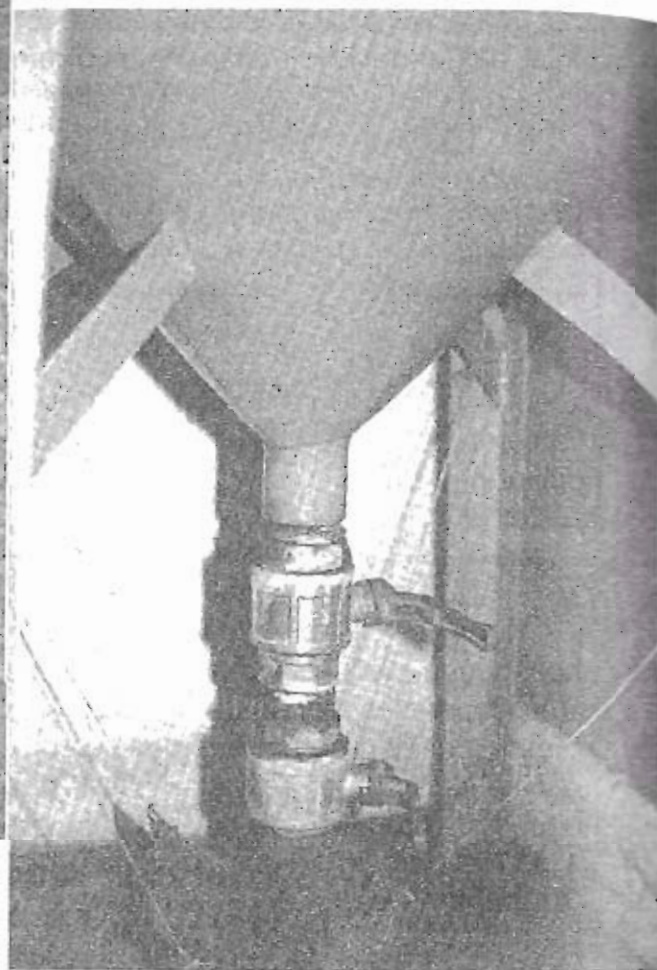
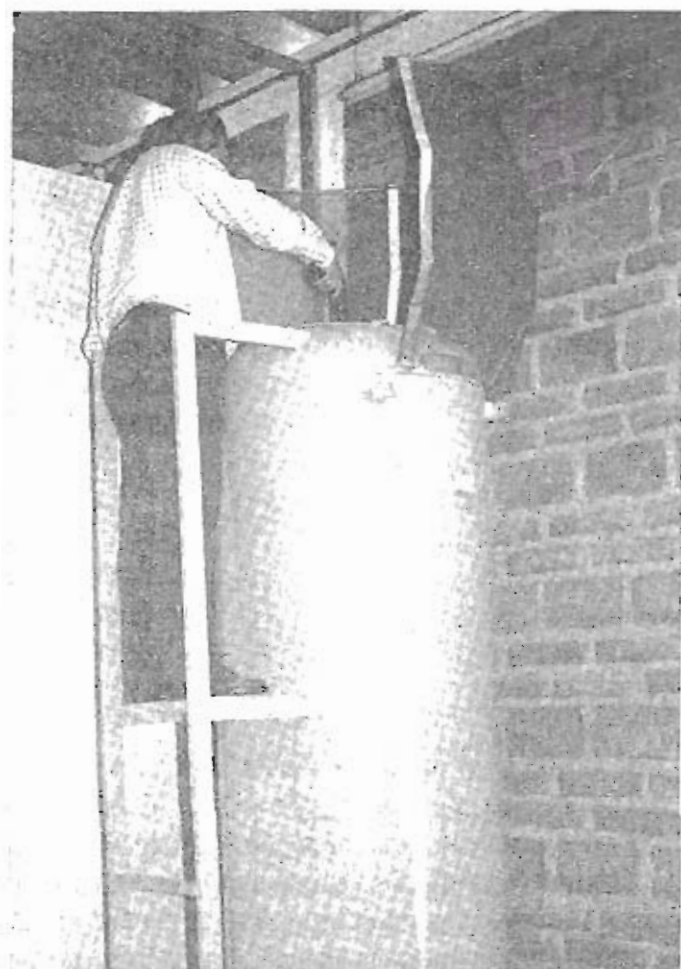
Antes de disminuir la cantidad de pólvora de un cartucho es indispensable pesar la carga original, para encontrarse en condiciones de establecer la cantidad precisa de la pólvora a retirar, y de acuerdo a un criterio bien fundamentado, sin olvidar que antes de incrustar el proyectil en el casquillo, se deberá rellenar el espacio vacío con una porción adecuada de algodón, para que la pólvora no permanezca suelta.

El sustento técnico que se aplica para modificar la carga de proyección en los cartuchos, queda manifestado por el hecho de que el proyectil obtiene con similar intensidad las marcas impresas por el rayado del cañón, aun cuando su velocidad inicial se vea disminuida. Considerando que las balas con un diámetro ligeramente mayor a la del ánima del cañón se verán forzadas a atravesarlo y, en consecuencia a marcarse con el estriado de este, independientemente de la velocidad con que sean expulsados. De tal manera que los proyectiles testigos, obtenidos por este método, serán útiles para efectuar los estudios de balística comparativa.

Otro sistema empleado por la misma área de balística forense, consiste en un novedoso tanque experimental para la recuperación de proyectiles, el que de acuerdo a los resultados hasta el momento obtenidos, puede considerarse eficaz, cómodo, rápido y económico. Su diseño se basa en la experiencia adquirida con el empleo del rudimentario tanque vertical de los tambos de 200 litros.

El nuevo tanque recuperador, se encuentra fabricado partiendo del desecho de un depósito de gas doméstico de 1,200 kilos de capacidad, al que le fueron adaptados cuatro soportes de apoyo, elaborados en ángulo de acero robusto. En su parte inferior le fue incrustado un cono de acero con una reducción inferior, donde se instalaron dos válvulas de paso del tipo esférico con palanca de 2 pulgadas de diámetro. En la parte superior se construyó, con el mismo material que fuera retirado del tanque, una escotilla con bisagras y de un diámetro suficiente para dar acceso a una persona, para el caso en que se requiera efectuar mantenimiento interior, a su vez, la escotilla cuenta con un orificio central de escasos 10 cm de diámetro, por donde se introduce el cañón del arma que se desea disparar.

Por arriba del tanque, fue instalado un armazón de solerás de fierro alrededor del cuerpo cilíndrico, y cercado con malla de plástico, la que se emplea como red para contener los casquillos expulsados por armas semiautomáticas. También le fue incluida una escalera marinera y una plataforma, para situarse adecuadamente en la posición de disparo.



Tanque vertical recuperador de proyectiles

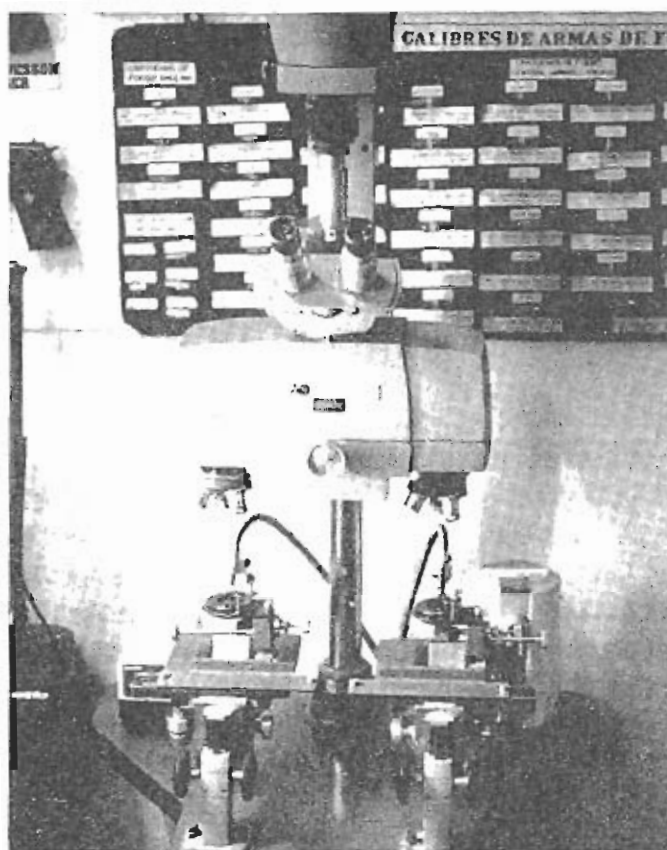
Cuando se efectúan los disparos verticalmente, los proyectiles son frenados rápidamente por la densidad del agua, los que caen por gravedad al fondo del tanque. De tal forma que el cono de reducción los conduce hasta la primera válvula de paso, que al ser abierta, envía al proyectil a una extensión intermedia, después se cierra esta válvula para evitar el desalojo desmedido del torrente de agua. Entonces, la segunda válvula se acciona para desalojar al proyectil, el que es depositado en un cernidor ubicado por debajo de la boca de la válvula, de donde es recolectado.

El diseño del tanque permite desperdiciar únicamente 100 ml de agua por cada apertura de las válvulas, por lo que no es necesario cambiar continuamente el total del líquido depositado en el mismo, requiriendo abastecer eventualmente las porciones que fueron eliminadas y, aun cuando el agua se encuentre sucia, esta puede utilizarse por largos periodos de tiempo.

El espesor de las paredes del tanque, garantizan que ningún proyectil que haya sido disparado de forma irregular vaya a ocasionar una perforación en el mismo. En los casos en que se tengan que disparar armas de alto poder, se emplea el método de reducción de la carga de proyección de los cartuchos.

Confrontación microscópica

Una vez examinados los casquillos y proyectiles indicios, y de haber obtenido los casquillos y proyectiles indubitados (de prueba), será necesario efectuar los correspondientes estudios comparativos, para establecer si el arma de fuego asegurada se encuentra asociada con los hechos que se investigan. En el caso de obtener resultados positivos, los *indicios* que son considerados como indicativo de algo, se convierten en *evidencia*, que significa la certeza manifiesta y tan perceptible de una cosa, que nadie puede racionalmente dudar de ella.



Microscopio de comparación

Algunos expertos en la materia, refieren varios métodos de comparación de las marcas impresas por las armas de fuego sobre los casquillos y proyectiles, pero indiscutiblemente, el principal es aquel que se realiza con un microscopio de comparación, del cual se obtienen los resultados más acertados, sin olvidar que en todas las actividades forenses, también se involucra la capacidad y experiencia de los peritos, puesto que, físicamente deben observar las características particulares que presentan los indicios, para así formalizar su criterio técnico y, posteriormente rendir un dictamen. Considerando que para una efectiva procuración de justicia no se deben emitir resultados someros, debiendo ser estos contundentes y convincentes.

El procedimiento comparativo, consiste en efectuar una confrontación microscópica entre los casquillos y proyectiles dubitados, en comparación con los respectivos indubitados, donde se pueden obtener resultados positivos o negativos, pero cualquiera que sea el caso, es recomendable apoyarlos con impresiones fotográficas, o con imágenes digitalizadas.

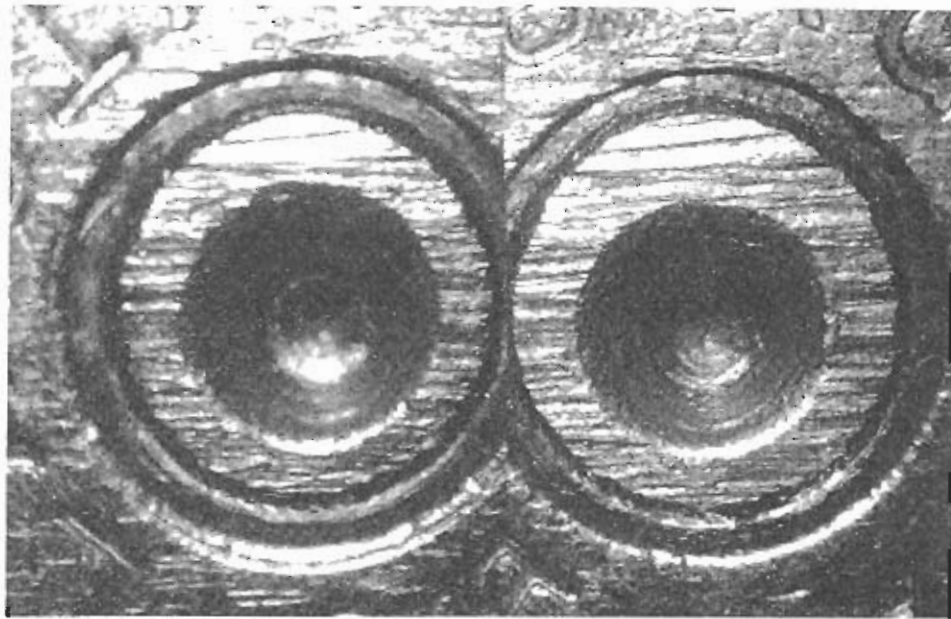
Comparación de marcas en casquillos

En los casquillos, se examinan las características particulares impresas por el sistema de percusión de las armas, que incluyen los mecanismos del cierre u obturación, y en su caso las de extracción y expulsión de los casquillos. Por lo que se desprenden dos grupos de armas que imprimirán diferentes marcas sobre los casquillos, las que a continuación se detallan.

- Las armas de repetición, como los revólveres, las pistolas derringer y monotiro, los rifles de acción de palanca, de cerrojo y corredera, las escopetas (con excepción de las semiautomáticas), dejarán dos marcas específicas, las del percutor y las del obturador, que se imprimen sobre el fulminante y culote de los casquillos. Considerando que en tales armas, los casquillos deben ser desalojados manualmente, empleando sus propios mecanismos o directamente por las manos del usuario. En los revólveres se activa la baqueta, que en la mayoría de los casos desplaza la estrella expulsora. En los rifles y escopetas de repetición, se activan los mecanismos de palanca, cerrojo o corredera, donde sus extractores obligan a los casquillos a ser desalojados, y aun cuando sean accionados con fuerza, en muchas ocasiones no dejan marcas significativas para su identificación.
- En las armas automatizadas, ordinariamente se imprimen cuatro marcas esenciales, además del percutor y obturador, también conocidas como de la placa del cierre, del respaldo o espaldón del cierre del arma, e inclusive del ariete, orientado este término al hecho de que el cartucho cuando es disparado, se impacta de manera violenta contra el cierre del arma. Las otras dos marcas corresponden al extractor y al expulsor (también conocida como de eyección), dado que estas armas desalojan los casquillos de forma automática. Sin embargo, se presentan ciertas pistolas diseñadas para que el propio percutor expulse los casquillos disparados, careciendo de un mecanismo separado que haga esta función.

Cuando se efectúan estudios comparativos en casquillos, se debe poner especial atención en las características de la forma, ubicación y dimensiones de las marcas de referencia, las que se pueden considerar de la siguiente forma:

- a) De la comparación de la huella del percutor, se debe tomar en cuenta, la ubicación, amplitud y profundidad del *cráter*, entendiéndose, como la marca hondonada, de forma circular o hemisférica, dejada por el percutor sobre el fulminante de los cartuchos de fuego central, incluyendo los posibles rastros irregulares impresos en interior del mismo. Debiendo tener cuidado cuando se examinan marcas de revólveres con el percutor incrustado al martillo, pues la aguja presenta movimientos verticales, lo que ocasiona que las marcas difieran en su ubicación sobre los fulminantes, observando ciertas variaciones cuando se efectúan las respectivas comparaciones.
- b) En la comparación de las marcas de obturación, se debe considerar la forma, ubicación y dimensiones, de cada uno de los rastros irregulares dejados por la placa del cierre sobre la superficie de los fulminantes y la base de los casquillos.



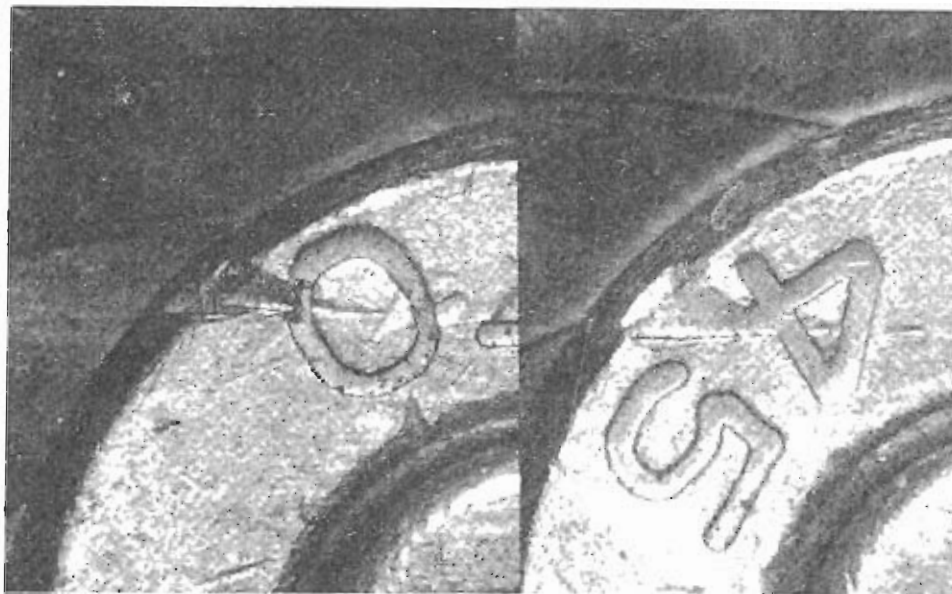
Comparación de las marcas del percutor y obturador en casquillos disparados por un revólver

- c) Las marcas del extractor, se deben considerar por su ubicación y dimensiones, las que ordinariamente se imprimen sobre el surco de los casquillos diseñados para las armas automatizadas, específicamente en áreas de su costado cilíndrico, incluyendo la pestaña del culote. El tamaño de esta marca depende de lo robusto del mecanismo, pues en las armas largas de alto poder, los extractores son mucho más grandes en comparación con los extractores de las pistolas semiautomáticas.



Comparación de las marcas del extractor en casquillos disparos por una pistola

- d) Las marcas del expulsor, se deben considerar por su ubicación y dimensiones, las que generalmente se imprimen sobre una porción del borde o periferia del culote de los casquillos, su forma y profundidad dependen de la potencia del arma, como en el caso de cartuchos disparados por rifles de alto poder, donde se observan efectos pronunciados dejados por los expulsores más robustos de este tipo de armas. De manera contraria, en cartuchos de baja potencia disparados por pistolas semiautomáticas, como el .22 L.R., las marcas del expulsor se presentan bastante limitadas y, muchas veces imperceptibles a simple vista.



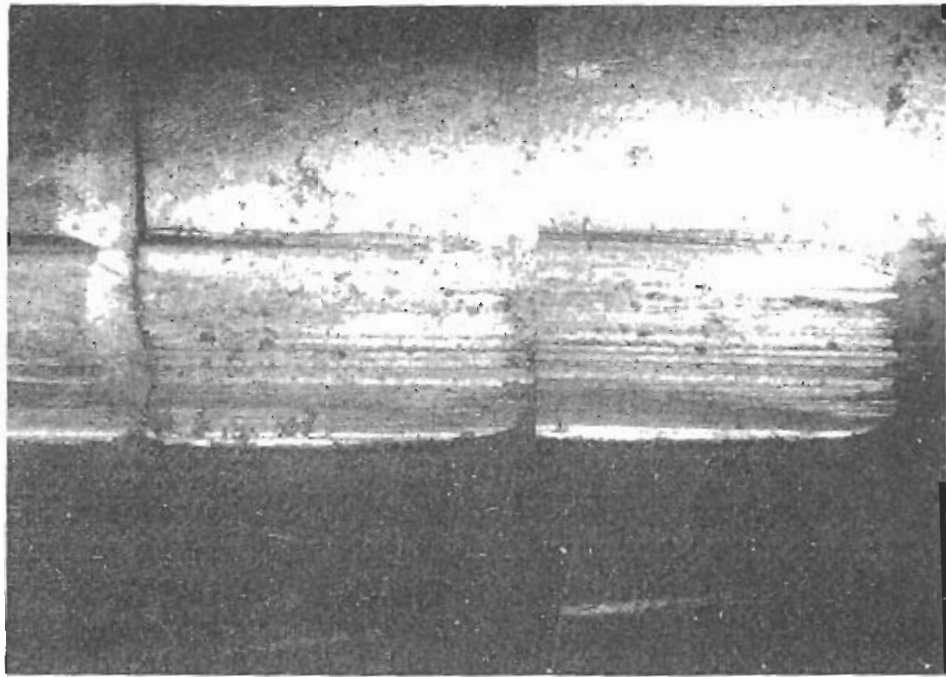
Comparación de las marcas del expulsor en casquillos percutidos por una pistola

Comparación de marcas en proyectiles

En lo que se refiere a los proyectiles, se examinan y se comparan las características particulares que imprime el rayado de los cañones sobre la superficie cilíndrica de las balas, de las cuales, se deben de efectuar estudios preliminares para obtener la información necesaria que respalde el procedimiento comparativo y, que consiste en lo siguiente:

- Establecer la cantidad de estrías impresas por los rayados convencionales o poligonales, así como detectar la orientación del mismo, ya sea dextrógiro o levógiro, siempre y cuando los proyectiles indicios se encuentren en condiciones para ello.
- Obtener la amplitud de cada una de las estrías o rayas, al igual que la amplitud de cada uno de los campos o tabiques, empleando instrumentos de medición adaptados al microscopio de comparación, buscando lograr lecturas precisas.

Si se obtienen resultados similares, tanto para los proyectiles indicios como para los indubitados, se procede a efectuar la confrontación microscópica entre estos, en la búsqueda y detección de los rastros particulares que van a identificar específicamente el cañón del arma examinada. Estos rastros ordinariamente se observan en forma de líneas con determinadas longitudes, amplitudes y profundidades, ya sean abundantes o escasas. Con una ubicación definida en la superficie cilíndrica de las balas, que las hacen particularmente diferentes con respecto al rayado que imprimen otros cañones de armas similares.



Comparación de los rastros dejados por el rayado de un cañón sobre la superficie de proyectiles

Balística identificativa

Esta asignatura se orienta a establecer el vínculo que existe entre los casquillos y proyectiles que hayan sido recabados como indicios, con respecto a una determinada arma de fuego. En otras palabras, se busca identificar el calibre nominal de los casquillos y proyectiles indicios, así como la probable arma de fuego que se haya empleado para dispararlos, sin que para ello se hubiese asegurado el arma directamente involucrada.

Esto es común, cuando los autores materiales de un ilícito se llevan consigo las armas de fuego después de haber efectuado disparos. Lo que generalmente sucede en casos de homicidios, lesiones, asaltos, etc. y, cuando los presuntos delincuentes no son capturados en flagrancia. No obstante, los estudios de balística forense practicados a los casquillos y proyectiles que fueran dejados en el lugar de los hechos, resultaran de gran importancia para la obtención de evidencia en contra de los criminales cuando estos puedan ser detenidos.

La aplicación de la balística identificativa se encauza a determinar el tipo, calibre, marca, modelo y país de origen, del arma de fuego con la que se hayan efectuado los correspondientes disparos. Además, de buscar la posible relación de los casquillos y proyectiles indicios con respecto a otros hechos delictuosos, de los que también se hayan recabado casquillos y proyectiles del mismo calibre nominal, para en su caso, elaborar un patrón de conexión entre los diferentes hechos que se investiguen.

Para que los peritos oficiales se encuentren en condiciones de establecer la posible identidad del arma de fuego involucrada en un específico hecho delictuoso, es necesario que cuenten con el *manual de características generales del rayado*, conocido por las siglas en ingles "GRC" (general rifling characteristics file), el que es editado anualmente por el Departamento de Justicia de los Estados Unidos, a través del laboratorio del Buró Federal de Investigaciones (F.B.I.), específicamente por la Unidad de Marcas de Armas de Fuego y Herramientas.

Considerado como una valiosa fuente de información, que en forma de un listado, clasifica y describe las características particulares que imprimen los diferentes tipos de armas de fuego sobre los casquillos y proyectiles. En dicho manual se encuentran catalogadas gran cantidad de armas de fuego, tanto de fabricación antigua como reciente, el que se actualiza cada año para incluir las nuevas armas portátiles que se introducen al mercado.

El procedimiento para elaborar un dictamen de balística identificativa, inicia con la interpretación técnica de las codificaciones a que son sometidas las armas de fuego, así como de las marcas que estas imprimen sobre los casquillos y proyectiles, esto, de acuerdo al diseño particular de cada fabricantes. Misma codificación que a continuación se describe:

El tipo de arma de fuego

Esta codificación identifica a las armas de fuego de acuerdo a su clasificación de longitud y funcionamiento, donde se emplea la relación de una o dos letras, para indicar la clase de arma que probablemente se haya utilizado para disparar los casquillos y proyectiles indicios.

Código	Columna # 1 <i>Clase de arma de fuego</i>	Código	Columna # 2 <i>Funcionamiento del arma</i>
B	Subfusil	A	Automático
C	Combinación de rifle	B	Acción de cerrojo
M	Ametralladora	C	Carabina
P	Pistola	D	Derringer
R	Rifle	E	Cañones yuxtapuestos
S	Fusil	I	Semiautomáticos
Z	Todas las demás armas	L	Acción de palanca
		O	Cañones superpuestos
		P	Acción de bomba o corredera
		R	Revólver
		S	Monotiro o de disparo único
		W	Tres cañones
		X	Cuatro o más cañones

La combinación de ambos códigos resulta en una segunda codificación, donde se incluyen los ejemplos más representativos.

Código	Tipos de armas de fuego	Referencias
B	Subfusiles o Pistolas ametralladoras	Los ejemplos de estas armas pueden ser, los subfusiles Uzi o MP-5, y las pistolas ametralladoras Ingram.
C	Combinación de rifle y Escopeta	La más conocida de estas armas es la Drilling, una escopeta de cañones yuxtapuestos que incluye un cañón de rifle. Muchas de las armas combinadas que se han diseñado para el mercado de U.S.A. o que se importan, son conocidas como las armas de los pavos.
MA	Ametralladora	Cualquier ametralladora militar de tamaño regular y de funcionamiento automático. Por ejemplo la M-60 calibre 7.62 Nato, y la Browning (BMG) calibre .50.
PB	Pistola de cerrojo	Pistola similar a los rifles que emplean un mecanismo de cerrojo para obturar el cartucho que se aloja en la recámara del cañón. Ejemplo de ello es el modelo XP-100, de la compañía Remington.
PD	Pistola derringer (arma de bolsillo)	Las pistolas derringer o de bolsillo, pueden ser de uno o dos cañones.
PR	Pistola de rotación o Revólver	Son aquellas armas que cuentan con un cilindro donde se alojan los cartuchos que van a utilizar, el que gira para alinear cada una de sus recámaras con el eje del cañón.
PS	Pistola monotiro o de disparo único	Son aquellas que carecen de cargador y que disparan un solo cartucho por cada recarga del arma.
RA	Rifle automático	Cualquier rifle que tenga la capacidad de disparar en ráfaga, pero que no puede considerarse como ametralladora o un subfusil. Ejemplos de estos, son el M-16 de los Estados Unidos, y los fusiles soviéticos SKS y AK-47.
RB	Rifle de cerrojo	Son aquellos que utilizan un bloque obturador que se desplaza con respecto al eje del cañón, ocasionando la apertura y cierre de la recámara.
RC	Rifle carabina	Estos generalmente son rifles ligeros, que presentan un cañón con una longitud menor a las 20 pulgadas, ejemplo, la carabina M1, del calibre .30 de los Estados Unidos.
RI	Rifle semiautomático	Son aquellos que disparan tiro a tiro por cada llamada del disparador, ejemplo, los rifles AR-15 y Mini-14.
RL	Rifle de acción de Palanca	Estos rifles se abastecen por medio de la activación de una palanca situada por debajo del cajón de mecanismos, ejemplo, el rifle del calibre .30-30 Winchester.

Código	Tipos de armas de fuego	Referencias
RP	Rifle de acción de bomba o corredera	Estos rifles se abastecen por medio de un mecanismo que se desplaza hacia atrás y adelante con respecto al eje del cañón, el que a su vez hace de guardamano, ubicado por debajo del cañón, con el cual se origina el abastecimiento y expulsión de los casquillos disparados.
RS	Rifle monotiro o de disparo único	Son aquellos que disparan un solo cartucho por cada recarga del arma.
SB	Escopeta de cerrojo	Son aquellos que utilizan un bloque obturador que se desplaza con respecto al eje del cañón, produciendo la apertura y cierre de la recámara.
SE	Escopeta de doble Cañón	Escopeta de dos cañones yuxtapuestos.
SI	Escopeta semiautomática	Son aquellas que se automatizan por cada disparo, sin necesidad de que se efectúen operaciones manuales por parte del usuario del arma.
SO	Escopeta de doble cañón (arriba y abajo)	Son aquellas que presentan cañones superpuestos, conocidas en ingles como Over and Under.
SP	Escopeta de acción de bomba o corredera	Estas escopetas se abastecen por medio de un mecanismo que a su vez hace de guardamano, ubicado por debajo del cañón, que se desplaza hacia atrás y adelante con respecto al eje del cañón, con lo que se origina el abastecimiento y expulsión de los cartuchos disparados.

Las marcas del percutor

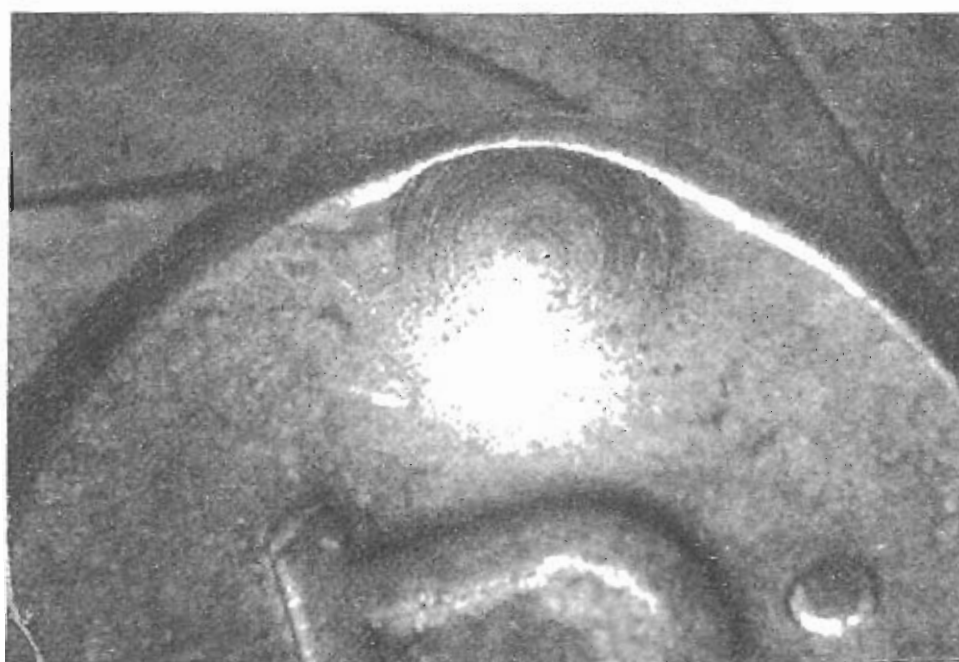
Los percutores pueden imprimirse en diversas formas, dependiendo del diseño particular de cada fabricante del arma. Estas marcas, en los cartuchos de fuego anular, se manifiestan sobre la periferia del culote de los casquillos, y en los cartuchos de fuego central, se imprime en la base del fulminante o pistón de los casquillos, también conocida como cráter. La codificación para describir cada marca de percutor, es la siguiente.

Código	Forma	Código	Forma
C	Circular	S	Semicircular
H	Hemisférica	R	Rectangular
W	Cuña	V	Valle
D	Doble	J	Arrastre
SC	Escalonada	U	En forma de U
DL	Desviado hacia el lado izquierdo	DR	Desviado hacia el lado derecho

Para ilustrar algunas de las impresiones de percutores sobre casquillos de fuego anular, y de acuerdo a la codificación de referencia, se muestran las siguientes fotografías.

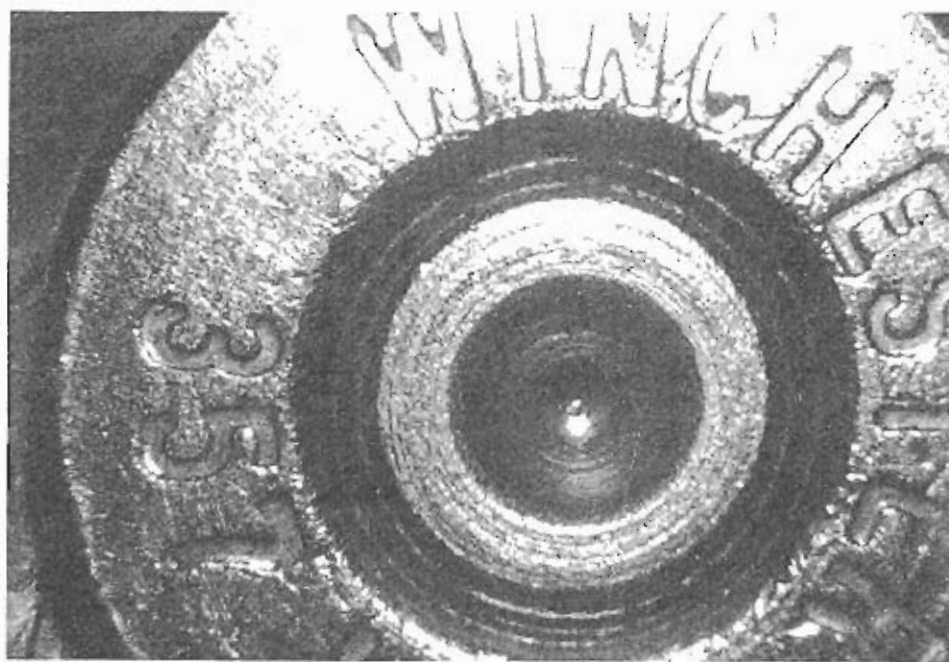


Impresión rectangular

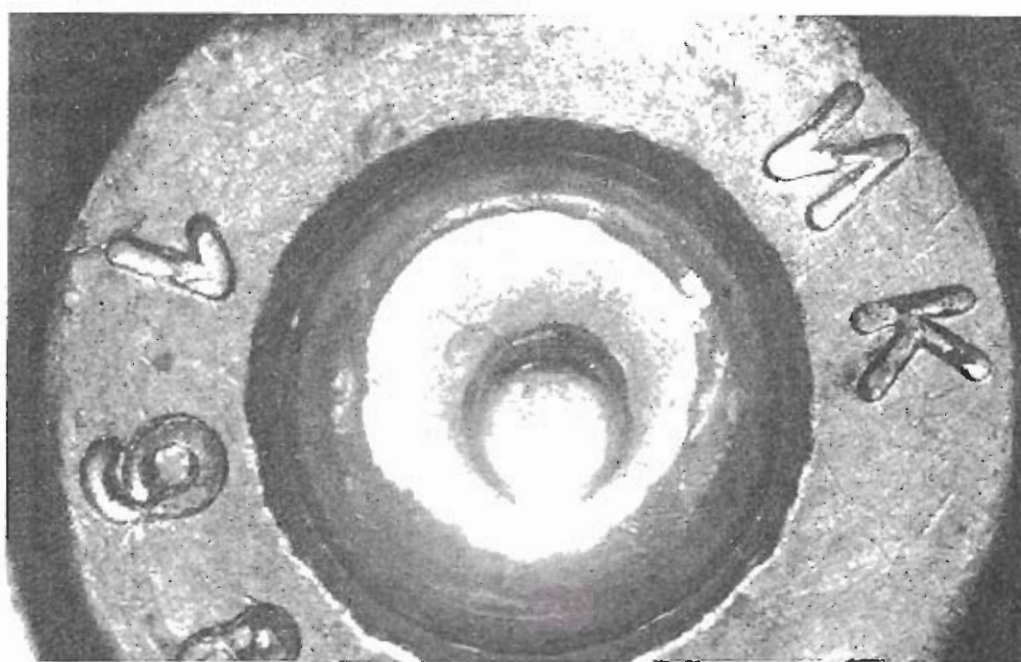


Impresión circular

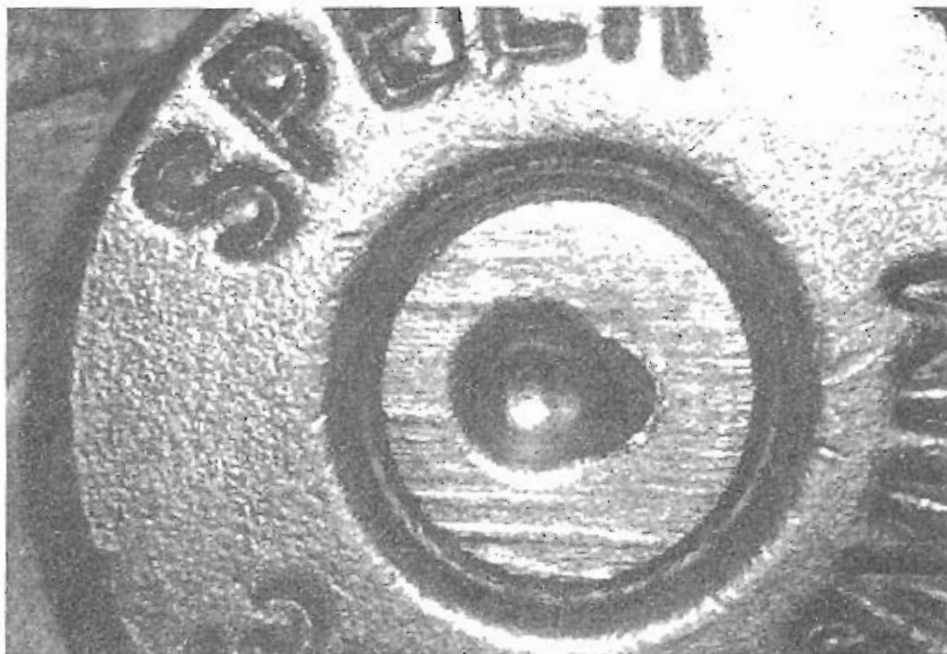
En lo que se refiere a casquillos de fuego central, a continuación se presentan fotográficas que identifican las diferentes marcas de percutores.



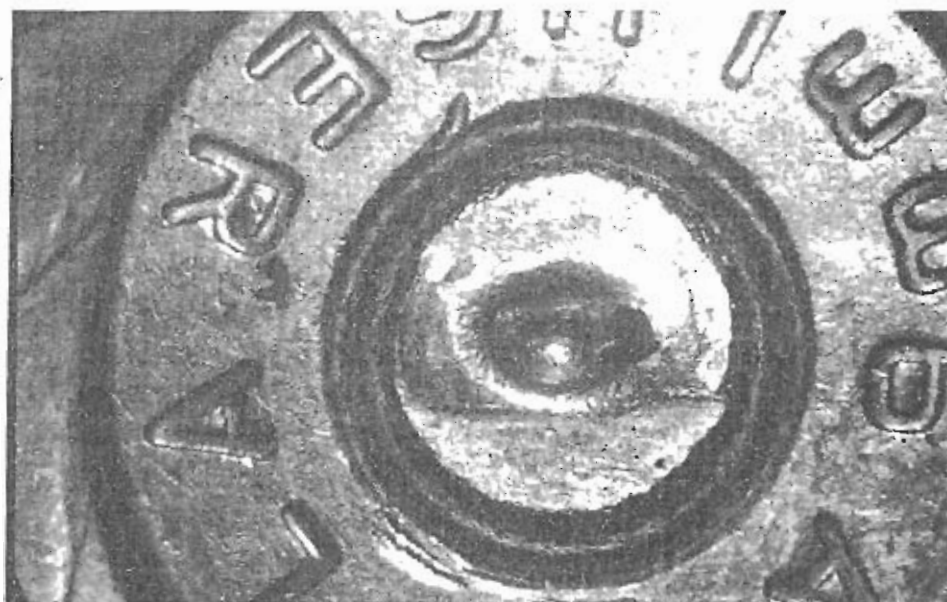
Impresión hemisférica



Impresión circular



Impresión de *arrastre*



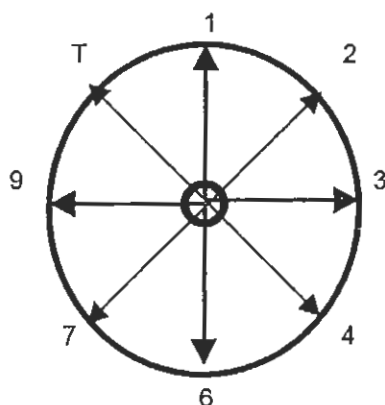
Impresión *rectangular*

Las marcas de los percutores pueden variar en su tamaño, ubicación y profundidad, sin eliminar la posibilidad de encontrar otro tipo de marcas, principalmente en aquellas armas donde se haya sustituido el percutor original, o que este se hubiese modificado por desgaste propio del uso, los que dejarán impresiones de irregulares características, y que no se encuentran contempladas en la codificación del GRC.

Las marcas del extractor y expulsor

En las armas de fuego automatizadas, y en algunas de repetición, los mecanismos de extracción y expulsión imprimen sus marcas sobre la estructura cilíndrica y culote de los casquillos respectivamente, las que se deben identificar por la ubicación que guardan, y que son codificadas de acuerdo a la posición de las manecillas de un reloj, dejando de tomar en cuenta la forma que estas pudieran presentar.

Codificación de la posición de las manecillas de un reloj



<i>Posición de las manecillas de un reloj</i>	<i>Código</i>
12 en punto	1
Entre las 12 y las 3 en punto, o alrededor de las 2	2
3 en punto	3
Entre las 3 y las 6 en punto, o alrededor de las 4	4
6 en punto	6
Entre las 6 y las 9 en punto, o alrededor de las 7	7
9 en punto	9
Entre las 9 y las 12 en punto, o alrededor de las 10	T

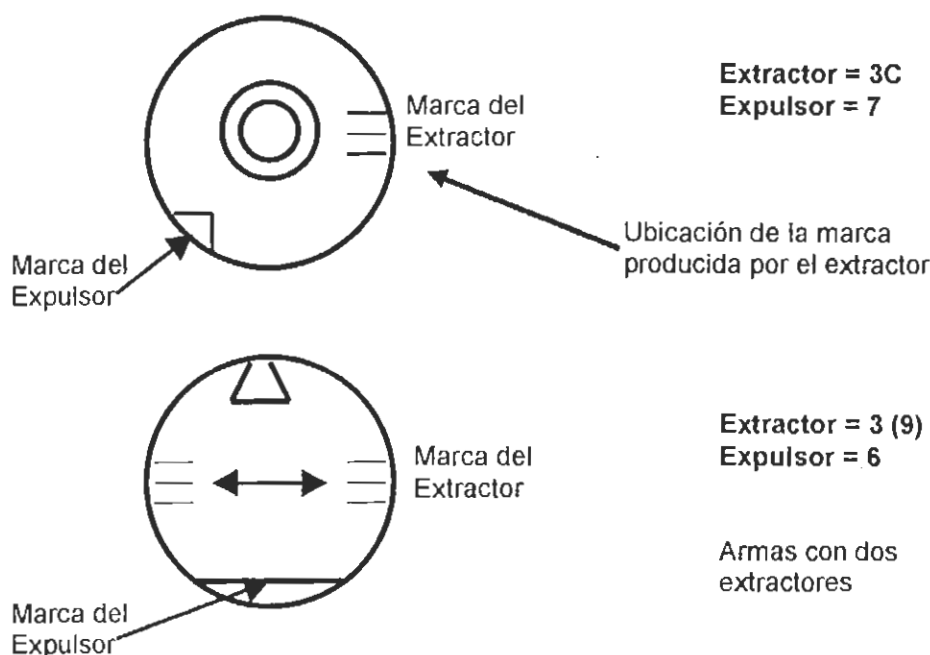
Las armas que dejan la marca del extractor en posición de las 3 en punto sobre los casquillos, significa que el respectivo mecanismo se encuentra al costado derecho del bloque del cerrojo (cuando este se encuentra obturando al cartucho), debiendo considerar la presencia de cerrojos rígidos y giratorios, entre estos últimos, los de fusiles AK-47 y AR-15, así como, de las pistolas Desert Eagle de los calibres .357 Magnum, .44 Magnum y .50 Action Express

Algunos extractores, de diferentes armas, imprimen su marca en la posición de las 12 en punto y, son codificadas como 1, entre ellas, la pistola Raven Arms, calibre .25 Auto, modelo P-25. Otras armas presentan su extractor en la posición 2, entre ellas, la pistola Taurus modelo PT92AF, del calibre 9 mm Parabellum. Inclusive, se encuentran armas con dos extractores situados en posición contraria, generalmente a las 3 y a las 9, tal es el caso de la escopeta de corredera Mossberg, calibre 12 Ga, modelo 500AB, y la Higgins modelo 20.

De tal forma que los extractores de pistolas, fusiles y escopetas, se incrustan sobre el surco de los casquillos y topando con la pestaña, originando marcas irregulares que incluso llegan a producir deformaciones y rupturas del metal, las que deberán ser detectadas microscópicamente y codificadas de acuerdo al manual GRC.

Las marcas del expulsor, casi siempre se encuentran en posición contraria con respecto a las del extractor, regularmente en la posición de las 7 o las 9. Estas impresiones ordinariamente son dejadas sobre la periferia del culote de los casquillos. El expulsor se constituye por una barra metálica, que varía en dimensiones de acuerdo al diseño de cada arma. Dicho mecanismo generalmente se encuentra fijo en el receptor, armadura o cajón de mecanismos de las armas automatizadas, el que actúa para botar los casquillos fuera del arma. Esto sucede, después de que el extractor haya desalojado el casquillo de la recámara del cañón.

Después de codificar la posición de la marca del extractor en los casquillos, se procede a localizar la impresión del expulsor, el que también se codifica de acuerdo a la posición de las manecillas del reloj, como se muestra en los siguientes ejemplos.

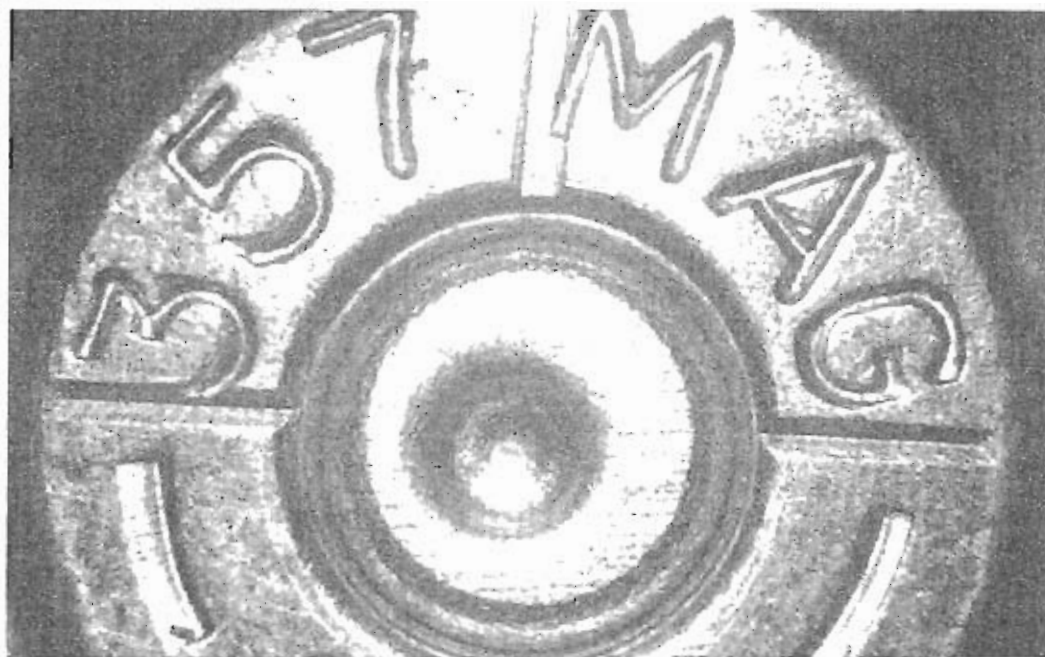


Las marcas del obturador o cierre del arma

Al disparar un cartucho alojado en la recámara del arma, la presión de los gases obligan al proyectil a salir por la boca del cañón, al mismo tiempo, el casquillo es empujado vigorosamente sobre la placa de cierre. Esta abundante fuerza de impulso provoca que el metal más blando del casquillo, en comparación con el bloque del cerrojo, adquiera los rastros irregulares del estampado que caracteriza e identifica a la placa del cierre de las armas. Tales impresiones se depositan sobre el culote de los casquillos, las que de acuerdo a su forma se codifican en:

C	Circulares
P	Paralelas
S	Lisas

Las marcas circulares, se observan en forma de discos relativamente profundos alrededor del cráter producido por el percutor y sobre la misma base del casquillo. Las marcas paralelas, se presentan como líneas radiales, de irregulares dimensiones, distribuidas en el culote de los casquillos.



Marcas de obturador *paralelas*



Marcas de obturador *circulares*

La codificación lisa, se manifiesta cuando el culote de los casquillos se encuentra sin marcas microscópicamente detectables, por el hecho de que la placa del cierre se encuentra esencialmente pulida. Esta ausencia de marcas de obturación es común en los cartuchos de baja potencia, como los calibres .22 y .25. Sin embargo, en los cartuchos de mayor potencia las marcas de obturación se hacen más evidentes.

Algunas veces se pueden encontrar en los casquillos marcas de obturación irregulares, las que no tienen ninguna similitud con impresiones circulares o paralelas. Esto se debe al deterioro de la placa del cierre, originado por el desgaste propio del uso excesivo o descuido de las armas, quedando esos rastros fuera de la codificación del manual G.R.C., por lo que se debe estar atento ante tales circunstancias.

La información obtenida de los estudios físicos a que hayan sido sometidos los casquillos indicios, puede ser incluida en el dictamen que se rinda a la autoridad solicitante con el siguiente formato:

<i>Examen físico</i>	<i>Casquillos (s) indicios</i>
Calibre nominal	.38 Super
Material de los casquillos	Latón Niquelado
Fabricante de los cartuchos	W-W (Winchester Wester)
Impresión del percutor	Hemisférica
Posición del extractor	3 (tres)
Posición del expulsor	7 (siete)
Marcas de obturación	Paralelas
Observaciones	Las marcas del extractor y expulsor, corresponden en código a la posición de las manecillas de un reloj.

En el caso de contar con un formato preestablecido, y que los casquillos examinados carezcan de marcas de extractor y de expulsor, por haber sido percutidos por un revólver u otras armas de repetición, los estudios deberán señalar que no se presentan impresiones de estos mecanismos, y en el apartado de las observaciones se describirá el motivo de la ausencia de tales marcas, ejemplo.

Observaciones	Los casquillos indicios no presentan marcas de extractor y expulsor, por haber sido percutidos por un revólver, mismo que carece de estos mecanismos de expulsión automatizada de los casquillos percutidos.

Aun cuando es poco probable que se recaben casquillos indicios de revólver, pues ordinariamente se quedan en el arma de la persona que comete el ilícito, esto no debe considerarse como imposible, dado que algunas veces se recargan nuevamente estas armas en el propio lugar de los hechos, quedando depositados tales indicios. Cuando sean recolectados varios casquillos, ya sean del mismo o de otros calibres nominales, se deberán someter a comparaciones microscópicas, para establecer si fueron disparados por una sola arma de fuego, en caso contrario, se tiene que agrupar los casquillos para determinar la cantidad de armas involucradas.

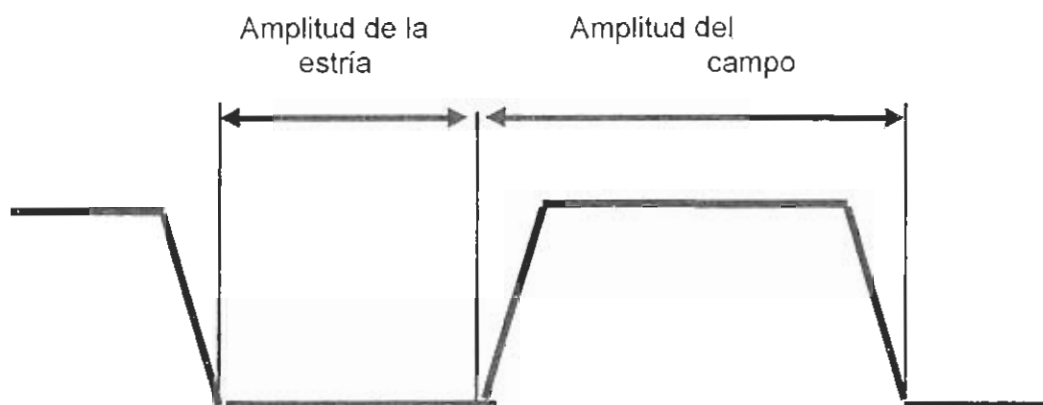
Las marcas del rayado en los proyectiles

El procedimiento para identificar el arma de fuego que haya disparado proyectiles indicios comienza con un examen físico sobre los mismos, para obtener la suficiente información con respecto a su diámetro, peso y estilo (forma y materiales que los constituyen), orientado a establecer el calibre nominal al que corresponden. Obviamente, se deben considerar algunos factores que pueden dificultar momentáneamente tal determinación, como serían, la deformación de los proyectiles por consecuencia del impacto sobre estructuras duras, o por su particular conformación (punta blanda, hueca, plomo, etc.), o bien, por la pérdida de masa derivada de la fractura o fragmentación de las balas. Lo que puede ser compensando con los subsecuentes exámenes microscópicos.

Otros aspectos importantes del examen físico de los proyectiles, consisten en la detección de cuatro particularidades principales, que conjuntan la información necesaria para la consulta del manual GRC, mismas que consisten en lo siguiente:

- a) La cantidad de rayas o estrías
- b) La orientación del rayado
- c) La amplitud de las estrías
- d) La amplitud de los campos

El siguiente diagrama, ilustra como se deben medir las impresiones del rayado en los proyectiles.



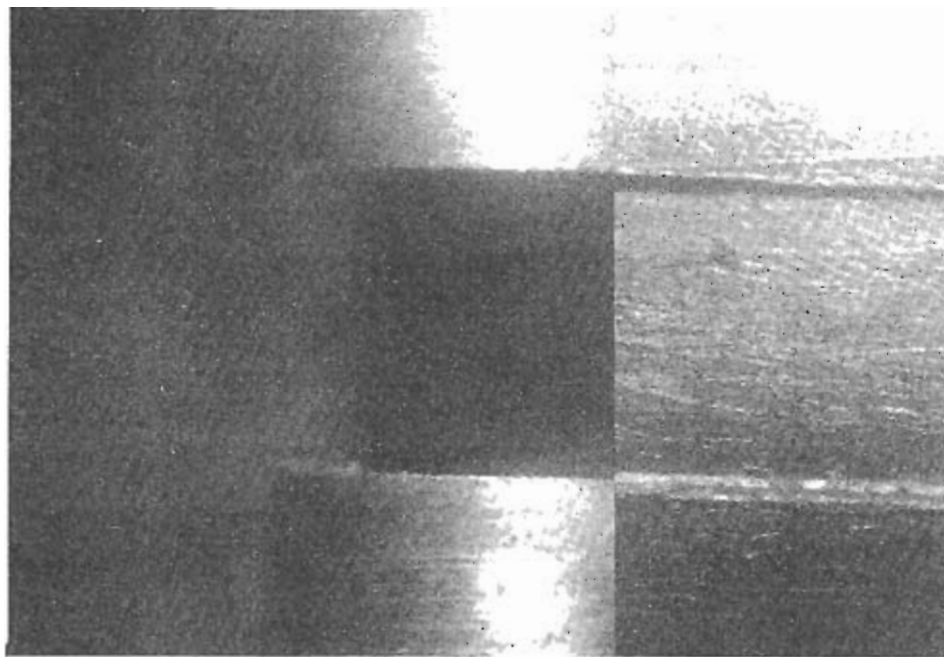
- a) En condiciones adecuadas, la cantidad de estrías se obtiene observando directa o microscópicamente el cuerpo cilíndrico del proyectil, iniciando por una de las rayas y girando la bala para contar las siguientes estrías, hasta llegar nuevamente a la primera. La cantidad de estrías puede variar significativamente, habiendo cañones que imprimen desde 2, hasta 24 estrías, incluyendo los de rayas impares (3, 5, 9 etc.). En los proyectiles que hubiesen perdido masa, se deberán considerar únicamente las porciones definidas que se pudieran detectar lo que se tendrá que manifestar en el correspondiente dictamen.

- b) La orientación del rayado ordinariamente se obtiene examinando el proyectil con su punta hacia arriba, detectando la inclinación de las estrías, ya sea hacia la izquierda o a la derecha del examinador. Algunos cañones imprimirán la inclinación de las estrías más pronunciada que otras, ello dependerá del paso de hélice grabado por cada fabricante (una vuelta completa para una determinada longitud). El rayado convencional a la izquierda es definido como levógiro, y a la derecha como dextrógiro. El rayado poligonal también es de orientación dextrógira, aun cuando la amplitud de las rayas es tan angosta e irregular, que no se pueden medir con precisión.

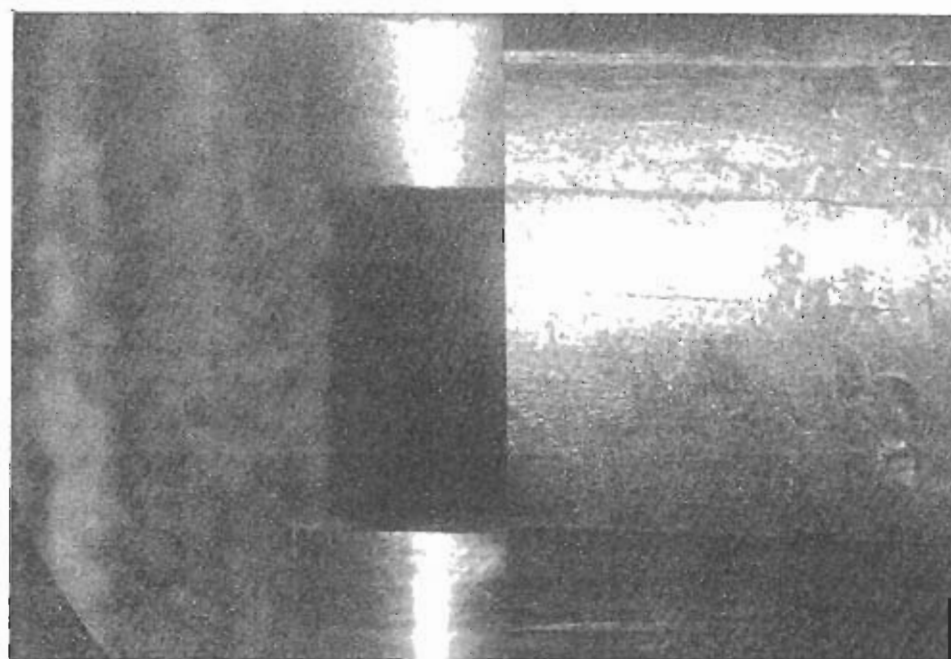


Orientación del rayado en los proyectiles

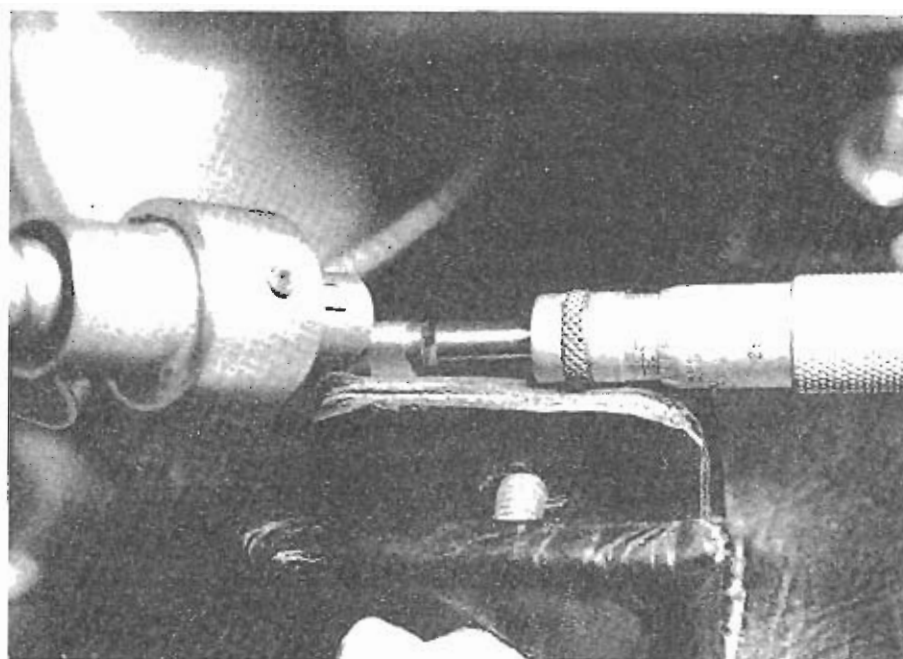
- c) La amplitud de las estrías (que son impresas en los proyectiles por los campos del cañón), se obtiene midiendo la distancia en milésimas de pulgada desde el inicio de la raya y hasta donde termina. Debiendo efectuar la medición de cada una de las estrías detectadas en el proyectil, para obtener el mínimo y el máximo de las amplitudes, para ello, se debe utilizar un instrumento de medición precisa, como sería un micrómetro adaptado al microscopio de comparación.
- d) La medición de la amplitud de los campos o tabiques (dejadas por las estrías del cañón), corresponde a la distancia entre dos rayas opuestas, las que aparentemente se observan como superficies lisas. También se debe medir cada uno de los campos en el proyectil, para obtener el mínimo y el máximo de su amplitud, empleando el mismo instrumento de medición.



Medición de la amplitud de una estría en el proyectil



Medición de la amplitud de un campo en el proyectil



Micrómetro instalado en el microscopio de comparación

La información obtenida del estudio físico de un proyectil, puede manifestarse en el dictamen de balística de la siguiente manera:

<i>Examen físico</i>	<i>Proyectil Indicio</i>
Estilo de la bala	Encamisado de cobre y núcleo de plomo
Diámetro	.355 pulgadas (9.01 mm.)
Cantidad de estrias	06 (seis)
Orientación del rayado	Levógiro (izquierdo)
Amplitud de estrias	min, .050", max, .054"
Amplitud de campos	min, .124", max, .126"
Peso en granos	130 (8.42 Gramos)
Observaciones	El proyectil se encuentra entero y no sufrió pérdida de masa, y por las características detectadas (en cuanto a su diámetro, peso y estilo) corresponde al calibre nominal .38 Super.

En el caso de que los proyectiles se encuentren demasiado deformados, o hayan perdido excesiva masa, se tratará de establecer su calibre nominal basados en la consulta del manual GRC, comparando en este la información que al respecto se obtenga, principalmente sobre la amplitud de las estrias y campos, incluyendo la orientación del rayado, reportando en el dictamen todas las consideraciones pertinentes.

Cuando se presenten varios proyectiles indicios, tendrán que someterse a comparaciones microscópicas, para establecer si fueron disparados por el mismo cañón de un arma de fuego, en caso contrario, se deben agrupar para establecer la cantidad de armas que hayan participado en un mismo hecho.

Una vez obtenidos los resultados físicos de casquillos y proyectiles indicios, se procederá a cotejar la respectiva información en el manual GRC, para encontrarse en condiciones de detectar la probable arma de fuego que se haya empleado para dispararlos donde se incluye la marca, calibre, modelo y país de origen. Las conclusiones en el respectivo dictamen pueden exponerse de la siguiente manera (ejemplo de 3 casquillos y 2 proyectiles).

1. Los tres casquillo indicios, corresponden al calibre nominal .38 Super, de la marca W-W (Winchester Wester), en estructura de latón niquelado, los cuales fueron percutidos por una misma arma de fuego.
2. Los dos proyectiles indicios, corresponden al mismo calibre nominal .38 Super, en su estilo encamisado de cobre, con un peso original de 130 granos (8.42 gramos) los que fueron disparados por el mismo cañón de un arma de fuego.
3. El arma de fuego que probablemente haya disparado los indicios examinados corresponde a una pistola semiautomática, del calibre nominal .38 Super, de la marca Colt, modelo 038, fabricada en U.S.A.

Balística de trayectorias y efectos

El conocimiento sobre la balística *exterior* y de *efectos*, se conjunta para que los peritos en la materia se encuentren en condiciones de desarrollar la diversidad de dictámenes que son requeridos por la autoridad correspondiente. Esta disciplina se orienta a la reconstrucción gráfica de las trayectorias que siguieron los proyectiles que se hubieran impactado sobre cualquier estructura, así como del análisis de los daños y consecuencias ocasionados por los mismos, con la finalidad de establecer las posiciones del tirador con relación a las distancias, alturas y los ángulos de incidencia de los disparos.

Esta técnica ordinariamente se emplea en fincas y vehículos baleados, sin excluir otras posibilidades de estudio, pero la aplicación más importante es la que se conoce en criminalística como la posición *víctima - victimario*, donde se requiere elaborar hipótesis sobre el probable desarrollo de los hechos que hayan motivado la muerte de individuos a manos de otras personas, incluyendo casos de suicidios, accidentes u otros eventos, donde la autoridad requiera conocer la opinión pericial fundamentada sobre como se suscitaron hechos de especial investigación. Para ello, es indispensable analizar minuciosamente todo el cúmulo de indicios que tengan relación con el evento específico, con la intención de rendir un dictamen contundente para la autoridad solicitante.

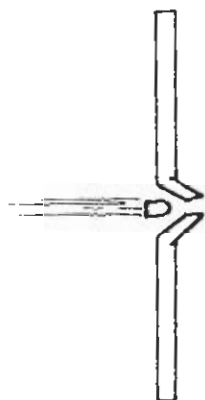
La balística de trayectorias y efectos, involucra la infinidad de manifestaciones de los proyectiles que se impactan sobre diferentes materiales, ya sean orgánicos o inorgánicos, lo que se debe tener muy presente cuando se realiza una investigación técnica en ese sentido. Es muy importante tener presente que ningún hecho presumiblemente delictuoso es igual a otro, aun cuando se trate de acontecimientos en serie y con patrones de participación similar, por parte de un solo individuo o de grupos de organizados, pues las circunstancias cambian para cada evento, simplemente por el hecho de que se trata de otras víctimas y, que muy probablemente el lugar de los eventos no sea el mismo, además de otras muchas referencias. Por lo tanto, para la obtención de resultados eficaces, influye en gran medida el conocimiento y experiencia de los peritos, incluyendo su poder de deducción y dedicación a la investigación.

En ocasiones se le puede presentar al perito la interrogante de establecer si los impactos presentes en un cristal de automóvil, o de casa, hayan sido producidos por disparos efectuados de afuera hacia dentro, o de adentro hacia fuera. Para tal efecto, se debe realizar un examen minucioso de las características de los orificios en el cristal, e interpretar los efectos de las fuerzas aplicadas a estas estructuras.

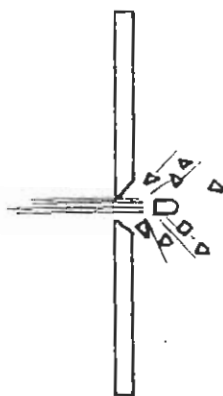
Cuando una fuerza se aplica sobre un cristal, su elasticidad inicial se encuentra del lado opuesto donde actúa la fuerza. Una vez que la elasticidad haya sido excedida en su límite de resistencia, se originan las fracturas o grietas radiales, que se observan en forma de trazos irregulares que se distribuyen longitudinalmente sobre la superficie del cristal. Secundariamente, se producen las fracturas concéntricas, que empiezan a formarse del mismo lado donde fue aplicada la fuerza y, su origen comienza en el punto de impacto del proyectil, las que se interrumpen al hacer contacto con las iniciales grietas radiales, formando un efecto de telaraña.

Cada fractura del cristal, corresponde a un deterioro de la superficie bajo tensión, con el orificio o cráter siguiendo una proyección contraria al de aplicación de la fuerza, donde la superficie opuesta al impacto se quiebra primero, provocando una fractura u orificio de mayores dimensiones.

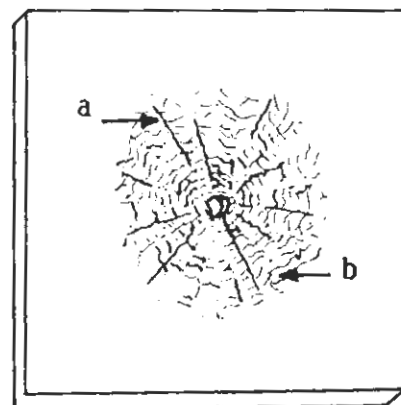
Gráfica de los efectos de la perforación de un cristal



Impacto inicial



Perforación del Cristal



- a)- Grietas Radiales
b)- Grietas Concéntricas

En circunstancias normales, los peritos deberán considerar los siguientes aspectos.

1. Si el punto de impacto en un cristal no se encuentra perforado, es decir, que el proyectil hace contacto sobre el mismo, pero no tiene la suficiente energía para atravesarlo, entonces dejará un cráter de forma cónica, con un diámetro más reducido del lado donde se aplicó la fuerza.

2. El examen de los fragmentos del cristal que se encuentran dispersos, indicara la dirección inicial donde se aplicó la fuerza. Estas partículas también pueden ser localizadas en las prendas de vestir o cabello de la persona más cercanas a la fractura del cristal, las que pueden ser recabadas y comparadas con los cristales obtenidos del lugar de los hechos.
3. El examen de las grietas de un cristal perforado, demostrara que las fracturas radiales se ubican particularmente en el lado contrario al impacto original, y las fracturas radiales se presentarán del lado donde se aplicó la fuerza, donde las curvas, en forma de costilla, son perpendiculares a la fractura primaria en la superficie del cristal, cercanas y paralelamente a donde terminaron. Esto puede ser utilizado para determinar si la fractura fue de adentro hacia fuera o viceversa, en el supuesto que se conozca cual de los lados se encontraba por dentro de la estructura, lo que sucedería cuando el cristal fuera retirado de su marco y fuera enviado al laboratorio para su examen.
4. Si se presentará más de un impacto en el cristal, se deberá establecer la secuencia en que fueron realizados los disparos. Para ello, se examinan las grietas radiales que parten de cada uno de los orificios o perforaciones, detectando cual de los impactos exhibe la continuidad de sus grietas radiales, el que debe ser considerado como el primer impacto, después se examinan los siguientes orificios, y se observa donde se interrumpen las grietas radiales del segundo impacto con respecto al primero, y así sucesivamente con los siguientes orificios, de tal forma que se va elaborando una secuencia de cada uno de los disparos posteriores.
5. Tratar de establecer la naturaleza de los impactos, al considerar el calibre de los proyectiles utilizados, así como, las probables distancias a las que fueron efectuados los disparos. Para ello, se puede apoyar en exámenes químicos de espectrofotometría por absorción atómica, donde se detectan las concentraciones de los metales que se desprenden de los disparos de armas de fuego.

Impactos en estructuras metálicas

En el caso de examinar vehículos baleados, sería sencillo determinar la dirección de los disparos, pues la proyección de los bordes, en los orificios producidos por las balas, son muy evidentes en láminas metálicas, incluso de otros materiales, como, la fibra de vidrio, acrílico y el triplay, por lo que fácilmente se puede establecer cuales son los orificios de entrada y cuales los de salida. Lo difícil sería determinar el calibre de las balas que se emplearon para producirlos, cuando por diversas circunstancias no se hayan localizado los respectivos proyectiles o casquillos relacionados con los hechos que se investigan.

Para entender los efectos que ocasionan las balas, es importante interpretar las manifestaciones que se relacionan con la forma, dureza, velocidad y energía de estas, al igual, que la resistencia que ofrecen los diversos materiales a ser perforados. Siendo evidente que un proyectil blindado y puntiagudo, aumentará su capacidad penetrante conforme se vea incrementada su velocidad. Por lo contrario, las balas de plomo, de punta blanda o de baja velocidad, tenderán a deformarse por el impacto, en consecuencia a liberar rápidamente su energía, por lo que ofrecen menor capacidad perforante sobre materiales duros.

Entonces, debemos considerar la gran combinación de factores que se involucran en los estudios de balística forense. Bajo tales circunstancias, no se puede elaborar ningún patrón de comportamiento que sea 100% confiable sobre los efectos de los proyectiles, aun cuando sean de un mismo calibre nominal. Dicho en otras palabras, una bala encamisada ojival, del calibre 9 mm Parabellum, no producirá los mismos efectos penetrantes que un proyectil silvertip del mismo calibre. Esto se manifiesta, considerando que comúnmente se le infiere el poder penetrante al arma de fuego, desechando las especiales características de los cartuchos que se emplean y su particular estilo de bala.

Por lo tanto, cuando se examina orificios de proyectil sobre estructuras metálicas, nunca será conveniente especular sobre el calibre de los proyectiles que los hayan ocasionado, siendo más prudente darse a la tarea de buscar los correspondientes proyectiles o casquillos indicios para establecer tal consideración. De lo contrario, se cometerían errores garrafales, cuando a la postre se pudiese recuperar el arma directamente relacionada con los hechos, o se hubieran localizado balas o casquillos de un calibre diferente al inicialmente considerado.

En las partes demasiado duras de un automóvil, como los rines de acero y los tambores de las ruedas, entre otras estructuras, tendrán la mayoría de las veces, la capacidad de detener la trayectoria de los proyectiles, cuyos impactos, principalmente los perpendiculares, producirán ciertas deformaciones en el metal, encontrando que las balas de menor velocidad únicamente se deformarán, pero las de alta velocidad tenderán a fragmentarse, debido a la gran energía que liberan.

Otros factores que se tienen que considerar en los estudios de balística, son los ángulos de los disparos, la dureza de los materiales inicialmente perforados y, las posibles deformaciones, desviaciones y rebotes de los proyectiles. Lo que sustancialmente influirá, en la forma y dimensiones de las heridas de entrada y salida que pudieran ser ocasionadas a los ocupantes del vehículo examinado, así como en los efectos secundarios de producidos en las estructuras interiores o exteriores de los automotores.

Como ya se mencionó, cualquiera que sean las dimensiones de los orificios de entrada o de salida, estas no serán muy favorables para determinar el calibre nominal de las balas disparadas. Incluso, cuando los orificios de entrada están bien definidos, por efectos de disparos perpendiculares sobre láminas metálicas, en el ambiente de las armas de fuego se presentan variados proyectiles con similares diámetros originales. En armas cortas, se podrían mencionar los calibres nominales más comunes, 9 mm Parabellum, .38 Especial, .38 Super, .357 Magnum, .380 Auto, cuyas balas cuentan con un diámetro similar de 9 mm. En armas largas, se encuentra toda la variedad de los calibres del sistema ingles .30 y .300, incluyendo los 7.62 mm del sistema métrico, los que presentan un diámetro muy similar de sus proyectiles.

Un estudio sobre impactos de proyectiles en estructuras de automóviles, realizado en 1990 por los peritos en balística forense, de la procuraduría de justicia de Jalisco, empleando armas de diferentes calibres nominales, y disparadas sobre puertas y cofres metálicos con un espesor promedio de 2 mm. Esto con la finalidad de documentar el comportamiento de las balas conforme a las dimensiones de los orificios de entrada, donde se utilizaron tres armas largas y cuatro cortas.

BALISTICA FORENSE

Las pruebas consistieron en efectuar seis disparos con cada arma a una distancia de 10 metros, tres de ellos de manera perpendicular y, tres más, de manera tangencial al punto de impacto en un ángulo de 45°, obteniendo los siguientes resultados:

** Disparos perpendiculares*

Calibre nominal	Peso de la bala	Estilo del proyectil	Velocidad inicial aprox.	Orificio de Entrada	Observaciones
.223 Rem.	55 Granos	Blindado	1004 m/s	6.5 mm	Con capacidad de penetración de una segunda puerta, originando orificios variables de 1 a 3 cm.
7.62x39 mm	124 Granos	Blindado	700 m/s	10 mm	Con capacidad de penetración de una segunda puerta, originando orificios variables de 1.5 a 4 cm.
.30 M1	110 Granos	Blindado	610 m/s	9 mm	Con capacidad de penetración de una segunda puerta, originando orificios variables de 1 a 2 cm.
9mm Luger	124 Granos	Blindado	340 m/s	9.5 mm	Disminuye drásticamente su velocidad, pero con cierta capacidad para penetrar una segunda puerta
.38 Especial	130 Granos	Blindado	280 m/s	9.5 mm	Disminuye drásticamente su velocidad y en algunos casos no presenta la capacidad para penetrar una segunda puerta
.38 Super	130 Granos	Blindado	370 m/s	10 mm	Presenta la capacidad de perforar una segunda puerta, disminuyendo su velocidad, originando orificios variables de 15 a 17 mm.
.45 ACP	230 Granos	Blindado	260 m/s	13 mm	Disminuye drásticamente su velocidad y no presenta la capacidad para penetrar una segunda puerta
.22 L.R.	40 Granos	Plomo	350 m/s	9 mm	En este caso en particular, se observó que los proyectiles se deformaron sustancialmente y perdieron por completo su velocidad.

** Disparos en ángulo de 45°*

Calibre nominal	Longitud del orificio (ovalado)	Calibre nominal	Longitud del orificio (ovalado)
.223 Rem.	17 mm	7.62 x 39 mm	15 mm
.30 Carabina	10 mm	9 mm Luger	10 mm
.38 Especial	10.6 mm	.38 Super	11 mm
.45 ACP	13 mm	.22 Long Rifle	Irregulares

* Los valores antes expuestos son únicamente representativos, de acuerdo a resultados obtenidos en pruebas controladas, que involucran distancias y posiciones establecidas, además de emplear específicos estilos de balas. Por lo que en situaciones reales, las secuelas pueden variar sustancialmente, de acuerdo a la diversidad de factores que se involucran en los disparos de armas de fuego, considerando que esta información únicamente pudiera ser consultada apreciativamente.

Una referencia aparte, consiste en el comportamiento de proyectiles múltiples disparados por una escopeta del calibre 12 Ga., con cartuchos conteniendo 12 Postas del tamaño "0" (cero), observando diferentes efectos balísticos, dado que la velocidad para cada posta difiere de acuerdo a la posición que guardan dentro de la agrupación en su trayectoria exterior. Detectando que algunas postas primarias, tienen la capacidad de penetrar las puertas y, se pueden desplazar al interior de un automóvil, sin embargo, las postas secundarias pierden velocidad y perforan únicamente el lienzo de la puerta, quedando depositadas en el bastidor de la misma, produciendo orificios en la lámina de 10 a 15 mm de diámetro.

Heridas producidas por proyectiles

Empíricamente, se puede llegar a la conclusión que el volumen de la cavidad de una herida, varía directamente con la velocidad residual del proyectil, independientemente de la forma del mismo. Si la bala quedará alojada en el cuerpo de la víctima es indiscutible que libera toda su energía cinética, por lo que la forma del proyectil es importante, solamente hasta el grado de que su configuración sirve para mantenerlo dentro del cuerpo, previniendo su salida por la parte contraria. En el caso de que la bala perfora las diversas estructuras de un cuerpo, entonces únicamente dejara libre parte de su energía, y la cantidad de esta, dependerá de la velocidad residual de la bala y de la dureza de los órganos afectados. Cualquiera que sea el caso, los proyectiles producirán efectos primarios y secundarios en la víctima, los que deberán ser analizados de acuerdo a su magnitud. Con esto se trata de señalar, que los efectos de las balas en seres humanos no se deben encasillar en un patrón de comportamiento idéntico para todos los proyectiles del mismo calibre, debiendo atender cada asunto de manera especial.

El estudio de las heridas producidas por proyectiles de arma de fuego, se encuentra bastante investigado por la medicina forense, donde los especialistas de esa ciencia, se encargan de realizar las necropsias médico legales de las personas que mueren por consecuencia de este tipo de agente mecánico.

Dentro del ambiente de la medicina forense, se puede encontrar una considerable cantidad de excelentes tratados en la materia, en los que se manifiestan con abundancia y precisión los diversos efectos que ocasionan los proyectiles, de cuya información echan mano los médicos para fundamentar sus dictámenes y protocolos de necropsia. Lo mismo sucede con los peritos en balística y criminalística, que en su momento, deben consultar tales obras para interpretar la información contenida en los dictámenes de necropsia, para cuando se presenta la necesidad de desarrollar hipótesis sobre la posición víctima - victimario.

Por lo tanto, esta obra recopila únicamente algunos aspectos fundamentales sobre heridas de bala, los que pudieran considerarse de mayor trascendencia técnica, para la actividad pericial de balística de trayectorias y efectos. Tal información a continuación se detalla.

La cavidad temporal

En el momento que un proyectil penetra un cuerpo, e inicia su trayecto dentro del mismo, súbitamente libera parte de su energía en forma radiada, originando instantáneamente una cavidad temporal de mayores dimensiones que el propio diámetro de la bala. El tiempo que transcurre, desde su acelerado ensanchamiento hasta su colapso, es apenas de 5 a 10 milisegundos, experimentado durante ese lapso pulsaciones y contracciones de los tejidos, que gradualmente se van reduciendo hasta desaparecer, dejando así un trayecto permanente.

La cavidad temporal es un fenómeno importante para establecer las dimensiones reales de la herida, considerando que los proyectiles de baja velocidad ordinariamente producen un trayecto llano, con reducida distensión lateral de los tejidos adyacentes y de limitada magnitud, esto se debe a la acelerada liberación de su energía. Contrariamente sucede con las balas de alta velocidad, las que al penetrar un cuerpo producen un efecto que pudiera denominarse como de *irrigación de cola*, que consiste en un desplazamiento sustancial del tejido penetrado hacia la parte posterior del trayecto de la bala. Este efecto se refleja en una cavidad temporal con un diámetro hasta treinta veces mayor que el calibre del proyectil, debido a que liberan mayor cantidad de su energía remanente. En muchos de los casos, la excesiva expansión de las paredes de la herida derivan en severos daños de otros órganos distantes del trayecto original de la bala, que se reflejan en lesiones de vasos sanguíneos, nervios, e incluso en fracturas de huesos, que resultan de las altas presiones locales.

La dimensión de la cavidad temporal y el trayecto permanente de la bala, no se establece exclusivamente por la cantidad de energía liberada por el proyectil, interviniendo también, la densidad y cohesión elástica de los tejidos perforados. Debiendo considerar que la pérdida de energía no es uniforme a lo largo del trayecto de la bala, presentándose variaciones de acuerdo a los cambios en la densidad de los tejidos penetrados, donde los cambios sustanciales de la energía liberada, repercuten en el aumento del diámetro de la cavidad temporal.

Cuando la bala atraviesa un cuerpo humano, únicamente parte de su energía se emplea para formar la herida, pues si el proyectil sale, continua con cierta velocidad y energía residual, y que dependiendo de su cantidad puede representar serios riesgos para otras estructuras posteriores. Particularmente, la cantidad de pérdida de la energía, se encuentra asociada con los siguientes factores:

- La velocidad residual que presenta la bala en el momento del impacto, y su posterior disminución durante el trayecto en el cuerpo.
- El calibre, la forma y la dureza de los materiales que conforman al proyectil, considerando que una bala del tipo Spitzer (puntiaguda), desplazará con mayor facilidad los tejidos que penetra, liberando menor cantidad de su energía. Contrariamente sucede con los proyectiles de punta roma, blanda o hueca, donde los tejidos ofrecerán mayor resistencia al desplazamiento de las balas, liberando estas mayor cantidad de energía.

- Las posibles desviaciones angulares del proyectil en el momento del impacto. Esto se define, como la desviación del eje de la bala con respecto a su trayectoria en vuelo. Cuanto mayor sea el ángulo de impacto el proyectil perderá más energía.
- La densidad, fuerza y elasticidad de los tejidos afectados, donde a mayor densidad se genera mayor pérdida de energía. Aumentando la posibilidad de desviaciones y una decreciente velocidad de rotación de los proyectiles.

Los efectos de los disparos

Cuando se produce la percusión de un cartucho, la deflagración de la pólvora origina las presiones que aceleran el desplazamiento de la bala a través del cañón, donde parte de los gases surgen por delante del proyectil, fenómeno conocido como viento balístico, pero la mayor proporción de los gases lo hacen por detrás de la bala.

Durante la salida del proyectil por la boca del cañón, este se acompaña de una variedad de manifestaciones secundarias, entre ellas, llamaradas, gas, granos de pólvora, negro de humo, residuos de la mezcla fulminante, partículas metálicas provenientes de los materiales del proyectil y de la estructura del cañón, así como, del metal vaporizado de la bala y del casquillo. La cantidad de granos de pólvora en combustión, expulsados por la boca del cañón, dependerá de su forma y de la longitud del propio cañón. La magnitud de la llamarada resulta importante para determinar la distancia del disparo. El negro de humo y los granos de pólvora sin quemar, producirán los efectos de ahumamiento y tatuaje respectivamente, cuya presencia también corresponde a disparos a corta distancia.

Las heridas de bala pueden ser consideradas de dos maneras, lesiones por proyectil simple y lesiones por proyectil compuesto. Las primeras, están constituidas por el orificio de entrada, el trayecto de la bala y, la posibilidad de un orificio de salida. Esto se puede definir de la siguiente manera:

El orificio de entrada

El orificio de entrada ordinariamente presenta características generales y especiales. Las generales, son producidas por la actuación mecánica del proyectil al penetrar la piel, conformadas por el referido orificio de entrada, el anillo de enjugamiento, y el anillo de contusión. El diámetro del orificio puede ser, igual, mayor, o menor que el calibre real del proyectil que lo haya producido. Su tamaño dependerá de varios factores, como la forma y velocidad de traslación del proyectil, de su velocidad de rotación, de la posición y ángulo de llegada, de las características zonales de elasticidad de la piel, del espesor del penículo subcutáneo, de la profundidad de las estructuras óseas, así como de las posibles deformaciones previas que haya adquirido la bala con respecto a su forma original.

En impactos perpendiculares de proyectiles ojivales, generalmente el orificio de entrada se presenta de forma circular, con un diámetro un tanto inferior al calibre de la bala. Si el proyectil penetra en forma tangencial, produciría una excoriación alargada, equímosis y herida en canal. Si la penetración fuera oblicua, puede originar un orificio semilunar. En ocasiones la bala puede entrar por una cavidad orgánica, como los conductos auditivos, las fosas nasales, la boca, el recto, o la vagina, en cuyo caso el orificio de entrada es denominado como natural.

El anillo de enjugamiento

Este anillo regularmente circunda el orificio de entrada, presentando la forma de un ribete negruzco, conformado por el polvo y lubricante que la bala acarrea durante su recorrido en el interior del cañón, los que se enjugan sobre los bordes de la piel. La ausencia de este anillo se puede deber a que la bala previamente haya perforado prendas de vestir, en las que se depositan tales elementos.

El anillo de contusión

Este efecto también es conocido como cintilla erosiva, la que se observa como una zona rojiza de piel desposeída de epidermis, situada por fuera del anillo de enjugamiento, originado por la fricción que ejerce la bala sobre los límites del orificio al perforar la piel. En heridas recientes, el anillo erosivo presenta regularmente una apariencia húmeda y carnosa, posteriormente se deshidrata y se observa como una costra de aspecto pardo rojiza de sangre coagulada.

La forma de este anillo puede ser concéntrico o excéntrico, dependiendo del ángulo de llegada del proyectil. En el primero, se produce por disparos perpendiculares, y el segundo, por disparos oblicuos, con la zona más amplia sobre el costado de su llegada. En disparos a corta distancia se produce ahumamiento en este anillo. La conjunción del anillo de enjugamiento y del anillo de contusión, constituyen lo que se denomina como la zona o halo de *fish*.

La zona de fish

Este anillo se conforma alrededor del orificio de entrada, el que puede presentarse completo o incompleto, formado de adentro hacia afuera, por un aro de enjugamiento y un aro erosivo, pero que no determina la distancia del disparo. Su presencia es producto del efecto de la penetración del proyectil y, por las características zonales de la piel, que en base a su elasticidad tiende a ejercer resistencia al paso de la bala. Cuando el proyectil empuja la piel, esta se deprime y se amolda a su forma (como dedo en guante), la que se estira y contusiona exoriándose, para finalmente perforar la piel y penetrar. Este mecanismo produce un anillo en la piel, que limpia al proyectil de las impurezas que este porta en la superficie cilíndrica, depositadas estas, por la fricción de la bala en su desplazamiento por el ánima del cañón.

Las características especiales

Considerando la configuración del orificio de entrada, las características especiales se pueden agrupar de la siguiente manera:

- a) Orificio por disparo de contacto
- b) Orificio por disparo a corta distancia.
- c) Orificio por disparo a distancia intermedia
- d) Orificio por disparo a larga distancia
- e) Orificio por proyectiles de rebote.

- a) El orificio por disparo de contacto, se produce cuando la boca del cañón se encuentra apoyada sobre la superficie de la piel. El contacto puede ser, firme, laxo, angulado, o incompleto.
- El contacto firme, resulta de apoyar y presionar toda la superficie de la boca del cañón sobre la piel, provocando que los bordes del orificio de entrada se presenten chamuscados, por efecto de los gases calientes y ennegrecidos por el humo.
 - El contacto laxo, se observa cuando la boca del cañón hace ligero contacto sobre la piel, quedando un espacio suficiente para permitir el depósito de humo alrededor del orificio de entrada.
 - El contacto angulado, resulta de apoyar en ángulo agudo la boca del cañón sobre la piel, observado que en el espacio libre del contacto del arma, se presenta fuga de gases y de humo, produciendo quemaduras y ahumamiento excéntrico en torno al orificio de entrada.
 - El contacto incompleto, se presenta cuando la boca del cañón se apoya sobre regiones del cuerpo que no son planas, por lo que se produce cierta separación entre el cañón y la piel, formando una zona chamuscada y ennegrecida alrededor del orificio de entrada.

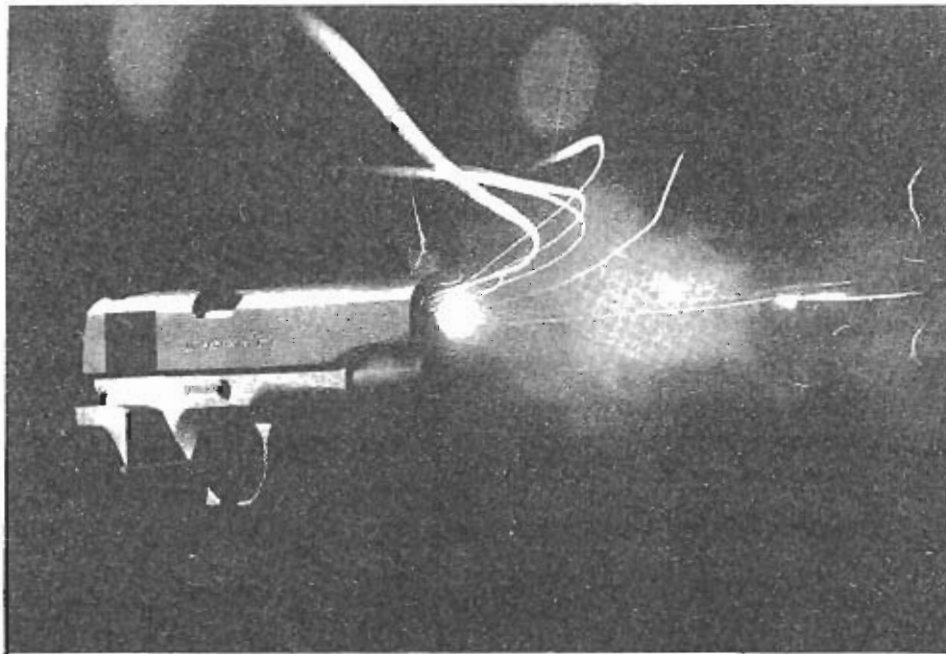
En los disparos de contacto, se pueden presentar otros dos fenómenos conocidos como, el signo de "Puppe-Wergarther" y, el signo de orificio de "Boca de Mina" de Hofmann. El primero corresponde al estampado reproducido por el contorno de la boca del cañón sobre la piel, el que se observa como un anillo concéntrico con relación al orificio de entrada y de color rojo pálido, incluso se pueden imprimir otras estructuras que conforman la parte frontal del arma, como el botón obturador del resorte recuperador de las pistolas, o la cabeza de la baqueta de los revólveres que disponen de este mecanismo con la misma longitud del cañón.

Para la formación de tal fenómeno se desprenden dos explicaciones, una señalada por Bonnet, quien refiere que este signo se debe al recalentamiento del cañón por consecuencia del disparo, y la otra corresponde a Adelson, quien señala que es debido a la onda explosiva que se introduce por debajo de la piel, obligándola a presionar fuerte e instantáneamente sobre la boca del cañón.

El signo de boca de mina de Hofmann, corresponde al efecto desgarrado, de bordes irregulares y ennegrecidos del orificio de entrada, producido por el disparo de contacto sobre la frente de un individuo, considerando que en esa zona existe piel resistente que se encuentra muy adherida al hueso. Por lo cual, los gases expulsados por la boca del cañón y que acompañan al proyectil se introducen por debajo de la piel, produciendo desgarros en la búsqueda de una salida, originando también ennegrecimiento de esa área.

En lo que se refiere al cráneo, se observa el *signo de Benassi*, que consiste en una anillo negruzco de humo en el epicraneo, y alrededor del orificio de entrada, reportado por Julio Benassi en 1924.

- b) El orificio por disparo a corta distancia, resulta cuando la boca del cañón del arma no hace contacto con la piel, pero donde la distancia entre ambos es reducida, lo que impide una dispersión sustancial de los granos de pólvora y del humo que acompañan al proyectil, los que se manifiestan en tres efectos alrededor del orificio de entrada, conocidos como *la zona de tatuaje*, *la zona de ahumamiento* y, *la zona con quemaduras o socarrada*, las que consisten en lo siguiente.
- La zona de tatuaje, está constituida por los granos de pólvora que se expulsan por el cañón de arma y que se incrustan en la piel. Estas lesiones no varían ni desaparecen con el lavado, las que en disparos perpendiculares se observan como puntos oscuros que se van compactando conforme vaya disminuyendo la distancia de los disparos. La presencia de un diámetro mayor, y cada vez menos intenso del tatuaje, es indicativo que se incrementa la distancia entre el cañón y la piel, hasta una separación máxima donde este ya no aparece.
 - La zona de ahumamiento, corresponde al área cercana al orificio de entrada, donde se depositan los residuos de negro de humo.
 - La zona con quemaduras o socarrada, corresponde al área de la piel afectada por los gases calientes que acompañan al proyectil.



Disparo de una pistola con expulsión de gases
y de granos de pólvora en combustión

Las heridas producidas a corta distancia por proyectiles de alta velocidad, pueden producir efectos con muy diferentes características, en comparación con las balas de baja velocidad. Los proyectiles de alto poder, obligadamente ocasionan daños mucho más severos, entre ellos, estallamiento de órganos blandos, como el estómago y pulmones así como enormes cavidades en tejidos musculares, sin que para ello se produjera una necesaria deformación o fragmentación de la bala.

Tales efectos son atribuidos a la onda de choque, que corresponde a un factor que se presenta en todos los proyectiles puntiagudos de alta velocidad, aun cuando el peso y el calibre de las balas sea pequeño. Las secuelas de cavernación y explosión en cuerpos humanos, se debe a la forma y densidad de la onda de choque. Este proceso se suscita cuando el proyectil al impacto perfora la piel y cede buena parte de su fuerza viva, sin otra consecuencia mayor que la perforación de los tejidos u órganos que la bala encuentra a su paso, no obstante, la súbita y brutal modificación de la onda de choque, que viaja con la bala, producirá un efecto de cavernación, que puede variar de acuerdo a la densidad de los órganos penetrados.

El efecto de la onda de choque, se configura como un cono muy agudo y de gran cohesión, que se comporta como un proyectil secundario. De tal forma que en el instante del impacto, la disminución drástica de la velocidad del proyectil, provocará que la onda de choque actúe en forma explosiva, produciendo cavidades de grandes proporciones. Este factor se debe tomar muy en cuenta, cuando se tienen que evaluar las heridas en cuerpos humanos que hayan sido objeto de disparos de balas de alta velocidad.



Características de una herida producida por un proyectil de alta velocidad, disparado a corta distancia

- c) El orificio producido por disparo a distancia intermedia, resulta cuando la boca del cañón presenta una mayor separación con respecto a la piel, lo que permite la formación del tatuaje de pólvora por fuera de la zona socarrada, donde posiblemente se conformen las zonas de tatuaje, de ahumamiento y de quemaduras, dentro de las que destaca el tatuaje de pólvora, que corresponde a lesiones alrededor del orificio de entrada en forma de puntos de color pardo rojizo, o de color naranja, y que de acuerdo al ángulo del disparo pueden ser simétricos o asimétricos. La presencia de este fenómeno indica un origen antemortem, indicando que la víctima se encontraba aun con vida en el momento en que recibió el impacto.

En el caso en que el tatuaje se observe en tono amarillento, o grisáceo, puede ser indicativo, de que específicamente ese disparo, haya sido ocasionado después de que la víctima ya se encontraba sin vida. Se dice que la distancia mínima a partir de la cual se presenta el tatuaje, es de un centímetro entre la piel y la boca del cañón del arma. Si la pólvora genera mayor cantidad de derivados nitrados, entonces incrementará la proporción del tatuaje. Algunas pólvoras producen grandes llamaradas, en consecuencia producirán quemaduras y tatuajes más evidentes, que inclusive chamuscaran bellos y cabellos de la víctima, así como la posible combustión de las prendas de vestir de materiales inflamables.

- d) En los orificios producidos por disparos a larga distancia, se observan básicamente los signos correspondientes a los efectos mecánicos propios de las balas al perforar la piel.
- e) Los orificios originados por proyectiles de rebote, tienden a presentarse más grandes, de forma irregular y con bordes rasgados, considerando la deformación previa que hayan sufrido las balas al chocar con otras estructuras, y que dependiendo de la dureza de estas, pueden provocar deformaciones ligeras o excesivas, ya sea de su punta, o de su costado cilíndrico. Lo que a su vez, origina una reducción de su energía remanente, al igual que la inestabilidad del eje de su trayectoria original, ocasionando posibles heridas penetrantes, pero poco profundas, esto se puede determinar al examinar los restos del proyectil desalojado del cuerpo.

Los efectos de rebote de los proyectiles, se reflejan en una fragmentación de los mismos, cuyas porciones de metal pueden proyectarse de manera imprevisible, que al alcanzar a una persona producirán heridas secundarias, las que difieren en apariencia con el tatuaje de pólvora, pues tales lesiones se observarán más grandes e irregulares, y que su profundidad dependerá de la velocidad de proyección que los fragmentos obtengan.

El trayecto

Se le denomina trayecto, al recorrido que efectúa la bala dentro del cuerpo de la víctima, en algunos protocolos de necropsia, también se le aplica el término de trayectoria. El trayecto, ordinariamente sigue una línea recta, que enlaza al orificio de entrada con respecto al orificio de salida, siempre y cuando se produzca este último. Cuando no se produce un orificio de salida, el trayecto se relaciona con la ubicación donde queda alojado el proyectil. El trayecto de las balas puede presentar dos variantes, las que se conocen como *desviación* y *migración*.

La desviación, corresponde a las variaciones del trayecto original de una bala, producidas por impactos secundarios sobre estructuras interiores de mayor consistencia o densidad, como las costillas y las vértebras. Las desviaciones se ocasionan por el ángulo de llegada del proyectil, la baja velocidad del mismo y, por la cantidad de energía liberada, que lo obligan a cambiar de rumbo. En proyectiles de alta velocidad, se reduce la posibilidad de que se produzcan desviaciones sustanciales, caso contrario, sucede con las balas de baja velocidad y energía, las que tienden a desviarse por la resistencia que ofrecen los órganos de mayor densidad.

La migración, corresponde al desplazamiento pasivo de la bala por efectos del torrente sanguíneo, que puede trasladar al proyectil a otro lugar, cercano o distante de su posición inicial, sin que para ello presente una velocidad remanente.

Orificio de salida

Este presentará una dimensión generalmente mayor que el orificio de entrada, dependiendo del calibre y la forma del proyectil, caracterizándose por sus bordes evertidos, y careciendo de los respectivos anillos de enjugamiento y contusión, al igual que de los signos de tatuaje y ahumamiento, debido, obviamente, a que el impacto inicial se produjo en la parte contraria a la salida de bala.

El incremento de su tamaño se debe entre otras cosas, a la inestabilidad que adquiere el proyectil durante su trayecto por estructuras orgánicas más densas, lo que puede provocar que la bala salga de costado. Otro factor, corresponde a las deformaciones previas que haya sufrido la bala durante su trayecto en el interior del cuerpo, debiendo recordar que los proyectiles de punta blanda o hueca, precisamente tienen la función de deformarse para liberar mayor cantidad de energía. También existe la posibilidad de un orificio de salida de menor tamaño que el de entrada, esto sucedería cuando la bala haya penetrado inicialmente en ángulo agudo, y haya salido en ángulo recto. O bien, cuando los dos orificios sean de un tamaño similar, debido a que los tejidos perforados sean de análoga densidad, o que la forma del proyectil no sufra modificaciones y, que la energía de este no sea demasiado grande.

Heridas compuestas por proyectiles múltiples

Estas son producidas por el disparo de un cartucho que contenga varios proyectiles, ya sean municiones o postas, ordinariamente los utilizados por las escopetas, sin dejar de considerar a los cartuchos para armas cortas que cuentan con cargas de proyectiles múltiples, como los denominados shotshell y glaser safety, que bien pudieran verse involucrados en disparos sobre personas.

Las características de los orificios de entrada, en disparos a muy corta distancia, producen básicamente el efecto de un proyectil simple, esto debido a la cerrada agrupación que guardan los proyectiles en un espacio corto, en este caso, se dice que los proyectiles hacen bala. La distancia máxima para que se produzca este efecto, puede variar dependiendo del tipo de choke bore del cañón de las escopetas, ya sea de cilindro verdadero, full choke, de $\frac{3}{4}$, de $\frac{1}{2}$ o modificado, de $\frac{1}{4}$ o cilindro mejorado. Dándose como información generalizada una distancia máxima de 1 metro.

Cuanto más se aleja la posición de la boca del cañón, con respecto al cuerpo, se verá incrementado el plomeo, o cono de dispersión de los proyectiles, los que se van alejando cada vez más con relación al ángulo original, conformado por el eje del cañón del arma. En el caso de que se requiera establecer la distancia a la que se efectuó un disparo de escopeta, con respecto a la agrupación de los proyectiles en una herida compuesta en un cadáver, sería conveniente consultar tablas de balística de escopetas, o en su caso, efectuar pruebas experimentales si se cuenta con el arma directamente involucrada, disparando cartuchos que contengan similares cargas de proyectiles.

En el examen de una herida compuesta, de orificio único y de gran dimensión, además de tomar en cuenta la presencia de los proyectiles dentro del cuerpo, también se deben buscar los otros elementos que conforman al cartucho, en su caso, los tacos de fieltro, o las columnas de plástico, que son importantes para determinar que el disparo fue realizado a corta distancia y por una escopeta.

Si el cañón del arma disparada se encontrase abocada sobre la piel de la víctima, se producirán enormes destrozos por los efectos del choque violento de los proyectiles agrupados, así como por el desalojo sustancial de los gases calientes. A mayores distancias, la energía para cada uno de los proyectiles decrece, y la fuerza de su penetración se verá afectada. En estas circunstancias, los tacos o columnas de plástico, no tendrán la suficiente fuerza para acompañar a los proyectiles.

Aun cuando la potencia del retroceso del arma, y el estruendo del disparo sea bastante fuerte, la velocidad inicial que alcanzan los proyectiles múltiples, es muy inferior en comparación con las balas simples de armas largas de alto poder, por lo que la probabilidad de que produzcan orificios de salida en la víctima es muy reducida, ello, también depende, de las diferentes circunstancias que puedan presentarse para cada hecho en particular, las que deberán ser debidamente analizadas por los peritos encargados de tales exámenes.

Se puede llegar a la conclusión, que a mayor distancia del disparo, los proyectiles múltiples cubren más área. Entonces, la probabilidad de que se impacten todos los proyectiles sobre un cuerpo humano se reduce.

Exámenes químicos

En todos los laboratorios de criminalística de las procuradurías de justicia, se realizan pruebas químicas relacionadas con la balística forense, orientadas esencialmente a identificar los siguientes aspectos.

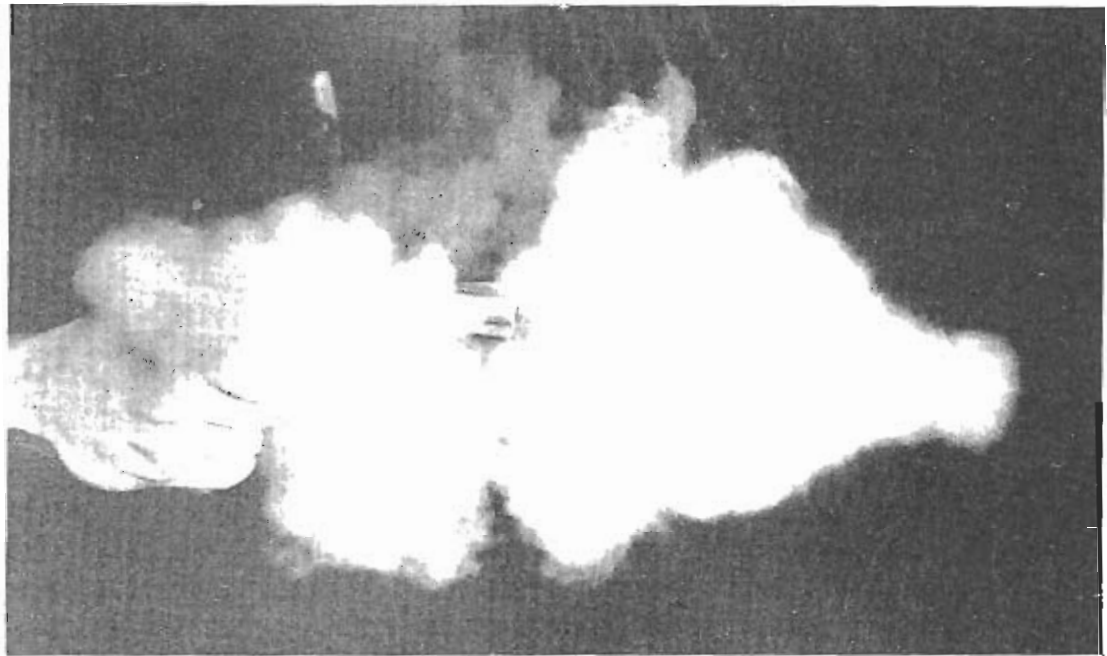
- Quién o quienes hayan efectuado disparos de arma de fuego
- Que armas de fuego fueron recientemente disparadas
- A que distancia se realizaron los disparos
- El tiempo probable que hubo de transcurrir después de haberse efectuado los disparos
- Donde se impactaron, o hicieron contacto posterior, los proyectiles disparados.

Cuando se efectúa un disparo de arma de fuego, la deflagración de la pólvora produce los gases a elevadas temperaturas que impulsan al proyectil, los que son desalojados principalmente por la boca del cañón. Secundariamente, a la apertura del bloque obturador en las armas automatizadas, y en algunas de repetición, con excepción de los revólveres, se desaloja el resto de los gases. En las primeras armas, los residuos del gas son aprovechados para desalojar el casquillo percutido, y en las de repetición, se desprende cuando el usuario del arma efectúa manualmente la apertura de la recámara del cañón, para desalojar el casquillo disparado, e introducir un nuevo cartucho dispuesto a disparar. En los revólveres, no se realiza una apertura para cada disparo efectuado, no obstante, se fuga fuerte cantidad de gas por el reducido espacio existente entre la culata del cañón y la recámara del cilindro alineada con el eje del mismo.

Al desalojo de los gases, por la boca del cañón y la recámara, o culata, se les conoce como *conos gaseosos* (anterior y posterior), conformados por derivados nitrados producto de la combustión del propelente, que se acompañan de los residuos metálicos vaporizados, provenientes de los elementos que conforman al cartucho disparado, tales como, plomo, cobre, bario y antimonio, los que constituyen fundamentalmente la mezcla fulminante del pistón, y la estructura del casquillo y de la bala.

Dichos elementos, necesariamente contaminan las manos de las personas que efectúan disparos, donde la concentración de los residuos metálicos depende esencialmente de los siguientes factores:

1. La cantidad de disparos realizados.
2. La potencia de los cartuchos empleados, que involucra el calibre, la cantidad de propelente, y las propiedades de la mezcla fulminante.
3. Las características estructurales y de funcionamiento del arma utilizada.
4. Las condiciones ambientales.



Disparo de un revólver y maculación de la mano con los gases

La obtención de un resultado positivo en una de las pruebas químicas, queda supeditado a la identificación de los elementos metálicos depositados en una o ambas manos de un individuo, lo que es considerado como indicio de que tal persona fue el autor del disparo, o bien, que estuvo expuesto a sus efectos. Para la obtención de resultados confiables en este sentido, se recomienda que los peritos atiendan los siguientes procedimientos:

- Recolectar las muestras con la mayor brevedad posible.
- Evitar cualquier contaminación ajena a los hechos que se investigan.
- Prevenir la manipulación excesiva de las muestras a examinar, protegiendo debidamente los indicios involucrados.

Desde hace décadas, los investigadores en la materia, han venido desarrollando varias técnicas para la identificación de los residuos que se desprenden de los disparos de arma de fuego, iniciando con la anticuada y obsoleta prueba de la parafina, para llegar hasta los sofisticados métodos de activación de neutrones, espectrofotometría por absorción atómica y, la microscopía electrónica de barrido. Empleando actualmente equipos modernos que continuamente se perfeccionan.

La prueba de la parafina

Esta prueba fue desarrollada en Cuba en 1914, por el Doctor Gonzalo Iturrioz Font, la que fue empleada formalmente en los Estados Unidos en 1933, por el mexicano Teodoro González Miranda. La prueba pretende identificar los derivados nitrados provenientes de la combustión de la pólvora. El procedimiento consistía en cubrir con algodón las manos de la persona sospechosa de haber efectuado disparos, moldeando una especie de guante, en el que se vertía parafina fundida.

Con esta operación, los nitritos y nitratos se adherían al algodón, después se cortaba el guante abriéndolo de su interior, y sobre este se aplicaba el reactivo de Lunge, que consiste en difenilamina en solución sulfúrica. No obstante, esta prueba reaccionaba con todas aquellas sustancias que poseían propiedades oxidantes, como los cloratos, peróxidos, y algunas sales férricas. Una vez detectado que el método no resultaba confiable, en 1967, la Academia Americana de Ciencias Forenses recomendó abandonar su práctica. En nuestro país, esta prueba paulatinamente se dejó de realizar hacia 1977.

La prueba de Harrison - Gilroy

Esta prueba, que resulta limitada por su sensibilidad, fue desarrollada en 1959 por tales investigadores. Consiste en un método orientado a identificar el antimonio, plomo y bario, elementos principales que conforman la mezcla fulminante de los cartuchos. Para recolectar las muestras, se utilizan porciones de tela de algodón humedecidas con una solución de ácido clorhídrico, con las que se limpian las manos del sospechoso. Para la identificación del antimonio se aplica un reactivo a base de yoduro de trufenilmetilarsonio, en el caso del plomo y bario, se aplica el reactivo de rodizonato de sodio. En nuestro país, esta prueba realmente no se practica, porque se carece comercialmente del reactivo para descubrir el antimonio.

Prueba de Rodizonato de Sodio

Esta prueba es la más aplicada en nuestra nación, la que fue puesta en práctica a partir de 1977. Se emplea para identificar el plomo y bario, donde la coloración para el plomo se observa de rojo escarlata, y para el bario, en rosa oscuro. La prueba se complementa con un examen microscópico, necesario para observar detalladamente los elementos cuando débilmente se presentan. De esta prueba resultan las siguientes variantes:

Rodizonato I - *Aplicado en las dos regiones de ambas manos.*

Rodizonato II - *Aplicado en los cañones de las armas de fuego.*

Rodizonato III - *Aplicado en cualquier parte de la piel.*

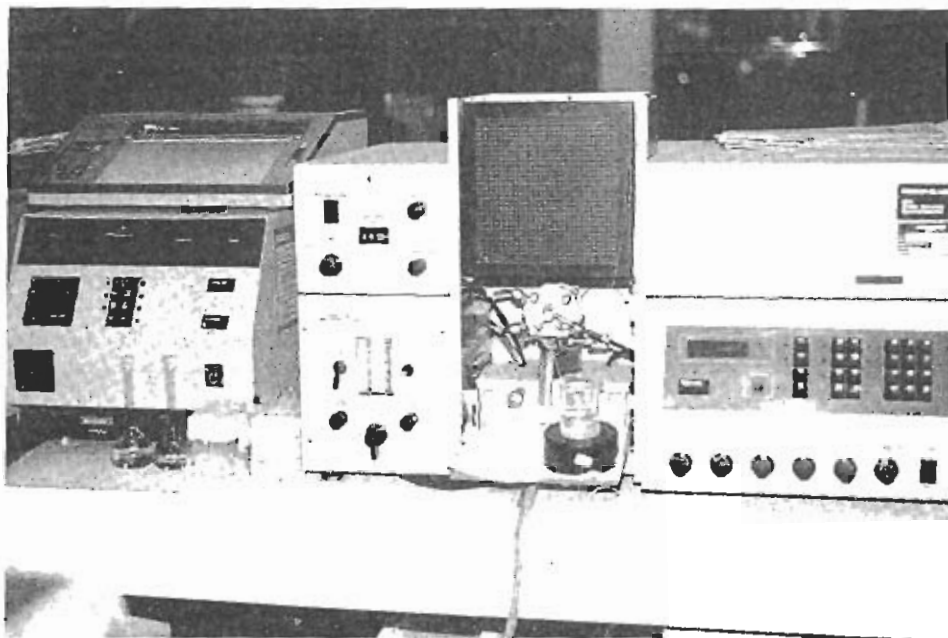
Rodizonato IV - *Aplicado en objetos que hayan sido contaminados.*

La prueba de espectrofotometría por absorción atómica

Consiste en una técnica instrumental que permite la identificación y cuantificación del plomo, bario y antimonio, además del cobre vaporizado proveniente de los casquillos. Se basa en la excitación de los átomos del elemento a detectar, los que al regresar a su estado basal, desprenden energía radiante con una longitud de onda característica y mediable.

La gran ventaja de esta prueba, es que cuantifica la concentración de los metales que se desprenden de los disparos de arma de fuego, por lo que puede tener otras importantes aplicaciones, como el auxilio en la determinación de las trayectorias de los proyectiles que se hayan impactado sobre cualquier estructura, estableciendo, de acuerdo a las concentraciones de los metales, las probables distancias a las que se efectuaron los disparos.

En ambientes cerrados, como el interior de vehículos y de habitaciones, se puede demostrar si los disparos fueron hechos de adentro hacia afuera, o viceversa. Este método se está extendiendo vertiginosamente en nuestro país, al grado que en la última década del siglo XX, se espera que todas las procuradurías de justicia de los estados cuenten con equipos modernos.



Espectrofotómetro de absorción atómica por flama

La prueba de activación de neutrones

Se fundamenta en la captura de los residuos metálicos del bario y antimonio, empleando un reactor nuclear que los convierte en radioactivos, por lo que emiten rayos gamma con una longitud de onda conocida, permitiendo su identificación y cuantificación por medio de un espectro. Esta prueba realmente se aplica en los países más industrializados, o con suficientes recursos aplicados en este campo.

La prueba de microscopía electrónica de barrido

Este método se orienta al análisis de los residuos metálicos por medio de rayos X, donde las partículas son identificadas por sus características físicas y por su naturaleza química. En promedio, los resultados pueden considerarse satisfactorios en un 90% de los casos donde se emplean armas cortas, y en un 50% en los casos de armas largas. Cuando el equipo carece de modernos sistemas de automatización, el procesamiento de las muestras puede emplear bastante tiempo, inclusive 8 horas para una determinada prueba.

La prueba de walker

Esta prueba particularmente se emplea para establecer la probable distancia a la que se efectuó el disparo. Se basa en la reacción de los nitritos que se depositan alrededor del orificio de entrada, la que principalmente se aplica sobre las prendas de vestir de la víctima, basándose en la identificación de los residuos depositados por los gases que acompañan al proyectil, cuando los disparos son realizados a corta distancia.

La reacción química fue descubierta por Gries en 1858, pero fue aplicada como prueba por J.T. Walker, en 1937. Para ello, se recogen las muestras empleando papel fotográfico desensibilizado y humedecido con una solución de ácido acético, alfa-naftil-amina y ácido sulfanílico, además de aplicar calor para revelar las partículas que se observan en tonos rojo naranja.

La prueba de nitritos

Esta corresponde a una modificación de la prueba de walker, la que se emplea para establecer la probable antigüedad de los disparos, y que se puede aplicar en el ánima del cañón del arma y, en los casquillos que se hayan recolectado como indicios. Su principio consiste en la detección de los nitritos que se depositan durante el proceso del disparo, cuyas partículas generalmente se desvanecen en un corto período de tiempo, debido a la constitución físico químico de estos elementos, por lo que este fenómeno es aprovechado para detectar la presencia, o ausencia de los nitritos.

Esta prueba colorimétrica y de interpretación, depende del tipo de pólvora contenida en los cartuchos, por lo que se deben evaluar todas potenciales circunstancias para su detección. El resultado puede orientar al investigador a deducir si un arma de fuego, o los casquillos recolectados, tengan relación directa con los hechos que se indagan.

Reconstrucción de las trayectorias de los proyectiles

Cuando se requiere elaborar un dictamen de balística forense, encaminado a reconstruir las trayectorias que siguieron los proyectiles disparados sobre cualquier estructura, se recomienda iniciar con la fijación precisa de cada uno de los impactos, observando y clasificando cada uno por las características de sus bordes, o bien, ubicando las deformaciones, o posibles contactos posteriores, producidos por alguna de las balas. Debiendo plasmar la información en un borrador con las mediciones más exactas posibles.

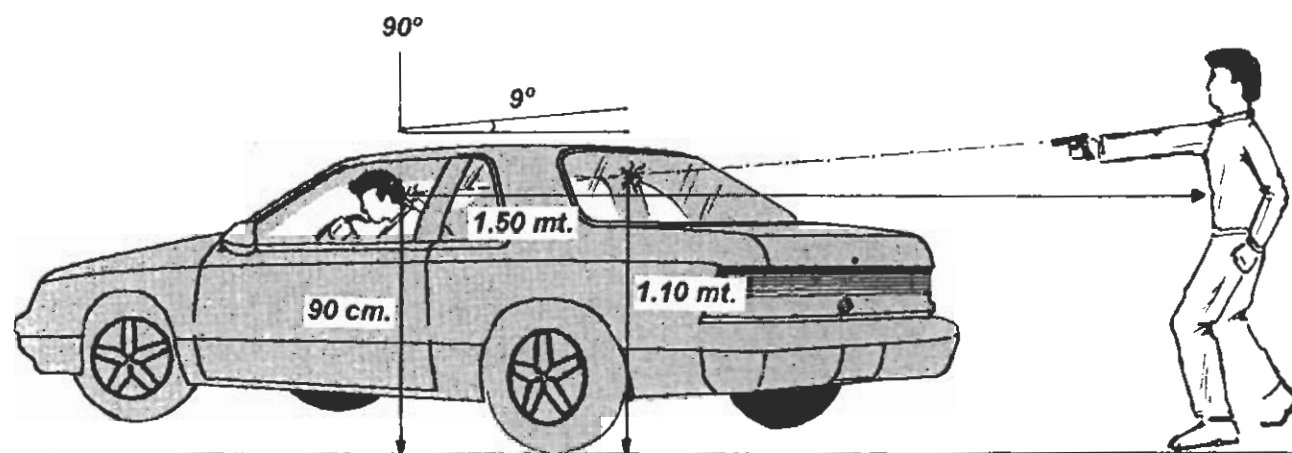
Enseguida, se debe proceder a la búsqueda y recolección de los proyectiles que hayan ocasionado los daños. Desde luego, en cadáveres, esta tarea corresponderá a los médicos forenses, y en otras estructuras será labor de los peritos en criminalística, o en balística. Cuando se hayan recabado indicios de tal índole, es conveniente señalar el lugar específico donde fueran localizados, para después elaborar los estudios que fuesen necesarios, debiendo ser remitidos en su oportunidad a la autoridad correspondiente para que de fe de su existencia.

En el momento en que se haya obtenido la suficiente información, se procederá a reconstruir las trayectorias de las balas, inclusive, en casos específicos, se puede establecer el ángulo en que realizaron cada uno de los disparos. Los casos más concretos se presentan en vehículos baleados, donde los proyectiles disparados sobre los ocupantes, pueden penetrar por los cristales, por los lienzos de las puertas, salpicaderos, cajuela, etc. Percibiendo que la mayoría de los proyectiles blindados, con una velocidad superior a los 300 m/s, tienen la capacidad de perforar los cristales y láminas de automotores convencionales, para continuar con suficiente velocidad remanente y producir otros daños en el interior de los mismos.

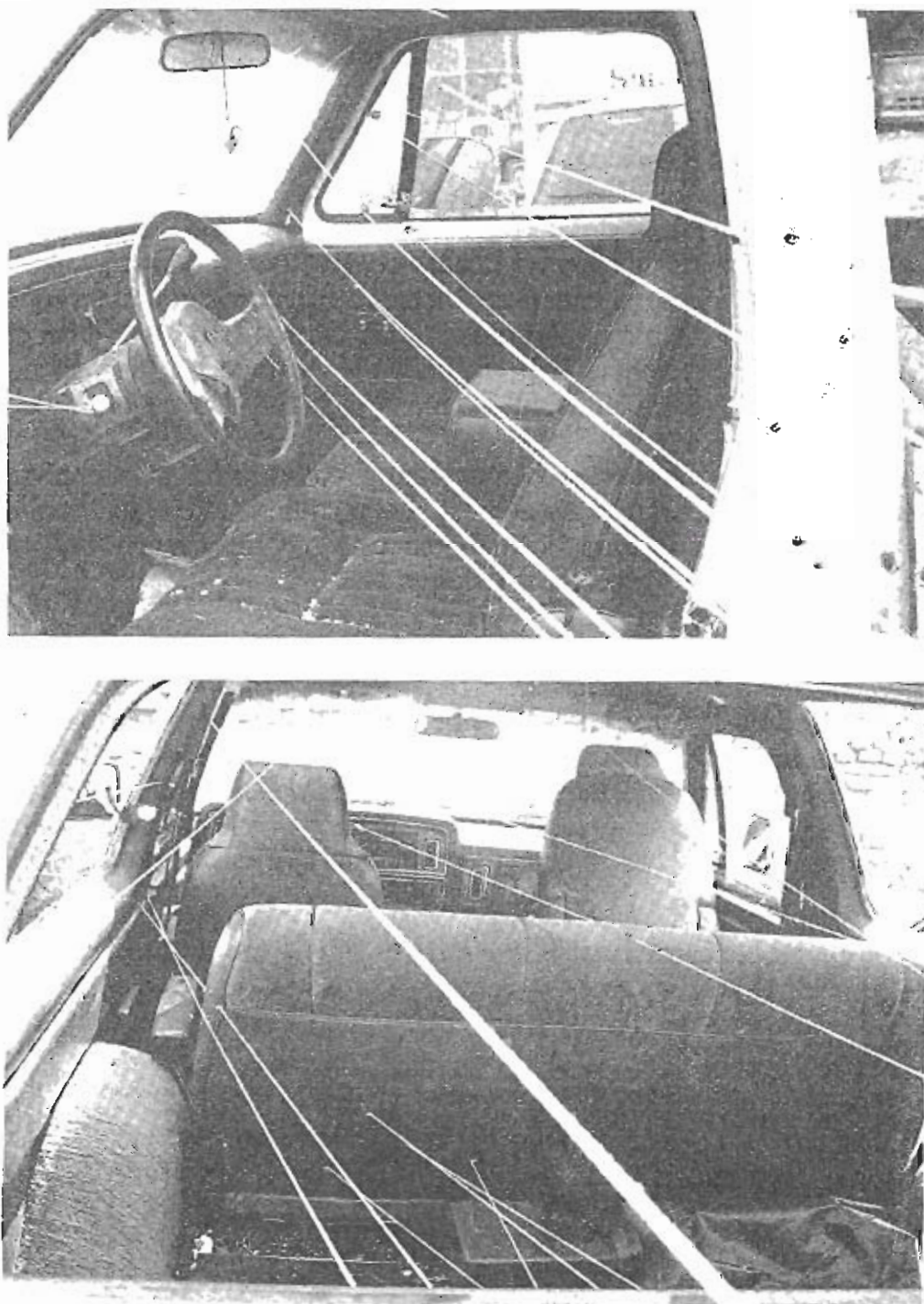
En vehículos donde se hubieran localizado orificios, o contactos producidos por proyectiles, tanto en su exterior como interior, se aconseja iniciar con la fijación del primer orificio de entrada, considerando su forma, dimensión y características de la estructura perforada. Para enseguida localizar un segundo impacto, o contado de la misma bala, en el interior del vehículo, y que concuerde con la secuencia del primer orificio examinado. De esta forma, se determina la trayectoria que siguió el proyectil que ocasionó ambos orificios, debiendo permanecer atentos a las posibles desviaciones de las balas al hacer contacto con estructuras de diferente densidad o dureza. Inclusive, una bala con suficiente velocidad y, siguiendo una trayectoria recta, puede producir más de tres orificios, o impactos, en forma secuencial en un automotor, hasta salir por la parte contraria, lo que se debe tomar en cuenta cuando se analiza cualquier asunto.

Aplicando funciones trigonométricas, o bien, elaborando gráficas a escala y empleando compás o transportador, se establece el ángulo de la trayectoria que siguió cada uno de los proyectiles disparados, incluso, se obtiene información para determinar la probable distancia a la cual se efectuaron estos.

Para ilustrar debidamente el dictamen resultante, se recomienda incluir gráficas o planimetrías, detallando la ubicación de cada impacto, u orificio detectado, y en su caso, el ángulo de incidencia de los disparos. Si el perito no cuenta con la habilidad para dibujar gráficas, se puede auxiliar de alguna persona capaz de elaborarlás, siempre y cuando, se vea supervisado por el primero. De esta forma, los dictámenes resultarán bastante eficaces, donde se explique técnicamente el desarrollo de los hechos que se investigan, aportando las pruebas necesarias para el esclarecimiento de los mismos. Un ejemplo simple es el siguiente:



Otra técnica para ilustrar las trayectorias de las balas, ya sea con fotografías, o vídeo, consiste en el tendido de líneas de hilo delgado, que relacionen de forma secuencial los orificios primarios y secundarios producidos por cada uno de los proyectiles disparados sobre la estructura que se examina. Este procedimiento resulta económico en su introducción, pero pudiera resultar complicado en su aplicación, ello depende de la cantidad de impactos presentes.



Tendido de líneas para reconstruir las trayectorias de los proyectiles

Para ello, inicialmente se procederá a establecer el área donde se efectuaron los disparos, basados en las características de los orificios de entrada, continuando con la secuencia de los impactos secundarios que las balas hayan ocasionado en el interior de la estructura, incluyendo las posibles desviaciones y rebotes. Entonces, se tiende una línea para cada trayectoria de bala, uniendo el orificio inicial con los impactos secundarios y, asegurando el extremo final del hilo por medio de clips o grapas para fijarlo. Enseguida, se estira el extremo inicial del hilo, desde afuera de la estructura afectada, dejando un tramo suficiente de línea, para ubicar su orilla en la posición probable en que se efectuaron originalmente los disparos.

Se pueden reconstruir individualmente las trayectorias de las balas, o en su conjunto, es decir, si se localizan varios impactos agrupados en una misma área, el tendido de una línea debe ser para cada trayectoria específica, o se pueden reconstruir todas las trayectorias al mismo tiempo, en cuyo caso, la ilustración gráfica se verá mucho más concluyente. La correspondiente toma de fotografías, o de vídeo, se deberá realizar de diferentes ángulos y posiciones (de arriba, de abajo y, de ambos costados), obteniendo con esto, un efecto óptico a veces indescifrable para algunas personas, pero bastante ilustrativo para cualquier autoridad. Para ello, únicamente se requiere que las personas encargadas de sostener las líneas, o que los instrumentos que se utilicen para sujetarlas, se encuentren fuera del objetivo de las cámaras, es decir, que no se manifiesten en las imágenes obtenidas.

La hipótesis

En opinión de Felipe Pardini, la hipótesis corresponde a la manifestación de una respuesta tentativa a un problema. Entonces, el planteamiento de una hipótesis eficaz y confiable, resulta de un análisis minucioso de todos los elementos involucrados en el hecho que se pretende resolver, esto se logra mediante la adecuación entre la teoría y su aplicación a través de la investigación desarrollada, en la búsqueda de relaciones significativas entre los fenómenos o variables, basándose en un conjunto de conocimientos bien definidos.

Por su parte, Rojas Soriano, señala que la hipótesis es aquella formulación que se apoya en un sistema de conocimientos organizados y sistematizados, estableciendo una relación entre dos o más variables a explicar y, si es posible, predecir los fenómenos que a esta le interesan, en el caso de que se compruebe la relación preestablecida.

Las fuentes de la hipótesis son:

1. La teoría, o sistema de conocimientos debidamente organizados y sistematizados.
2. La observación de hechos o fenómenos concretos, y sus posibles relaciones.
3. La información empírica disponible.

Considerando que en este apartado se está tratando sobre la reconstrucción de la posición víctima - victimario, bien pudiéramos agregar una cuarta fuente de información para el planteamiento de una hipótesis, la que consiste, en los resultados obtenidos de otros razonamientos técnicos y científicos previamente derivados del mismo hecho, tales como, --

el protocolo de necropsia, los dictámenes químicos, de criminalística de campo y, de otras disciplinas afines que hayan participado en la investigación original, al igual que de las indagatorias previas que se hayan llevado al cabo por la correspondiente autoridad, principalmente, las conformadas por la inspección ministerial del lugar de los hechos, y las declaraciones confiables de testigos presenciales de los mismos. Elementos que resultan de gran importancia para fundamentar la hipótesis, la que pueda resultar con una solidez inobjetable.

Para la comprobación de una hipótesis, debemos sujetarnos a la lógica, tanto formal, como dialéctica, pues la primera, conduce al razonamiento correcto de la ubicación específica de conceptos, y la segunda, al análisis de las infinitas relaciones entre los fenómenos y procesos. Una vez acatado lo anterior, se podrá ubicar específicamente el punto de la investigación.

En el desarrollo de una reconstrucción de eventos, donde se hayan efectuado disparos con armas de fuego, es indispensable elaborar la hipótesis, basándose esencialmente, en el examen minucioso de las estructuras afectadas por las balas que tienen estrecha relación con los hechos, implicando también, el análisis de los resultados de cada uno de los peritajes que al respecto fueran rendidos, entre los que destacan los siguientes:

- *El protocolo de necropsia.* Donde se establece las causas de la muerte de la víctima, además de manifestar la ubicación precisa de cada herida presente en el cadáver y, las características particulares de cada orificio o lesión, incluyendo la descripción del trayecto interno que siguieron los respectivos proyectiles.
- *El dictamen de criminalística de campo.* Donde se describe la posición, ubicación y orientación, en que fuera localizado el cadáver, incluyendo la fijación y recolección de cada uno de los indicios relacionados con el hecho.
- *Los dictámenes químicos.* Como las pruebas de rodizonato de sodio, o de absorción atómica, que ordinariamente se practican en las manos tanto de la víctima, como de los sospechosos de haber efectuado disparos de arma de fuego, las que determinan la presencia de residuos metálicos que se desprenden de tales acciones, y que, en el caso de obtener resultados positivos, se debe interpretar si la víctima, o demás personas, hubieron de realizar disparos, o bien, si estuvieron expuestos a contaminación por alguna causa ajena, o relacionada con el hecho mismo. Las pruebas de walker practicadas en las prendas de la víctima, que determinan las distancias probables a las que se efectuaron los disparos. Las pruebas de nitritos practicadas tanto al arma de fuego que se haya asegurado, como a los casquillos que se hubieran recolectado como indicios, donde se averigua si se encontraban recientemente disparados, y en su caso, deducir si tienen relación con los hechos.
- *Los dictámenes de balística forense.* Correspondientes a los estudios identificativos y comparativos, practicados en los casquillos y proyectiles recolectados como indicios, así como en las armas de fuego que se hubieran asegurado, donde se determina la relación de estos, con el particular evento que se investiga.

- *Los dictámenes dactiloscópicos.* Los que en casos de suicidio revisten significativa importancia, pues al revelar las huellas dactilares latentes en un arma de fuego, pueden establecer si realmente corresponden a la víctima, o a otra persona, con lo que se debe evaluar la naturaleza de las circunstancias.
- *Los dictámenes grafoscópicos.* Que también resultan importantes en casos de suicidio, cuando se localizan recados escritos por la propia víctima antes de su deceso, y que informan del fatal desenlace.

En general, previa evaluación técnica, se deben considerar todas aquellas fuentes de información que resulten confiables para forjar un criterio objetivo, que fundamente el planteamiento de la hipótesis.

Esto se dice, porque en algunas ocasiones se observan sustanciales divergencias entre lo declarado ministerialmente por un supuesto testigo presencial de los hechos, con respecto a los resultados obtenidos en un estudio forense. Tal es el caso, cuando una persona señala que observó que el victimario disparó en varias ocasiones sobre la cabeza de la víctima, sin embargo, en el protocolo de la necropsia, se establece que el cadáver presenta las heridas en el tórax. O bien, cuando los testigos se conducen con parcialidad, tendiendo a favorecer, o ha incriminar con su dicho, a personas que se ven involucradas en el desarrollo de algún hecho. Estas referencias corresponden a ejemplos burdos, no obstante, pueden ser comunes en el ambiente de procuración de justicia, por lo que se recomienda permanecer atentos ante tales situaciones.

Para concluir con este apartado, se incluyen dos ejemplos ilustrados sobre el desarrollo de hipótesis de balística de trayectorias y efectos, relacionadas con hechos reales y diferentes, que en su oportunidad, fueran solicitadas por los representantes sociales, donde las solicitudes requerían, que los peritos en balística forense establecieran la posición víctima - victimario, cuyos dictámenes fueron rendidos en las siguientes condiciones.

Primer ejemplo

Corresponde a la muerte de un individuo que fuera localizada en el interior de un automóvil compacto, situado este, sobre un terraplén a las orillas de la cinta asfáltica de una carretera, en zona despoblada. Del que reportaron las autoridades que llegaron al lugar, que el vehículo aun se encontraba con el motor y los faros encendidos, información que resulta valiosa para establecer ciertas consideraciones, como el tiempo aproximado en que se suscitaron los hechos y, la posible oscuridad natural que privará durante el desarrollo de los mismos.

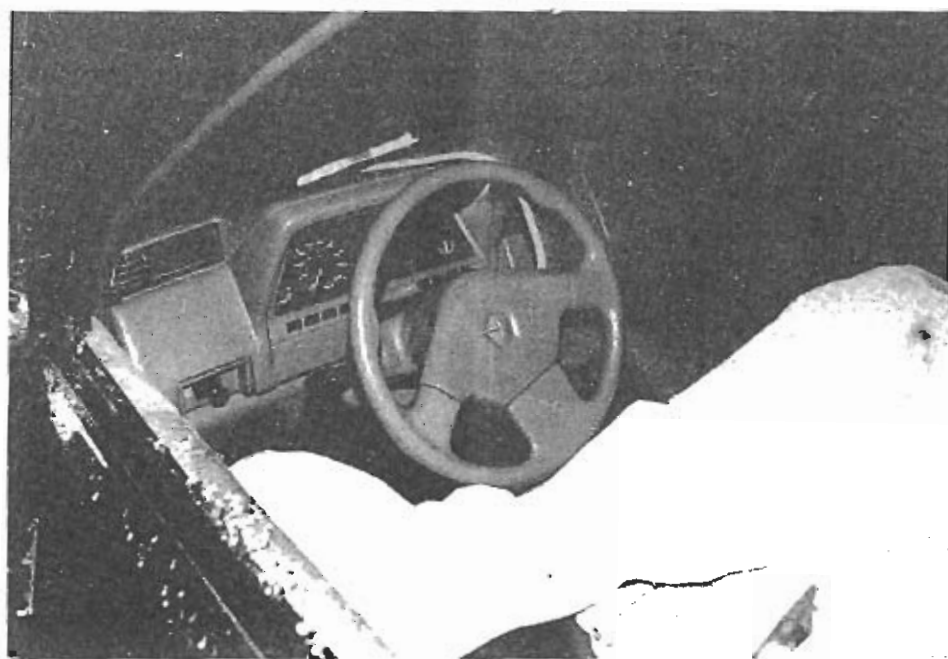
De este evento, previamente fue elaborado un detallado dictamen de criminalística de campo, donde se manifestaban, entre otros aspectos, la ubicación y orientación del automotor, la posición del cadáver y la fijación de cuatro casquillos indicios, lo que fue ilustrado por medio de fotografías y planimetrías.



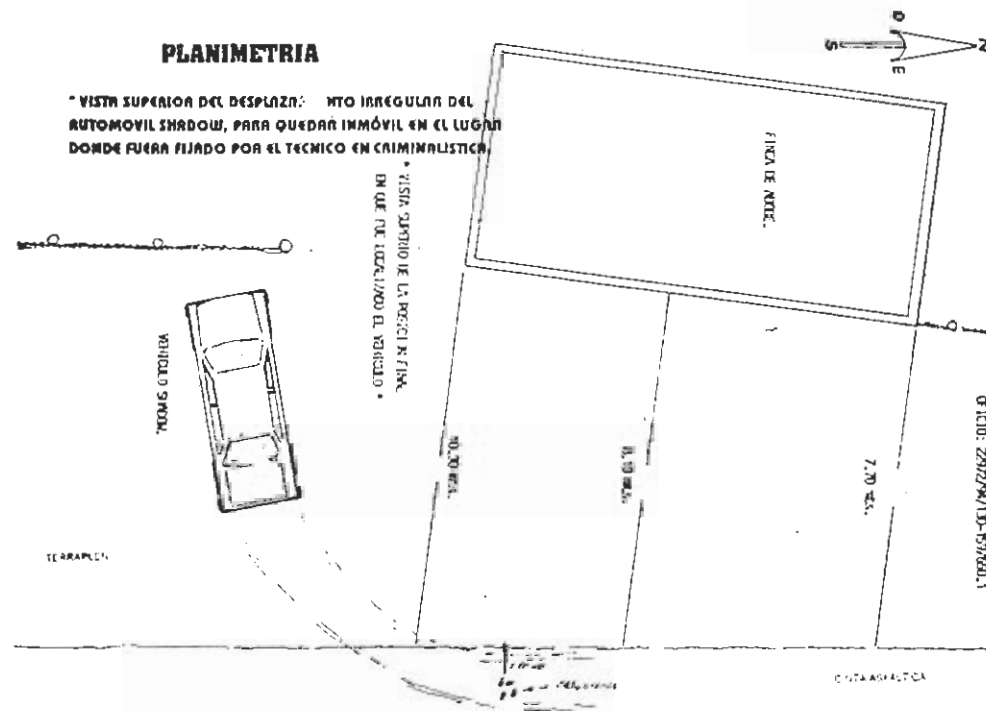
Ubicación del automóvil



Ubicación del automóvil



Diferentes ángulos de la posición de la víctima



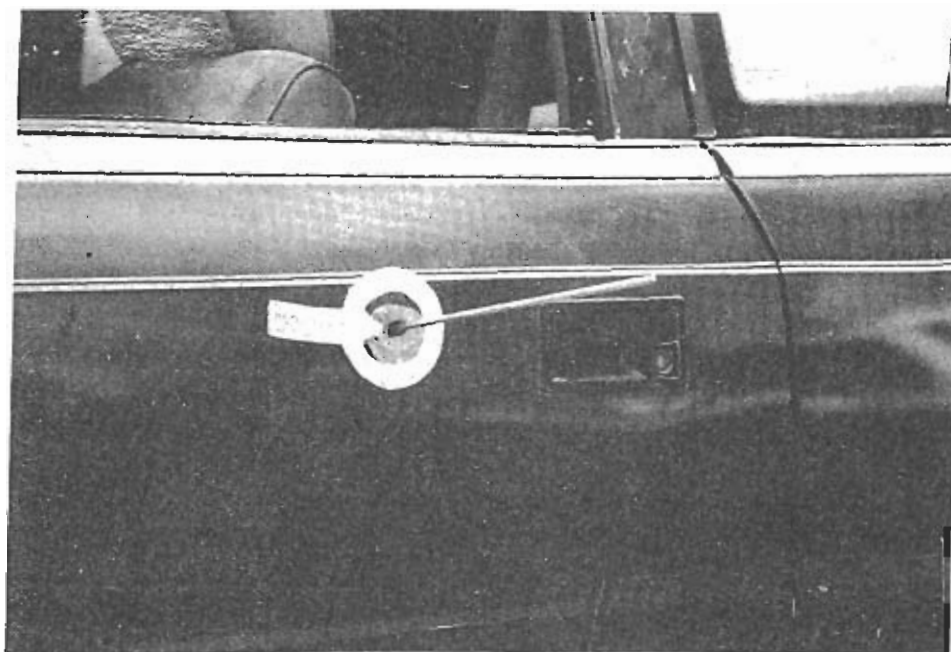
Planimetría de la ubicación del vehículo y demás indicios

Posterior al análisis del dictamen de criminalística, fue necesario realizar un segundo examen del lugar de los hechos y del propio automóvil, para tratar de localizar otros indicios y, obtener mayor información útil para el planteamiento de la hipótesis, de ahí que se desprendan las siguientes consideraciones.

Del examen físico a que fue sometido el automóvil de la marca Chrysler, tipo Shadow, modelo 1992, de 2 puertas, se detectó que presentaba cinco impactos de bala, cuatro de ellos, originados por la trayectoria secuencial de un solo proyectil, situados todos de la siguiente manera:

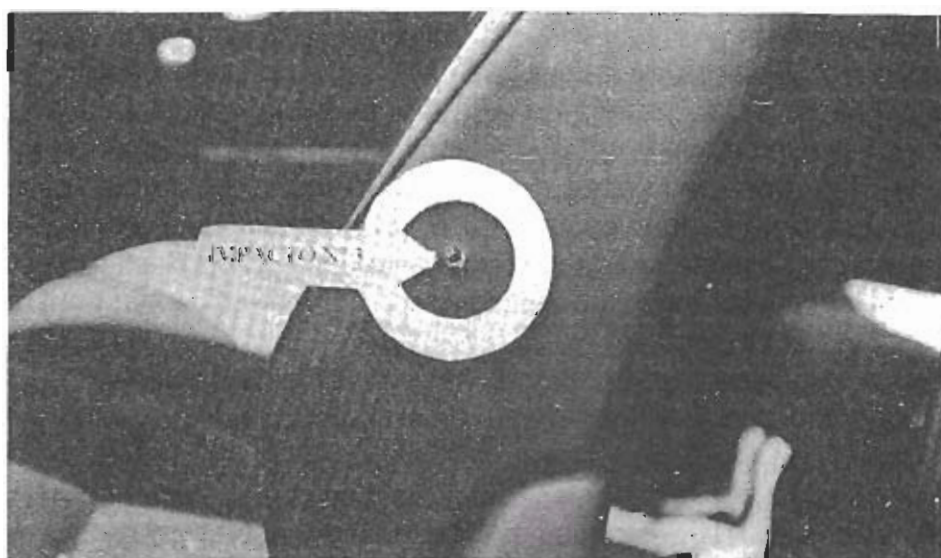
Impacto 1- Con características de orificio de entrada, localizado sobre el lienzo exterior de la puerta izquierda y cercano a la chapa, situado a una distancia de 36 cm con respecto a su borde derecho y, a una altura de 16 cm por debajo del marco de la ventanilla, originando una perforación sobre la lámina de forma irregular de 20 x 18 mm, con bordes invertidos. El proyectil que produjo este orificio, continuó con una trayectoria ligeramente descendente, atravesando el grueso de puerta y producir el siguiente impacto.

**Impacto 2-* Con características de orificio de salida, localizado sobre la cubierta interior de la misma puerta izquierda, situado a una distancia de 40 cm con respecto al borde derecho y, a una altura de 20 cm por debajo del marco de la ventanilla, originando una perforación sobre la cubierta de cartón tapizada con tela, de forma circular y de 15 mm de diámetro, con bordes evertidos. El proyectil que produjo dicho orificio, continuo con suficiente velocidad remanente, para ocasionar el siguiente impacto.



Ubicación gráfica del impacto 1

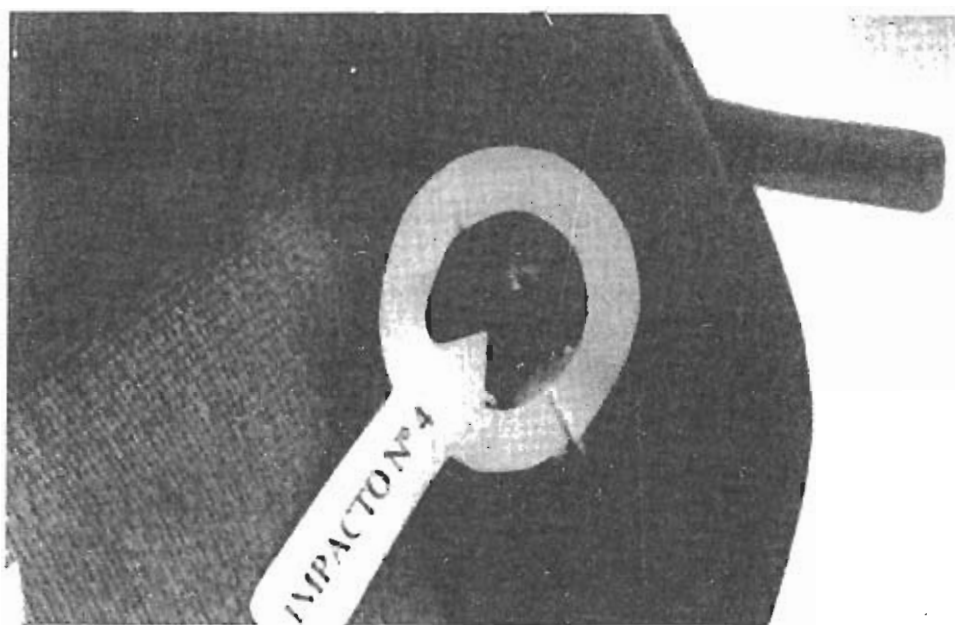
**Impacto 3-* Nuevamente con características de orificio de entrada, localizado sobre el costado izquierdo del respaldo del asiento del conductor, situado a una altura de 30 cm con respecto al borde superior y, a una distancia de 5 cm con respecto al borde lateral derecho (visto de frente), produciendo una perforación sobre la tapicería de vinyl de forma irregular, con un diámetro aproximado de 9 mm y de bordes invertidos. El proyectil que produjo este orificio, continuó con una trayectoria suficiente para ocasionar el siguiente impacto.



Ubicación gráfica del impacto 3

**Impacto 4-* Nuevamente con características de orificio de salida, localizado sobre el área frontal del mismo respaldo del asiento del conductor, sobre su costado lateral izquierdo (visto de frente), situado a una altura de 32 cm con respecto al borde superior y, a una distancia de 10 cm con respecto al borde del costado derecho, ocasionando una perforación de forma irregular sobre la tapicería de tela, con bordes evertidos.

* El proyectil que produjo los cuatro impactos de referencia, continuó con suficiente velocidad remanente, para inmediatamente lesionar a la persona sentada sobre el asiento y producir la herida que este presentará sobre la zona lumbar izquierda. La trayectoria que siguió el proyectil simple, que ocasionó los cuatro impactos de referencia, se presenta de afuera hacia adentro, de izquierda a derecha, de atrás hacia adelante, y ligeramente de arriba hacia abajo.



Ubicación gráfica del impacto 4

**Impacto 5-* Con características de orificio de entrada, producido por una segunda bala, localizado sobre el borde de la cubierta de la puerta derecha, a una distancia de 51 cm por debajo del marco de la ventanilla y, a una distancia de 38 cm con respecto al borde lateral derecho, ocasionando una perforación de forma irregular sobre la tapicería de tela, penetrando al interior del bastidor de la puerta. El proyectil que produjo el impacto, se fracturó en dos porciones, quedando depositadas en el inferior del bastidor, de donde fueron recolectadas para su posterior estudio balístico.

* La trayectoria que siguió el proyectil, se presenta de atrás hacia adelante, de afuera hacia adentro, de izquierda a derecha, y ligeramente de arriba hacia abajo.

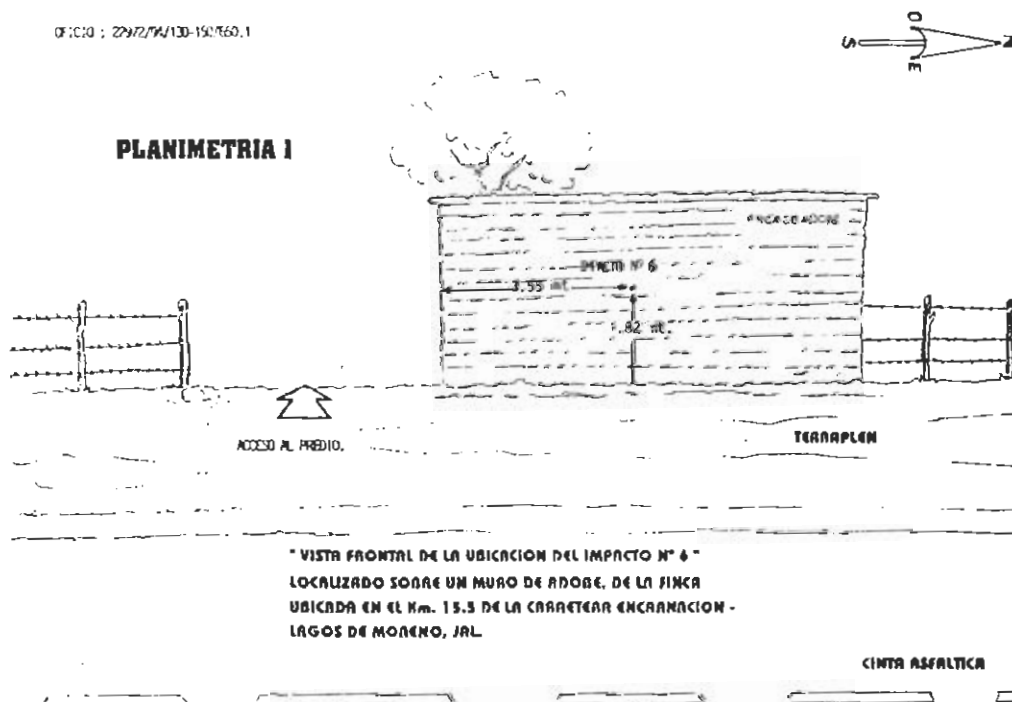
Continuando con el examen del automóvil, se detectó que los cristales de ambas puertas se encuentran destruidos en su totalidad y, varios de sus fragmentos se depositaron en el piso y sobre los asientos delanteros, deduciendo que la destrucción de los cristales fue por consecuencia de impactos de proyectil de arma de fuego.

También se localizaron tres manchas de líquido sanguíneo, aun húmedas. Una de ellas de irregular forma, situada sobre el asiento del conductor, ocupando una superficie aproximada a los 30 cm cuadrados. La segunda de forma irregular, situada sobre el respaldo del mismo asiento, con características de escurrimiento, con una longitud aproximada a los 25 cm, y una amplitud de 12 cm. La tercera, localizada sobre el asiento correspondiente al acompañante del conductor, de forma irregular y ocupando una superficie aproximada a los 25 cm cuadrados. Considerando la posición en que fuera encontrado el cadáver, se desprende, que la sangre corresponde a la expulsión de este líquido por las heridas inferidas al mismo.

Con relación al examen del área donde se suscitaron los hechos, fue localizado otro impacto de proyectil de arma de fuego, el que fuera considerado como sexto, de acuerdo a la secuencia de los impactos previamente señalados, situado de la siguiente manera:

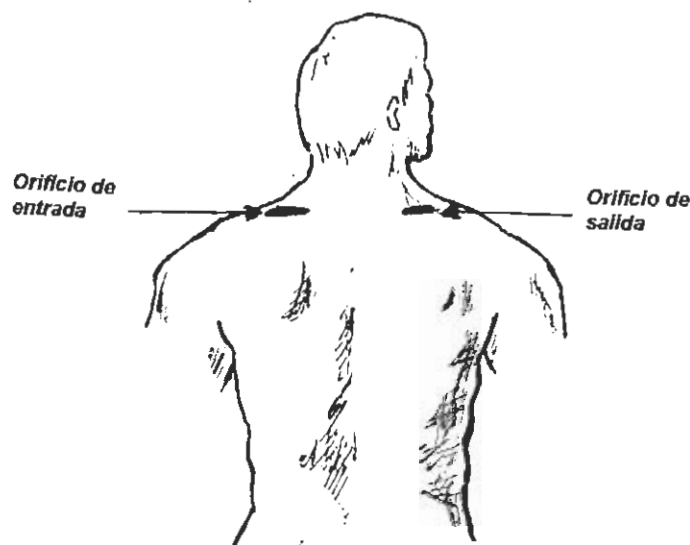
* *Impacto 6-* Localizado sobre el exterior de un muro de adobe, que conforma una finca hasta el momento deshabitada, ubicado a una altura de 1.82 mt con respecto al piso y, a una distancia de 3.55 mt con respecto al borde del costado izquierdo (visto de frente), ocasionando una perforación de forma circular, de 20 mm de diámetro, quedando alojado el respectivo proyectil, de donde fue recabado para su posterior estudio balístico.

* Por presentarse un solo orificio sobre el muro de adobe y, considerando la posición en que fuera localizado el vehículo de la víctima, aunado a la altura en que este se encuentra (1.82 mt), únicamente se establece, que la trayectoria que siguió el proyectil es de, abajo hacia arriba y de oriente a poniente.



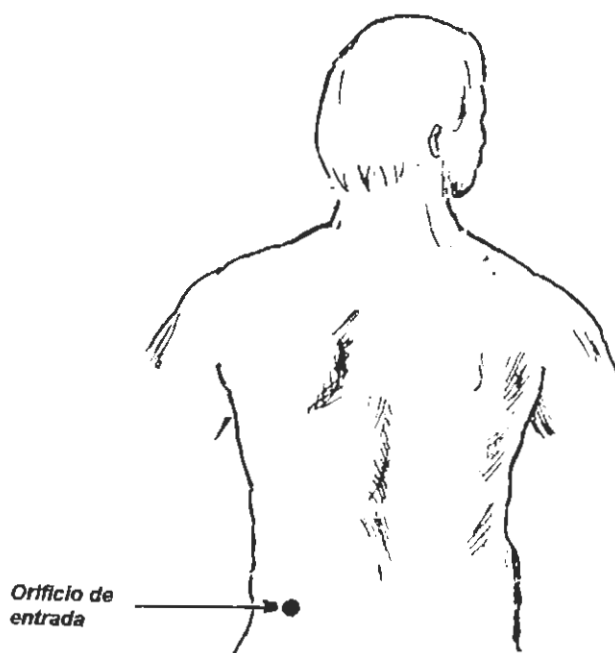
Ubicación gráfica del impacto 6

- La tercera herida en sedal, localizada en tórax posterior, la que produjo dos orificios a una distancia de 8 cm uno de otro, situados ambos a nivel escapular y por debajo de la base del cuello. El orificio de entrada en hemitorax izquierdo, de forma alargada de 35 mm de longitud y con bordes invertidos. El segundo de salida, localizado sobre hemitorax derecho, de forma alargada y de 20 mm de longitud, con bordes evertidos. El trayecto que siguió el proyectil, se presenta, de izquierda a derecha, de manera perpendicular y horizontal, con respecto al eje vertical de la víctima.



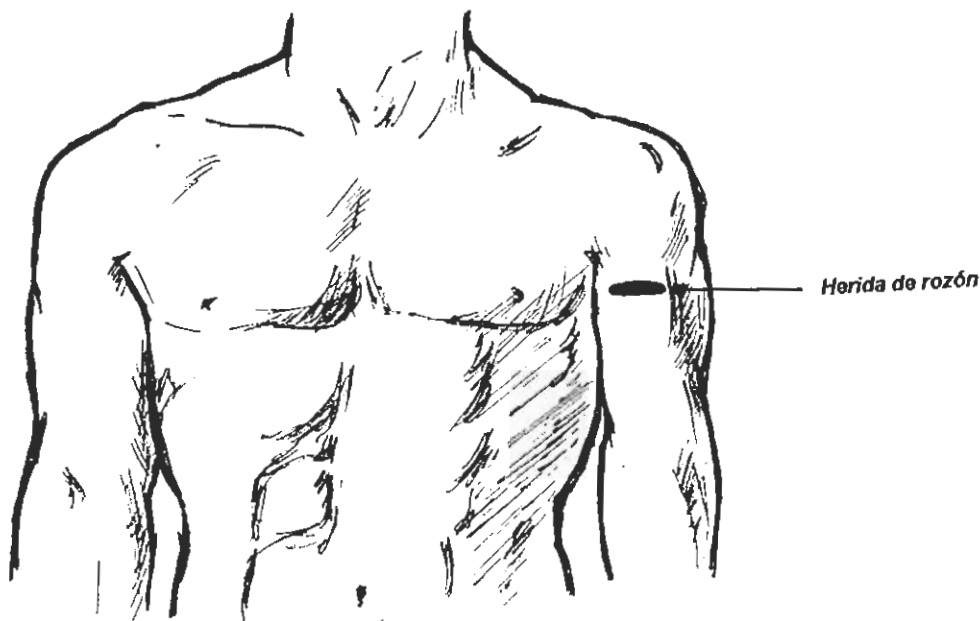
Ubicación gráfica de la tercera herida

- La cuarta herida localizada en región lumbar izquierda, con un solo orificio de entrada, situado por encima de la cresta ilíaca, a una distancia de 10 cm con respecto a la línea media, a nivel de L3, de forma circular y de 9 mm de diámetro, de bordes invertidos. El trayecto que siguió el proyectil, se presenta, de izquierda a derecha, de atrás hacia adelante, y ligeramente se arriba hacia abajo.



Ubicación gráfica de la cuarta herida

- La quinta herida con características de rozón, localizada en cara anterior del brazo izquierdo, en su tercio medio, de forma alargada y de 28 mm de longitud. De esta herida, únicamente se desprende que el trayecto que siguió el proyectil, se presenta, de izquierda a derecha.



Ubicación gráfica de la quinta herida

2. *Dictamen de criminalística de campo.* Correspondiente a la fijación del lugar de los hechos y levantamiento de cadáver, del que se obtiene la información relacionada con las circunstancias latentes en el área de los acontecimientos, y que principalmente consiste en lo siguiente:
 - La ubicación y orientación del automóvil.
 - La ubicación y posición de la víctima.
 - La ubicación de los cuatro casquillos indicios, los que fueran localizados a la orilla de la cinta asfáltica, a una distancia diagonal de 7 metros con respecto a la defensa posterior del vehículo.
 - La descripción técnica de las heridas que presentará el cadáver.
 - Las distancias obtenidas entre el vehículo y demás estructuras cercanas a la fijación del cadáver.
 - Las características topográficas de la zona.
3. *Dictamen químico.* Correspondiente a las pruebas colorimétricas y fisicoquímicas, para la identificación de las partículas metálicas que se desprenden de los disparos de arma de fuego, practicada en ambas manos del cadáver, donde se obtuvieron resultados negativos, siendo indicativo que la víctima previamente no efectuó disparos de arma de fuego, o que estuvo muy cercano a tales acciones.
4. *Dictamen químico.* Correspondiente a la prueba de walker, practicada en la camisa de la víctima, específicamente sobre los orificios de entrada de los proyectiles, obteniendo resultados negativos, lo que técnicamente es indicativo que los respectivos disparos fueron realizados a distancias mayores de un metro.

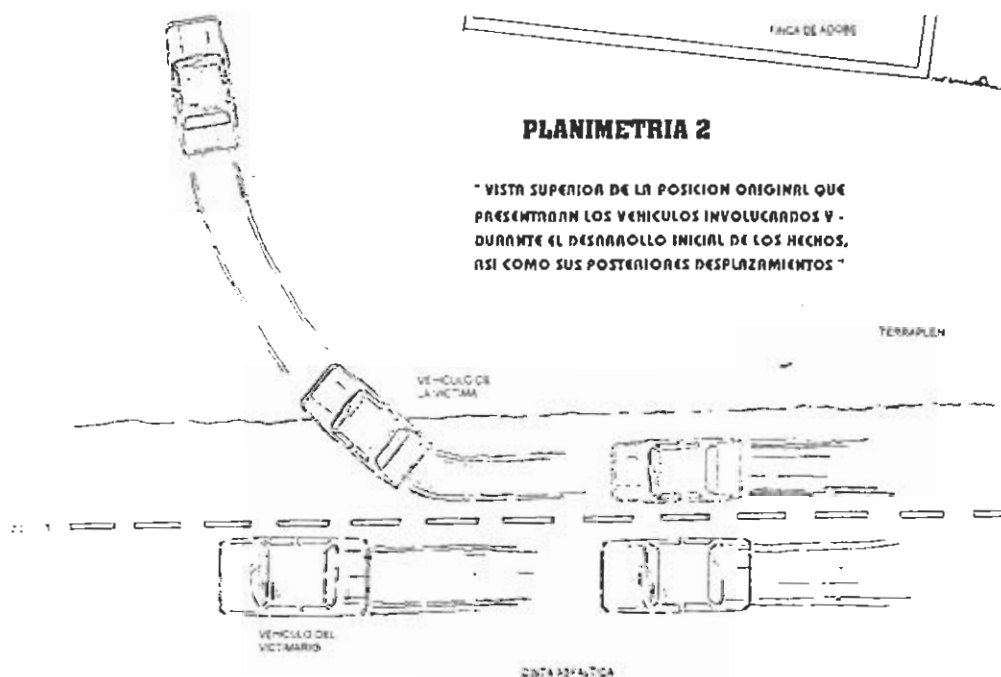
5. *Dictamen de balística forense.* Correspondiente a los estudios identificativos y comparativos, a que fueron sometidos los casquillos y proyectiles indicios, estableciendo que estos corresponden al calibre nominal 9 mm Luger/Parabellum, y que fueron disparados por una sola arma de fuego, donde probablemente se haya empleado una pistola semiautomática, de la marca Smith & Wesson, modelo 469, fabricada en los Estados Unidos.

Para el planteamiento de la hipótesis, se aplicaron criterios objetivos, basados en el análisis minucioso de cada una de las fuentes de información fidedigna, la que a continuación se desarrolla:

Primero. Se considera únicamente el desenlace de los hechos, evitando los posibles sucesos anteriores a los mismos, que pudieran relacionar algún conflicto entre la víctima y su victimario.

Segundo. El ahora finado, en los momentos previos a la agresión de que fuera objeto, tripulaba el automóvil Shadow por la carretera estatal, con dirección de norte a sur, deduciendo que los cristales de ambas puertas se encontraban cerrados.

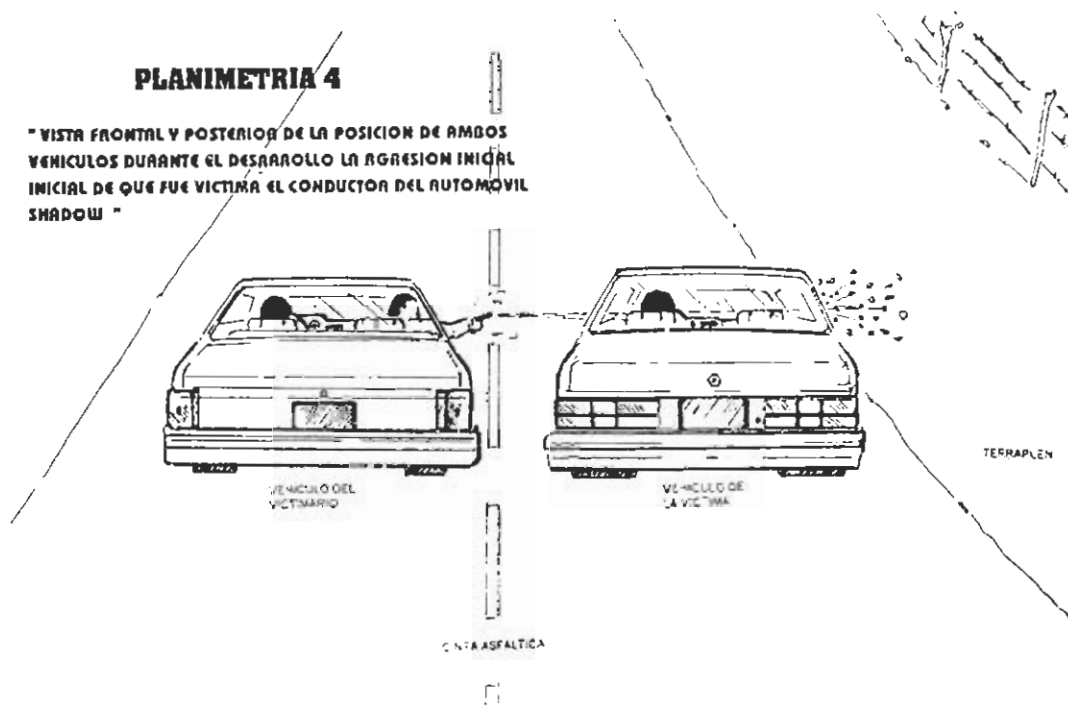
Tercero. Por las características de la carretera de dos carriles (con direcciones opuestas), se desprende que un segundo vehículo, ocupado por el victimario, se desplazaba en la misma dirección (de norte a sur) y por detrás del automotor que tripulaba la víctima, el que procedió a realizar la maniobra de rebasar, invadiendo momentáneamente el carril contrario para así emparejarse con el automóvil Shadow, mediando una distancia relativamente corta entre ambos vehículos, para encontrarse por unos instantes de forma paralela.



Gráfica sobre el probable desplazamiento de los vehículos

Cuarto. De acuerdo a la ubicación de los cinco orificios de proyectil en el automóvil Shadow, cuatro de ellos ocasionados por un solo proyectil, y el restante por una segunda bala, incluyendo las trayectorias preestablecidas de los mismos, además de considerar la ubicación y características de las heridas inferidas a la víctima y, la posición en que fueran ubicados los cuatro casquillos indicios (en la orilla de la cinta asfáltica). Se establece que el segundo vehículo (en el que desplazaba al victimario), corresponde a un automotor con una altura similar, con respecto al automóvil de la víctima.

Quinto. Se deduce que el vehículo del victimario, estaba ocupado por un mínimo de dos personas, una que conducía el automotor, y otra situada en el asiento contiguo, siendo esta última la que efectuó los disparos sobre la víctima. Esto se desprende, del hecho de que el conductor de dicho vehículo, no pudo realizar los disparos desde una posición más alejada de la víctima, por su condición de chofer, y por la relativa precisión con que fueron acertados los disparos sobre el finado. Además, si el conductor hubiera efectuado los disparos, los respectivos casquillos expulsados por una pistola semiautomática, probablemente se hayan depositado en el interior de su propio vehículo, aun cuando hubiera estirado lo más posible su brazo. Así que, se establece que el acompañante del conductor, empleando una pistola del calibre nominal 9 mm Luger, efectuó un mínimo de seis disparos sobre su víctima, accionando el arma con su mano derecha y por fuera de la ventanilla de su puerta, por ser la posición más adecuada de acuerdo a su ubicación dentro del automóvil. De esta forma, los casquillos desalojados por la pistola, quedaron depositados sobre la cinta asfáltica (observar gráfica 4).



Gráfica sobre el probable desarrollo de la agresión.

Sexto. Se establece que los disparos se realizaron secuencialmente uno de otro, es decir, en un breve lapso de tiempo, y en un tramo de carretera de escasos 05 metros de distancia, iniciando por enfrente del costado Norte donde comienza la construcción de adobe, ubicada al extremo Poniente de la carretera, para finalizar sobre el límite Sur de la referida finca. La distancia antes considerada, en relación con los disparos secuenciales, se misura por la velocidad de desplazamiento de ambos vehículos.

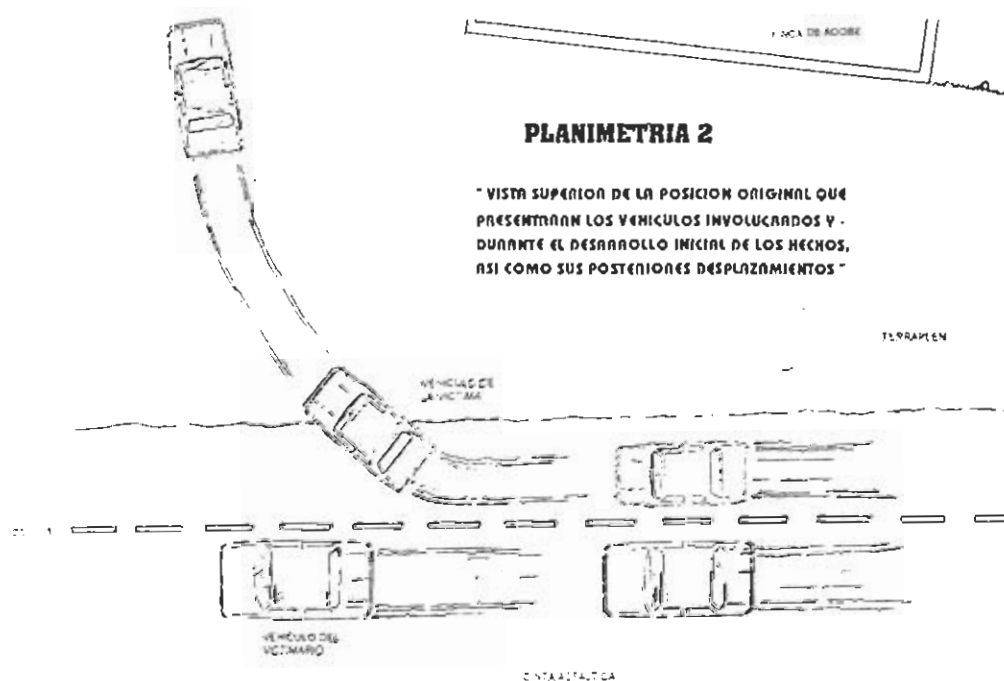
5. *Dictamen de balística forense.* Correspondiente a los estudios identificativos y comparativos, a que fueron sometidos los casquillos y proyectiles indicios, estableciendo que estos corresponden al calibre nominal 9 mm Luger/Parabellum, y que fueron disparados por una sola arma de fuego, donde probablemente se haya empleado una pistola semiautomática, de la marca Smith & Wesson, modelo 469, fabricada en los Estados Unidos.

Para el planteamiento de la hipótesis, se aplicaron criterios objetivos, basados en el análisis minucioso de cada una de las fuentes de información fidedigna, la que a continuación se desarrolla:

Primero. Se considera únicamente el desenlace de los hechos, evitando los posibles sucesos anteriores a los mismos, que pudieran relacionar algún conflicto entre la víctima, su victimario.

Segundo. El ahora finado, en los momentos previos a la agresión de que fuera objeto tripulaba el automóvil Shadow por la carretera estatal, con dirección de norte a sur deduciendo que los cristales de ambas puertas se encontraban cerrados.

Tercero. Por las características de la carretera de dos carriles (con direcciones opuestas), se desprende que un segundo vehículo, ocupado por el victimario, se desplazaba en la misma dirección (de norte a sur) y por detrás del automotor que tripulaba la víctima, el que procedió a realizar la maniobra de rebasar, invadiendo momentáneamente el carril contrario, para así emparejarse con el automóvil Shadow, mediando una distancia relativamente corta entre ambos vehículos, para encontrarse por unos instantes de forma paralela.



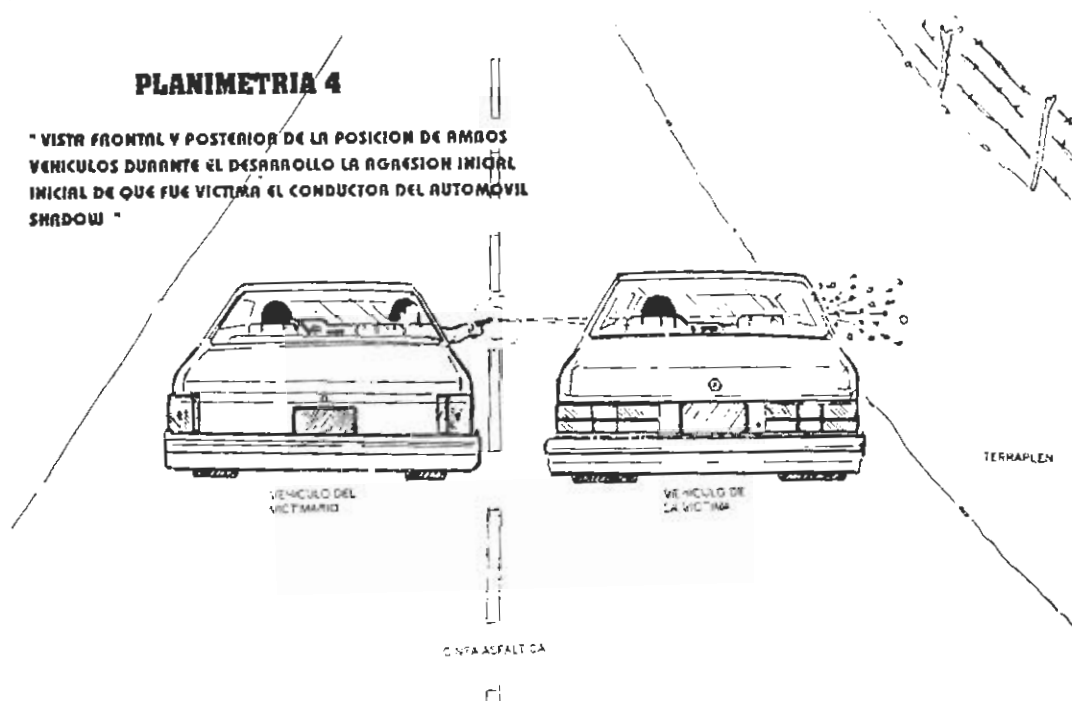
Gráfica sobre el probable desplazamiento de los vehículos

Cuarto. De acuerdo a la ubicación de los cinco orificios de proyectil en el automóvil Shadow, cuatro de ellos ocasionados por un solo proyectil, y el restante por una segunda bala, incluyendo las trayectorias preestablecidas de los mismos, además de considerar la ubicación y características de las heridas inferidas a la víctima y, la posición en que fueran ubicados los cuatro casquillos indicios (en la orilla de la cinta asfáltica). Se establece que el segundo vehículo (en el que desplazaba al victimario), corresponde a un automotor con una altura similar, con respecto al automóvil de la víctima.

Quinto. Se deduce que el vehículo del victimario, estaba ocupado por un mínimo de dos personas, una que conducía el automotor, y otra situada en el asiento contiguo, siendo esta última la que efectuó los disparos sobre la víctima. Esto se desprende, del hecho de que el conductor de dicho vehículo, no pudo realizar los disparos desde una posición más alejada de la víctima, por su condición de chofer, y por la relativa precisión con que fueron acertados los disparos sobre el finado. Además, si el conductor hubiera efectuado los disparos, los respectivos casquillos expulsados por una pistola semiautomática, probablemente se hayan depositado en el interior de su propio vehículo, aun cuando hubiera estirado lo más posible su brazo. Así que, se establece que el acompañante del conductor, empleando una pistola del calibre nominal 9 mm Luger, efectuó un mínimo de seis disparos sobre su víctima, accionando el arma con su mano derecha y por fuera de la ventanilla de su puerta, por ser la posición más adecuada de acuerdo a su ubicación dentro del automóvil. De esta forma, los casquillos desalojados por la pistola, quedaron depositados sobre la cinta asfáltica (observar gráfica 4).

PLANIMETRIA 4

" VISTA FRONTAL Y POSTERIOR DE LA POSICION DE AMBOS VEHICULOS DURANTE EL DESARROLLO LA AGRESION INICIAL INICIAL DE QUE FUE VICTIMA EL CONDUCTOR DEL AUTOMOVIL SHADOW "



Gráfica sobre el probable desarrollo de la agresión.

Sexto. Se establece que los disparos se realizaron secuencialmente uno de otro, es decir, en un breve lapso de tiempo, y en un tramo de carretera de escasos 05 metros de distancia, iniciando por enfrente del costado Norte donde comienza la construcción de adobe, ubicada al extremo Poniente de la carretera, para finalizar sobre el límite Sur de la referida finca. La distancia antes considerada, en relación con los disparos secuenciales, se misura por la velocidad de desplazamiento de ambos vehículos.

Séptimo. De las heridas inferidas a la víctima, por su ubicación y características, así como por el trayecto que siguieron los proyectiles dentro del cuerpo, se desprende que los respectivos disparos presentan una secuencia simultánea, donde el lapso transcurrido, entre el primer y último de los disparos, se estima de 3 a 4 segundos.

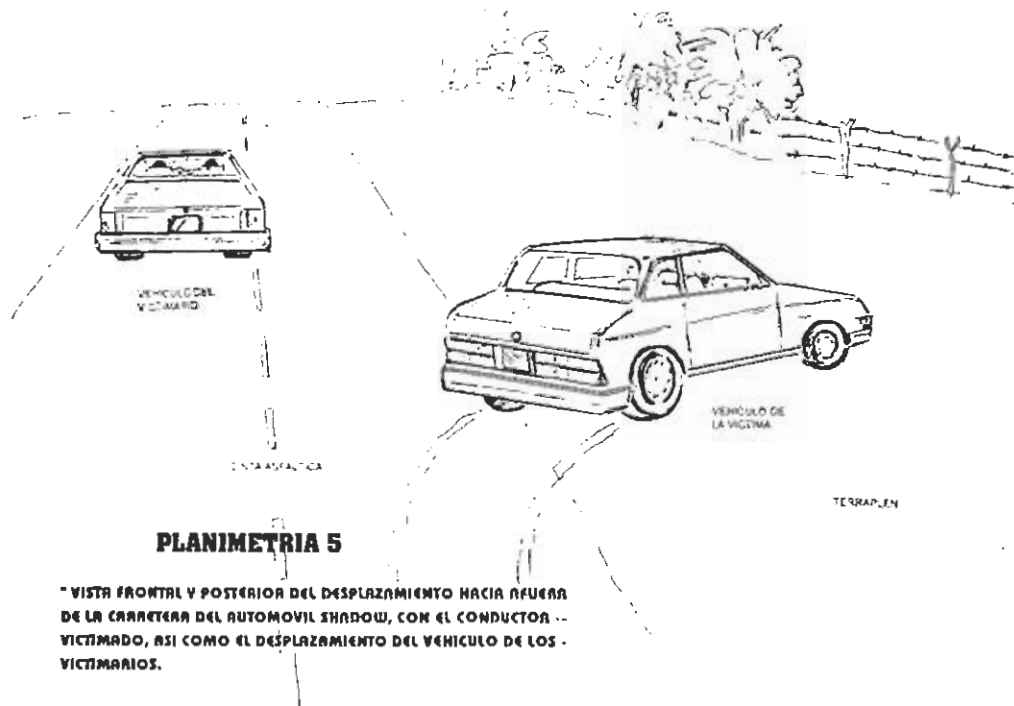
También se establece, que fueron realizados durante ese tiempo, un mínimo de seis disparos con una secuencia de atrás hacia adelante con relación al eje vertical del cuerpo de la víctima, que en esos momentos se presentaba en posición sédente como conductor del automóvil.

De esta secuencia de disparos, se encuentran considerados los impactos ocasionados tanto al vehículo de la víctima, como al del muro de adobe (señalado como impacto 6). Por lo tanto, se establece que la secuencia de los disparos que produjeron las cinco heridas en la víctima, se realizaron de la siguiente forma:

- *El primer disparo.* Produjo la herida que el occiso presentará en la región del tórax posterior y por debajo de la base del cuello, con orificio de entrada en el hemitorax izquierdo y con orificio de salida en el hemitorax derecho. Correspondiendo a un disparo perpendicular, siguiendo el proyectil una trayectoria horizontal, considerando que el ahora occiso, conducía el automóvil Shadow en posición vertical sédente, el que probablemente no se percató inicialmente de la agresión. También se deduce que la bala, con una trayectoria rasante, inicialmente ocasionó la destrucción del cristal de la puerta del conductor, y posteriormente, la del cristal de la puerta contraria.
- *El segundo disparo.* Efectuado simultáneamente al primero, causando la herida de entrada en la cara externa del tercio superior del brazo izquierdo, originando la salida por el lado contrario, para nuevamente penetrar en la cara lateral del hemitorax izquierdo, a nivel del hueco axilar. Este disparo fue realizado perpendicularmente y siguiendo la bala una trayectoria horizontal, encontrándose la víctima básicamente en la misma posición.
- *El tercer disparo.* Produjo la herida de entrada sobre la región temporal izquierda, por arriba del pabellón auricular, con salida en la región parietal-occipital derecha, siguiendo una trayectoria de izquierda a derecha, de abajo hacia arriba y de adelante a atrás, la que corresponde a un disparo perpendicular, efectuado cuando la víctima ya presentaba una herida grave (por la lesión penetrante de tórax), provocando que su cuerpo iniciara un desplazamiento natural, e inmediato, hacia su costado derecho, el que al encontrarse ligeramente inclinado, fue que recibió el impacto.
- *El cuarto disparo.* Corresponde a la herida en el tercio superior y cara externa del brazo izquierdo (en sedal), esta se origina cuando el brazo de la víctima aun se encontraba extendido y sujetando el volante, donde el disparo fue realizado ligeramente de arriba hacia abajo, siguiendo la bala una trayectoria descendente, para impactarse posteriormente sobre la cubierta interior de la puerta contraria (derecha), la que se fracturó en dos secciones, quedando alojadas en el interior del bastidor, de donde fueron recabadas.

- *El quinto disparo.* Produjo la herida de la región lumbar izquierda, por encima de la cresta iliaca, originada por un disparo efectuado ligeramente de arriba hacia abajo, donde el proyectil inicialmente penetró sobre el lienzo de la puerta izquierda (impacto 1 en el automóvil), perforando la cubierta interna de la misma, para posteriormente lesionar a la víctima.

Este disparo se efectuó, cuando el finado había perdido el control de su automóvil, virando de manera natural, por la procedencia de los disparos, hacia el costado derecho de su desplazamiento, para salirse de la carretera y detenerse en el terraplén (observar planimetría 5).



Gráfica sobre el probable desplazamiento de los vehículos

Octavo. Con respecto al impacto en el muro de adobe, de la finca ubicada al costado Poniente de la carretera (señalado como 6), por la altura en que fuera fijado (1.82 mt), se deduce que fue ocasionado por un sexto disparo efectuado por el victimario, mediando una distancia aproximada a los 15 mt, entre la posición de su vehículo en la carretera y la ubicación del respectivo muro, con una trayectoria del proyectil de abajo hacia arriba. Esto sucede al final del evento, detectando una trayectoria ligeramente tangencial de la bala, a la izquierda del eje vertical de la pared, y cuando el vehículo del victimario había sobrepasado la posición del automóvil de la víctima, cuyo proyectil no llegó a impactar la estructura de este último.

Noveno. La recolección de únicamente cuatro casquillos indicios, con relación a los seis disparos efectuados en este hecho, nos hace suponer, que los dos casquillos faltantes posiblemente quedaron depositados en el interior del vehículo del victimario, por efectos de la expulsión propia del arma de fuego que los hubo de disparar, o bien, que estos al caer sobre el piso de la cinta asfáltica, rebotaron y se depositaron entre la maleza presente a las orillas de la carretera, por lo que no fueron localizados.

Décimo. Consultando información de fabricantes de cartuchos, se encontró que los proyectiles blindados, del calibre nominal 9 mm Parabellum, con un peso de 124 granos, disparados por un cañón de 4 pulgadas, desarrollan una velocidad inicial aproximada a los 1120 pies/segundo (341 m/s), generando una energía de 345 libras-pie (47 kg.-mt), obviamente, estos valores pueden variar en situaciones reales, donde se involucra una determinada arma de fuego y las condiciones específicas de los cartuchos utilizados, sin embargo, revisten particular importancia para considerar la potencia de penetración de los proyectiles de referencia, que en la mayoría de los casos, tienen la capacidad de perforar láminas metálicas de automotores convencionales, para continuar con una trayectoria rasante y una significativa energía remanente, suficiente para ocasionar más daños en otras estructuras. Se incluyen estas referencias técnicas, para valorar las condiciones que se manifestaron en el presente dictamen.

De acuerdo a los razonamientos expuestos y, conforme a los requerimientos de su solicitud, se desprenden las siguientes

C O N C L U S I O N E S :

- I. De los tres proyectiles que fueron examinados, uno de ellos extraído del cuerpo de la víctima, uno más recabado de un muro de adobe, y el restante que se presenta como dos porciones de un mismo proyectil, que fueron localizados en el interior de la puerta derecha del automóvil de la víctima. Se establece que estos corresponden al calibre nominal 9 mm Luger/Parabellum, en su estilo encamisado de cobre, con un peso original de 124 granos, los que fueron disparados por el mismo cañón de un arma de fuego.
- II. Los cuatro casquillos indicios, del calibre nominal 9 mm Luger, de las marcas, (02) Win (Winchester) y (02) R-P (Remington Peters), fueron disparados por una sola arma de fuego.
- III. El arma de fuego, que probablemente haya disparado los casquillos y proyectiles de referencia, corresponde a una pistola semiautomática, del calibre nominal 9 mm Luger/Parabellum, de la marca Smith & Wesson, modelo 469, fabricada en los Estados Unidos de América.
- IV. Con respecto a la hipótesis, sobre el desarrollo de los hechos que motivaron la muerte de la persona de referencia, esta se encuentra manifestada en el total de los aparatos correspondientes.

Segundo ejemplo

Se relaciona con la muerte de un individuo en similares circunstancias al ejemplo anterior donde se utilizó el método de tendido de líneas, para la reconstrucción de las trayectorias de las balas. El desarrollo de este ejemplo se encuentra simplificado, orientado, principalmente a ofrecer una ilustración sobre las técnicas empleadas, eliminando los estudios detallados sobre la fijación de los impactos, y demás indicios involucrados, reseñando exclusivamente los aspectos relacionados con la posición víctima - victimario.

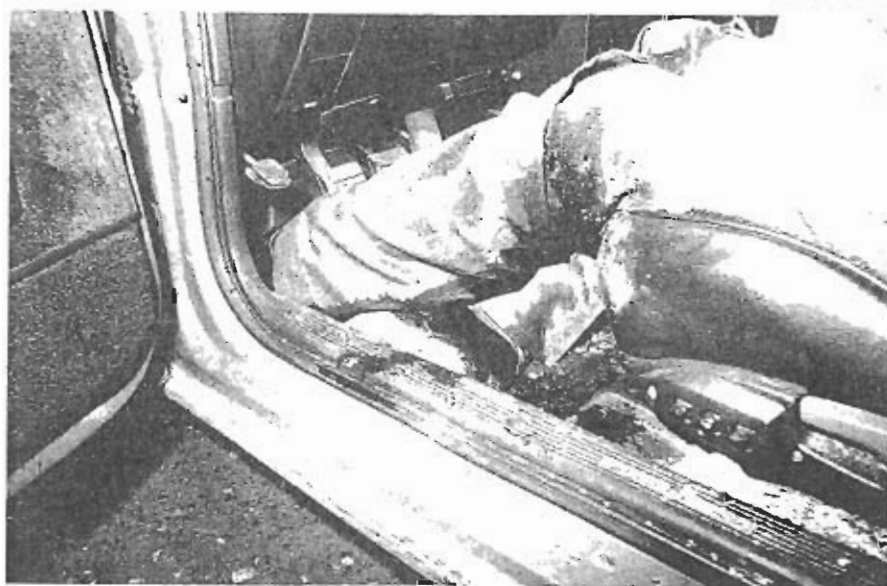
BALISTICA FORENSE

Los antecedentes de este asunto, corresponden inicialmente a la investigación de los peritos en criminalística de campo, quienes fijaron el vehículo con la víctima, sobre el arroyo de una calle, en posición transversal al eje del sentido de circulación de la misma, lo que indicaba que la agresión sobre el occiso se efectuó cuando el automóvil aun circulaba. Con relación a esto, fueron recabados varios grupos de casquillos indicios, de diversos calibres y en diferentes lugares, tanto cercanos como lejanos, al lugar donde quedara la víctima, mostrando que la agresión inicial se originó en una zona distante, y continuó con una persecución de los agresores hasta la consumación de los hechos.

Del examen en la zona de ubicación de la víctima, se obtuvo la respectiva información, con relación a la fijación de los impactos de bala que presentará el automóvil, y de otros impactos detectados en la fachada de un inmueble cercano a este, incluyendo la ubicación precisa de los grupos de casquillos indicios, datos que resultaron importantes para la reconstrucción de las trayectorias de los proyectiles.



Diferentes ángulos de la ubicación del automóvil.



Diferentes ángulos de la posición de la víctima

La relación de indicios, que fueran recolectados para su examen balístico, consistió en un total de 59 casquillos, 43 de ellos, correspondientes al calibre nominal 7.62 x 39 mm, y los 16 restantes, al calibre nominal .223 Rem. (5.56 x 45 mm). De los estudios comparativos a que fueron sometidos, se obtuvieron los siguientes resultados.

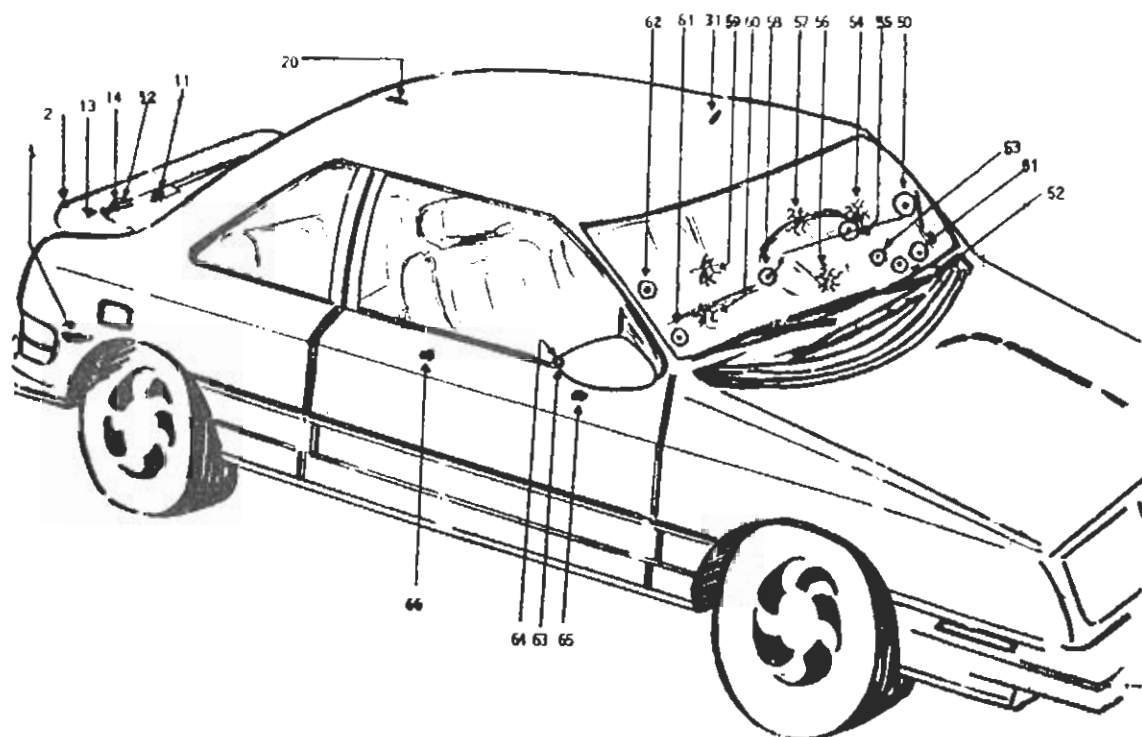
* *Grupo 1.* 26 casquillos del calibre 7.62 x 39 mm, disparados por una sola arma de fuego, correspondiente a un fusil automático, del tipo AK-47, de la marca Chicom, modelo Type 56, de fabricación China.

* *Grupo 2.* Los restantes 17 casquillos, del calibre 7.62 x 39 mm, percutidos por una segunda arma de fuego, correspondiente a un fusil automático, de la marca Maadi, modelo AK-47, de fabricación Egipcia.

* *Grupo 3.* Los 16 casquillos del calibre .223 Rem (5.56 x 45 mm), disparados por una misma arma de fuego, correspondiente a un fusil automático, del tipo M-16, de la marca U.S. Military Weap., de fabricación Norteamericana.

* De acuerdo a tales resultados, quedó establecido que se emplearon un mínimo de tres armas largas, del calibre y características señaladas.

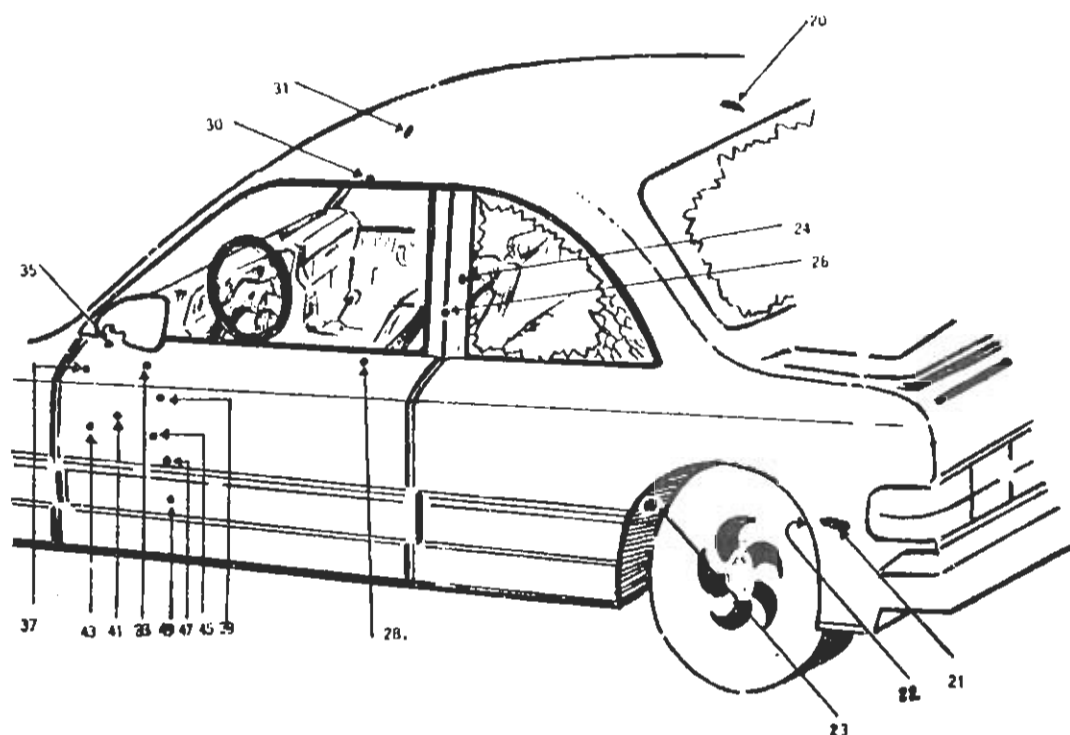
Del examen físico a que fue sometido el automóvil de la víctima, se detectaron un mínimo de 62 orificios (entradas y salidas), ocasionados por proyectiles de arma de fuego, distribuidos, tanto en el exterior como interior del vehículo. Así mismo, se localizaron cinco puntos de fractura del cristal parabrisas, detectando también, la destrucción de algunos cristales del automotor.



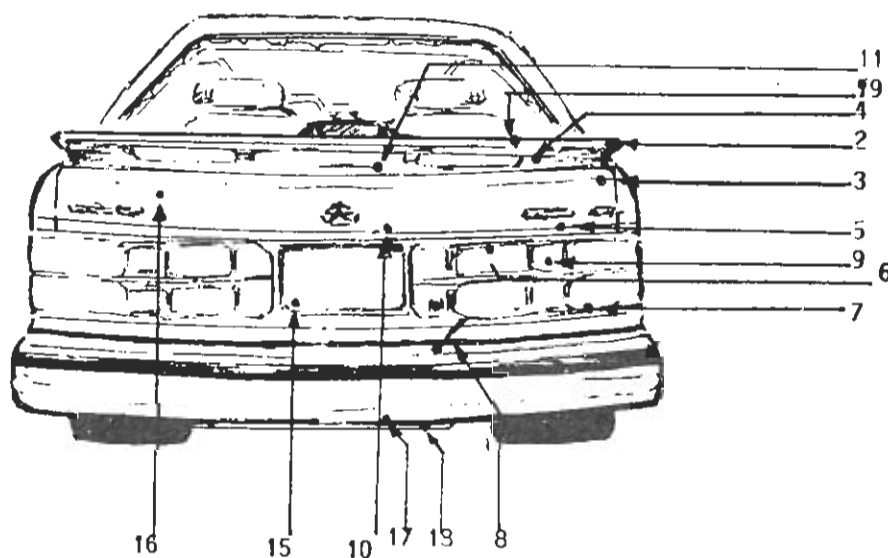
Fijación de los impactos sobre el costado derecho, frente y parte posterior del automóvil.

Para evitar la descripción particular de cada impacto de bala, se incluyen las siguientes gráficas, que ilustran la ubicación de estos en la estructura del vehículo.

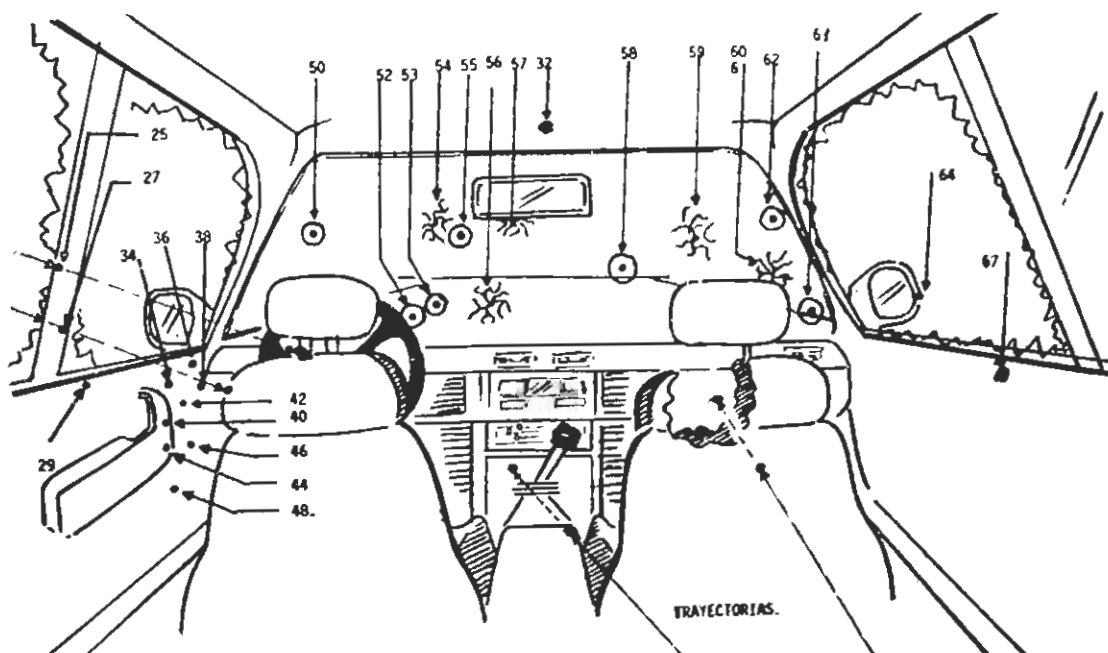
Observaciones. Los impactos señalados como 50, 51, 52, 53 y 54, no produjeron perforaciones en el parabrisas, presentándose únicamente como fracturas del cristal, las que fueron ocasionadas por la proyección de fragmentos de cráneo de la víctima. Esto se corrobora, por la presencia de varias porciones de hueso sobre el tablero del automotor, los que fueron recolectados para su estudio médico forense. También se establece, que los cristales, posterior y lateral izquierdo posterior (fijo) y, el de la ventana de la puerta izquierda, fueron destruidos por impactos de proyectiles, que siguieron trayectorias hacia el interior del vehículo.



Fijación de los impactos sobre el costado izquierdo del automóvil.



Fijación de los impactos sobre la parte posterior del automóvil.

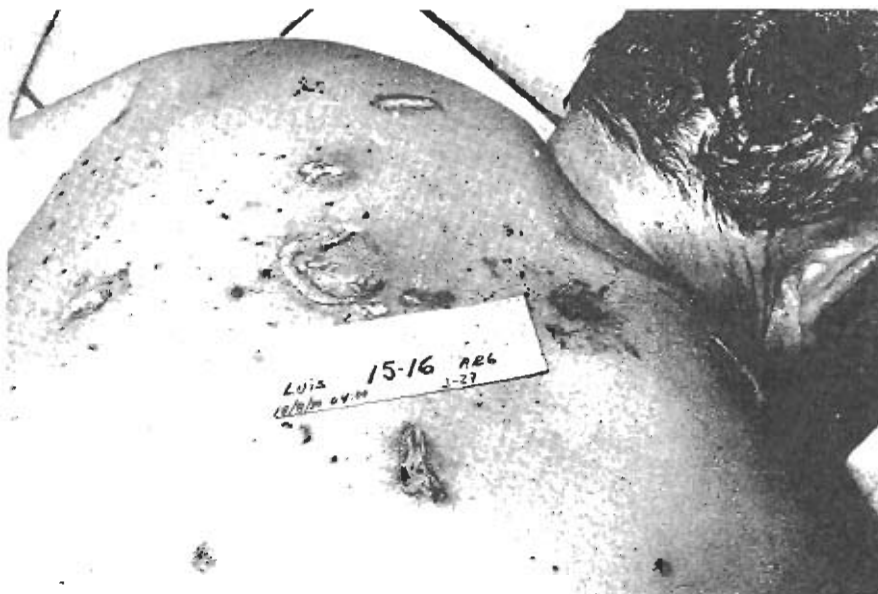
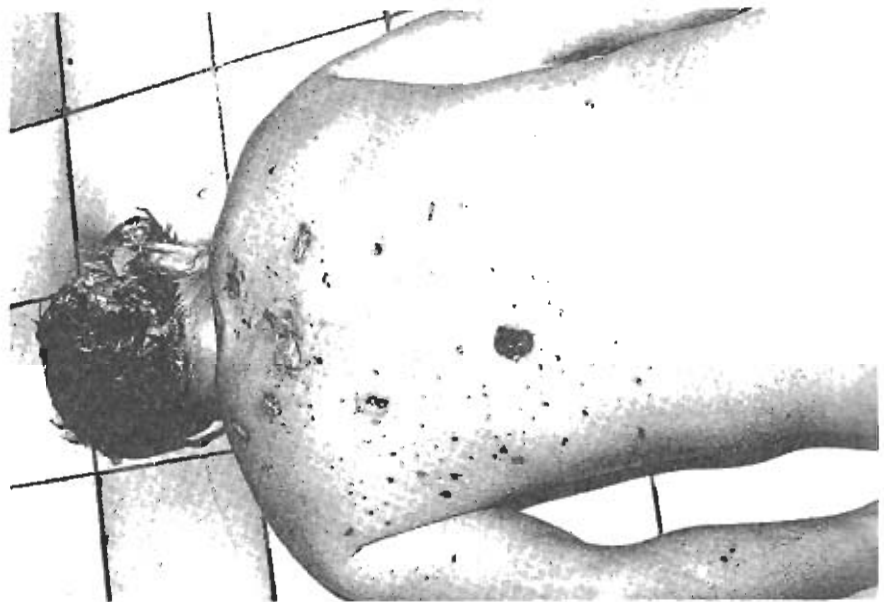
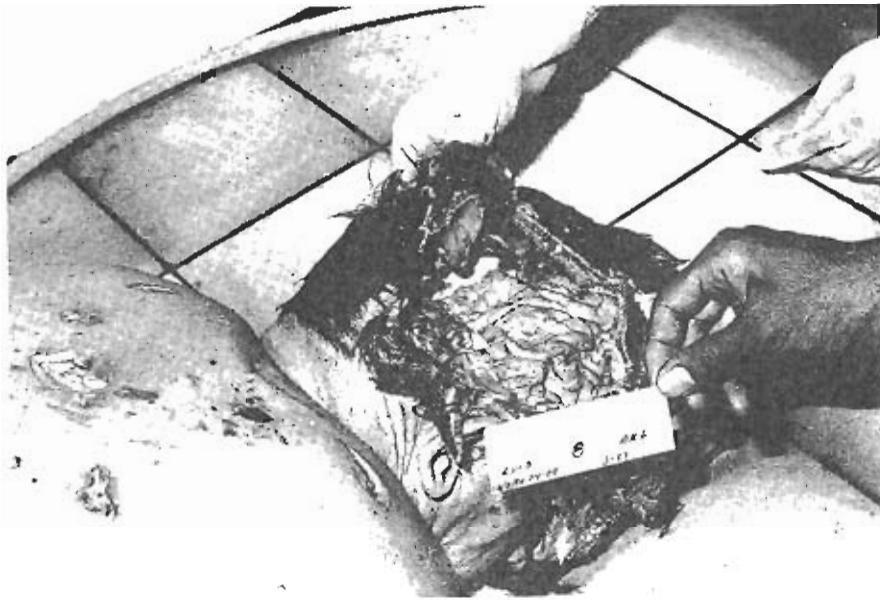


Fijación de los impactos en el interior del automóvil.

Para la reconstrucción de las trayectorias de las balas, fue necesario analizar el resultado de la necropsia practicada al cadáver, donde se desprende, la presencia de un total de 19 heridas producidas por agente mecánico del tipo proyectil de arma de fuego, principalmente distribuidas, sobre la cabeza, tórax posterior y pierna izquierda, donde el trayecto de las balas, presentan cierta similitud en cuanto a su secuencia, esto es, de atrás a adelante y de izquierda a derecha.



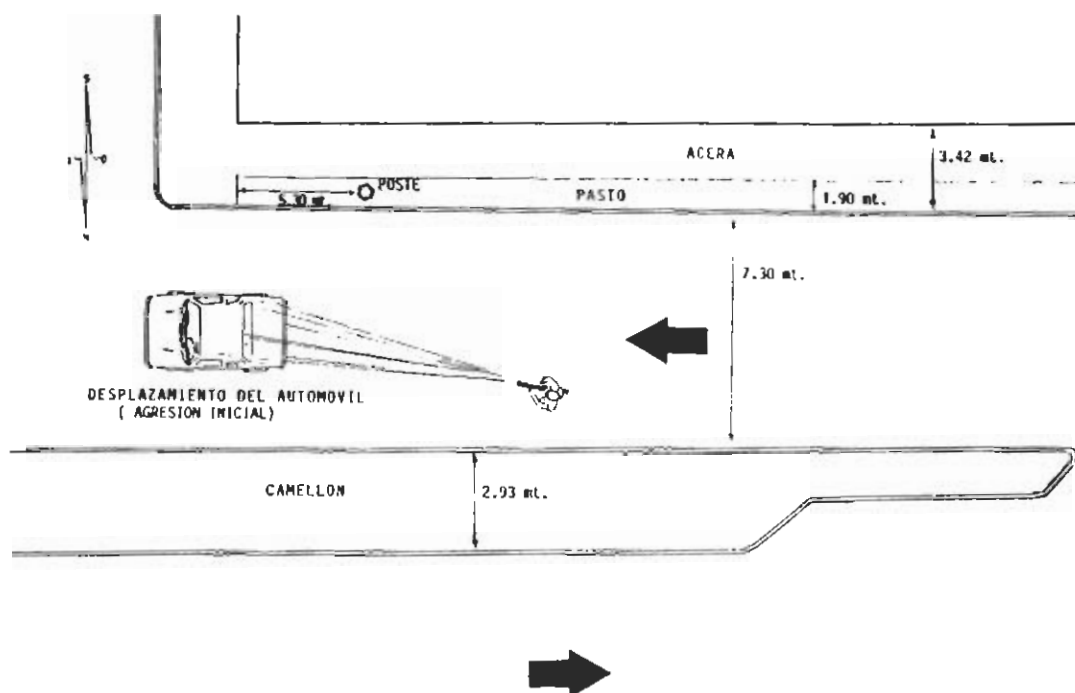
Vista general de las heridas en la cara de la víctima.



Vista general de las heridas en el tórax posterior de la víctima.

Después de realizados los estudios en el vehículo, al igual que de los indicios balísticos, y de haber analizado los diversos dictámenes periciales, que al respecto fueron rendidos, se desprende la siguiente hipótesis sobre el desarrollo de los hechos, donde se involucra la posición víctima - victimario.

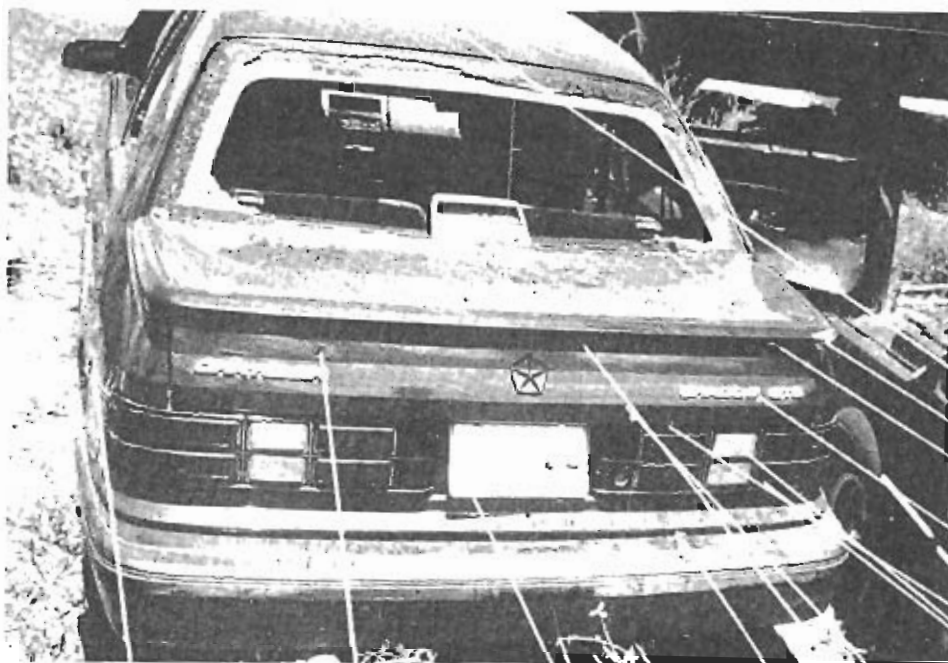
Primero. Cuando la víctima transitaba en su automóvil por la avenida principal, y a una distancia aproximada de 95 metros, de donde finalmente fuera localizado, se inició la primera agresión sobre el mismo, efectuándose en esa acción, un mínimo de 26 disparos con un fusil automático, del calibre nominal 7.62 x 39 mm. Esto se corrobora por la presencia de la misma cantidad de casquillos que se identifican entre sí, los que fueron recolectados del arroyo de la calle. Cuyos proyectiles se impactaron sobre la estructura posterior del vehículo, siguiendo una trayectoria, de afuera hacia adentro, de atrás a adelante y ligeramente de arriba hacia abajo. Estas circunstancias nos indican que el agresor se encontraba de pie y situado sobre el arroyo de la calle, por detrás y al costado izquierdo del vehículo del ahora occiso, mediando una distancia de 6 a 8 metros, entre la parte posterior del automotor de la víctima y su agresor.



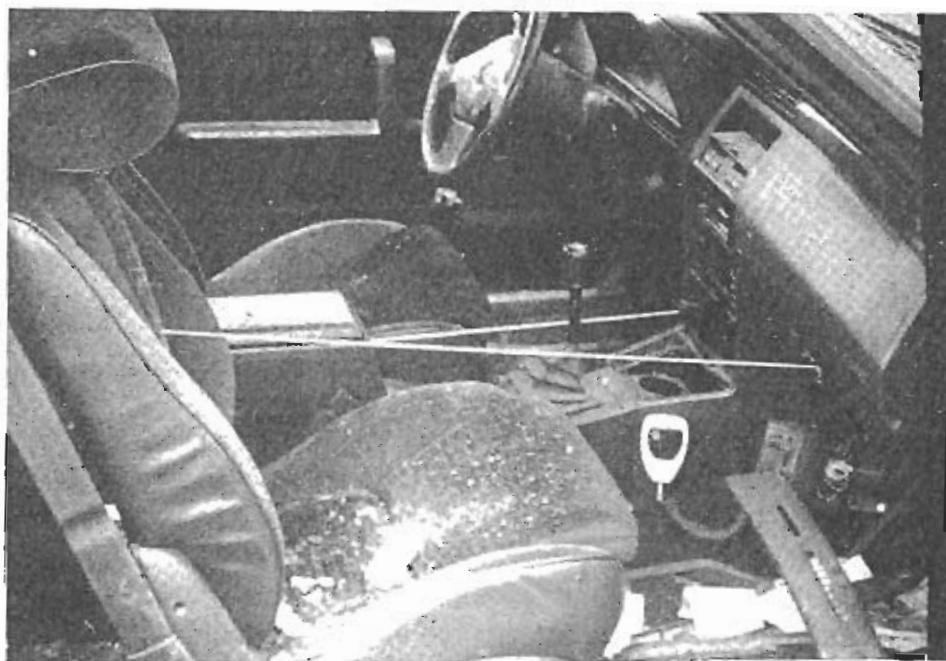
Gráfica correspondiente a la primera secuencia de disparos

Segundo. Considerando la trayectoria que siguió el proyectil que produjo el impacto sobre la parte posterior del automóvil (cajuela), y señalado como 16. Se establece que este siguió una secuencia penetrante hacia el respaldo del asiento del conductor, ocasionando la herida que la víctima presentará sobre el hemitorax posterior izquierdo, en su parte inferior, con características irregulares, de 15 x 20 mm, producto de una deformación previa que sufrió la bala al perforar anticipadamente la estructura metálica del vehículo.

Tercero. Otros proyectiles que se impactaron sobre el área posterior del automóvil, también penetraron al interior del mismo, pero que no efectuaron un contacto directo sobre la víctima, quedando alojados en el tablero y consola del automotor.



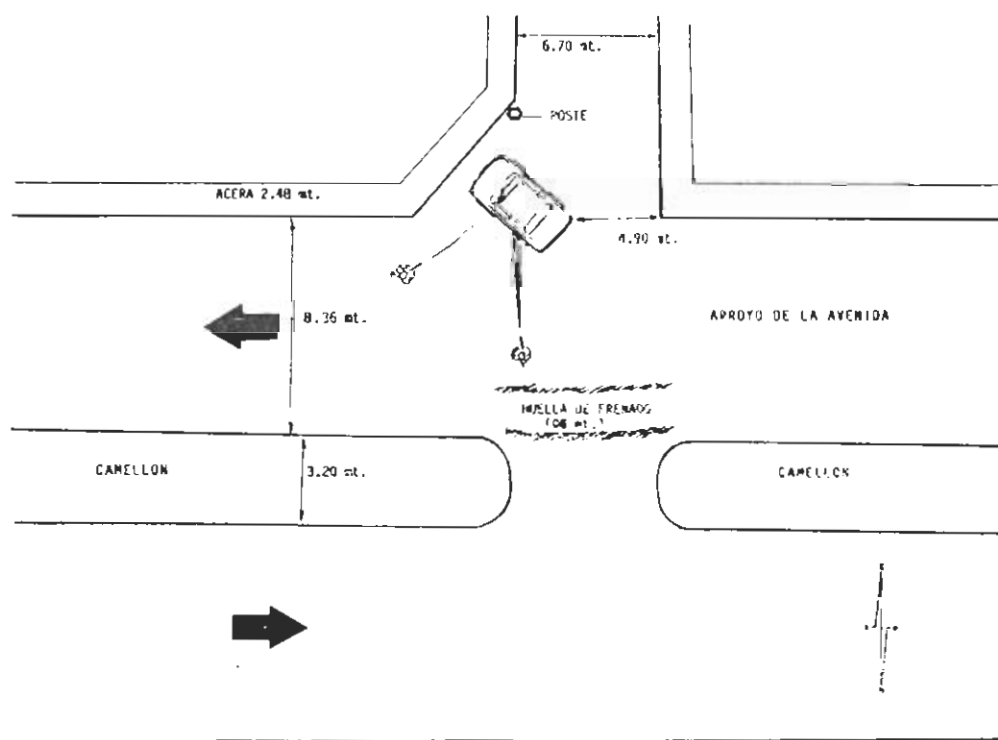
Trayectorias de los proyectiles sobre la parte posterior del automóvil



Trayectorias de dos proyectiles en el interior del automóvil

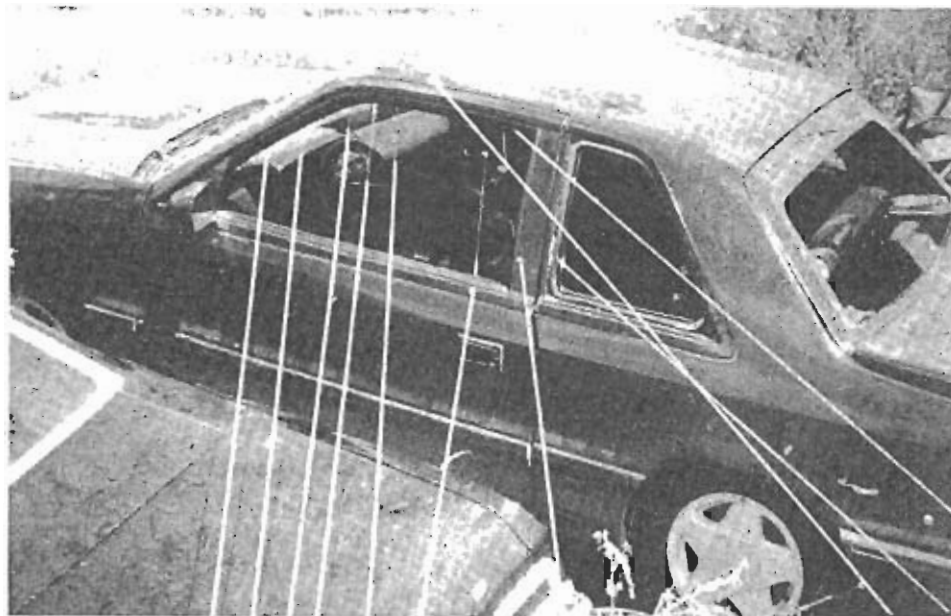
Cuarto. Encontrándose la víctima lesionada de gravedad, procedió a acelerar su automóvil, con la intención obvia de retirarse rápidamente de esa zona. No obstante, fue seguido por el grupo de agresores en otro vehículo, que le dieron alcance a la distancia 95 metros, deduciendo que esta situación, fue debido a que la víctima ya se encontraba bastante grave, por lo que detuvo la marcha de su automotor en dicho lugar.

Quinto. De esta forma, los agresores le dieron alcance, al parecer en una camioneta del tipo Pick-up, esto de acuerdo a las características de una huella de frenada en el pavimento, de 6 metros de longitud, correspondiente a un rodado ancho y de piso para brecha, localizada a escasos 7 metros de distancia con respecto al automotor de la víctima. Entonces, dos de los victimarios se acercaron por el costado derecho y posterior del automóvil del finado, procediendo a efectuar disparos con sendos fusiles automáticos, uno de ellos del tipo AK-47, y el otro del tipo M-16. Esto se corrobora por la presencia de un segundo grupo de 17 casquillos del calibre 7.62 x 39 mm, y del tercer grupo de 16 casquillos del calibre .223 Rem.



Gráfica de la segunda agresión sobre la víctima.

Sexto. En estas circunstancias, la primera secuencia de los disparos se presenta sobre el costado izquierdo del automóvil, con trayectorias de afuera hacia adentro y de atrás hacia adelante. De estos proyectiles, algunos ocasionaron los ocho orificios localizados en el interior del cristal parabrisas, para salir por su frente y continuar con una trayectoria ligeramente ascendente, para enseguida impactarse sobre el muro de la ochavada de una finca. Otros cinco proyectiles, se impactaron en el cuerpo de la víctima, produciendo tres heridas sobre su hemitorax posterior izquierdo, y dos más, sobre la región occipital derecha, originando fracturas en el cráneo, cuyos fragmentos de hueso se proyectaron contra el cristal parabrisas, provocando las cinco fisuras detectadas en este, pero sin llegar a perforarlo.



Reconstrucción de las trayectorias de los proyectiles disparados
sobre el costado izquierdo del automóvil

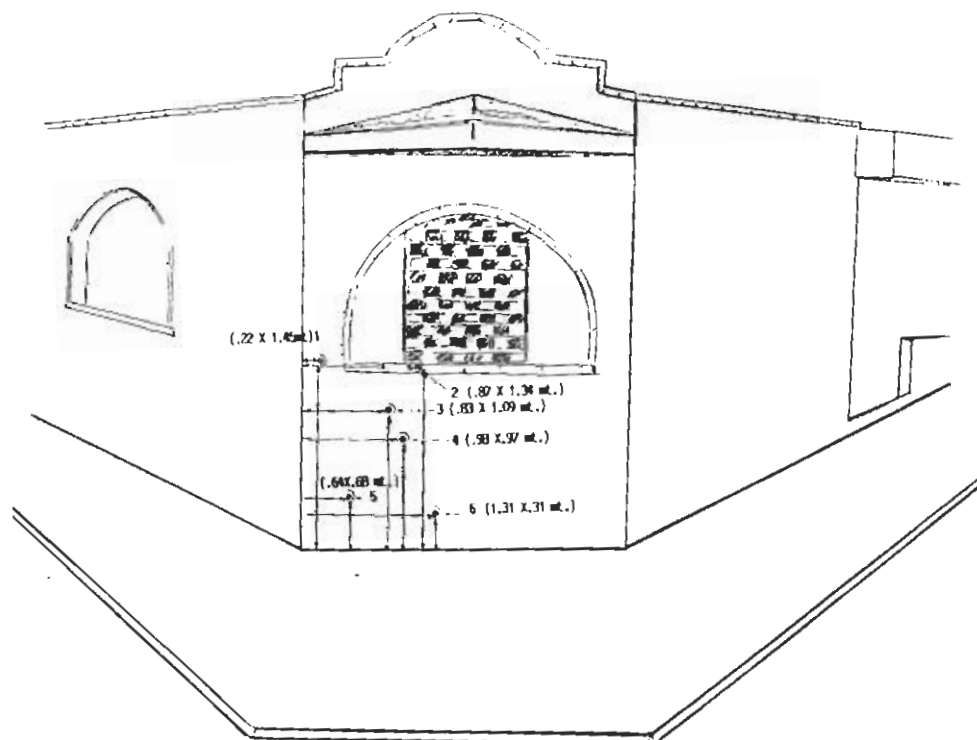


Acercamiento de las trayectorias de los proyectiles



Acercamiento de las trayectorias de los proyectiles

Séptimo. De esta misma secuencia de disparos, se desprende que algunas balas produjeron la destrucción de los cristales de la puerta izquierda y del costado posterior del mismo lado, provocando la proyección violenta de infinidad de fragmentos de vidrio, los que causaron una considerable cantidad de heridas en el dorso de la víctima, con características de cortaduras.

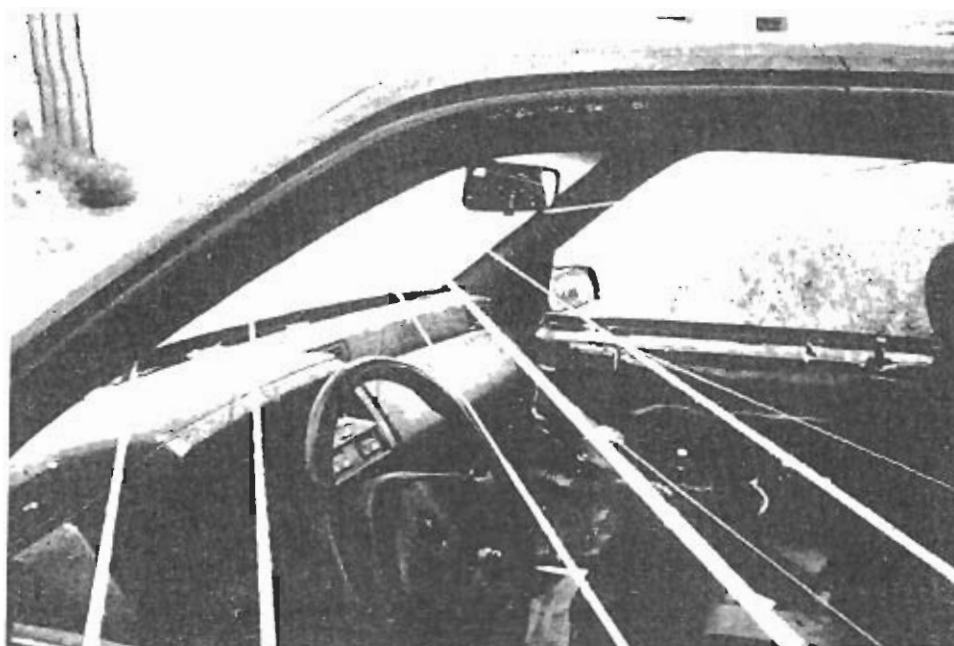


Gráfica de la fijación de los impactos sobre la ochavada de la finca.

Octavo. En forma simultánea al evento anterior, se producía la segunda secuencia de disparos realizados por el otro victimario, los que se efectuaron sobre el mismo costado izquierdo del automóvil y, básicamente de manera perpendicular al eje vertical de la estructura del automóvil, con trayectorias de afuera hacia adentro y de adelante hacia atrás, con un desplazamiento del victimario de derecha a izquierda, con respecto al costado izquierdo del automotor, ocasionando los impactos detectados sobre la puerta del mismo lado, y dos más sobre el toldo del automóvil. Algunos proyectiles penetraron al interior del vehículo, provocando dos de ellos, las heridas que la víctima presentará sobre la región del mentón y boca.



Acercamiento de las trayectorias de los proyectiles sobre el cristal parabrisas



Reconstrucción de las trayectorias de los proyectiles

Noveno. Las acciones correspondientes a la segunda agresión, se desarrollaron de manera instantánea, considerando que los fusiles fueron disparados en ráfaga, de tal forma, que el automóvil y la víctima recibieron los impactos simultáneamente. Entonces, es de suponer, que el ahora occiso aun se encontraba sentado al frente del volante y recargando su dorso sobre el respaldo del asiento, con su cabeza recostada sobre la cabecera, al parecer sin sentido, o posiblemente ya sin vida. Lo que se corrobora con las trayectorias que siguieron los proyectiles, que produjeron todas las heridas inferidas a la víctima, incluyendo los impactos detectados en el automóvil que tripulaba.

Consideraciones finales

Cuando se realizan investigaciones de campo, donde se tengan que examinar vehículos, o fincas, es indispensable proceder a la búsqueda minuciosa de todos los posibles indicios relacionados con el hecho que se atiende. Un ejemplo claro, sucede en los casos de homicidios, o suicidios, cometidos en espacios cerrados, como recámaras, cocinas, o baños de inmuebles, y donde las víctimas presenten heridas de bala, con orificios de entrada y salida, siendo evidente que los respectivos proyectiles deben encontrarse en el área de investigación, ya sean, incrustados sobre los muros, paredes, techos, puertas, alfombras, cortinas, muebles, o aparatos electrónicos. Inclusive, en situaciones que pudieran considerarse como inverosímiles, como sería la ropa colgada en un closet, o ropero abierto, y en lámparas empotradas en los techos, o bien, simplemente depositados sobre el piso pero en áreas poco accesibles.

Lo mismo puede suceder con los casquillos percutidos, y necesariamente expulsados por las armas automatizadas, incluso, de cualquier arma de repetición que haya sido disparada y recargada de nueva cuenta.

En cualquier evento de esa naturaleza, se pueden presentar un sinnúmero de factores, simples o complejos, que deben obligar a los investigadores a permanecer atentos ante cualquier situación, recordando que todos los indicios relacionados con un hecho, revisten significativa importancia para el esclarecimiento del mismo.

Aunado a esto, la ubicación en que fueran localizados los casquillos y proyectiles, resulta fundamental para la formulación de una hipótesis eficaz. De ello se puede deducir, las probables posiciones en que se realizaron los disparos, y las trayectorias que siguieron los proyectiles, involucrando, desde luego, las características de las armas utilizadas, su calibre, y en consecuencia su potencia. Por lo que nunca se debe considerar la ubicación de los casquillos y proyectiles como una situación fortuita, o sin trascendencia pericial. Incluso, la sagacidad del investigador puede detectar, si tales indicios, fueron movidos o desplazados de su posición original.

En los casos en que las áreas de investigación se encuentren cerradas, o que se presenten ventanas y puertas abiertas, incluyendo la presencia de resumideros, o conductos que pudieran permitir el depósito de un casquillo, o proyectil indicio, es conveniente evaluar la situación, de acuerdo a las circunstancias latentes en el lugar, y en su caso, proceder a la búsqueda de los indicios hasta agotar todas las posibilidades.

Es obvio señalar, que los casquillos y proyectiles no representan valor económico, o de utilidad particular, sin embargo, deben considerarse de gran trascendencia pericial, donde los resultados obtenidos de exámenes forenses, pueden derivar en evidencia sustancial, para demostrar la participación del individuo que haya cometido el hecho delictuoso. Por lo tanto, es obligado preservar, lo mejor posible, el lugar de los hechos, también denominado como la escena del crimen.

Otra información técnica, que resulta interesante conocer, corresponde a las desviaciones de las trayectorias de los proyectiles, las que generalmente se presentan cuando los disparos se efectúan en ángulos inferiores a los 30°, y donde las balas hacen contacto sobre estructuras duras, esto, obviamente no se puede considerar como un comportamiento estricto, por lo que se debe estimar para cada evento particular.

Con relación a los casquillos, se debe tomar en cuenta que por su forma ordinariamente cilíndrica, pueden rodar sobre pisos desnivelados y cambiar sustancialmente de su posición original, o bien, cuando son expulsados del arma y golpean sobre otra estructura cercana a la posición del tirador.

Algunas veces, la ausencia de alguna secuela, que por lógica debiera presentarse en el lugar de los hechos, puede ser indicativo de una circunstancia particular que resultaría importante para la elaboración de una hipótesis. Un ejemplo verídico de esto, se suscitó en un caso de homicidio, cuando la víctima que tripulaba un vehículo, fue localizado colisionado contra el muro de concreto de una jardinera, ubicada en el camellón central de una avenida, donde el cadáver presentaba una herida de bala en la cabeza, y el automotor exhibía seis impactos sobre la puerta del costado derecho.

De la investigación realizada en el lugar de los hechos, se observó la inexistencia en el piso de huellas de frenada, que debieran ser dejadas por los neumáticos del vehículo. Esta circunstancia, condujo a establecer, que el conductor fue privado de la vida metros atrás de su posición final, y cuando aun circulaba con su automotor, resultado de la ausencia de los reflejos naturales que se manifiestan en las personas que manejan, y que ante un peligro inminente tienden a frenar bruscamente.

En este asunto, hubo testimonios que señalaban que los victimarios se acercaron al vehículo colisionado, y procedieron a disparar nuevamente sobre el conductor, para así privarlo de la vida. Cuando técnicamente quedó establecido, que este ya se encontraba sin vida, por los efectos de la herida grave, que previamente se le infirió sobre la región parietal derecha. En consecuencia, tales declaraciones no concordaban con el análisis criminalístico.

En ocasiones, los eventos que pericialmente se tienen que investigar, resultan tan complejos y extraños, que no se obtienen elementos técnicos confiables para desarrollar una hipótesis eficaz, por lo que se deben evaluar todas las circunstancias latentes, para considerar si es, o no factible elaborarla.

Mecánica de las armas de fuego

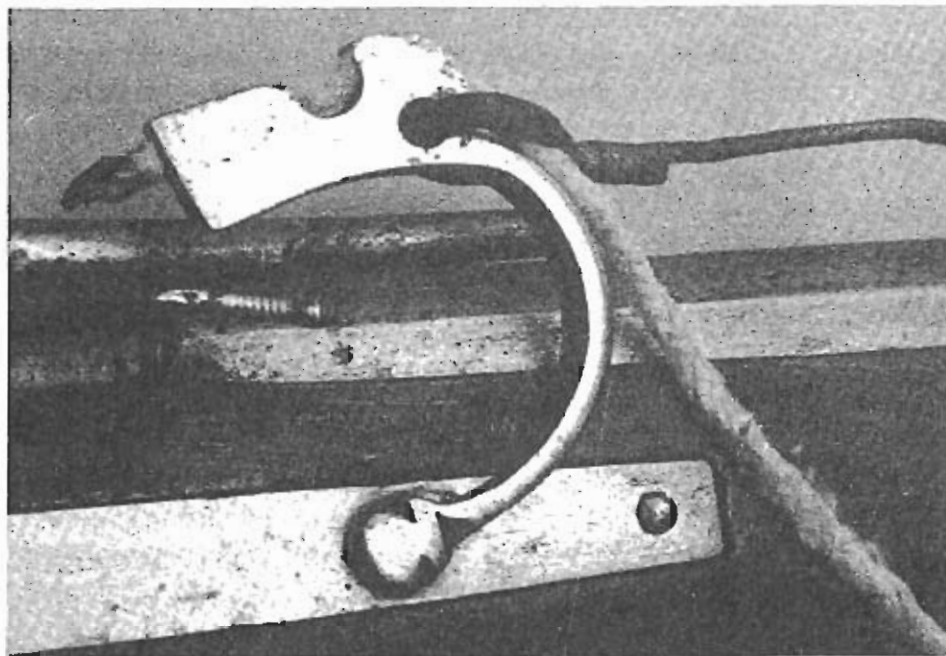
Esta disciplina se orienta al estudio integral de todos aquellos artefactos que pueden considerarse como armas de fuego, con el propósito de reconocer sus características estructurales, de potencia y funcionalidad, para los casos en que se requiera dictaminar sobre sus condiciones comunes o especiales, de acuerdo a los requerimientos de la autoridad correspondiente. Entre las solicitudes más frecuentes al respecto, se encuentran las siguientes.

- Circunscribir las armas con respecto a la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, para establecer si deben considerarse como de "uso exclusivo del ejército, armada y fuerza aérea".
- Establecer las condiciones de funcionalidad de las armas de fuego, así como sus características mecánicas.
- Determinar si un artefacto de fabricación rudimentaria, o hechiza, se presenta en condiciones de disparar cartuchos de arma de fuego, y en su caso, establecer si técnicamente debe considerarse como tal.
- Precisar si los artefactos diseñados originalmente para expulsar municiones, o para percutir cartuchos se salva, hayan sido modificados intencionalmente en su estructura, para utilizar cartuchos de armas de fuego, y si pueden catalogarse de esa manera. Esto es común en los revólveres de salva y, en pistolas de fulminante y munición para adultos, inclusive en pistolas que impulsan municiones por medio de aire comprimido, o de gas (CO₂).
- Determinar que tan sensible se encuentra el llamador de un arma de fuego para que se pudiera haber producido un disparo accidental, o bien, si un arma de ciertas características pudo haber sido accionada por un señalado menor de edad.
- Precisar si un arma originalmente de funcionamiento semiautomático, haya sido modificada intencionalmente para disparar en automático.
- Detectar deficiencias mecánicas de armas semiautomáticas, que pudieran originar disparados en ráfaga, es decir, que hubieran disparado consecutivamente varios proyectiles sin la voluntad del usuario, efecto conocido como "ametrallado" de un arma.

Como estos ejemplos pueden considerarse muchos más, dependiendo de las circunstancias particulares que a la autoridad se le presenten. Por lo que, en este apartado, se manifestará la información técnica que puede ser útil para la determinación de algunos de estos casos.

Después de 700 años de la presencia de armas de fuego en el planeta, se ha observado una constante evolución de los mecanismos que las conforman. Sin embargo, puede decirse que todas ellas tienen un principio básico y similar, tanto de apariencia, como de ejecución de los disparos, concebidas con dos componentes principales y bien definidos, que son:

- El cañón, o tubo de acero con alma hueca, con abertura en su extremo anterior (boca), destinado a proveer dirección al proyectil, y en su caso movimiento de rotación.
- El sistema de ignición, destinado a provocar la combustión de la carga de proyección, ya sea por fuego directo, o por medio de mezclas fulminantes.



Primitivo sistema de encendido de la carga de pólvora

Las sustanciales diferencias que se observan entre los artefactos de vetusta elaboración, en comparación con las nuevas generaciones de armas de fuego, se pueden catalogar en lo siguiente:

- Lo práctico de su recarga.
- La efectividad del proceso del disparo.
- La eficiencia de los mecanismos que las automatizan.
- El aumento de la capacidad de fuego.
- El perfeccionamiento de los mecanismos de seguridad.
- La aplicación de propelentes más poderosos.
- El empleo de materiales resistentes, ligeros y económicos.
- La innovación constante de los cartuchos que las armas emplean, con proyectiles de particulares características balísticas.

En resumen, el progreso de las armas de fuego siempre se encauzó en eficientar las acciones propias del disparo, en el incremento de su potencia y, en la mejora de sus sistemas de funcionamiento y abastecimiento. Pero como todos los artefactos mecánicos, las armas se encuentran sujetas a deterioros y desgastes, en consecuencia, a deficiencias propias de su funcionalidad.

Un concepto, un tanto errado que a veces se tiene, es el de considerar al 100%, que el arma de fuego es la que proporciona el poder de destrucción de los proyectiles que dispara, de ahí, que comúnmente se escuchan comentarios que señalan que determinada arma es la más poderosa en comparación con otras de diferente fabricante, aun cuando sean del mismo calibre. Sin embargo, se debe considerar que el verdadero poder de un arma, se encuentra supeditado a la efectividad de los cartuchos que emplea, incluyendo su particular estilo y peso de bala, pues la eficiencia del pistón y su mezcla fulminante, al igual que las propiedades químicas de la carga de proyección, determinarán la velocidad y energía de impacto del proyectil. Por lo tanto, tan importante es el arma de fuego, como los cartuchos que esta requiere, donde ambos se conjuntan en un binomio imprescindible para establecer su verdadero poder.

De que serviría el arma más fina y costosa del mundo si carece de cartuchos, o si estos, se encuentran en deficientes condiciones de funcionalidad, los que por efectos de humedad y corrosión, ocasionarán una disminución de las cualidades físicas de la pólvora, que se traduce en una baja en la potencia del disparo, produciendo en los proyectiles rangos o alcances muy inferiores a los deseados, o bien, en una completa inhabilitación de los cartuchos, los que pueden ser percutidos pero sin llegar a funcionar. Lo mismo sucedería si contáramos con excelentes cartuchos de características especiales, los que no tendrían el rendimiento adecuado al emplearse en armas deterioradas.



Revólver .44 Rem Magnum con sus cartuchos

De tal manera, que la asignatura de la mecánica de las armas de fuego, corresponde al estudio formal de las características y condiciones que presentan las armas de fuego, con la finalidad de evidenciar sus particularidades estructurales, de funcionamiento, y las posibles modificaciones intencionales que se hubieran elaborado.

Por lo tanto, resulta importante conocer los términos que se emplean para identificar los diversos mecanismos y estructuras que conforman a las armas de fuego, para cuando se tenga que elaborar un dictamen sobre su descripción particular, o dentro de su conjunto, los que consisten en lo siguiente:

<i>Cañón</i>	Tubo de acero con alma hueca, con abertura en su parte anterior, conocida como boca de fuego, que incluye la recámara o cámara de combustión en su extremo opuesto.
<i>Recámara</i>	Compartimento destinado para alojar el cartucho dispuesto a disparar.
<i>Anima</i>	Alma o hueco del cañón, incluyendo las paredes del mismo, habiendo cañones de ánima lisa y rayada.
<i>Carro o Corredora</i>	Pieza o bloque metálico, que se desplaza paralelamente con respecto al eje del cañón, que obliga al cierre y apertura de la recámara. En las pistolas semiautomáticas generalmente contiene los mecanismos del percutor y extractor.
<i>Armazón</i>	Soporte principal sobre el que se montan los diversos mecanismos que conforman a las pistolas, el que ordinariamente incluye la empuñadura y el guardamonte. También conocido como receptor, bastidor, o pistolín.
<i>Chasis</i>	Soporte destinado a montar el cañón y cilindro en los revólveres, el que comprende la empuñadura y el guardamonte. También conocido como armazón.
<i>Empuñadura</i>	Estructura destinada para sujetar el arma, también conocida como mango, o puño.



Despiece de una pistola semiautomática

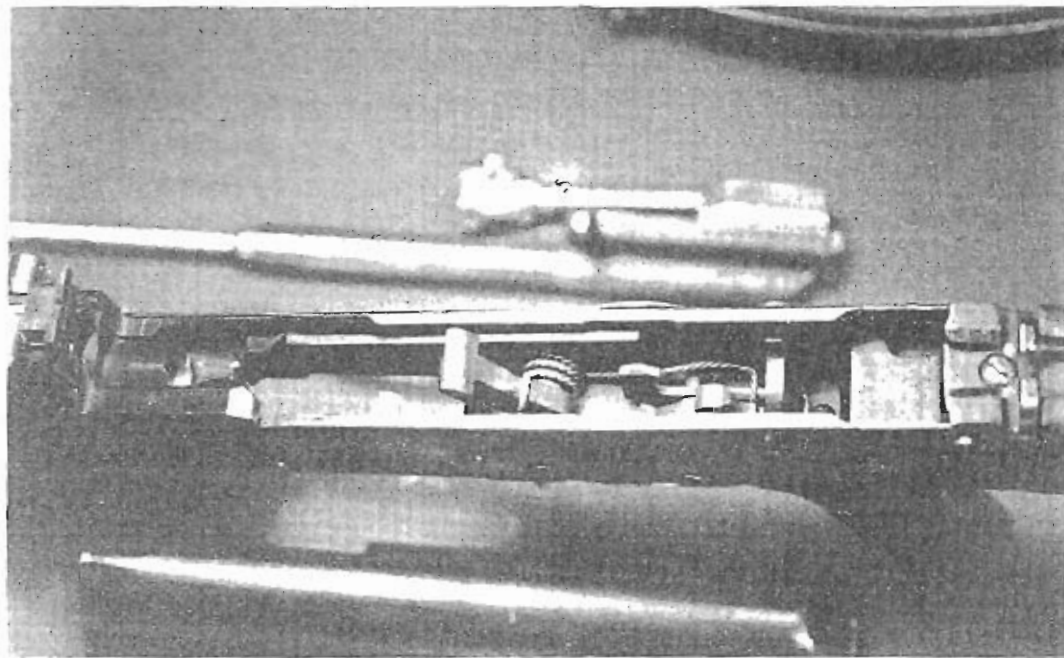
<i>Cachas</i>	Mangos o cubiertas protectoras de ambos costados de la empuñadura, particularmente diseñadas para sujetar adecuadamente el arma, o para condiciones ornamentales.
<i>Guardamonte</i>	Estructura metálica que protege el área de ubicación del llamador. En algunas pistolas y revólveres, se encuentra diseñado para sujetar con firmeza el arma cuando se emplean ambas manos en posición de disparo.

<i>Seguro</i>	Mecanismo destinado a interrumpir el proceso del disparo, cuando el arma ya se encuentra preparada. Algunos artefactos carecen de un mecanismo específico para ser activado, sin embargo, para garantizar su seguridad se requiere que el martillo se presente desmontado. Tal es el caso, de la mayoría de los revólveres, y de ciertas pistolas semiautomáticas de doble acción.
<i>Percutor</i>	Mecanismo que tiene la función de producir el disparo, al incidir de manera violenta sobre la cápsula fulminante del cartucho. También conocido como aguja percutora. Los percutores pueden funcionar fijos, inerciales, flotantes, lanzados o por impulso.
<i>Martillo</i>	Mecanismo destinado a impulsar al percutor para que se produzca el disparo. La acción de montar el martillo para preparar el arma, se conoce como amartillado.
<i>Disparador</i>	Mecanismo que libera el sistema de percusión del arma, que al encontrarse preparadas se realiza la acción de <i>halar</i> . También conocido como llamador, o gatillo.
<i>Selector de disparo</i>	Mecanismo que activa la preferencia en la cadencia del disparo en las armas que cuentan con sistemas semiautomáticos (tiro a tiro), y en automático (ráfaga).



Selector de la cadencia de disparo de un fusil SAR Galil (short automatic rifle)

<i>Cajón de mecanismos</i>	Compartimiento que aloja el conjunto de mecanismos de percusión y obturación en las armas largas.
<i>Sistemas de puntería</i>	Dispositivos empleados para alinear el eje del cañón con respecto al objetivo, constituidos por la mira anterior o punto de mira, y la posterior fija, o de alza.



Cajón de mecanismos de un fusil AK-47

<i>Cargador</i>	Depósito que abastece los cartuchos dispuesto a disparar, el que se puede presentar como un receptáculo fijo y propio del arma, o bien, como un accesorio separable de la misma. En este caso pueden ser rectos, curvos, o circulares, y para diferentes capacidades. En las pistolas de gran capacidad de fuego, los cargadores pueden acomodar los cartuchos en doble hilera, también conocido como al tresbolillo.
<i>Culata</i>	Soporte rígido situado en la parte posterior de la caja de las armas largas, que sirve de apoyo sobre el hombro del tirador. Pueden presentarse fijas, plegables, abatibles, o retráctiles, las que se contraen para reducir la longitud total de las armas, haciéndolas compactas y cómodas en su transportación.
<i>Guardamano</i>	Guarnición que cubre parte, o el total del cañón de las armas largas, empleado para sostener el arma con una mano por el tirador, evitando quemaduras por el calentamiento del cañón al efectuar disparos. En algunos rifles y escopetas de repetición, el guardamano se utiliza como el mecanismo de la bomba, o corredera.
<i>Portafusil</i>	Correa de cuero, o de cordura, fijada en ambos extremos de las armas largas, empleada para facilitar su transporte sobre el hombro del usuario. La que al ser sujeta en posición de disparo, proporciona mayor firmeza al tirador.

Automatización de las armas de fuego

En todas las armas automatizadas, se realiza ineludiblemente un ciclo, que empieza con la alimentación del cartucho en la recámara del cañón, y termina con la extracción del casquillo percutido. Este período que siempre se cumple, se llama *ciclo de disparo*, y su proceso obligado consiste en la alimentación del cartucho, la obturación o cierre de la recámara, disparo del cartucho, apertura del cierre, y la extracción del casquillo.

Para que las armas se automaticen, es decir, que tengan la capacidad de disparar, expulsar el casquillo y, nuevamente alimentarse por si mismas, es necesaria la presencia de una fuerza que complete dicho ciclo. Esta fuerza es generada por la combustión de la pólvora, la que produce la presión suficiente dentro del cañón, o bien, por el precepto físico de que para cada acción corresponde una reacción, de igual magnitud y en sentido opuesto. Los principios de ambas fuerzas son aplicados en la fabricación de armas automáticas y semiautomáticas, como, las pistolas, fusiles, subfusiles, escopetas y ametralladoras.

La acción, corresponde al aprovechamiento de la presión que el gas ejerce sobre el interior del culote del casquillo, que se transmite al bloque obturador del arma. La reacción, provoca el retroceso del bloque que cierra la recámara, el que en su movimiento de apertura, ocasiona que la energía sea retenida por el muelle recuperador, que se comprime durante el desplazamiento de apertura del obturador, iniciando su distensión y, forzando al cerrojo nuevamente hacia delante. Este ciclo se efectúa como un movimiento rectilíneo y alternativo, de avance y retroceso del bloque obturador.

Durante el proceso del disparo, el sistema de cierre de recámara retarda su apertura todo el tiempo que el proyectil esta recorriendo el interior del cañón, hasta que haya salido por la boca de fuego, entonces, la presión disminuye a limites inferiores y tolerables por el arma, iniciando el movimiento de apertura del obturador. Dicho en otras palabras, primero se desaloja el proyectil y, posteriormente se produce la apertura de la recámara para extraer el casquillo disparado. A este sistema de bloqueo se le conoce como de *inercia*, o de *masas*, donde para completar el ciclo intervienen los mecanismos del extractor adaptado al bloque del cerrojo, que se incrusta al reborde del casquillo para ser desaloja de la recámara, y por la interposición del expulsor, que lo proyecta afuera del arma. Algunas armas utilizan el percutor para producir la expulsión del casquillo disparado, como las pistolas Raven y Jennings, entre otras.

En las armas semiautomáticas, la fuerza que se ejerce sobre el disparador produce el disparo de un solo cartucho, y por mucho que este se siga apretando no se efectuarán otros disparos sucesivos. Esto se debe al diseño intencional del fabricante del arma, interviniendo un interruptor, auxiliado por un fiador dentado, que obliga al martillo a permanecer retenido cada vez que se efectúe un disparo por voluntad del tirador. Al dejar de presionar el llamador, este regresa a su posición normal volviendo a reactivar el mecanismo, preparando de nueva cuenta el arma para el siguiente disparo.

En las armas automáticas no se produce tal interrupción, quedando libre el percutor, o martillo, que se montan constantemente por la acción del retroceso y avance del bloque del cerrojo, originando una continuidad de los disparos, efecto conocido como ráfaga. Tal acción sucede mientras se siga presionando el llamador, o hasta que se agote el abastecimiento de los cartuchos en el cargador.

En las todas las pistolas, independientemente de su forma, tamaño y complicaciones de mecanismos intermedios, lo que sucede siempre que se presiona el llamador, es que una palanca conocida como biela del disparador actúa sobre el extremo de un mecanismo que puede pivotar, denominado fiador, cuyo cometido consiste en mantener montado al martillo, hasta que no se actúe sobre dicho fiador, al accionar el llamador. Para que el martillo permanezca montado, un muelle obliga al otro extremo del fiador a encajarse en la muesca de disparo, o bien, sobre el seguro del arma, si esa es la intención del usuario.

Después de que ha actuado la biela del disparador sobre la cola del fiador, la biela se desconecta y libera al fiador, dejándolo preparado para que al encontrarse con la muesca de disparo del martillo quede trabado nuevamente en la posición de montado, dejando de actuar sobre el fiador, hasta que no se libere la presión del dedo sobre el gatillo. En estas armas, siempre existe un elemento auxiliar que puede presentar muy diversas formas, de émbolo, de biela, en forma de T, etc. Siendo su misión actuar sobre el extremo libre de la biela del disparador, para impedir que ésta pueda actuar sobre el fiador cuando la corredera, o cierre de la recámara, inicia su movimiento de apertura, garantizando que no se producirá un disparo hasta que el bloque obturador se encuentre en la posición correcta de cierre.

Puede decirse que son cuatro los sistemas más comunes que se emplean para la automatización de las pistolas, y que consisten en lo siguiente:

- a) Sistema de cierre de recámara acerrojado el cañón hasta que la presión de los gases haya disminuido a límites seguros, para después iniciar su apertura. Sucediendo esto después de que el proyectil es expulsado por la boca del cañón, descendiendo bruscamente la presión de los gases en el interior de la recámara.

Ordinariamente, las pistolas se encuentran basadas en cierta cantidad de movimiento de retroceso del cañón, donde se distinguen los sistemas de funcionamiento basados en un largo y corto retroceso del cañón. Los sistemas de largo retroceso, son aquéllos donde el cierre de la recámara retrocede junto con el cañón en una longitud superior a la del propio cartucho. En cambio, los sistemas de corto retroceso del conjunto del cierre y cañón, es menor a la longitud del cartucho. Actualmente, este último sistema es el más empleado, donde la extracción y expulsión del casquillo se efectúa después de que el cierre de recámara se ha desbloqueado del cañón, y está realizando su movimiento de apertura.

- b) Sistema de apertura retardada, basado en un cierre de masas de inercia con dispositivo que retrasa la apertura del cierre de la recámara, también conocido como semibloqueo, basado en la resistencia por fricción que se opone al movimiento de dos piezas, una móvil y la otra fija o semifija. La fricción que va a permitir retrasar la apertura, se obtiene en unos sistemas, al hacer girar el cañón, o el obturador, sobre apoyos helicoidales, y en otros, por medio de una pieza intermedia que en un momento dado escapa, liberando al cierre.
- c) Sistema de acción por inercia de masas, también conocido como de retroescape, el que consiste en un cierre de recámara relativamente pesado, que obtura al cañón auxiliado por un robusto muelle recuperador, el que retarda la apertura del cierre de recámara hasta que el proyectil haya abandonado el cañón. La expresión de inercia de masas, da a entender, que para retrasar la apertura del cierre de recámara se va a emplear el conocido principio físico de la inercia, que se aplica a todo cuerpo tanto en reposo como en movimiento, que nos señala que cuanto mayor masa tenga un cuerpo, más será su inercia. Este sistema consiste en un cierre de recámara provisto de una gran masa, para conseguir gran inercia a permanecer cerrado y pegado a la boca de la culata del cañón del arma en el momento del disparo, lo que se consigue por un masivo muelle que refuerza la inercia del cierre, lo que retrasa la apertura de éste, hasta que la presión de los gases disminuye a límites seguros y, después de que el proyectil salió por la boca de cañón.

Considerando la anterior información, sería muy conveniente conocer los diferentes conceptos que se emplean para definir los procesos que describen las acciones propias del manejo y funcionamiento de las armas de fuego, los que consisten en lo siguiente:

Alimentar. Procedimiento de introducir un cartucho en la recámara del cañón de cualquier arma de fuego, ya sea manualmente, o por la automatización de las armas que emplean la presión de los gases para obligar la apertura y cierre de la recámara, incluyendo la extracción del casquillo y, la introducción de un nuevo cartucho en la misma.

Abastecer. Procedimiento de suministrar cartuchos en los correspondientes cargadores, o depósitos específicos de las armas. En los revólveres la introducción de los cartuchos en su cilindro, en algunos rifles y escopetas en el depósito tubular situado por debajo del cañón, y en las armas automáticas y semiautomáticas en su correspondiente cargador, o por medio de cintas.

Acerrojar. Esta acción, corresponde al procedimiento manual de abrir y cerrar el bloque obturador en un solo movimiento, donde al mismo tiempo se introduce un cartucho en la recámara del cañón. Este práctica queda excluida para los revólveres, derringers y armas monotiro, que carecen de un cerrojo de movimiento rectilíneo. En las armas de repetición de cerrojo, palanca, o corredera, este proceso se realiza en forma manual para cada uno de los disparos que se tenga que realizar. En lenguaje común, generalmente se escucha con el modismo cerrojar, término inapropiado que inclusive no se encuentra en ningún diccionario de español.

Bloqueo. Corresponde al procedimiento de cierre de la recámara del cañón, mediante el bloqueo hermético del cerrojo con respecto al cartucho en la recámara. La finalidad del bloqueo, es impedir la apertura anticipada de la recámara antes de que el proyectil haya abandonado el cañón, de esta manera se evitan fugas de presión.

Disparo. Acción que corresponde a la percusión del cartucho y la expulsión del proyectil por la boca de fuego. Para ello, previamente se hubo de liberar los mecanismos de percusión del arma, al ejercer fuerza sobre el disparador.

Desbloqueo. Consiste en la apertura del bloque obturador después que se efectúa el disparo, con un desplazamiento hacia atrás y promoviendo la expulsión del casquillo en las armas automatizadas. En las armas de repetición, esta acción se realiza manualmente y por voluntad del tirador, haciendo uso de los mecanismos propios del arma.

Montar. Proceso que se refiere a la acción de preparar y dejar a punto los mecanismos de percusión del arma, para encontrarse en condiciones de efectuar el disparo en el momento en que se requiera. En las pistolas semiautomáticas, de acción sencilla, corresponde a la operación de amartillar el arma. En las que efectúan el disparo por medio de un percutor lanzado, o de impulso, esto se suscita cuando se acerroja la pistola, donde un muelle se comprime manteniendo al percutor retenido por un diente conectado al llamador, en espera de ser liberado para proyectarse sobre fulminante del cartucho y producir el disparo.

Este proceso tiene intrínseca relación con el concepto de acerrojar el arma, pues al montar los mecanismos de percusión, es necesario efectuar inicialmente tal procedimiento. En los revólveres de acción sencilla, y de doble acción, el concepto de montar se refiere a la acción de amartillarlos anticipadamente, donde al mismo tiempo se alinea un cartucho del cilindro con el eje del cañón.

Extracción. Consiste en desalojar el casquillo percutido, o cartucho útil, de la recámara de cañón, lo que se produce por la participación directa del mecanismo extractor que se incrusta en el surco, o reborde, de los casquillos y, que se suscita por la apertura del obturador.

Expulsión. Corresponde a la proyección del casquillo fuera del arma, para dar cabida a la subsecuente alimentación de la recámara. Esta acción es provocada por el mecanismo expulsor, que se presenta como una pieza rígida fijada en el armazón, receptor, o cajón de mecanismos de las armas, en el que golpean los casquillos después de que son extraídos de la recámara del cañón.

Obstrucciones en las armas automatizadas

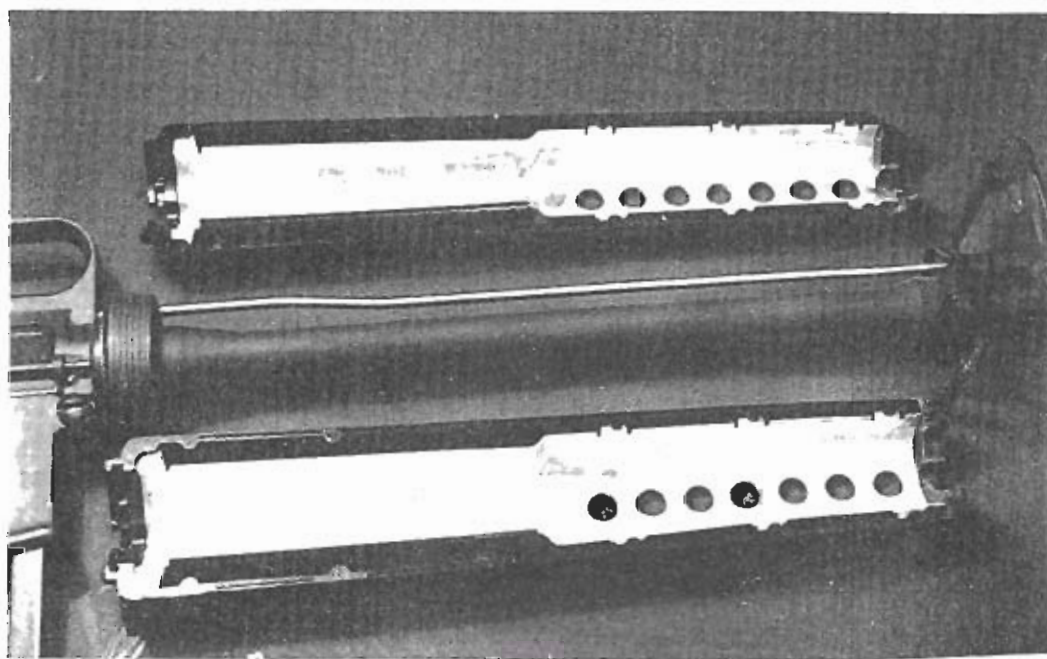
En el momento que un arma automatizada interrumpe repentinamente su ciclo de disparo, por consecuencia de un casquillo, o cartucho, que se haya atravesado entre el bloque obturador y la recámara del cañón durante el proceso del cierre del arma, se dice que esta *encasquillada*. Esta circunstancia puede ser originada por varios factores, donde se involucran las deficiencias súbitas de los mecanismos del arma y propias del uso frecuente o las condiciones específicas de los cartuchos utilizados, que en su momento, obligan a usuario del arma a efectuar las maniobras necesarias para destrabarla. Entre las contingencias más comunes que ocasionan interrupciones en las armas, se encuentran las siguientes:

- Cuando el resorte recuperador vence su propiedad de retracción, disminuyendo su capacidad de impulso para acerrojar correctamente el bloque obturador.
- Cuando las cejas superiores del cargador se fracturan, o se abren por deformación obligando al cartucho prácticamente a pararse a la salida del cargador, entonces durante el movimiento de cierre del bloque obturador esté queda atravesado.
- Cuando en la rampa de acceso a la recámara del cañón se haya acumulando un exceso de suciedad, o que se haya desgastado por la fricción constante del uso, ocasionando que el siguiente cartucho no se introduzca en posición correcta, obstruyendo el cierre del arma.
- Cuando el cartucho disparado, se encuentra disminuido en las cualidades químicas de su carga de proyección, dejando de generar la suficiente fuerza para obligar a la apertura completa del bloque obturador, entonces, no se extrae completamente el casquillo percutido y, en el corto recorrido del cierre se obstruye el siguiente cartucho. Inclusive puede suceder que el respectivo proyectil se quede trabado en el interior del cañón, y después de acerrojar nuevamente el arma y, que se tratase de efectuar un segundo disparo en tales condiciones, provocaría un suceso de fatales consecuencias.

- Cuando los cartuchos se encuentran deformados en su estructura, los que no pueden introducirse correctamente en la recámara del cañón, dejando obstruido el bloque del cerrojo.

Otros factores que pueden ocasionar interrupciones, o deterioros imprevistos en el funcionamiento de las armas de fuego, y que revisten importancia cuando se atiende una investigación de criminalística, donde se tiene que determinar las circunstancias y consecuencias, de la participación de armas afectadas en el desenlace de sucesos criminales, consisten en lo siguiente:

- Cuando el extractor se haya deformado, o se hubiera fracturado, por el constante accionar del arma, evitando que el casquillo sea desalojado de la recámara.
- Por la excesiva suciedad acumulada, o por efectos de la corrosión presente en los mecanismos con movimiento, que en un momento obligan al sistema de apertura y cierre a trabarse.
- Por deformación de las estructuras del arma, ajenas al proceso del disparo, como caídas del arma, golpes contundentes con objetos duros, inclusive, por el impacto de un proyectil disparado por otra arma, que circunstancialmente haya pegado en el arma para dejarla inutilizada.
- Cuando se obstruyen los conductos de la toma de gases, en las armas que utilizan ese sistema, los que por suciedad acumulada interrumpen el ciclo de disparo.



Tubo de gases de un fusil AR-15

- Cuando el percutor se fractura repentinamente, por efectos de la constante producción de disparos, donde las altas presiones debilitan los metales.
- Cuando el resorte elevador del cargador se vence, y los cartuchos no alimentan la recámara del cañón.
- Por desajuste de cualquier mecanismo del sistema de percusión, incluso por deformaciones, o fracturas de palancas y muelles que ejecutan funciones específicas.
- Cuando un cartucho se encuentra en deficientes condiciones, y aun cuando es percutido adecuadamente, no se produce el disparo, circunstancia común en cartuchos húmedos, antiguos, o de mala calidad.

Las armas ametralladas

Un desperfecto funcional poco común, pero latente en armas semiautomáticas, resulta cuando circunstancialmente se disparan en *ráfaga*, sin que para ello se hayan modificado intencionalmente los mecanismos del arma, en tal eventualidad, se le adjudica el término de arma *ametrallada*.

En las pistolas semiautomáticas, independientemente de sus características de diseño, lo que sucede cuando se dispara, es que la palanca denominada biela de disparador actúa sobre el extremo del fiador que pivotéa para liberar al martillo. Entonces, la función del fiador es mantener montado al martillo dispuesto al disparo, de tal manera que la fractura de esta pieza o su mal funcionamiento, suele producir el ametrallamiento del arma, dejando libre a la corredera para que se desplace ininterrumpidamente en su movimiento de apertura y cierre de la recámara, por lo que el martillo caerá sucesivamente y producirá los respectivos disparos mientras se esté presionando el llamador, aun en corto lapso de tiempo o hasta agotarse el abastecimiento de cartuchos.

Al igual que en las pistolas, en los fusiles de retroescape, aun cuando el selector de la cadencia de disparo se encuentre en la posición de semiautomático, el ametrallado se origina porque los topes del bloque obturador se desgastan por fricción, o se fracturan por el debilitamiento de los metales, de tal forma, que dicho bloque queda momentáneamente libre en su desplazamiento de cierre y apertura, mientras se esté presionando el llamador.

El examen de armas que presentan esta particularidad, puede resultar significativo en investigaciones criminalísticas, y donde los presuntos autores de homicidios manifiestan que involuntariamente su arma se hubo de disparar en *ráfaga*, y que realmente su intención no fue la de víctimar a la persona de tantos disparos. Estas aseveraciones pueden resultar ciertas, o falsas, dependiendo de los resultados obtenidos del estudio mecánico practicado al arma asegurada. Pero también existe la posibilidad, de que las armas originalmente semiautomáticas hayan sido intencionalmente modificadas para disparar en *ráfaga*, lo que deberá ser previsto por los peritos relacionados con el asunto, para que en su oportunidad, determinen si el arma se ametralló por circunstancias fortuitas, o por modificaciones intencionales.

Deficiencias mecánicas en los revólveres.

Desde siempre, los revólveres han sido considerados los más seguros y eficientes para la actividad civil y policiaca, los que no ocasionan problemas de encasquillado, o de bloqueo, en comparación con las armas automatizadas, y que, por contar con mecanismos de repetición, garantizan que se va a producir el disparo en el momento en que es requerido, aun cuando uno o más cartuchos se encuentren en deficientes condiciones. De ser así, inmediatamente se alinea el siguiente cartucho, volviendo a realizar la operación, todo ello, por el ventajoso sistema de rotación de su cilindro, que no utiliza la fuerza de los gases para mecanizarse, lo que se ejecuta por la intervención de palancas y muelles que lo hacen girar para alinear cada recámara con el eje del cañón, requiriendo únicamente la fuerza manual del tirador.

La gran mayoría de los revólveres, carecen de un seguro mecánico que pueda interrumpir su funcionamiento, pues no es necesario mientras su martillo permanezca desmontado, lo que se conoce comúnmente con el término de desamartillado. Los mecanismos de seguridad de muchos revólveres de doble acción, consisten en dispositivos de escape del disparador, conocidos en algunos diseños como *pasivos*, dotándolos de resaltes y, que encontrándose el llamador en reposo, impiden cualquier movimiento del martillo por oposición directa con el cartucho alineado, evitando disparos accidentales. Los revólveres con percutor flotante, se presentan con *barras de transferencia*, que estando el martillo en reposo, impiden que por golpes de caída, el martillo tenga contacto con el percutor y se produzca un disparo.

Dependiendo del revólver examinado, estas características se pueden comprobar al presionar el llamador del arma, obligando, mecánicamente al martillo, a levantarse y caer sobre la recámara del cilindro dispuesta, y mientras se siga apretando el gatillo, el percutor permanecerá por fuera de la placa del cierre, al dejar de presionarlo, para preparar el siguiente disparo, el martillo se retrasa y retira al percutor del área de contacto con el cartucho.

Para efectuar un disparo intencional de un revólver con su martillo desmontado, es necesario ejercer sobre el llamador, una fuerza generalmente mayor a los 2.5 kilogramos, por lo que se asegura que no se va a producir un disparo accidental por contacto imprevisto sobre el disparador, con una fuerza menor a la señalada. Sin embargo, cuando el revólver se encuentra amartillado, se incrementa la sensibilidad del disparador, entonces, el riesgo de que se produzca un disparo involuntario aumenta considerablemente, donde al ejercer un mínimo de presión sobre el gatillo, dejará caer el martillo. Esta situación, también es aplicable en los revólveres de acción sencilla, los que requieren ser previamente amartillados para preparar el disparo.

Las deficiencias mecánicas más comunes en los revólveres, se producen por desajustes en sus mecanismos y, por consecuencia del uso excesivo, maltrato, o falta de mantenimiento de estos artefactos, lo que ordinariamente se refleja en anomalías en la alineación del cilindro, así como en desperfectos en el sistema de amartillado del arma, que generalmente resultan por los siguientes factores:

-
- A black and white photograph showing the disassembled components of a handgun, likely a Smith & Wesson Model 38 Smith & Wesson. The components are laid out on a light-colored, textured surface. The main parts visible are the slide assembly at the top, the frame with the trigger and hammer at the bottom right, the barrel and cylinder assembly on the left, the magazine at the bottom center, and the grip at the bottom. A small, coiled spring is also visible on the right side. The image is a high-contrast, grainy photograph, possibly from a forensic or legal context.

Despiece de un revólver

Para efectos forenses, es elemental conocer que los cilindros de los revólveres pueden rotar de acuerdo a las manecillas del reloj (de izquierda a derecha), o viceversa, esto depende del diseño de cada fabricante, es el caso de los revólveres Colt, que giran conforme al horario, en cambio, los cilindros de los revólveres Smith & Wesson, Ruger, y Charter Arms entre otros, giran antihorario (de derecha a izquierda).

En una investigación de criminalística, estas circunstancias determinan la secuencia de los disparos efectuados con un revólver, de acuerdo a la posición que guarden en el cilindro, los casquillos percutidos y los posibles cartuchos útiles. Además, de que tal información resulta provechosa para los procedimientos de seguridad, cuando es necesario efectuar disparos de prueba con revólveres.

La ley federal de armas de fuego y explosivos

La consulta de la *Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*, ordinariamente resulta polémica en su interpretación técnica, motivando diferentes criterios entre los tiradores, peritos, agentes del ministerio público, abogados postulantes, e incluso de jueces. No obstante, ésta, inevitablemente debe vincularse en los casos donde se hayan asegurado armas de fuego, y cuando se tenga que determinar si se encuentran consideradas como de uso exclusivo del ejército, armada y fuerza aérea.

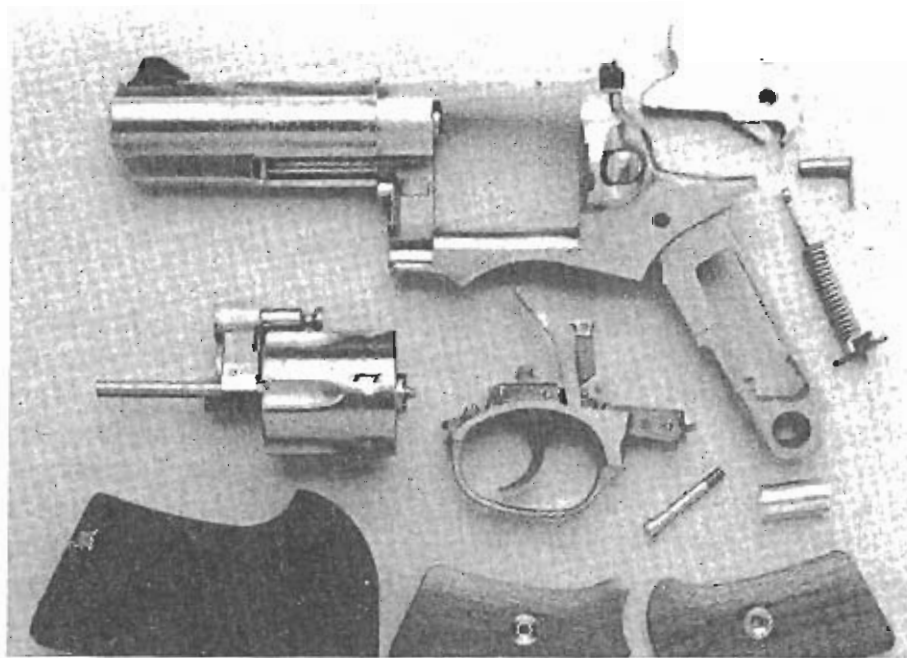
Los estudios periciales sobre las armas de fuego, se centran, esencialmente, en tres, de los ocho artículos que conforman el *Capítulo I*, correspondiente a las disposiciones preliminares de la referida ley, relacionadas con el título segundo sobre la posesión y portación. De tales artículos, se desprende la información que los peritos deben utilizar para sus determinaciones técnicas.

Al analizar detalladamente el contenido de los ocho artículos de referencia, es evidente que razonan sus disposiciones, particularmente en el calibre, o diámetro del cañón, así como en el funcionamiento de las armas de fuego, atendiendo de manera muy superficial, lo relacionado con la potencia de las armas y sus cartuchos. Además, se observa una reducida fuente de información sobre los calibres que pueden ser permitidos, o prohibidos. Debiendo considerar, que en el ambiente de las armas de fuego, se presenta una gran variedad calibres nominales y de artefactos tan diversos, que no se encuentran contemplados en dicha ley. En consecuencia, se genera una seria dificultad para su debida interpretación, en cuyo caso, queda supeditado al criterio muy personal de la autoridad, o del particular, que se encuentre atendiendo una situación específica, debiendo aplicar el conocimiento y experiencia que al respecto se tenga.

Para adentrarnos en el tema, procederemos a describir textualmente lo que señalan los artículos 9, 10 y 11 de la ley, al tiempo que se manifestarán los comentarios que al respecto correspondan, con la finalidad de orientar sobre los criterios técnicos que se pudieran aplicar para determinados asuntos.

- *Artículo 9.* Pueden poseerse o portarse, en los términos y con las limitaciones establecidas por esta ley, armas de las características siguientes:
- I. Pistolas de funcionamiento semiautomático de calibre no superior al .380" (9 mm), quedando exceptuadas las pistolas calibres .38" Super y .38" Comando y también en calibres 9 mm las Mauser, Luger, Parabellum y Comando, así como los modelos similares del mismo calibre de las exceptuadas, de otras marcas.

- Desajuste, desgaste, o fractura del pestillo, situado en la parte inferior del marco del chasis, que tiene la función de mantener fijo al cilindro, cuando una de las recámaras se encuentra alineada con el eje del cañón. Lo que ocasiona la nula, o incorrecta alineación del cilindro, provocando que el proyectil disparado no se introduzca directamente en el cañón del arma, golpeando anticipadamente sus paredes exteriores y, que ocasionaría fragmentación de los metales, representando un serio riesgo para el tirador.
- El desgaste por fricción del arreador, mecanismo que se incrusta en la estrella escalonada del cilindro, que lo hace rotar mediante la fuerza que aporta la palanca elevadora y que sobresale de la placa del cierre, la que es mecanizada por el gatillo.
- El desajuste del brazo soporte del cilindro, quedando desarticulado en su movimiento de ensamble con el chasis.
- El vencimiento, o desajuste del muelle real, anulando el funcionamiento del martillo.
- La fractura del percutor, evitando el contacto con los cartuchos dispuestos a disparar.
- En general, el desajuste de palancas, o vencimiento de muelles, que mecanizan el sistema de percusión de estos artefactos.



Despiece de un revólver

Para efectos forenses, es elemental conocer que los cilindros de los revólveres pueden rotar de acuerdo a las manecillas del reloj (de izquierda a derecha), o viceversa. esto depende del diseño de cada fabricante, es el caso de los revólveres Colt, que giran conforme al horario, en cambio, los cilindros de los revólveres Smith & Wesson, Ruger, y Charter Arms entre otros, giran antihorario (de derecha a izquierda).

En una investigación de criminalística, estas circunstancias determinan la secuencia de los disparos efectuados con un revólver, de acuerdo a la posición que guarden en el cilindro, los casquillos percutidos y los posibles cartuchos útiles. Además, de que tal información resulta provechosa para los procedimientos de seguridad, cuando es necesario efectuar disparos de prueba con revólveres.

La ley federal de armas de fuego y explosivos

La consulta de la *Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*, ordinariamente resulta polémica en su interpretación técnica, motivando diferentes criterios entre los tiradores, peritos, agentes del ministerio público, abogados postulantes, e incluso de jueces. No obstante, ésta, inevitablemente debe vincularse en los casos donde se hayan asegurado armas de fuego, y cuando se tenga que determinar si se encuentran consideradas como de uso exclusivo del ejército, armada y fuerza aérea.

Los estudios periciales sobre las armas de fuego, se centran, esencialmente, en tres, de los ocho artículos que conforman el *Capítulo I*, correspondiente a las disposiciones preliminares de la referida ley, relacionadas con el título segundo sobre la posesión y portación. De tales artículos, se desprende la información que los peritos deben utilizar para sus determinaciones técnicas.

Al analizar detalladamente el contenido de los ocho artículos de referencia, es evidente que razonan sus disposiciones, particularmente en el calibre, o diámetro del cañón, así como en el funcionamiento de las armas de fuego, atendiendo de manera muy superficial, lo relacionado con la potencia de las armas y sus cartuchos. Además, se observa una reducida fuente de información sobre los calibres que pueden ser permitidos, o prohibidos. Debiendo considerar, que en el ambiente de las armas de fuego, se presenta una gran variedad calibres nominales y de artefactos tan diversos, que no se encuentran contemplados en dicha ley. En consecuencia, se genera una seria dificultad para su debida interpretación, en cuyo caso, queda supeditado al criterio muy personal de la autoridad, o del particular, que se encuentre atendiendo una situación específica, debiendo aplicar el conocimiento y experiencia que al respecto se tenga.

Para adentrarnos en el tema, procederemos a describir textualmente lo que señalan los artículos 9, 10 y 11 de la ley, al tiempo que se manifestarán los comentarios que al respecto correspondan, con la finalidad de orientar sobre los criterios técnicos que se pudieran aplicar para determinados asuntos.

➤ *Artículo 9.* Pueden poseerse o portarse, en los términos y con las limitaciones establecidas por esta ley, armas de las características siguientes:

- I. Pistolas de funcionamiento semiautomático de calibre no superior al .380" (9 mm), quedando exceptuadas las pistolas calibres .38" Super y .38" Comando y también en calibres 9 mm las Mauser, Luger, Parabellum y Comando, así como los modelos similares del mismo calibre de las exceptuadas, de otras marcas.

Comentario. Este apartado, da la apariencia que relaciona específicamente a las pistolas semiautomáticas de la marca Colt, en los modelos Super y Commander, del calibre nominal .38 Super y ACP, así como de los calibres nominales 9 mm Luger o Parabellum, pues al final del apartado refiere de "otras marcas", entonces, es claro que inicialmente se manifiesta por alguna marca en particular.

Al señalar Super y Comando, sé esta refiriendo particularmente a los calibres nominales .38 Super y ACP (Automatic Colt Pistol), expresando el diámetro en centésimas de pulgada (.38"), el que es comparado con el calibre nominal .380 Auto, considerando que éste es de menor potencia en comparación con los anteriores. Hablamos de relación de calibres nominales, ya que los proyectiles del .38 Super o ACP y, los del .380 Auto, presentan un diámetro verdadero de 355 milésimas de pulgada, o 9.01 milímetros. Por lo tanto, también vinculan en el mismo apartado, a los calibres nominales 9 mm Mauser, Luger y Parabellum, señalando que estos dos últimos corresponden al mismo calibre, pero con diferente denominación, incluso conocidos como 9x19 mm.

De tal apartado, se puede interpretar, que las pistolas semiautomáticas que se encuentran permitidas para su posesión y portación, corresponden entre otras, a los calibres nominales .22 Corto, Largo, Long Rifle y Magnum, .25 Auto (6.35 mm), .30 Luger, .30 Mauser, .32 Auto (7.65 mm) y .380 Auto (9 mm Kurz, Short o Corto). Este último calibre, debe ser perfectamente diferenciado, pues muchas armas de procedencia Europea, vienen marcadas como 9 mm Short, Kurz o Corto, también conocido como 9x17 mm, y que corresponden en el sistema inglés, al calibre nominal .380 Auto, por lo que no están consideradas como de uso exclusivo del ejército, armada y fuerza aérea. En consecuencia, no deben ser confundidas con el calibre 9 mm Luger/Parabellum, o similares.

Por otra parte, la ley no hace mención alguna, sobre pistolas monotiro, o de disparo único, que en el mercado existen, las que emplean cartuchos para rifles con una potencia muy superior a cualquier cartucho para arma corta, como las pistolas de las marcas Thompson/Center y Springfield Armory, entre otras, que se comercializan en los calibres nominales, .270 Rem, .30-30 Win, .30 M1, 7 mm Bench Rest, 7-30 Waters, .358 Win, .223 Rem y .308 Win, donde los cañones y las balas de los cartuchos, presentan un diámetro inferior a las 355 milésimas de pulgada. Entonces sería obvio señalar, que tales pistolas no pueden ser catalogadas como de uso exclusivo del ejército, puesto que la ley no las involucra.

II. Revólveres en calibres no superiores al .38" Especial, quedando exceptuado el calibre .357 Magnum.

Comentario. Este apartado es más preciso, de acuerdo a lo simple de su descripción, el que puede interpretarse fácilmente al señalar específicamente calibres nominales. Aquí, las balas de ambos calibres (.38 Especial y .357 Magnum) presentan el mismo diámetro, que corresponde a las 357 milésimas de pulgadas, o 9.06 milímetros. La diferencia entre ambos, consiste en la mayor longitud del casquillo para el cartucho .357 Magnum, el que contiene más cantidad de carga de proyección, entonces, su potencia es superior en comparación con el .38 Especial, por lo que, al parecer, se establece respectivamente la diferencia entre su admisión o prohibición.

BALÍSTICA FORENSE

Por lo tanto, los revólveres que se encuentran permitidos para poseer y portarse en los términos y con las limitaciones establecidas por la ley, corresponden a calibres nominales .22 Corto, Largo, Long Rifle y Magnum, .32 S&W, .32 S&W Largo, Short Colt, .38 S&W, .32 H&R Magnum, .32-20 Winchester y .38 Especial, así como calibres que pudieran encontrarse de manera intermedia.

El apartado también señala que los ejidatarios, comuneros y jornaleros campo, fuera de las zonas urbanas, podrán poseer y portar con la sola manifestación de arma de las ya mencionadas, o un rifle de calibre .22", o una escopeta de cualquier calibre excepto las de cañón de longitud inferior a 635 mm (25") y las de calibre superior a 12 (.729" o 18.5 mm).

III. Las que menciona el artículo 10 de esta ley,

Comentario. Este se proporciona en el apartado correspondiente.

* IV. Las que integran colecciones de armas, en los términos de los artículos 21 y 22

* Sin comentario alguno

➤ *Artículo 10.-* Las armas que podrán autorizarse a los deportistas de tiro o cacería para poseer en su domicilio y portar con licencia, son las siguientes:

I. Pistolas, revólveres y rifles calibre .22", de fuego circular;

Comentario. Este apartado es claro al señalar las armas que utilizan cartuchos de fuego circular o anular, como, el .22 Corto, .22 Largo, .22 Long Rifle y .22 Magnum.

II. Pistolas del calibre .38" con fines de tiro olímpico o de competencia;

Comentario. Este apartado técnicamente se refiere a las pistolas del tipo MidRange y, a las que pudieran ser autorizadas por la autoridad, pues de repente, se observan diferentes criterios para su autorización o prohibición.

III. Escopetas en todos sus calibres y modelos, excepto las de cañón de longitud inferior a 635 mm (25"), y las de calibre superior al 12 (.729" o 18.5 mm).

Comentario. Este apartado técnicamente involucra a todas las escopetas sin diferenciar su funcionamiento, como las monotiro, de cañones yuxtapuestos, de cañones superpuestos, de acción de corredera y, las semiautomáticas, e inclusive las escopetas Spas, que presentan mecanismos selectivos para disparos en su modalidad de repetición o semiautomático. En cuanto a los calibres, los permitidos corresponden al .410, 28 Ga., 20 Ga., 16 Ga., 12 Ga.. Así como los calibres intermedios que en un momento pudieran encontrarse. En cuanto a la longitud del cañón, se establece como máximo las 25 pulgadas (63.5 cm) medida tomada desde el borde de la boca de fuego, hasta el extremo de su recámara. Debiendo obtener las medidas con toda la formalidad requerida, de lo contrario, cualquier variación en milímetros puede originar una alteración en la verdadera longitud del cañón.

IV. Escopetas de tres cañones en los calibres autorizados en la fracción anterior, con un cañón para cartuchos metálicos de distinto calibre.

Comentario. Interpretando este apartado, se deduce que éstas escopetas son aquellas que además de utilizar cartuchos de esta índole, cuentan con un tercer cañón rayado que emplea cartuchos metálicos de rifle, sin señalar específicamente los posibles calibres de este último, manifestándose de manera generalizada, donde tal vez, se interpretan únicamente los calibres para escopetas ya expuestos en el apartado anterior.

V. Rifles de alto poder, de repetición o de funcionamiento semiautomático, no convertibles en automáticos, con la excepción de carabinas calibre .30", fusil, mosquetones y carabinas calibre .223", 7 y 7.62 y fusiles Garand calibre .30".

Comentario. Este apartado resulta particularmente confuso, pues no define con claridad los calibres nominales de las armas que están permitidas, debiendo suponer, que son todas aquellas que no se encuentran contempladas entre la variedad de los calibres referidos como excepción (.30", .223", 7 y 7.62 mm), aun cuando existan calibres de similar y hasta de mayor potencia que los expuestos. Entonces, se deben considerar como permitidos los rifles de alto poder, de repetición y semiautomáticos, de los calibres nominales .222 Rem, .243 Win, 6 mm Lee, 6 mm Rem, .25 Rem, .25 Stev, .25-06 Rem, .25-20 Win, .25-35 Win, .250 Savage, .257 Roberts, .264 Win Magnum, 6.5 mm Carcano, 6.5 mm Jap, 6.5x55 mm y .270 Win, entre otros.

VI. Rifles de alto poder de calibres superiores a los señalados en el inciso anterior, con permiso especial para su empleo en el extranjero, en cacería de piezas mayores no existentes en la fauna nacional.

Comentario. Este apartado por ser muy general, involucra a todos los rifles de alto poder, con excepción de los referidos calibres 30", .223", 7 y 7.62 y fusiles Garand calibre .30". Por lo que se puede mencionar, entre otros, a los calibres nominales, 300 H&H Magnum, .300 Savage, .300 Win Magnum, .303 Brithis, .303 Savage, 7.63 mm Mauser, 8 mm Mauser, .338 Win Magnum, .348 Win, .350 Rem Magnum, .358 Win, .375 H&H Magnum, .375 Win, .357 Weatherby Magnum, .40-60, .40-72, .40-82, .401 Win, .444 Marlin, .45-70 Government, .450 Win Magnum, .460 Weatherby Magnum, .50-110 Win y .50-95 WCF.

VII. Las demás armas de características deportivas de acuerdo con las normas legales de cacería, aplicables por las Secretarías de Estado u organismos que tengan injerencia, así como los reglamentos nacionales e internacionales para tiro de competencia.

Comentario. En éste apartado no se encuentra ninguna razón especial que se tenga que explicar, pues todo depende de las características particulares de las armas fuego que en su momento sean puestas a disposición, interviniendo la información documental que al respecto se pudiera proporcionar.

El mismo apartado continua señalando, a las personas que practiquen el deporte de la charrería podrán autorizárseles revólveres de mayor calibre que el de los señalados en el artículo 9º de esta ley, únicamente como complemento del atuendo charro, debiendo llevarlos descargados.

- *Artículo 11.* Las armas, municiones y material para el uso exclusivo del Ejército, Armada y Fuerza Aérea, son las siguientes:

a) Revólveres calibre .357" Magnum y los superiores a .38" Especial.

Comentario. Sería obvio señalar, que éste apartado se refiere a los revólveres de los calibres nominales .357 Magnum, .41 Rem Magnum, .44 S&W Especial, .44 Rem Magnum, .45 Auto Rim y .45 Long Colt, así como los similares. Esta última frase se vincula con las armas de fuego obsoletas o anticuadas que pudieran en un momento presentarse, como los desusados revólveres de cartuchos de fuego anular de gran calibre, pues la ley no refiere si éstos deban utilizar cartuchos de fuego central o circular, orientándose únicamente al calibre de los mismos.

b) Pistolas calibre 9 mm Parabellum, Luger y similares, las .38" Super y Comando, y las de calibre superiores.

Comentario. Interpretando este apartado, se considera que las pistolas de uso exclusivo del ejército armada y fuerza aérea, corresponden a los calibres nominales, .38 Super o Auto, 9 mm Mauser, 9 mm Luger o Parabellum, debiendo incluir a las armas de los calibres 9 mm Makarov, 9 mm Steyr, 9 mm Glisenti, 9 mm Browning o Largo, 9x25 Dillon, .357 Sig, .356 TSW, 10 mm Auto, .40 S&W, .400 Corbon, .41 Action Express .45 ACP (Auto), .45 Win Magnum, y 50 Action Express, entre otros.

c) Fusiles, mosquetones, carabinas y tercerolas en calibre .223", 7 mm, 7.62 mm y carabinas calibre .30" en todos sus modelos.

Comentario. Las armas restringidas que señala este apartado pueden ser, la variedad de los calibres .30", como las carabinas semiautomáticas .30 M1 y las automáticas .30 M2, los rifles de acción de palanca del calibre .30-30 Win, los rifles de acción de cerrojo y semiautomáticos de los calibres .30-06 Springfield y .308 Win (también denominados como 7.62x51 mm), estos calibres, entre otros, corresponden a fusiles modelo Garand, fabricados por la compañía Federal Ordnance, Inc., artefactos empleados principalmente en la segunda Guerra Mundial. Debiendo mencionar que la variedad de armas y cartuchos del calibre .30" presentan un diámetro promedio de 30 centésimas de pulgada o 300 milésimas de pulgada, que corresponden a los 7.62 milímetros, existiendo una variedad de calibres que se sitúan entre estas medidas, pero que en apariencia y nomenclatura parecen presentar sustanciales divergencias, entre ellos destacan los calibres, 300 H&H Magnum, .300 Savage, .300 Win Magnum, .303 Brithis, .303 Savage, 7.63 mm Mauser, algunos tan poderosos o más, que los inicialmente señalados. Por lo que se sugiere tomar en cuenta estos últimos como de la variedad de los calibres .30".

En referencia al calibre .223", empleado de manera más divulgada por la variedad de los fusiles AR-15 y M-16, que, sin embargo, se encuentran otros rifles diseñados para ese calibre, como los fusiles; Franchi modelo G-41, Armalite modelo AR-180, Gwinn Firearms modelo Bushmaster, F.N. modelo FNC, Heckler & Koch en sus modelos HK-93, HK-53, HK-630, SL-6 y 33-K, Galil en sus modelos 361 y SAR, Olympic Arms modelo XM-15, Mannlicher Sch modelo A1, Valmet en sus modelos 72S, M-76 y M-71/S, Essential Arms modelo J-15, Norinco modelo 84S-1, Ruger modelo Mini-14, entre otros.

En lo que respecta a las armas del calibre 7 mm y 7.62 mm, estas posiblemente se refieren a los fusiles, mosquetones y carabinas de los calibres nominales, 7 mm Mausser, 7 mm Bench Rest Rem, 7 mm Rem Magnum, 7mm-08 Rem, 7x64 mm, 7.62x39 mm, 7.62x54 mm Russ, 7.62x51 mm o 7.62 Nato (también conocido comercialmente como .308 Win), 7.62x63 mm (también conocido como .30-06 Springfield).

d) Pistolas, carabinas y fusiles con sistema de ráfaga, subametralladoras, metralletas y ametralladoras en todos sus calibres.

Comentario. Este apartado es fácil de interpretar, pues se refiere a todas las armas de funcionamiento automático, o sea, que disparan en ráfaga, aun cuando sean de pequeño calibre, como el .22 Long Rifle, pasando por los de mediano calibre y, hasta los de mayor tamaño, como el .50 BMG empleado en ametralladoras semiautomáticas.

e) Escopetas con cañón de longitud inferior a 635 mm (25"), las del calibre superior al 12 (.729" o 18.5 mm) y las lanzagases, con excepción de las de uso industrial.

Comentario. Por el calibre de las escopetas, se puede establecer que las armas prohibidas corresponden a los calibres 10 Ga. y 8 Ga., o sea, las que presentan un diámetro interior del cañón mayor a las .775" o 19.7 mm. En cuanto a la longitud del cañón, quedan restringidas todas las escopetas con cañones inferiores a las 25 pulgadas de longitud (63.5 cm).

Al respecto, se puede mencionar un ejemplo verídico que se suscitó con un artefacto de fabricación rudimentaria o hechiza, en el que se emplearon desperdicios metálicos, tales como, un tubo de acero, montado en un bastidor de varilla para construcción, incluyendo una culata del mismo material, adaptando un bloque obturador elaborado con tubular, e impulsado por un muelle (resorte), conectado a un alambre grueso como gatillo. Dicho artefacto exteriorizaba una apariencia grotesca e inusual. En cuestiones mecánicas mal funcionaba, y constituía serios riesgos para dispararlo, además de que alojaba un solo cartucho del calibre 12 Ga. por cada recarga, por lo que sí debía considerarse como arma de fuego. En referencia a la longitud de su cañón, éste se presentaba de escasas 15 pulgadas. Por esta última circunstancia, un Agente del Ministerio Público consignó al individuo portador, por posesión de un arma de uso exclusivo del ejército, armada y fuerza aérea.

En éste caso, se presentaron dos criterios particulares y muy interesantes de discutir, uno de ellos jurídico, expuesto por el representante social, y el otro técnico, expresado por el perito particular designado en el proceso judicial. El primero manifestaba que la ley, al ser clara, con respecto a señalar que el artefacto estaba considerado como arma de fuego, pues utilizaba cartuchos para escopeta del calibre 12 Ga. y como se constituía por un cañón inferior a las 25 pulgadas de longitud, entonces debía considerarse para uso exclusivo del ejército, además, se argumentó que la ley, por ser represiva, prohibía armas que pudieran ocultarse fácilmente y, que tuvieran una sobrada potencia e inmediata dispersión de los proyectiles múltiples.

El otro criterio, se orientaba a señalar que el artefacto por haber sido fabricado de manera rústica, con deficiencias mecánicas y de operación, e inclusive con un riesgo inminente para el tirador, en caso de dispararlo, no debía considerarse como de uso exclusivo del ejército, pues el término "uso", es explícito al señalar que las armas de fuego pueden ser empleadas por elementos de las instituciones militares, y que el arma hechiza, más que beneficiar un procedimiento táctico castrense, podría resultar en una consecuencia desastrosa, por lo que, no se tenía que dar tal calificativo a un artefacto en tales condiciones.

En definitiva, ambos criterios tenían un respaldo fundamentado, dependiendo obviamente del punto de vista de cada uno, donde la diferencia de juicios, se sostiene de la poca o nula información que se desprende de la referida ley.

f) Municiones para las armas anteriores y cartuchos con artificios especiales como trazadores, incendiarios, perforantes, fumígenos, expansivos, de gases y los cargados con postas superiores al "00" (.84 cm de diámetro) para escopeta.

Comentario. Debemos de entender que el término "municiones" técnicamente se refiere a los cartuchos para las armas de fuego. Entonces queda comprendido, que éste apartado se ocupa de los cartuchos de los calibres ya expuestos en los respectivos comentarios. La única diferencia observada, se relaciona con los cartuchos para escopeta que contengan postas mayores al tamaño "00" (con un diámetro de 8.38 mm), como sería el caso de las postas del tamaño "000" (con un diámetro de 9.14 mm), las que pueden contener los cartuchos del calibre 12 Ga.

Por lo tanto, si fuera asegurada una escopeta convencional del calibre 12 Ga. conteniendo cartuchos con postas del tamaño "000", técnicamente se debe establecer que el arma es de las permitidas por la ley, sin embargo, los cartuchos son de uso exclusivo del ejército, armada y fuerza aérea, lo que puede resultar controversial para la autoridad que tenga que analizar un dictamen rendido en esos términos. Para tales casos, se sugiere manifestar una detallada explicación técnica.

En lo que se refiere a los cartuchos con artificios especiales, como los trazadores e incendiarios, éstos generalmente se identifican con algún color específico, y dentro de los expansivos, deben considerarse a los cartuchos con balas de punta blanda o hueca.

*g) Cañones, piezas de artillería, morteros y carros de combate con sus aditamentos, accesorios, proyectiles y municiones;

*h) Proyectiles - cohete, torpedos, granadas, bombas, minas, cargas de profundidad, lanzallamas y similares, así como los aparatos, artificios y máquinas para su lanzamiento;

*i) Bayonetas, sables y lanzas

*j) Navíos, submarinos, embarcaciones e hidroaviones para la guerra naval y armamento;

*k) Aeronaves de guerra y su armamento, y

*l) Artificios de guerra, gases y sustancias químicas de aplicación exclusivamente militar, y los ingenios diversos para su uso por las fuerzas armadas.

En general, todas las armas, municiones y materiales destinados exclusivamente para la guerra.

Las de este destino, mediante la justificación de la necesidad, podrán autorizarse por la Secretaría de la Defensa Nacional, individualmente o como corporación, a quienes desempeñen empleos o cargos de la Federación, del Distrito Federal, de los Estados o de los Municipios.

** Comentario.* Los últimos seis apartados, donde se involucran artefactos más sofisticados y de especiales características, que rara vez se pueden encontrar en el ambiente civil, deberán ser examinados técnicamente por personal capacitado en materiales de guerra, cuyos expertos, generalmente se encuentran asignados a las diferentes secciones de las fuerzas armadas de nuestro país, quienes tienen la facultad y el conocimiento más que suficiente, para determinar las condiciones que marca la ley.

Para finalizar con la exploración de los tres artículos de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, es conveniente enfatizar que la reducida información contenida en dicha ley, origina una sustancial divergencia entre los criterios que se aplican por parte de las diferentes personalidades jurídicas que tienen la obligación de consultarla, aunado a ello, se involucra el escaso conocimiento que a veces se tiene sobre los calibres y las características de funcionamiento de las armas de fuego, sin excluir los cartuchos que estas utilizan.

Afirmando, que dentro del ambiente de las armas de fuego, se encuentra una considerable variedad de artefactos de ese género, las que presentan diversas formas, tamaños y sistemas de funcionamiento, algunas simples y otras complejas, además de la abundancia de diferentes calibres nominales, algunos muy antiguos y otros más modernos. De tal forma, que si observamos nuevamente los referidos artículos de la ley, detectaremos la descripción de una reducida cantidad de calibres, donde no se establece con precisión a cuales calibres nominales se refiere, pues de manera superficial, señala el diámetro en centésimas o milésimas de pulgada.

Un ejemplo de esto, corresponde a la variedad de los calibres .30", donde por desconocimiento, se pudiera ignorar que entre éstos se encuentran los calibres nominales .30 M1, .30-30 Win, .30-06 Springfield, y hasta los calibres .300 H&H Magnum, .300 Savage, .300 Win Magnum, .303 Brithis, .303 Savage .308 Win, pues todos ellos presentan básicamente el mismo diámetro de los proyectiles, proporcionados en centésimas y milésimas de pulgada, aun cuando la estructura completa de tales cartuchos difieren en dimensiones y otras características (según el funcionamiento del arma donde se van a emplear).

Complicando el tema, tal vez más, se debe mencionar a los calibres 7.62 mm. que también corresponden a la variedad de los calibres .30", los que se encuentran nominados en milímetros, tal es el caso de los calibres nominales 7.62x39 mm (empleado por los fusiles del tipo AK-47), el calibre 7.62 Nato o 7.62x51 mm (conocido comercialmente como .308 Win) empleados por los fusiles HK-G3, FAL y Galil entre otros, el calibre 7.62x63 mm (denominado como .30-06 Springfield) empleado en los rifles Garand, entre otros.

Como éstos, se pueden presentar otros muchos ejemplos, con respecto a distintos calibres nominales.

Es interesante observar que la actual Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, data de 1972, y hasta la fecha, no ha recibido ninguna modificación sustancial en los temas comentados, resultando controversial para los propósitos particulares, o de procuración y administración de justicia. Por lo que sería provechoso que fuera reformada elaborando particularmente una relación de los cartuchos por su calibre nominal, pues de ello depende fundamentalmente la potencia de las armas de fuego, involucrando también a los artefactos en que se van a emplear, ya sean de manufactura registrada o, de fabricación rudimentaria o hechiza, evitando que se presenten desproporcionadas desigualdades por cuestiones personales de su interpretación.

Modificaciones de las armas de fuego

En ésta sección no se mencionará como se pueden modificar armas de fuego, simplemente se orienta a la detección de alteraciones que se hayan efectuado en armas que se tengan que examinar. Por el hecho de que en algunos eventos criminales, se ven involucrados rifles o fusiles, e inclusive pistolas, diseñadas originalmente para disparar tiro a tiro (en semiautomático), las que intencionalmente fueron modificadas para disparar en ráfaga (en automático), lo que resulta importante, tanto para los efectos de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, como para las investigaciones criminalísticas, donde se tenga que elaborar una hipótesis sobre la posición víctima - victimario.

En nuestro ambiente, las armas modificadas, que ordinariamente más se presentan, corresponden a los fusiles del tipo AK-47, seguidos de los rifles AR-15, y los Subfusiles Uzi, incluso las pistolas Browning Hi-Power del calibre 9 mm Parabellum. Sin embargo, las respectivas alteraciones no son exclusivas para tales armas, debiendo estar atentos a cualquier artefacto en esas circunstancias.

Es conveniente señalar, que la gran mayoría de armas automatizadas que se encuentran en nuestro país, provienen legal o ilegalmente de los Estados Unidos de Norteamérica, las que generalmente son comercializadas para la población civil de aquel país con sistema de disparo semiautomático, que inclusive, presentan leyendas impresas que las acreditan como tales, considerando las propias restricciones que se tienen, aun en ese país, con respecto al uso de armas automáticas. No obstante, también se comercializan conjuntos de accesorios para efectuar cambios en determinadas armas, o bien, la habilidad y experiencia de armeros en nuestro país, pueden realizar dichas alteraciones.

Un examen simple para detectar si un arma se encuentra en condiciones de disparar en ráfaga, consiste en mantener presionado el llamador con el dedo de una mano, y con la otra, acerrojar varias veces el arma, si se observa que el martillo permanece montado entonces se dispara en seco, y se procede nuevamente a acerrojarla, para comprobar que el arma dispara en forma semiautomática. En caso de que el martillo se desplace acompañando al bloque obturador o corredera, entonces se acerroja en varias ocasiones dejando presionado el llamador, si el martillo sigue acompañando al cierre, significa que el arma se encuentra en condiciones de disparar en ráfaga.

Para un examen más preciso, es necesario desarmar parcialmente el arma y observar las posibles alteraciones de los mecanismos que provocan la percusión de los cartuchos, tales como, rebajes o variaciones en las piezas destinadas a preparar el martillo, cortes sobre las palancas de activación del llamador, aumento de una tercera posición de la palanca selector de la cadencia del disparo, y la inclusión de piezas soldadas ajenas al mecanismo original. Lo que en su momento debe ser fotografiado con detalle, para acreditar las modificaciones que se hayan efectuado, donde el conocimiento en este campo se adquiere con capacitación técnica, así como, con la experiencia que se consigue de acuerdo a la cantidad de asuntos atendidos.



Fusil semiautomático Galil, con su palanca selector de seguro y disparo

Para confirmar las alteraciones en las armas, sería conveniente efectuar disparos de prueba en instalaciones adecuadas, previendo todas las medidas de seguridad posibles, para estar en condiciones de rendir un dictamen satisfactorio en tal sentido, aun cuando la estructura del artefacto presente alguna leyenda que indique que el arma funciona de manera semiautomática, lo que también debiera explicarse satisfactoriamente.

Artefactos convertidos en armas de fuego

Para el público en general, es común que se vendan sin mayores restricciones artefactos de juguete que se presentan como imitaciones de verdaderas armas de fuego, los que por ser baratos, son comprados cotidiana y principalmente por jóvenes adolescentes, donde algunos proceden a realizar modificaciones sobre tales artefactos, con la intención de que estos puedan disparar verdaderos cartuchos para arma de fuego.

Sin embargo, la mayoría de las veces se tiene un total desconocimiento sobre los efectos físicos que se suscitan al disparar armas de fuego, pasando por alto la inadecuada y deficiente calidad de los materiales que se emplean para fabricar estos objetos de juguete, los que no tendrán la capacidad de resistir las altas presiones que se generan por la deflagración del propelente, así como la desmedida fricción producida por el proyectil durante su desplazamiento en el interior de un cañón, aun cuando se trate de cartuchos de baja potencia, como los de fuego anular del calibre .22 Corto, Largo o Long Rifle, los que de manera inevitable van a provocar fracturas, e inclusive fragmentación de los metales endebles que conforman las diferentes estructuras de dichas imitaciones de armas, representado un serio riesgo para el usuario del artefacto.

Tal es el caso de los revólveres de "salva" que son fabricados en nuestro país, destinados a emplear cartuchos de fuego anular sin pólvora y sin proyectil, que tienen la forma de una bellota, de similar apariencia a los cartuchos del calibre .22 Corto. Los cartuchos de salva, tienen la función de producir una detonación semejante al disparo de una verdadera arma de fuego.



Revólver de salva, marca Llama, modelo 8.

En la fabricación de éstos artefactos, generalmente se utiliza fierro vaciado de reducido espesor, inclusive el diámetro interno del cañón se presenta muy superior al de una bala del calibre .22, mismo que carece de rayado. Además, se observa de origen, que la parte posterior del cañón se encuentra sellada o bloqueada por el mismo metal, por ser un revólver de salva. Las recámaras o alvéolos del cilindro, no se alinean correctamente con el eje del cañón, pues esta acción no es indispensable para el uso del artefacto.

No obstante, quien modifica uno de éstos revólveres, procede a barrenar el sello del cañón para lograr una continuidad con las recámaras del cilindro. Inclusive, algunas veces, instalan en el interior del cañón un tubo de cobre o de acero de menor diámetro, para proveerlo de mayor resistencia, considerando, que así, no se van a producir fracturas por consecuencia de las presiones del gas y de la fricción ocasionada por el proyectil, donde es evidente que la bala disparada carecerá de estabilidad, y únicamente tendrá cierta dirección.

Pese a ello, no se dedica ninguna atención sobre la estructura del cilindro, cuyas recámaras o alvéolos se encuentran imposibilitados para resistir la presión de los gases, entonces, necesariamente se producen fracturas del raquítico metal al efectuarse disparos con cartuchos verdaderos, resultando un peligro latente para quien acciona el artefacto.

Con relación a la disciplina de mecánica de las armas de fuego, es común que a los peritos en balística forense se les presenten casos de esta naturaleza, donde se les requiere que determinen si uno de éstos artefactos modificados puede considerarse como verdadera arma de fuego. Por lo tanto, de acuerdo a la deficiente o adecuada modificación que se haya efectuado sobre el revólver de salva, de todos modos se le puede presentar al perito un conflicto de opinión, debiendo partir de los estudios físicos, e incluso de experimentos que deberá efectuar sobre el artefacto, para resolver en definitiva si es considerado, o no, como arma de fuego.

Sería innegable señalar, que en todos los casos se aplican criterios muy particulares, que pueden diferir de forma contrastante con la opinión de otros peritos, manifestándose dos principios en los que se pueden fundamentar tales juicios, y que consisten en lo siguiente:

- a) Si el artefacto es capaz de disparar un proyectil, incluso en una sola oportunidad, y que éste pueda ocasionar heridas graves sobre otra persona, aun cuando el revólver posteriormente quede completamente inutilizada, en cuyo caso el perito tendrá que determinar que corresponde a una verdadera arma de fuego.
- c) El caso contrario se presenta cuando se detecta que el cilindro del revólver presenta fisuras, y que no se alinea adecuadamente con el eje del cañón, en el que es muy arriesgado efectuar disparos de prueba, representando un peligro mayor para el propio usuario del artefacto, por la posible fragmentación que ocasionará el proyectil al impactarse con la misma estructura del cañón, o bien, que la recámara del cilindro no resista las presiones del disparo del cartucho, por lo tanto, no puede considerarse como verdadera arma de fuego.

Si se presentará algún evento criminal, donde uno de éstos revólveres se viera involucrado, y donde se hayan recolectado casquillos o proyectiles indicios, los peritos deberán realizar los correspondientes exámenes forenses, previendo la seguridad personal en el caso de que se tengan que efectuar disparos de prueba con tal revólver, necesarios para desarrollar los respectivos estudios comparativos de las impresiones de las marcas de herramientas. En el caso de que el revólver se encuentre en deficientes condiciones de funcionalidad, sería más conveniente dejar de hacer las pruebas de disparo, y manifestar en el dictamen las consideraciones propias al asunto.

Otro artefacto común y que a veces es alterado para utilizar cartuchos verdaderos para arma de fuego, corresponde a las pistolas monotiro de "fulminante y munición para adulto", del calibre original .177"/4.5 mm, de la marca Mendoza, modelo K62, las que emplean la reducida presión generada por un cartucho de "salva" de fuego anular, para impulsar a baja velocidad una munición del tamaño "BB".

Estas pistolas de munición, se conforman por un robusto cañón de acero, de calidad superior para los propósitos de disparar simples municiones de plomo, contando con una cubierta abatible de metal, que sirve como cierre del cartucho de salva alojado en la recámara del cañón, en donde se incluyen dos puntas de acero a manera de extractores del casquillo disparado, el sistema de percusión es similar a un revólver de acción sencilla, es decir, que se tiene que montar el martillo manualmente, para posteriormente presionar el llamador y liberarlo, dicho martillo tiene incrustado un sobresaliente de metal que hace la función de percutor.



Pistola de fulminante y munición para adulto, calibre .177"/4.5 mm.

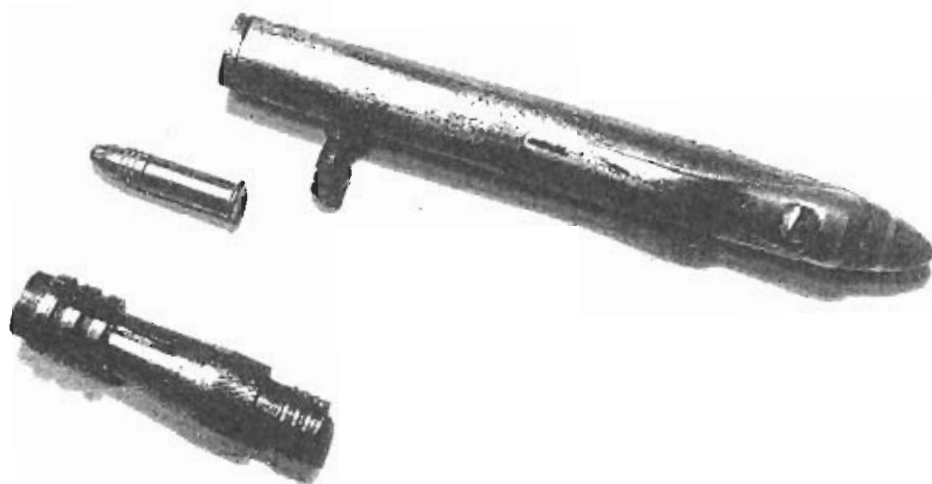
Las pistolas carecen de un seguro mecánico que interrumpa el disparo cuando el martillo se encuentra montado. Para la seguridad del artefacto, únicamente se requiere que el martillo se presente desmontado, o que la cubierta del cierre quede abatida y, aun cuando la pistola se encuentre amartillada no se va a producir el disparo.

Las alteraciones que se realizan sobre estos artefactos es muy simple, solamente se efectúa un ensanchamiento del diámetro original del cañón (en toda su longitud), empleando una broca para metal, con un grueso similar o algo superior al calibre de un proyectil .22 (5.56 mm.). Entonces, la pistola se encuentra en condiciones de alojar un cartucho de fuego anular del calibre .22 Corto o L.R., cuyas características son similares al propio cartucho de salva que estos artefactos requieren de origen, y por la resistencia de su cañón, tienen la capacidad de tolerar las presiones generadas por el disparo de cartuchos de los ya señalados, aun cuando no se transmite rotación al proyectil, pero que resultan efectivos en disparos a cortas distancias.

Así pues, la pistola originalmente de salva, se encuentra en condiciones de utilizarse como arma de fuego, las que inclusive, se pueden ver involucradas en hechos delictuosos.

En opinión particular, es bastante sencilla la fabricación de armas hechizas, algunas grotescas y otras bien elaboradas. Considerando que el ingenio de los seres humanos no tiene limite, bastando aplicar simples conocimientos de física para elaborar un artefacto de propósitos sencillos o complejos, empleando materiales comunes y baratos, como tubos, muelles o resortes, madera y hasta partes de desecho.

Un ejemplo de ello son las rudimentarias armas de avancarga, conocidas como pisoneras o chispetas que disparan proyectiles múltiples, las que se constituyen por un tubo de acero y un sistema de percusión simple, basado en un bloque o cerrojo de fierro macizo que hace las veces de percutor, impulsado por un resorte, donde se incluye un gatillo conectado al cajón de mecanismos, que hace las veces de diente o muesca de retención, y que al ser presionado libera al bloque del cerrojo, que a su vez, incide sobre la cápsula de metal que contiene la mezcla fulminante, transmitiendo la llamarada a la cámara de combustión para producir la deflagración de la pólvora, y en consecuencia, el disparo de los proyectiles.



Arma tipo bolígrafo calibre .22 L.R.

Los mismos principios se pueden aplicar en la elaboración de ingeniosos artefactos monotiro, en forma de bolígrafo o pluma, así como en armas a retrocarga, donde se emplean cartuchos de fabrica para pistolas o escopetas, incluyendo imitaciones de subfusiles, que también pueden verse relacionadas con hechos delictuosos, o que se hayan asegurado a civiles en posesión, donde se puede aducir que el artefacto en cuestión se encuentra inutilizado. Donde se requiere del conocimiento y experiencia de los peritos en la materia, para determinar técnicamente los cuestionamientos específicos planteados por la autoridad correspondiente, principalmente, las violaciones cometidas a la *ley federal de armas de fuego y explosivos*.

Fabricación de Armas de Fuego

En la fabricación de armas de fuego, generalmente se emplea el proceso metalúrgico conocido como "microfusión", también denominado como fundición de precisión, el que se caracteriza por lo económico de su aplicación, del que se obtiene una gran variedad de piezas de alta resistencia con excelentes acabados superficiales, además de que se pueden elaborar piezas de complicada configuración. Lo conveniente de su transformación se manifiesta en la reducción de los procesos mecanizados, que tradicionalmente se utilizan en los sistemas de fundición, cuyas piezas en bruto, después de ser elaboradas, deben someterse a maquinados en troqueles para proporcionarles la forma y acabado adecuado.

En la microfusión, se emplean cerámicas para la elaboración de *moldes* con las características adecuadas para la pieza deseada, los que después son destruidos de manera simple y barata, donde el artículo que se obtiene, presenta uniformidad y precisión en toda su estructura, careciendo de tensiones o fisuras internas, la superficie se distingue por su tersura y adquiere propiedades de alta tolerancia. A la vez, se pueden fabricar piezas de alta calidad con cualquier clase de acero, como el inoxidable, el refractario y de aleaciones para altas corrosiones, etc.

Este procedimiento tiene aplicación en gran variedad de industrias y, se encuentra bastante difundido en la fabricación de armas en todo el mundo, aun cuando no significa que sea el único método de aplicación.

En la actual manufactura de armas de fuego, también se emplean y combinan diversos materiales que proporcionan al artefacto un adecuado equilibrio, haciéndolos tanto robustos y a la vez ligeros. Encontrando armas construidas en su totalidad en acero, o bien, con receptores o armazones de aluminio.

A su vez, los desarrollos tecnológicos en cuanto a fórmulas más avanzadas en la obtención de polímeros de alta resistencia, los hacen una buena elección para la elaboración de empuñaduras y guardamanos de rifles, así como de receptores de armas cortas, como en el caso de las pistolas Austríacas "Glock" y, de algunos modelos de pistolas Heckler & Koch y Smith & Wesson, cuyos bastidores se encuentran fabricados con polímeros bastante ligeros pero de gran resistencia, donde se montan los robustos mecanismos del cañón y la corredera, adquiriendo en su conjunto una extraordinaria durabilidad.



Pistola Austríaca Glock, modelo 17, con bastidor sintético

En otras armas largas, se emplean chapas de metal estampadas, destinadas para el cajón de mecanismos, haciéndolas rígidas y resistentes al uso rudo, tal es el caso, entre otros, de los subfusiles Uzi y de los fusiles AK-47, abaratando con ello el producto.

El acabado de las armas de fuego

Las armas pueden presentar variados acabados, el más común es el *pavonado*, que corresponde a una oxidación provocada artificialmente. La capa de óxido que se obtiene es magnética, la que se adhiere tenazmente a la superficie de los metales, adquiriendo un aislamiento resistente a la humedad, pero el desgaste normal del arma y la falta de mantenimiento, son las principales causas para el deterioro del pavón.

Para incorporar el pavón en las armas se emplean dos métodos, uno lento, que puede durar hasta semanas en adquirir la oxidación deseada, considerado como el más conveniente. El otro rápido, donde la oxidación se obtiene casi en forma instantánea. También se pueden conseguir diferentes coloraciones, que suelen ser denominados como pavones negro, azul, marrón y chocolate.

Otros acabados apropiados en las armas, son el *cromado* y el *níquelado*, ambos consisten, en esencia, en depositar una fina capa de cromo o níquel sobre la superficie metálica de los artefactos. El procedimiento que se emplea es la electrólisis, que acumula las moléculas del cromo o del níquel en el acero, formando una capa uniforme del espesor deseado, adquiriendo mayor durabilidad en comparación con el pavonado, además de que las armas aparecen más vistosas.

Algunos fabricantes de armas, ofrecen en el mercado pistolas y revólveres con acabados dorados y plateados, que corresponden a chapas de esos metales o de imitación, elevando el precio de las armas.



Revólver de acero inoxidable

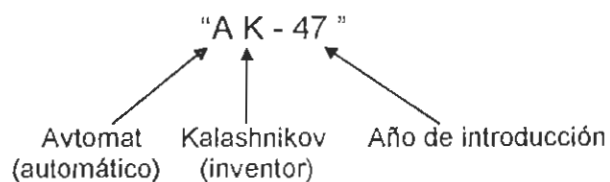
Con respecto a las armas de acero inoxidable, el acabado puede ser brillante o satinado, y obviamente, su resistencia es mucho mayor a los efectos corrosivos, a la vez que se hacen más atractivas a la vista, pero que incrementan su costo.

Fusiles AK-47, AR-15 y Subfusil Uzi.

Para finalizar el tema de mecánica de las armas de fuego, sería conveniente elaborar una reseña técnica especialmente de tres armas de fuego, que por sus características de alta cadencia de disparo y su poder táctico destructivo, son muy empleadas por corporaciones policiacas en nuestro país, pero que también, muchas de las veces se ven involucradas en hechos delictuosos perpetrados con inusitada violencia, y que de igual forma, son preferidas por la delincuencia organizada.

El fusil AK-47

La invención de ésta arma automática, se atribuye al ingeniero en armamento de la antigua Unión Soviética, *Mikhail Kalashnikov*. El fusil fue introducido después de la segunda guerra mundial, es por ello que presenta la siguiente nomenclatura:



En nuestro país el fusil es conocido con el sobrenombre de *cuerno de chivo*, que se le infiere por la forma curva de su cargador, y que en combinación con la forma de su estructura delantera, le proporcionan una apariencia más impresionante en comparación con otras armas largas. No obstante, en Europa y en Asia el fusil es identificado con el término de *kalash*, como abreviatura de Kalashnikov.



Fusil AK- 47



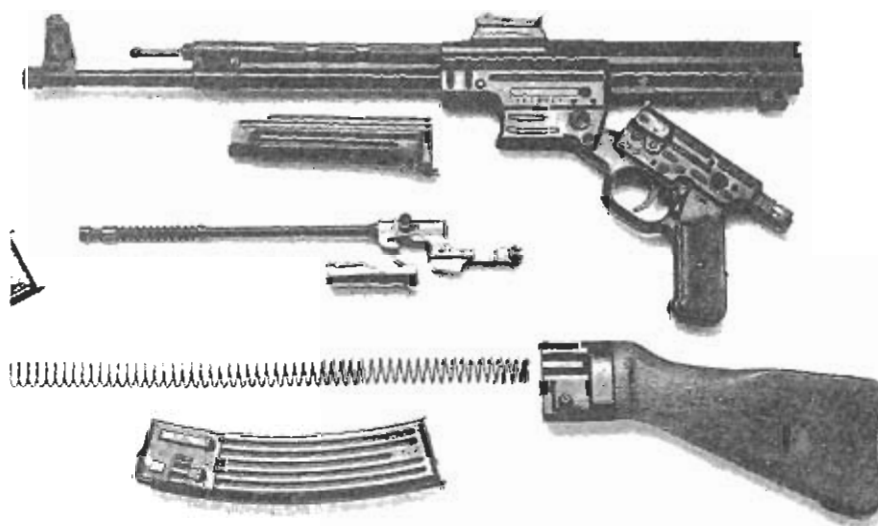
Despiece del fusil AK- 47

El Ak-47 emplea los cartuchos del calibre nominal 7.62x39, donde la primera medida corresponde al diámetro aproximado del proyectil, y la segunda se refiere a la longitud del casquillo, ambos valores expresados en milímetros.



Cartucho que utiliza el fusil AK-47

El antecedente del AK-47 corresponde a una aportación del fusil Alemán Sturmgewehr, desarrollado a finales de la segunda guerra mundial (1943), diseñado por el ingeniero Hugo Schmeisser, también conocido con la nomenclatura STG-44 o MP-44 (Machine Pistole - Pistola Ametralladora). Conceptuada como un arma ligera, dotada de disparo selectivo, que proporcionaba mayor potencia de fuego en comparación con los subfusiles empleados en aquella época, que a su vez, permitía que el fusil fuera utilizado en misiones de asalto como una ametralladora ligera.



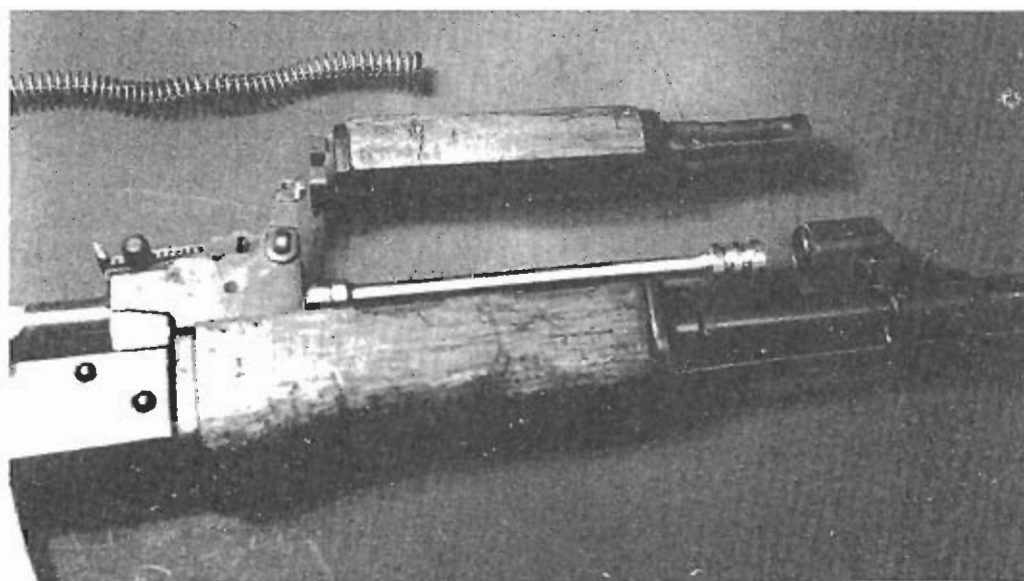
Fusil de asalto Alemán STG- 44

Finalizada la segunda guerra, los soviéticos capturaron a un numeroso grupo de ingenieros alemanes en armamento, los que fueron sometidos a colaborar con su industria militar, donde el ingeniero Mikhail Kalashnikov hizo popular su nombre gracias al fusil de asalto que rediseño, considerando que el sistema ya estaba inventado. A pesar de ello, la importancia del AK-47, resulta de su confección y eficacia estratégica, que lo han hecho famoso en el mundo entero, y del que se han fabricado más de 30 millones de ejemplares.

Para la operatividad del fusil AK-47 se utiliza el gas producto de la deflagración de la pólvora, el que impulsa un pistón acoplado al bloque de obturación, ubicado por encima del cañón y conectado por medio de una abertura en éste, denominado toma de gases. Este conjunto de mecanismos, se encuentra protegido por un tubo forrado de madera o baquelita, que hace las veces de guardamano, incluyendo orificios para que se expulsen los excedentes del gas.

Cuando el proyectil es impulsado dentro del cañón, la presión de una parte de los gases, que se desplazan por detrás de la bala, se introduce al orificio interno del cañón, ocasionando un empuje sobre el pistón, que retarda su desplazamiento hasta que el cierre giratorio se desbloquea, esto sucede después de que el proyectil abandona el cañón, obligando a la apertura de la recámara del arma, y expulsando al casquillo percutido.

Al cesar la presión de los gases sobre el cierre, el pistón es nuevamente impulsado hacia delante, por la intervención del resorte recuperador acoplado por detrás del bloque obturador, el que durante su movimiento de cierre recoge un nuevo cartucho del cargador y, que es introducido en la recámara del cañón. Así continua el ciclo de disparo, hasta que se deja de presionar el llamador del arma, o cuando se agotan los cartuchos del cargador. En las armas originales de este tipo, el ánima del cañón, el pistón y el bloque obturador, se encuentran cromados para evitar corrosiones excesivas, las que normalmente se originan por la combustión del propelente.



Toma de gases y pistón del fusil

El alcance eficaz del fusil, es de 400 metros para disparos en semiautomático, y de 250 metros para disparos en ráfaga, el que por su diseño y estructura es fácil de controlar en ésta modalidad. La cadencia de disparo es de aproximadamente 600 cartuchos por minuto. Los modelos posteriores al original AK-47 se encuentran bastante perfeccionados.

Características técnicas del AK-47

Sistema de operación	Por gas
Longitud total del arma con culata fija	34.25" (87 cm)
Longitud del cañón	16.34" (41.50 cm)
Cargadores curvos	Para 30, 50 y 60 cartuchos y de disco para 87 o más cartuchos.
Mira delantera	De grano y protegida
Mira trasera	Graduable para disparos a 800 mt.
Peso del fusil sin cartuchos	10.58 libras (4.5 kg.)
Cadencia de disparo en automático	600 disparos por minuto.
Velocidad inicial de los proyectiles	700 metros/segundo.
Cantidad de estrías	Cuatro
Orientación del rayado	Dextrógiro (derecho)

Actualmente se fabrican varias versiones del fusil AK-47, las que provienen principalmente de países Asiáticos, y de algunos Europeos, las que corresponden al mismo calibre nominal, pero que algunas veces difieren en la nomenclatura del modelo original del arma, o en la estructura particular de los fusiles. El siguiente esquema, informa sobre los diferentes países que manufacturan fusiles similares en características al AK-47, incluyendo su modelo y su modalidad de disparo:

<i>Nación</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Versión original</i>
Unión Soviética	U.R.S.S.	AK-47	Automático
China	Chinesse	AK-56	Automático
	Chinesse	Type 56	Semiautomático
	Chinesse	AKS	Semiautomático
	Norinco	AKM 47S	Semiautomático
	Norinco	56S	Semiautomático
Egipto	Maadi	AK-47	Semiautomático
Finlandia	Valmet	RK/60	Semiautomático
	Valmet	62/S	Automático
Corea del Norte	N. Korea	AK-47	Automático
Yugoslavia	Sastava Kragujevac	AK-47	Automático

Se debe mencionar, que no todos los fusiles del tipo AK-47 son versiones automáticas de origen, pues estos generalmente se destinan como armas reglamentarias para los ejércitos de varias naciones, encontrando también fusiles en su modalidad semiautomática, que son comercializados como de uso deportivo para la población civil de los países donde se permite su venta.

En nuestro país, muchos de estos fusiles semiautomáticos son introducidos ilegalmente y revendidos en el mercado negro, los que regularmente se modifican para convertirlos a versiones automáticas, que en muchas ocasiones se ven involucrados en diversos eventos delictuosos, a tal grado, que este tipo de armas se encuentran rodeadas de mitos y leyendas, las que se van forjando conforme se mencionan en la participación de inusitados hechos sangrientos.

El fusil AR- 15 (M-16)

El rifle AR-15 fue diseñado por el norteamericano *Eugene Stoner*, y originalmente fabricado por la División Armalite, de la compañía de Maquinas y Aeroplanos Fairchild. Después, la compañía de armas Colt adquirió los derechos de manufactura del arma, la que actualmente fabrica el rifle.

El fusil es popularmente conocido únicamente como R-15, pero el significado de sus verdaderas siglas AR-15, es el de Automatic Rifle, y el 15 corresponde al prototipo del arma, de ahí que se desprenda la siguiente nomenclatura para los fusiles militares M-16, M-16A1 y M-16A2.

El AR-15 es un desarrollo posterior al prototipo AR-10, producido por el Arsenal del Gobierno Holandés, con licencia de la misma compañía Fairchild, pero correspondiente al calibre nominal 7.62 Nato (Otan). Las diferencias entre ambas armas, consisten en la sustitución de la palanca de maniobras para acerrojar el rifle, situada en la parte posterior del receptor, así como del guardamano, el que fue sustituido por un diseño anatómico empleando materiales sintéticos de alta resistencia.

Para la adquisición de armamento, el gobierno de los Estados Unidos convocó a un concurso, y fue la compañía Colt quien ganó el evento, así fue que se aprobó la adquisición del fusil AR-15, adoptándolo como arma reglamentaria para el ejército con la nomenclatura de XM16A1. Posteriormente, el rifle fue adoptado por la fuerza aérea bajo la designación de M-16.

La principal diferencia entre el M-16 y el XM16A1, consiste en la presencia de un émbolo incrustado al costado derecho del receptor, que se emplea para empujar al cerrojo y asegurar un correcto cierre, en caso de que el bloque obturador se obstruya por polvo o suciedad acumulada, también puede ser utilizado para disminuir el ruido al acerrojar el arma.



Fusil AR-15

Esta arma utiliza los gases de la combustión de la pólvora para su operación, que desplazan un émbolo montado en el bloque del cerrojo, para lo cual, cuentan con una toma de gases conectada al cañón, que se extiende en un tubo delgado de acero, situado por encima del cañón y protegido por el guardamano, el que se acopla al receptor, y a su vez, se vincula con el bloque del cerrojo.

En los momentos en que el bloque del cerrojo se desplaza hacia atrás, se genera una fuerza sobre el resorte recuperador, ubicado por detrás del obturador y alojado dentro de la culata del rifle, por lo que se extrae y se expulsa el casquillo percutido, y que el muelle al extenderse impulsa nuevamente al obturador, arrastrando el siguiente cartucho situado arriba del cargador, abasteciendo de nueva cuenta la recámara del cañón. De tal manera que se completa el ciclo de disparo.



Despiece del fusil AR-15

La única acción manual que tiene que realizar el tirador y que se requiere en todas las armas automatizadas, es la de recorrer la palanca de maniobras, ubicada en el área posterior del receptor o cajón de mecanismos, que se desliza paralelamente al eje del cañón, originando la apertura del bloque y dando cabida a la introducción del cartucho en la recámara del arma. Esta acción puede efectuarse acompañando suavemente al bloque obturador por medio de la palanca de maniobras, o bien, liberando inmediatamente dicha palanca para provocar el cierre violento del referido bloque obturador. En el primero de los casos, y si el bloque no queda bien obturado, entonces se presione el émbolo exterior para asegurar el cierre.

El selector de la cadencia de disparo en los fusiles automáticos M-16, se presenta al costado izquierdo del cajón de mecanismos, dispuesto de tal manera, que puede accionarse con el dedo pulgar derecho de las personas diestras. Dicho selector cuenta con tres posiciones; el sitio *S* para el seguro del arma, el *R* para disparos de repetición (tiro a tiro); y el *A* para disparos en ráfaga o automático. Algunas versiones nuevas, presentan una cuarta posición de selección, donde se disparan ráfagas de tres cartuchos por cada apretón de gatillo, sistema es conocido como *Burst*. Para los rifles semiautomáticos, el selector únicamente presenta dos posiciones, el de seguro (*S*), y el de tiro semiautomático (*R*).

Pero al igual que en los fusiles AK-47, la habilidad de algunos armeros pueden modificar el funcionamiento de los fusiles semiautomáticos AR-15, aun cuando el fabricante señale que son inalterables, por lo que se debe permanecer atento ante tales situaciones.

Los fusiles AR-15 y M-16, se manufacturan con materiales ligeros pero de gran durabilidad y resistencia al uso rudo, comprobados tanto en campos de batalla como en el empleo policiaco. Sin embargo, presentan una especial inconveniencia que los puede dejar rápidamente inutilizados, la que resulta de la suciedad acumulada en el tubo de gases, el que por su reducido diámetro, se tapona a partir de cierta cantidad de disparos efectuados, por lo que se recomienda una continua limpieza o mantenimiento en éstas armas.

No obstante, también cuentan innovadores mecanismos que algunos otros fusiles no poseen, uno de ellos corresponde al pestillo de retención del bloque obturador, que se activa cuando el último cartucho del cargador es disparado, de manera similar al sistema de la mayoría de pistolas semiautomáticas. De tal forma que el tope superior del cargador empuja al pestillo hacia arriba, quedando el bloque obturador permanentemente abierto, hasta que es nuevamente presionado el pestillo para liberarlo, ya sea para provocar únicamente el cierre, o para introducir otro cargador abastecido, en cuyo caso, se alimentará directamente un cartucho en la recámara, agilizando la maniobra de recarga del arma y, sin necesidad de acerrojarla de nueva cuenta.

Estos rifles son muy convenientes para el empleo táctico de las corporaciones policiacas en nuestro país. Inclusive, en los últimos años se vienen observando considerables cantidades de fusiles Colt AR-15, que son asignados a los agentes de las policías preventivas y de procuración de justicia.

El calibre nominal para estas armas es el .223 Rem en el sistema ingles, el que es designado en el sistema métrico como 5.56 Nato, o 5.56x45 mm, donde la primera cifra corresponde al diámetro aproximado del proyectil, y la segunda a la longitud del casquillo.



Cartucho para el fusil AR-15

Las nuevas generaciones de los rifles AR-15 se encuentran designados como "A2", que se presentan en diferentes modelos, donde se involucran variaciones en su tamaño, peso y mínimas diferencias estructurales, mismos que consisten en lo siguiente:

- AR-15A2 Delta H-Bar con accesorios y telescopio de 3 x 9 de poder variable, con cubierta blindada y montado sobre la asidera de transporte, envoltura de piel sobre la culata rígida, receptor de resistente aluminio, cañón de 20 pulgadas, peso de 4.500 kilogramos, y longitud total de 39 pulgadas (99 cm), terminado en color mate militar.
- AR-15A2 Delta H-Bar (sin accesorios), modelo con culata rígida, con mira trasera ajustable para elevación y venteo, cañón de 20 pulgadas, peso de 3.600 kilogramos, y longitud total de 39 pulgadas (99 cm), terminado en color mate militar.
- AR-15A2 Government, modelo standard con culata fija, cañón de 20 pulgadas, con mira trasera ajustable para elevación y venteo, con un peso de 3.400 kilogramos, y una longitud total de 39 pulgadas (99 cm), terminado en color mate militar.
- AR-15A2 Sporter II Rifle, modelo con culata fija, cañón de 20 pulgadas, con mira trasera ajustable únicamente para venteo, con un peso de 3.400 kilogramos, y una longitud total de 39 pulgadas (99 cm), terminado en color mate militar.
- AR-15A2 Government Carabina, modelo con culata retráctil, cañón de 16 pulgadas, mira trasera ajustable para elevación y venteo, peso de 2.600 kilogramos, con longitud de 35 pulgadas con la culata extendida y de 32 pulgadas con la culata cerrada, terminado en color mate militar.

Características técnicas del fusil AR-15

Sistema de operación	Por gas
Longitud total del arma con culata fija	39 pulgadas (99 cm)
Longitud del cañón	20 pulgadas (41.50 cm)
Cargadores	Para 20, 30, 40 y 50 cartuchos, y de disco para 100 cartuchos
Mira delantera	De grano y protegida
Mira trasera	Graduable para disparos a 800 m.
Peso del fusil sin cartuchos	7.5 libras (3.41 kg.)
Cadencia de disparo en automático	600 disparos por minuto.
Velocidad inicial de los proyectiles	1014 metros/segundo.
Cantidad de estrías	Seis
Orientación del rayado	Dextrógiro (derecho)

El subfusil Uzi

De acuerdo a la clasificación de las armas de fuego, la Uzi se encuentra considerada como arma larga, pero dentro de la categoría de las subametralladoras o subfusiles, puesto que utiliza cartuchos para pistola, ordinariamente del calibre nominal 9 mm Parabellum, aun cuando los hay de otros calibres para armas cortas.

El subfusil uzi es de origen israelí y su designación se debe en honor a su diseñador, el mayor del ejercito de Israel Uziel Gal, el que fuera introducido en 1952 como arma reglamentaria para las fuerzas militares de aquel país, la que también formó parte del arsenal de ejércitos de numerosas naciones.

La uzi, originalmente se fabricaba con culata rígida y guardamano de madera o de plástico, posteriormente, y hacia 1960, fue modificada para hacer más funcional el bloque del cerrojo al aumentarlo de tamaño, al igual que la palanca del selector, que fue rediseñada para proporcionar mayor rendimiento en la cadencia de disparo, y la culata rígida de madera fue sustituida por una culata plegable de metal.

Los principios operativos de la uzi, son muy similares a los sistemas del subfusil checoslovaco ZK-476. Se pudiera establecer, que el origen de la uzi, se remonta a desarrollos experimentales realizados en 1945 en Inglaterra, donde se diseñaron subametralladoras con las mismas características técnicas, que consistían en un pesado bloque de cerrojo que actuaba sobre el cañón por inercia de masas, también denominado como de retroescape, Donde los cartuchos no se alojan directamente en la recámara del cañón, quedando el bloque obturador permanentemente abierto por la intervención de dos topes de retención, y que al presionar el llamador se libera el bloque, que a su vez acarrea el cartucho superior del cargador para introducirlo al cañón y dispararlo.

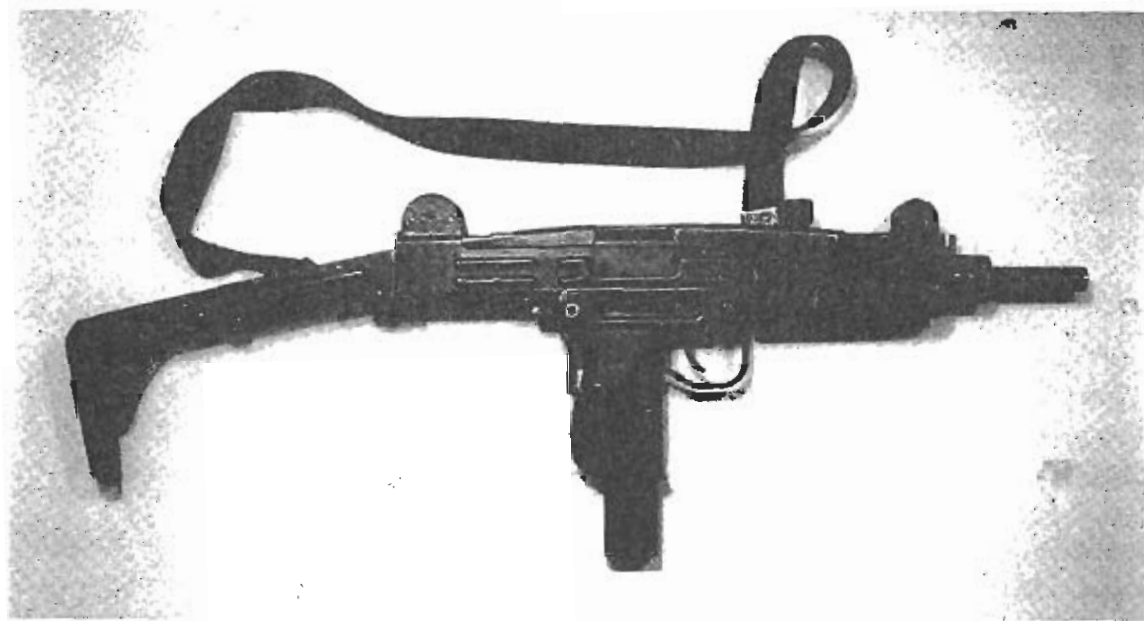
Por la acción de los gases se origina el retroceso del bloque obturador, que instantáneamente inicia su movimiento de apertura y, los mecanismos del extractor y expulsor, actúan para desalojar al casquillo percutido, interviniendo, en ese momento, el robusto muelle recuperar que nuevamente impulsa al bloque del cerrojo, para así completar el ciclo de disparo. Esto se suscita mientras se siga presionando el gatillo, en la modalidad de disparo automático y, hasta que se agote la munición del cargador.

La metralleta uzi es una arma liviana, refrigerada por aire y alimentada mediante cargador, la que puede dispararse en automático total o en semiautomático, desde la cadera o desde el hombro. Su cerrojo cilíndrico le permite dar cabida a un cañón de 26 cm, si bien, el largo total del arma con la culata rebatida alcanza los 47 cm.

Cuenta con tres dispositivos independientes de seguridad, que la convierten en una de las armas automáticas de mayor confiabilidad, los que consisten en lo siguiente:

- Un selector de tiro se acciona con el dedo pulgar derecho, el que bloquea al disparador en la posición de "safe".
- Un botón de seguridad, ubicado en la parte posterior de la empuñadura del arma, debe presionarse para que el subfusil pueda disparar, impidiendo su descarga involuntaria incluso si se golpea o se cae accidentalmente.
- Un trinquete de seguridad retráctil impide que el cerrojo se desplace hacia delante evitando que el arma se dispare, incluso si la mano del usuario soltara involuntariamente el cerrojo al prepararla.

La uzi es relativamente barata de producir, donde casi todas las piezas metálicas corresponden a chapas estampadas, siguiendo un método sumamente económico de fabricación. No obstante, la uzi es considerada un arma precisa, segura y confiable representando uno de los mejores ejemplares de subametralladoras fabricadas después de la segunda guerra mundial.



Subfusil Uzi

La I.M.I. (industria militar israelí) fabricante original de la uzi, autorizó, bajo su licencia, para que la FN (fabrica nacional de armas de guerra) de Herstal en Bélgica, también construyera el modelo uzi. De tal manera, que en el ambiente policiaco e inclusive criminal, se pueden observar subfusiles uzi de ambos países, pero independientemente de donde se fabriquen sus características de funcionalidad y calidad de materiales, son básicamente los mismos.



Despiece del subfusil Uzi

El despiece y limpieza de la uzi se realizan con rapidez y facilidad, por lo que puede decirse que su mantenimiento es sencillo. El desmonte del arma sólo involucra cinco piezas, y rutinariamente la operación se efectúa sin herramientas en un lapso de diez segundos, disponiéndose de un inventario completo de piezas de repuesto. Su peso con culata de metal es de 3.500 kg. y con culata de madera es de 3.600 Kg. Habiendo cargadores standard para 20, 25 y 32 cartuchos. La mira delantera es del tipo quión con guarda protectora de mira de combate, la mira trasera es del tipo " L" rebatible, fijada para disparos a 100 y 200 metros, también con guardas protectoras.

El modelo uzi destinado al uso deportivo, en los países donde se permite su venta, son versiones exclusivamente semiautomáticas, las también pueden ser modificadas para disparar en ráfaga, o bien, adquiriendo kits o paquetes de accesorios para realizar la respectiva alteración. La cadencia de disparo en automático es de 600 disparos por minuto, con un alcance eficaz a 200 metros.

Originalmente las uzis fueron recamaradas para cartuchos del calibre nominal 9 mm Parabellum, pero actualmente también existen versiones para el calibre .45 ACP, encontrando, también, tres versiones de las uzi, las que se describirían como estándar, miniuzi y microuzi, éstas últimas, por su reducido tamaño pueden considerarse como pistolas automáticas, o pistolas ametralladoras.



Cartucho del calibre 9 mm Parabellum.

Los accidentes fatales que se han registrado con esta arma, esencialmente se deben al desconocimiento del funcionamiento del subfusil, que resulta de la falta de capacitación adecuada del personal al que se le asigna este tipo de armas. El principal factor de riesgo en la manipulación de la uzi, resulta cuando el usuario deja permanentemente montado el mecanismo del cerrojo, observando directamente que la recámara del cañón se encuentra vacía, deduciendo que el arma no se encuentra preparada, pero que al presionar el gatillo se libera el mecanismo del bloque y se produce el disparo. Además, si el selector se encuentra en posición de automático, se puede producir una ráfaga instantánea de 2 a 3 disparos en menos de la mitad de un segundo.

Características técnicas del subfusil Uzi

Método de operación	Retroescape
Mecanismo de cierre	Cerrojo obturador
Largo total del arma (culata extendida)	26" (65 cm)
Longitud del cañón	10.23" (26 cm)
Cargadores	Para 20, 25 y 32 cartuchos
Mira delantera	Tipo quión guarda protectora de mira de combate.
Mira trasera.	Tipo "L" rebatible, fijada para 100 y 200 metros.
Radio visual	309 mm.
Peso del subfusil (sin cargador)	3.500 kg.
Cadencia de disparo en automático	600 disparos por minuto
Velocidad inicial aproximada de las balas	400 metros/segundo
Cantidad de estrias	04 (1 vuelta a la derecha cada 10")

FACTORES DE CONVERSION

Energía

1 Kilogramo-metro	= 7.233 Pies-libra
1 Pie-libra	= 0.1383 Kilogramo-metro
1 Julio	= 0.738 Pie-libra
1 Julio	= 0.102 Kilogramo-metro

Velocidad

1 metro/segundo	= 3.281 pies/segundo
1 Pie/segundo	= 0.3048 mt/segundo
1 Km/hora	= 0.6214 Millas/hora
1 Milla/hora	= 1.609 Km/hora
1 Pie/segundo	= 0.6818 Millas/hora
1 Milla/hora	= 1.467 Pies/segundo
1 Milla/hora	= 88 Pies/minuto

Peso

1 Gramo	= 15.432 Grains
1 Grains	= 0.0648 Gramos
1 Onza	= 28.35 Gramos
1 Gramo	= 0.03527 Onzas
1 Onza	= 437.5 Grains
1 Onza	= 0.0625 Libras
1 Libra	= 7000 Grains
1 Libra	= 16 Onzas
1 Libra	= 453.6 Gramos
1 Kilogramo	= 2.205 Libras
1 Dram	= 1/8 de Onza
1 Dram	= 3.54 gramos

Presión

1 Kilogramo por cm ²	= 14.223 Libras por pulgada ²
1 Kilogramo por cm ²	= 0.0063493 Tonelada por pulgada ²
1 Kilogramo por cm ²	= 0.968 Atmósferas
1 Atmósfera	= 14.70 Libras por pulgada ²
1 Atmósfera	= 0.00655 Toneladas por pulgada ²
1 Ton. por pulgada ²	= 152.0 Atmósferas
1 Libra por pulgada ²	= 0.06804 Atmósferas
1 Atmósfera	= 1.03 Kilogramos por cm ²
1 Libra por pulgada ²	= 0.07032 kilogramos por cm ²
1 Ton. por pulgada ²	= 157.49 kilogramos por cm ²
1 Bar	= 14.5 Libras por pulgada ²

Longitud

1 Metro	= 1.094 Yardas
1 Metro	= 3.281 Pies
1 Yarda	= 0.9144 Metros
1 Pie	= 0.3048 Metros
1 Metro	= 39.37 Pulgadas
1 Pulgada	= 25.4 mm
1 mm	= 0.03937 Pulgadas
1 Kilómetro	= 0.6214 Millas
1 Milla	= 1.609 Kilómetros
1 Pulgada ²	= 6.452 cm ²
1 cm ²	= 0.1550 Pulgada ²
¼ pulgada	= 6.35 mm
½ "	= 12.7 mm
¾ "	= 19.05 mm
1/8 "	= 3.175 mm
3/8 "	= 9.525 mm
5/8 "	= 15.875 mm
7/8 "	= 22.225 mm
1/16 "	= 1.5875 mm
3/16 "	= 4.7625 mm
5/16 "	= 7.9375 mm
7/16 "	= 11.1125 mm
9/16 "	= 14.2875 mm
11/16 "	= 17.4625 mm
13/16 "	= 20.6375 mm
15/16 "	= 23.8125 mm

Conversión de Calibres

.25 "	= 6.35 mm
.256 "	= 6.5 mm
.270 "	= 6.858 mm
.280 "	= 7.11 mm
.297 "	= 7.54 mm
.300 "	= 7.62 mm
.303 "	= 7.696 mm
.308 "	= 7.82 mm
.380 "	= 9.65 mm
.400 "	= 10.16 mm
.402 "	= 10.21 mm
.450 "	= 11.43 mm
.455 "	= 11.557 mm
.500 "	= 12.7 mm
.550 "	= 13.97 mm
.600 "	= 15.24 mm

Bibliografía

- Small Arms of de World
W.H.B. Smith
- Small Arms Today
Edward Clinton Ezell
- Firearms Identification
Charles C Thomas
- Encyclopedia of Firearms
Ian V. Hogg
- Ballistics Science for the Law Enforcement Officer
Charles G. Wilber
- Practical Handgun Ballistics
Mason Williams
- Firearms Identification
Charles C Thomas
- Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos
Editorial Pac, S.A. de C.V.
- Speer Reloading Manual
Omark Industries, Inc.
- La Historia de la Pistola
Guisepe de Florentiis
- Fisica Moderna
Harvey E. White, Ph.D. Sc.D.
- Lecciones Elementales de Fisica
Felix - Oyarzábal - Velasco
- Gran Enciclopedia de las Armas de Fuego
Editorial Nueva Lente
- The Bible Shooter
- Winchester Cartridges
- Federal Cartridges
- Remington Cartridges

La balística es una de tantas disciplinas técnicas muy poco comprendidas en nuestro país, tal vez por la insuficiente información que en nuestro idioma se tiene al respecto; aun así, existen muchos individuos apasionados y conocedores que se encuentran estrechamente relacionados con las armas de fuego y los cartuchos, sobre todo personas dedicadas al deporte del tiro o a la cacería, y, desde luego, los elementos de las instituciones militares y de corporaciones policiacas o de seguridad, sin olvidar a los coleccionistas de artefactos de fuego y sus municiones, de tal manera que esta obra puede ser de alguna utilidad para sus quehaceres o pasatiempos.

Así, y dentro del apasionante ambiente de la investigación criminalística, donde se encuentran involucrados disparos de proyectiles de armas de fuego, y después de trece años de experiencia en esa investigación, se da uno cuenta que en México nos falta mucho camino para lograr un avanzado conocimiento de la balística forense, disciplina auxiliar de la criminalística y, a su vez, del derecho penal, base fundamental en el mejoramiento de la administración de justicia. Sin embargo, la voluntad, tenacidad y espíritu de investigación de muchos hombres que laboran en las instituciones de procuración de justicia, así como del medio particular, han venido aportando sus propias investigaciones, conocimientos y experiencias para exaltar esta asignatura técnica dirigida a la investigación de hechos criminales.

Como es bien sabido, la tortura en nuestro país se va extinguiendo paulatinamente como medio de confesión y prueba para la condena de un individuo

De esta forma, se observa un resurgimiento apresurado de todas las disciplinas forenses como soporte fundamental en la aportación de las pruebas necesarias para sentenciar o absolver a un procesado, de tal manera que la sociedad requiere y exige cada vez más la voluntad personal de los individuos para prepararse seriamente y enfrentar los retos de esta delicada labor, ya que, en una determinación, cualquier error humano pudiera atentar contra uno de los más preciados derechos del ser humano, la libertad.

En el ambiente de las direcciones de Servicios Periciales en nuestro país se presentan muchos peritos con espíritu investigador que cuentan con la semilla de la inquietud, que en la búsqueda de la verdad los conducen a realizar grandes esfuerzos, teniendo siempre la mente abierta y sabiendo que ningún hecho presuntivamente delictuoso es igual a otro y, mucho menos, idéntico. Cada investigación es un reto y una experiencia nueva que incrementará su acervo con nuevos conocimientos. Esta actitud los libera de las ataduras burocráticas que siempre dañan la imagen del servidor público.

La presente obra, además de involucrar los aspectos propios de la experiencia y conocimientos adquiridos en la investigación y elaboración de dictámenes oficiales, es producto de una compilación exhaustiva de gran cantidad de información dispersa que al respecto existe, orientada ésta a conjuntar de manera organizada un solo texto, adoptando un lenguaje sencillo y propio de nuestro país. Por lo tanto, este libro pretende una pequeña aportación a la disciplina de la balística forense, con el cual se pudieran adquirir los conocimientos suficientes para sustentar un dictamen pericial, o bien para conocer aún más el interesante ambiente de la balística y las armas de fuego.