



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

QUÍMICA, BALÍSTICA Y SOCIEDAD

Trabajo Monográfico de Actualización

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA

JOSÉ EDUARDO TREJO ORNELAS



MÉXICO, Cd. Mx.

AÑO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor. BENJAMÍN RUIZ LOYOLA**

VOCAL: **Profesor. JOSÉ MANUEL MÉNDEZ STIVALET**

SECRETARIO: **Profesor. JOSÉ LANDEROS VALDEPEÑA**

1er. SUPLENTE: **Profesor. ALFONSO MIERES HERMOSILLO**

2º SUPLENTE: **Profesora. SUSANA DIANA PERALTA MIRANDA**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA

C.U. - U.N.A.M.

ASESOR DEL TEMA:

Q. Benjamín Ruiz Loyola

SUSTENTANTE:

José Eduardo Trejo Ornelas

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	IV
OBJETIVO	VII
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 ¿CÓMO FUNCIONA?	2
1.2 LA BALA	4
1.3 CLASIFICACIÓN	5
1.4 EL CARTUCHO	10
1.4.1 EL CARTUCHO MODERNO	13
1.5 LA VAINA	15
1.6 TACO	17
1.7 LA CÁPSULA INICIADORA	18
1.8 CARGADORES	18
CAPÍTULO 2. CALIBRE	20
2.1 PULGADAS	22
2.2 MILÍMETROS	22
2.3 "GAUGES" (ANCHURA)	23
2.4 OTROS FORMATOS	23
2.5 CALIBRE EN ESCOPETAS	24
CAPÍTULO 3. PÓLVORA	26
3.1 CLASIFICACIÓN DE LA PÓLVORA	29
3.2 PÓLVORA NEGRA	29
3.3 PÓLVORA BLANCA, PARDA Y OTROS COMPUESTOS	32
3.4 PÓLVORA NEGRA ACTUAL	35
3.4.1 PÓLVORA SIN HUMO	35
3.5 GRAIN	40

CAPÍTULO 4. DEFLAGRANTES.....41

4.1	CÁPSULA INICIADORA	42
4.2	CARTUCHOS DE FUEGO CENTRAL (CENTERFIRE)	45
4.2.1	CENTERFIRE	45
4.2.2	BERDAN	45
4.2.3	BOXER	46
4.3	CARTUCHOS DE FUEGO ANULAR (RIMFIRE)	47
4.4	EXPLOSIVOS PRIMARIOS.....	49
4.4.1	ACETILURO DE PLATA	49
4.4.2	AZIDAS	49
4.4.3	DIAZODINITROFENOL (DDNP)	51
4.4.4	ESTIFNATO PLOMO.....	51
4.4.5	FULMINATOS	52
4.4.6	HEXAMETILENO TRIPERÓXIDO DIAMINA (HMTD)	54
4.4.7	NITRURO DE PLOMO	54
4.4.8	PERÓXIDO DE ACETONA (PEROXIACETONA, TATP)	55
4.4.9	TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL (PENT)	55
4.4.10	TRIYODURO DE NITRÓGENO	56

CAPÍTULO 5. MATERIALES DE FABRICACIÓN.....57

5.1	MATERIALES	58
5.1.1	METALES Y ALEACIONES	59

CAPÍTULO 6. BALÍSTICA73

6.1.2	SISTEMA INTEGRADO DE IDENTIFICACIÓN BALÍSTICA (IBIS)...	74
6.1.3	COLECCIÓN OPERATIVA DE ARMAS y CARTUCHOS.	75
6.2	BALÍSTICA INTERNA	76
6.3	BALÍSTICA EXTERNA.....	77
6.3.1	MOVIMIENTOS Y EFECTOS DE UNA BALA EN VUELO	78
6.4	BALÍSTICA DE EFECTOS	84
6.4	BALÍSTICA IDENTIFICATIVA	85

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE RESIDUOS, LESIONES Y DISTANCIA DE DISPARO.....	86
7.1 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE RIDAF	89
7.2.1 ORIFICIO DE ENTRADA	101
7.2.2 TATUAJE.....	104
7.2.3 ORIFICIO DE SALIDA	106
7.3 DISTANCIA DE DISPARO.	107
7.3.1 BOCAJARRO.....	107
7.3.2 QUEMARROPA.	108
7.3.3 ANILLO DE FISCH.....	109
7.3.4 CORTA DISTANCIA	111
7.3.5 LARGA DISTANCIA.....	112
7.4 RESIDUOS DE DISPARO EN PRENDAS	113
7.4.1 PRUEBA DE WALKER	114
7.5 SUPUESTOS DE DISPARO DE CARGA MÚLTIPLE.....	114
7.6 DIRECCIÓN APROXIMADA DE LOS DISPAROS	116
7.7 ORDEN DE PRODUCCIÓN DE LAS HERIDAS.....	117
7.7.1 EXAMEN INTERNO	118
7.8 TRAYECTO	119
7.8.1 EMBOLISMO	120
CAPÍTULO 8. PANORAMA MUNDIAL	122
8.1 LOS GRANDES EXPORTADORES DE ARMAS.....	124
8.1.1 PANORAMA INTERNACIONAL	132
8.2 MÉXICO Y LAS ARMAS.....	133
CONCLUSIONES	135
GLOSARIO.....	139
TRABAJOS CITADOS.....	147

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El término bala proviene del francés "*balle*" y a su vez del franco "*balla*" que quiere decir pelota. Por lo general se refiere a una munición o un proyectil hecho con un material sólido, como el plomo. Como proyectil, una bala es aquello que dispara un arma de fuego. Lo habitual es que estas armas utilicen pólvora para lograr que las balas salgan despedidas con gran potencia.⁽¹⁾

Las primeras balas eran de plomo y tenían forma esférica. Su utilización predominó durante cinco siglos, hasta ya muy entrado el siglo XIX⁽²⁾ cuando Devigne diseña en 1826 una bala cilindro-cónica muy parecida a lo que conocemos actualmente, que, con el paso de los años, poco a poco dejaría a las balas con forma esférica relegadas a los cartuchos de caza.

A nivel nacional e internacional el impacto social que tienen las balas no se ve limitado a la pérdida de vidas humanas, debemos entender que la fabricación y uso de armas y sus proyectiles representa una fuerte inversión de capital por parte de las naciones, fondos que podrían ser utilizados para motivar el desarrollo económico y social. En general los afectados por armas son adultos y jóvenes en edad productiva que al sufrir mutilaciones pierden su capital humano y productivo de manera definitiva.

Por otro lado los enfrentamientos armados afectan la infraestructura, los bienes individuales y termina por alejar a las personas de fuentes de trabajo, mercados, escuelas, ahuyenta las inversiones y el panorama turístico de las zonas en conflicto, llegando a provocar en última instancia desplazamientos de poblaciones enteras involucrando inestabilidad social y económica en otros países.⁽³⁾

En México el panorama no se ve muy diferente, el número de armerías crece constantemente en la franja fronteriza sur de los Estados Unidos. Esto ha

contribuido a que en México circulen más de 15 millones de armas que se han utilizado en la mitad de los 120 mil homicidios cometidos entre 2007 y 2012 en nuestro país. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), durante 2013 se registraron 22 mil 732 asesinatos, de los cuales 14 mil 122 fueron cometidos con un disparo de arma corta, rifles, escopetas, armas largas y otros artefactos de fuego.⁽⁴⁾

Es por ello que éste compendio pretende no sólo mostrar los aspectos técnicos y tecnológicos de las municiones sino dar acceso a la información de las armas a un mayor número de personas, presentando los datos de manera sencilla y concentrada, hacer conciencia sobre la situación del uso de las armas, el desarrollo que existe detrás de estas, las bases de su funcionamiento y por supuesto sobre los efectos negativos que representan para nuestra sociedad.

OBJETIVO

OBJETIVO

- Concentrar información específica sobre la historia y el desarrollo de las balas, los compuestos químicos que en ella intervienen y las variaciones de formulaciones más comunes.
- Generar conciencia sobre el uso de armas mediante datos presentados por instituciones enfocadas en su estudio, y el peligro que representa su uso para la sociedad.

CAPÍTULO 1.
ANTECEDENTES
Y
GENERALIDADES

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

La bala es el conjunto de cubierta, proyectil y compuestos químicos que le dan su impulso. En la parte posterior de la bala se encuentra la descripción técnica, esto en su borde exterior, mientras que en su centro se encuentra el punto donde el percutor golpea para comenzar la ignición de la bala. Una vez que se golpea ese punto la bala sale disparada dejando el cartucho vacío dentro del cañón del revólver o pistola.⁽⁵⁾

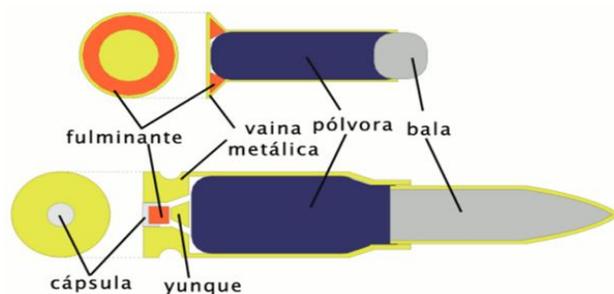


Figura 1.1 (Izq.) Vista posterior de una bala donde se aprecia el calibre y la cápsula iniciadora en el centro. (Der.) Partes que integran a una bala. (Fuente: Diccionario Enciclopédico de Armas)

1.1 ¿CÓMO FUNCIONA?

No son muchas las personas que hoy en día consideran la pistola o el rifle como accesorios indispensables del hogar, sin embargo un número considerable de personas se dedican a la cacería o han disparado armas de fuego durante la guerra.

Todas estas armas son accionadas por la pólvora que envía una bala perfilada a lo largo de un tubo llamado cañón. Las armas más grandes tienen cañones rayados (estriados en espiral que están en la superficie interior del cañón) que permiten que la bala sea guiada en un rápido movimiento de torsión lo que la envía girando alrededor de su eje en una trayectoria de vuelo más exacta.

En general, entre más largo es el cañón más exacta es la trayectoria de la bala puesto que cada pulgada adicional del largo del cañón proporciona un poco más de dirección a la bala. Éste es el motivo por el cual los rifles son más exactos y precisos que las pistolas.

Los cañones más largos tienen también más tiempo para que se expandan los gases generados por la pólvora y por tanto dan a la bala un empujón más fuerte y así un vuelo mayor

El principio de percusión del disparo se basa en el hecho de que un fulminante se deflagra con la acción mecánica del impacto del gatillo. El gatillo libera un percutor que golpea una pequeña cápsula donde se encuentra un compuesto fulminante enviando una llama caliente a la pólvora. Una combinación de proyectil, la cápsula iniciadora y la pólvora al ser golpeada por un pequeño pistón en el extremo posterior del cartucho inicia la reacción del disparo.⁽⁶⁾

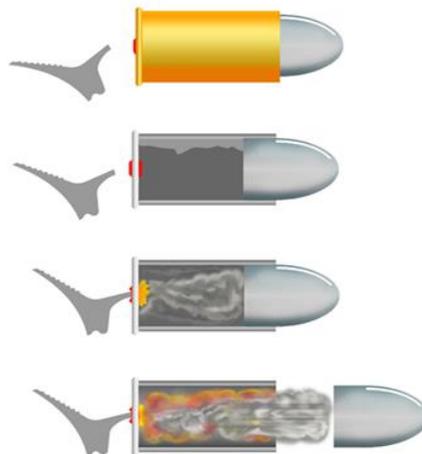


Figura 1.2 Acción mecánica del pistón o martillo en la capsula iniciadora y subsecuente quema de la pólvora. (Fuente: Adrenaline.uol)

1.2 LA BALA

Como norma general, a los proyectiles disparados por las armas de fuego portátiles se les denomina balas. La mayoría de las veces suelen ser metálicas y pesadas, aunque en algunas ocasiones muy específicas son de madera o plástico; y a excepción de las esféricas, que son completamente simétricas respecto a su centro, a las demás las podemos dividir para su estudio en las siguientes partes: punta, cuerpo y culote.

La bala es la parte principal del cartucho y su función es fundamental en el éxito del disparo. Gracias al impulso que le facilita la pólvora recorre la trayectoria hasta el blanco y le cede la energía residual.

Las mejoras del diseño de la bala durante los últimos años, junto con las técnicas mejoradas de la fabricación total han permitido producir balas de calidad que los tiradores requerían.

Las balas se diseñan para aplicaciones específicas. En el caso de un cazador se debe considerar la caza y el terreno que tiene delante, entre otros factores; mientras que el tirador deportivo requiere críticamente precisión y por ello necesita una bala con cualidades aerodinámicas máximas.⁽⁷⁾

Actualmente se dispone de proyectiles compuestos (hasta por 8 metales) que dependiendo de la dureza del blanco se comportan de una manera u otra. Siendo capaces de traspasar un chaleco antibalas o una placa de acero. O por el contrario, cuando el objetivo a batir es blando, la bala se expande dentro del objetivo cediéndole toda su energía, generando mayor daño interno y no traspasándolo.

1.3 CLASIFICACIÓN

A la hora de clasificar las balas nos encontramos con infinidad de posibilidades. Si atendemos a los elementos que contienen, estas pueden ser de un elemento, de dos elementos y de varios elementos. Si nos fijamos en los efectos que producen serán trazadoras, incendiarias, explosivas, perforantes, etc. Según la silueta de su cuerpo (*Figura 1.6*) serán lisas, ranuradas, moleteadas y entalladas.⁽²⁾

Como ha quedado claro que podemos seguir con infinidad de clasificaciones, por lo tanto vamos a centrarnos solo en las más significativas.

► Atendiendo a su forma geométrica pueden ser esféricas, cilíndricas, ojivales, y sus variantes mixtas como cilindro-cónicas, cilindro-ojival (*Figura 1.3*).



Figura 1.3 Formas geométricas de las balas: (A) Esférica, (B) Cilíndrica, (C) Ojival, (D) Cilindro-cónica, (E) Cilindro-ojival, (F) Aerodinámica. (Fuente: Apuntes profesionales, Carlos Alberto Santostefano)

► **Atendiendo a su forma.** La forma, el perfil de la ojiva y la composición de la bala dependen del uso que se le dé a la misma. Por ejemplo: las agudas están diseñadas para que pierdan velocidad más despacio y tengan más alcance y más capacidad de penetración. Al contrario, las balas de punta redondeada suelen ser más efectivas a corta distancia y ceden más energía en el momento del impacto penetrando menos que las

picudas. Dentro de esta primera clasificación, y atendiendo a formas y perfiles, realizaremos cuatro subgrupos:

- **Observando la forma de su base.**



Figura 1.4 Formas de la base de las balas: (G) Hueca o perforada, (H) Tronco cónica, (I) Cónica, (J) Plana, (K) Talonada. (Fuente: Apuntes profesionales, Carlos Alberto Santostefano)

- **Según la forma de la punta diremos que es:**



Figura 1.5 Formas de puntas: (L) Roma, (M) Plana, (N) Hueca, (Ñ) Aguda. (Fuente: Apuntes profesionales, Carlos Alberto Santostefano)

- **Atendiendo a la silueta de su cuerpo:**

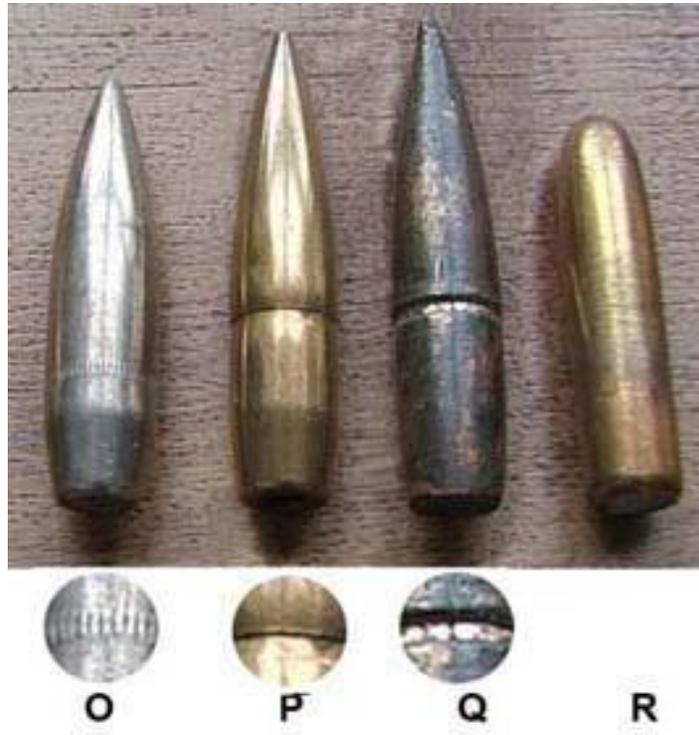


Figura 1.6 Formas de las siluetas de las balas: (O) Moleteada, (P) Ranurada, (Q) Entallada, (R) Lisa. (Fuente: Apuntes profesionales, Carlos Alberto Santostefano)

Tabla 1. Algunos tipos de balas y sus aplicaciones específicas.



Tipo:

Descripción:

Bala Explosiva

Balas que contienen una carga que explota por impacto. La utilización de balas explosivas es muy antigua. Básicamente su misión es la de detonar al impactar en el blanco. En un principio la sustancia explosiva era una mezcla de fulminato de mercurio y clorato potásico. Esta carga detona a causa de la presión que sufre la bala en el momento del impacto.



Tipo:

Descripción:

Bala Trazadora

Su función principal es la de marcar la trayectoria mediante una estela luminosa o de humo, y así poder corregir el tiro. Las primeras balas trazadoras se fabricaron pegando a la base de la bala una pastilla de magnesio y fosfato. En la actualidad exteriormente las podemos distinguir dado que su ojiva va pintada de color verde o rojo. Otra característica es que la longitud de estas balas, suele ser mayor de lo normal debido a que necesitan contener en su interior un espacio donde alojar la carga trazadora (generalmente fósforo). Comúnmente en las ametralladoras una de cada cinco balas es trazadora.

Tabla 1. (Continuación) Algunos tipos de balas y sus aplicaciones específicas.



Tipo:	Descripción:
Bala Incendiaria	Balas que contienen una mezcla química que se inflama al contacto con el aire o por impacto. La misión de este tipo de bala es producir incendios en el lugar donde impactan. La carga incendiaria, habitualmente fósforo blanco, va colocada en el interior de la ojiva. En el momento del impacto se rompe la camisa de la bala, inflamándose el fósforo al entrar en contacto con el aire. Para su diferenciación la ojiva va pintada de azul o naranja.



Tipo:	Descripción:
Bala Perforante	Se trata de balas blindadas de núcleo duro perforante. La misión de este tipo de balas es poder atravesar los blindajes ligeros. Los alemanes, durante la Primera Guerra Mundial, para traspasar el blindaje de los primeros carros de combate idearon este tipo de proyectil. Compuesta de un núcleo de acero rodeado de una envuelta de plomo que está a su vez rodeada de una camisa o blindaje convencional. En el momento del impacto se desprenden las envoltas y el núcleo de acero continúa la trayectoria perforando el blindaje.

1.4 EL CARTUCHO

Se denomina cartucho a la carga de pólvora y municiones, o de pólvora sola, correspondiente a cada tiro de un arma de fuego, envuelta en papel o lienzo o encerrada en un tubo metálico, que puede contener solamente la pólvora, o ésta junto con el proyectil, o finalmente, ambos elementos y además el cebo.⁽⁸⁾

CARTUCHOS DE PAPEL

Existen motivos suficientes para creer que el cartucho apareció por primera vez en España, donde lo empleó la artillería en la segunda mitad del siglo XVI, dándole el nombre de cachucho, probablemente a causa de llamarse así cada uno de los huecos que en la aljaba servían para contener las flechas.

Esta innovación pronto pasaría a las armas ligeras, las tropas de infantería suecas del rey Gustavo Adolfo hacia 1630 introducen el cartucho de papel para cargar sus fusiles.

Este cartucho solo contenía la pólvora, lo que obligaba al tirador a realizar la carga en varios tiempos (introducir el cartucho de pólvora, el proyectil, cebar, etc.) y, por lo tanto, la capacidad de abrir fuego resultaba sumamente lenta.

Había que introducir modificaciones en el cartucho que facilitaran la carga del arma, y en principio se solucionó con envolver el proyectil juntamente con la carga de pólvora, pero esto no aceleró mucho la cuestión, dado que a causa del rayado del cañón había que forzar la bala esférica con la baqueta, teniendo en ocasiones que llegar a golpearla con mazo, acción que reducía mucho la velocidad ignición.

En 1799, Edward C. Howard, dio el primer paso al descubrir las pólvoras fulminantes, que hacían explosión al prenderse o ser golpeadas.

Fue hasta 1807 que el sacerdote escocés Alexander Forsyth inventa la llave de percusión donde utiliza la propiedad de las pólvoras fulminantes de inflamarse al choque.

Posteriormente cuando se ve que la idea funciona, una serie de armeros comienzan a perfeccionar la idea hasta que armero inglés Egess, inventa el pistón, con lo que solo faltaba encontrar la manera de unir el pistón al cartucho, y diseñara un sistema de retrocarga que evitara el tener que cargar el arma por la boca de fuego.

En 1836 gracias a Juan Nicolás Dreyse, ven la luz dos grandes inventos que revolucionaran el sistema de carga en las armas de fuego: el fusil de aguja y el cartucho combustible.

El cartucho Dreyse esencialmente consiste en una envoltura de papel que contiene ya los tres elementos básicos: pólvora, bala y cebo (cápsula) fulminante.



Figura 1.7 Cartucho Dreyse de envoltura de papel. (Fuente: Invención Y Evolución De Los Cartuchos, Aldo G. Mariangel)

La peculiaridad de éste cartucho radica en el orden de colocación (**Figura 1.7**). El fulminante va situado delante de la carga de pólvora y al mismo tiempo detrás de un taco de madera, sobre el que se asienta una bala de

plomo de forma ovoide; de manera que al disparar la aguja debe atravesar todo el espacio ocupado por la pólvora para que el pistón logre incidir en el fulminante.

El 3 de julio de 1866, en la batalla de Sadowa los Prusios, y los Austríacos se enfrentaron, la superioridad del armamento Prusio (el fusil de aguja) fue la causa de las cuantiosas pérdidas experimentadas por los austríacos (60.000 hombres). Esto puso de manifiesto la superioridad del cartucho Dreyse.

En 1836 Casimiro Lefauchaux, se basa en estudios del maestro armero Pauli, e idea un nuevo cartucho que soluciona en gran parte los inconvenientes de cartuchos anteriores. Desarrolla el "cartucho de aguja" o "A broche" con un diseño técnicamente muy avanzado para su época (**Figura 1.8**). Estaba formado por un vaina de cartón reforzada con un culote metálico en donde se situaba una aguja percutora exterior que incidía un pistón situado en el interior del cartucho.

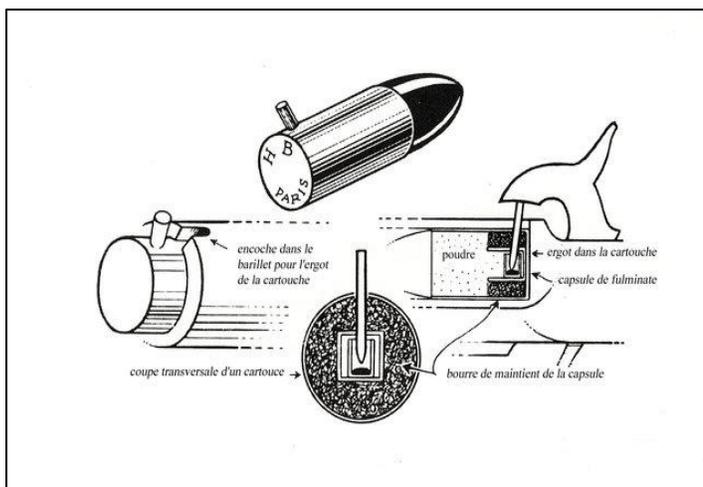


Figura 1.8 Diagrama y cartucho con sistema "A Broche" o de "Aguja". (Fuente: Introducción Básica a las Armas de Fuego)

La vaina de cartón se dilataba en el momento del disparo, ajustándose a las paredes de la recámara e impidiendo el escape de los gases por la misma. Dado que la combustión se producía en el interior del cartucho, no se formaba sarro en la recámara, evitando tener que limpiarla a menudo.

Parecía que el sistema de aguja resolvía todos los problemas, pero en la práctica no fue así. No tuvo buenos resultados debido a que el cartucho tenía el gran inconveniente del peligro que supone la posibilidad de una ignición accidental al golpearse la aguja.

1.4.1 EL CARTUCHO MODERNO

Con objeto de utilizar cartuchos en carabinas y pistolas de tiro de salón Flobert desarrolla en 1845 un nuevo cartucho de vaina totalmente metálica (cobre) pero de escasa potencia como consecuencia que no contiene carga de pólvora, siendo el fulminante el único elemento que interviene como iniciador y carga de proyección, modificando la forma de la cápsula fulminante, aumentándola de tamaño, alargándola y encajándole una pequeña bala esférica de 6 mm en la boca del cartucho.



Figura 1.9 Cartuchos Flobert utilizados en tiro de salón. Éste no contiene pólvora, únicamente fulminante. (Fuente: Municion.org)

Lo más importante de este cartucho radica en el sistema anular de percusión (*Ver 4.3 Cartuchos de Fuego Anular*) que serviría de base a los modernos cartuchos de percusión. El nuevo sistema consiste en un pliegue hueco situado en la periferia del culote de la vaina, que además de hacer las veces

de tope del cartucho con la recámara, sirve para alojar la sustancia fulminante. El impacto del percutor del arma sobre este pliegue provoca la ignición del cartucho.

En Inglaterra, Edward Boxer patenta un cartucho de percusión central cuyo procedimiento de construcción es más sencillo y económico. La novedad consiste en fabricar la vaina mediante una fina lámina de latón, que se enrolla alrededor de un molde metálico.

El cilindro así obtenido se ajustaba posteriormente a un culote metálico que contenía la cápsula detonadora. De ésta manera resultaba más fácil y más barata la construcción de la vaina pero la lámina de latón enrollado tendía a separarse del culote produciendo gran número de interrupciones en el arma.



Figura 1.10 Alojamiento de la pólvora y fulminante en diferentes cartuchos. (Fuente: Apuntes profesionales, Carlos Alberto Santostefano)

1.5 LA VAINA

Además de servir como portadora de la pólvora, es la parte que reúne a los demás elementos que componen al cartucho. La vaina consta de tres partes esenciales: Boca, Cuerpo y Culote.

Dependiendo del material en que están realizadas pueden ser metálicas y semimetálicas. En el caso de las vainas metálicas estas deben reunir condiciones especiales de tenacidad, maleabilidad y elasticidad que le permitan aguantar sin agrietarse a las dilataciones que sufren en el momento del disparo, cuando es necesario que se ajusten a las paredes de la recámara con el objeto de obturarla herméticamente, y posteriormente cuando se reduzca la presión de los gases recuperar su tamaño primitivo. Estas cualidades las cumple a la perfección el latón, una aleación compuesta 72% de cobre y 28% de zinc.

Figura 1.11 Partes que componen la vaina. (Fuente: Snipers Elite)

Por el contrario las vainas semimetálicas originalmente estaban compuestas de un cuerpo cilíndrico de cartón; un culote metálico casi siempre de una aleación de cobre; y un disco de papel enrollado fuertemente que ajustaba el cilindro de cartón contra el culote impidiendo que ambas partes se pudieran separar.⁽²⁾

Provocado por la evolución en el proceso de fabricación, hoy en día, casi todos los cartuchos semimetálicos tienen la vaina de plástico de una sola pieza hecha por comprensión o por extrusión. Estos procedimientos de fabricación confieren a la vaina una gran resistencia a las grandes presiones que deben soportar, facilitando que el culote pase a ser de hierro latonado u



otra aleación más barata que el cobre, dado que, al ser el fondo del cartucho de plástico los apenas sufren dilatación y no producen fallos de extracción.

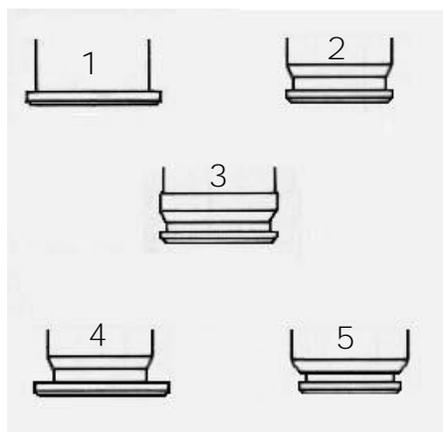
CLASIFICACIÓN DE LAS VAINAS

Las vainas las podemos clasificar ateniéndonos a varios criterios, los más importantes son:

- Según el material de su constitución: Metálicas. Semimetálicas. Plásticas.
- Según el sistema de percusión: Percusión anular. Percusión central.
- Según su forma geométrica.



- Según la forma externa del culote:



- Pestaña 2. Ranura 3. Reforzada 4. Ranura y pestaña 5. Ranura y pestaña corta.

(Fuente: Armas de Fuego, Nitro)

1.6 TACO

La misión del taco es múltiple, por un lado, aprovecha al máximo los gases producidos en la combustión de la pólvora gracias un perfecto sellado interno del cartucho en el momento del disparo y por otro, contiene y protege a los perdigones en su trayecto por el interior del cañón evitando que se deformen por rozamiento con las paredes.

Inicialmente los tacos eran de fieltro, corcho o papel prensado. Se utiliza solamente en los disparos a corta distancia. De las armas modernas casi únicamente las escopetas de caza llevan tacos en su munición, en forma de arandelas o discos de cartón, parafina, que separan los distintos componentes del cartucho.

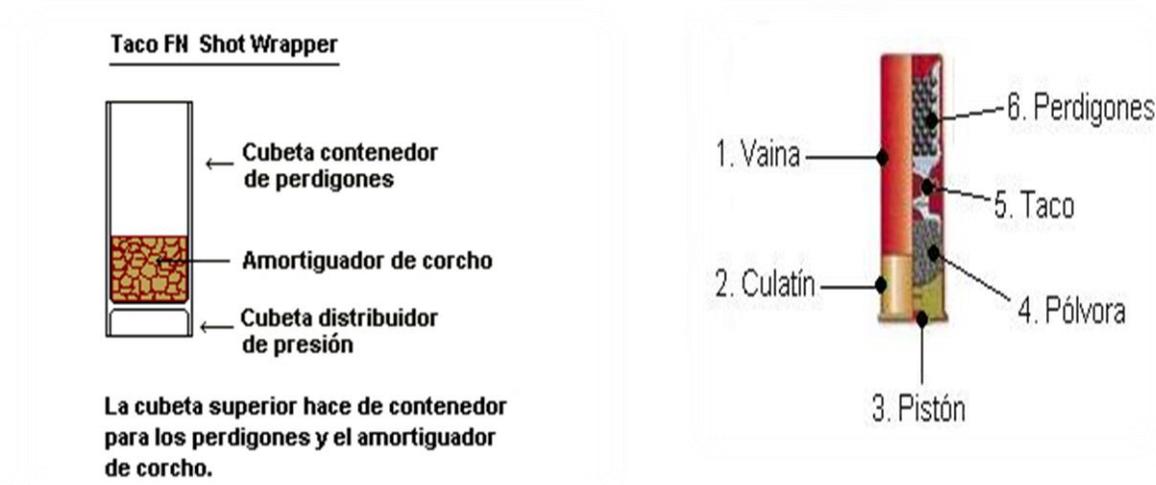


Figura 1.12 Partes del cartucho de escopeta. En él se puede observar el característico "taco" el cual funciona como amortiguador al momento del disparo. (Fuente: Snipers Elite)

1.7 LA CÁPSULA INICIADORA

Es una especie de bomba diminuta la cual contiene al fulminante (una mezcla química altamente explosiva) que produce una deflagración al ser golpeada. Esta pequeña explosión provoca una llamarada que comunica el fuego a la carga de pólvora iniciando una reacción química que la convierte en gas. Debido a la expansión de los gases, esta reacción, produce un aumento de volumen que se traduce en presión que impulsará a la bala (Figura 1.2).

En el capítulo 4.1 Se explica detalladamente las partes que la componen.

1.8 CARGADORES

Se tratan de algo más que simples contenedores de munición. Son elementos activos que empujan los cartuchos para que entren en el arma en la orientación y momento precisos. Además pueden formar parte del seguro y al vaciarse suelen impedir el cierre de la corredera, informando al usuario que ha agotado la munición.⁽⁹⁾

Figura 1.13 Partes de un cargador, el muelle impulsa a los cartuchos hacia el cañón, permitiendo disparos continuos.

(Fuente: GLOCK Cargadores)

Constan de cuatro partes principales:

► **El cuerpo:** Contiene los cartuchos y guía el muelle. Integra los labios, doblez en la parte superior que impide que los cartuchos salgan hacia arriba por la fuerza del muelle pero permite que se extraigan si se empujan desde el culote.



► **La Teja elevadora:** Una simple pieza plástica o metálica que permite que el muelle empuje uniformemente los cartuchos. En cargadores de doble hilera éste guía la introducción de los dos primeros cartuchos para que queden correctamente orientados.

► **Muelle:** Como su nombre indica, es un muelle de gran longitud que empuja la teja y los cartuchos contra los labios del cargador.

► **Tapa inferior:** Es una simple chapa que encaja en las guías de la base del cargador. Su función es cerrar la parte inferior del cargador y soportar el empuje del muelle. Generalmente son desmontables.

La excepción son los cargadores circulares, que suelen llevar una "llave" para tensar y bloquear el muelle. La introducción de cartuchos se facilita enormemente al no tener que luchar contra el potente muelle espiral que poseen. Existe toda una subfamilia de cargadores, poco usados actualmente, pero muy significativos: los cargadores circulares o helicoidales son un cargador normal enrollado y con un muelle en espiral.



Figura 1.14 Cargador helicoidal capaz de albergar hasta 150 cartuchos. (Fuente: Municion.org)

Tienen una gran capacidad para el tamaño que ocupan (Generalmente 50 a 150 cartuchos) pero por esa misma razón son muy pesados y necesitan medios mecánicos para tensar el poderoso muelle que mueve tal cantidad de cartuchos.

CAPÍTULO 2.

CALIBRES

CAPÍTULO 2. CALIBRE

Los calibres de las municiones se refieren al diámetro del proyectil, y ese diámetro se puede expresar en pulgadas, que es como acostumbran los americanos, o en milímetros, que es como acostumbran los europeos.

Por ejemplo, cuando los americanos dicen "calibre 44"; significa que la bala mide 0.44 pulgadas de diámetro. Ellos acostumbran a escribirlo como .44, y es común que se exprese simplemente como 44. Una pistola 45, un arma muy famosa de uso exclusivo del Ejército, se refiere a un arma que utiliza balas de calibre 0.45 ó .45 de pulgada.

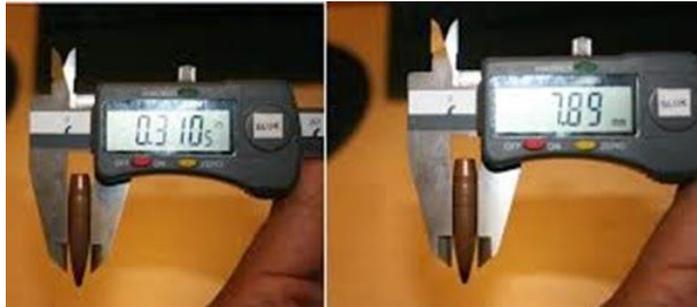


Figura 2.1 Medición del calibre de distintas balas con ayuda de un micrómetro. (Fuente: Ciencias Forenses y Criminalísticas)

Los europeos en cambio dicen "calibre 9 mm" o "calibre 7.62 mm", que significa un diámetro de la bala de 9 y 7.62 milímetros, respectivamente.

Otra pistola muy popular es el "revólver 38"; es decir, el que utiliza balas de calibre .38 que, como ya se ha explicado, se refiere a balas de 0.38 pulgadas.

Para que se entienda mejor se puede transformar el calibre de pulgadas a milímetros. Para ello basta saber que una pulgada equivale a 2.54 centímetros, es decir, 25.4 milímetros; por lo tanto, para expresar en milímetros el calibre de una pistola 45, basta multiplicar $0.45 \times 25.4 = 11.43$ milímetros.

2.1 PULGADAS

El diámetro del cuerpo y de la bala de una pistola puede ser medido en pulgadas utilizando la abreviatura cal. La medición se aplica al diámetro exterior de la bala (*Figura 2.1*) y el diámetro interior del cañón. Por ejemplo, una pistola de calibre .22 es un arma de fuego con un cañón interno de medición 0.22 pulgadas (0.5cm). Por lo tanto, una cal. 45 es un arma de fuego con proyectiles de 0.45 pulgadas (1 cm) de diámetro. Los calibres comunes en pulgadas para armas cortas son el 0.22, 0.25, 0.308, 0.32, 0.357, 0.38, 0.380, 0.40, 0.44, 0.45 y 0.50.



Figura 2.2 De izquierda a derecha: .22 LR, .25 Auto, .32 LR, .38 SPL, .40 S&W, .44 Magnum y .45 ACP. (Fuente: Sector de tiro, Munición de Armas Cortas)

2.2 MILÍMETROS

Los calibres para armas de mano también se pueden medir con el sistema métrico. Se utilizan milímetros para describir el calibre de un arma. En armas cortas se marcan con una "x" entre las medidas de la anchura y la longitud del casquillo. Por ejemplo, una pistola Winchester de 7.62 mm x 51 mm dispara balas que son 7.62 mm de diámetro y 51 mm de largo. También se puede hacer referencia a esta misma arma en pulgadas como cal 0.308. Las pistolas modernas generalmente varían en tamaño desde 4.5 mm a 12.7 mm.



Figura 2.3 De izquierda a derecha 6.35mm, 7.65mm, 9x19mm y 11.25mm (Fuente: Sector de tiro, Munición de Armas Cortas)

2.3 "GAUGES" (ANCHURA)

La anchura de un arma de fuego es otro término para su calibre. El "gauge" se aplica con mayor frecuencia a escopetas y expresa el diámetro del cañón de la escopeta, también conocido como "The Bore" (el tubo). A diferencia de las mediciones de calibre para otras armas, un gauge más alto para una escopeta significa que el diámetro del orificio es más pequeño y el arma tiene menos potencia. Los más comunes incluyen el calibre 10, calibre 12, calibre 16 y calibre 20. De éstos el calibre 10 es el calibre más potente de este grupo.

2.4 OTROS FORMATOS

El calibre de las armas no está sujeto únicamente a los formatos mencionados, pueden existir diferentes versiones de un mismo calibre.

Así el calibre .30, muy popular tanto para uso militar como en la caza, tiene varias versiones. Está el .30-06 y el .30-30 en este caso, el primer número se refiere al calibre en pulgadas y el segundo número tiene diferentes

connotaciones. El 06 se refiere al año de invención (1906), y el 30 al peso o al volumen de la pólvora contenida en el cartucho, en este caso 30 grains.

El grain es una antigua medida inglesa, utilizada para medir el volumen de partículas pequeñas, como la pólvora. De hecho, la cantidad de pólvora que se pone en los cartuchos, no se acostumbra a pesar, sino que se mide un volumen de ella y vierte en el cartucho.

Otro estilo usado para indicar el calibre incluye el nombre de su creador. Por ejemplo .38 S&W corresponde al revólver Smith y Wesson calibre 38, el arma reglamentaria de muchos cuerpos policíacos de América Latina. Tenemos también la Colt .45 en ambos, el calibre es asociado al creador del arma.

A veces al calibre se le agrega el término Magnum o el término Special. Esto indica que un arma de calibre ya establecido, porta un cartucho con una carga de pólvora más potente de lo normal.

Más ejemplos son la 8 Lapua Magnum, y la .38 Smith & Wesson Special. Otros sistemas, como ya se dijo, se indica tanto el diámetro del proyectil como el largo del cartucho, en milímetros. Por ejemplo 9 x 17 mm ó 9 x 19 mm quiere decir que se trata de una bala de 9 milímetros de diámetro, insertada en un cartucho de 17 ó 19 milímetros de longitud.

2.5 CALIBRE EN ESCOPETAS

El mundo de la escopeta es completamente distinto. Para comenzar, las escopetas no disparan una bala insertada en un cartucho, sino que disparan perdigones contenidos en un cartucho. En este caso el calibre no tiene nada que ver con el diámetro del cartucho. Para referir el calibre de la escopeta se emplea un sistema totalmente distinto al que se usa en los revólveres y fusiles.

En los rifles y las pistolas, a medida que aumenta el calibre, aumenta el tamaño de la bala o del cartucho; en las escopetas es a la inversa: a medida que aumenta el calibre, disminuye el tamaño y el poder del cartucho y viceversa.

Por ejemplo, cuando una escopeta es de "calibre 12", quiere decir que con un lingote de plomo de una libra (453 gramos) se pueden fundir perdigones para rellenar 12 cartuchos; lo que implica que cada cartucho contiene $453 \text{ g}/12 = 37.75$ gramos de plomo. De la misma manera, una escopeta "calibre 16", implica que con un lingote de plomo de una libra (453 gramos) se pueden fundir perdigones para rellenar 16 cartuchos. En este caso $453 \text{ g}/16 = 28.3$ g; o sea que cada cartucho contiene aproximadamente 28 gramos de plomo, menos plomo que el cartucho calibre 12.



Figura 2.4 De izquierda a derecha diferentes cartuchos para escopeta. Cal.12, 16, 28, 32 y 410. Cuanto más bajo es el calibre, más ancho es el cartucho. (Fuente: Club de caza)

CAPÍTULO 3.

PÓLVORA

CAPÍTULO 3. PÓLVORA

El término "pólvora" significa polvo es una sustancia deflagrante, es decir, de combustión súbita con llama a baja velocidad de propagación. A pesar de la creencia común que la pólvora es un explosivo, tal creencia es equivocada. La pólvora no explota, sino que arde rápidamente dependiendo de la granulación que le dio su fabricante.⁽¹⁰⁾

Si la pólvora en lugar de arder explotara, el arma reventaría al no poder resistir una presión violenta e instantánea en lugar de una progresiva.

Desde una perspectiva de la demanda, los usos que se les puede dar a las pólvoras se encuentran el civil; compuesto por la actividad deportiva, la caza y la minería y el uso de defensa orientado a proveer a las fuerzas armadas y policiales.

Se cree que la pólvora fue introducida en Europa por los árabes. Mezclas muy parecidas se emplearon en el sitio de la Meca en el 690 A.C.

La denominada pólvora negra, está compuesta de determinadas proporciones de carbón, azufre y nitrato de potasio. Su versión más común posee 75% de nitrato de potasio, 15% de carbono y 10% de azufre (% m/m). Actualmente, se la utiliza en pirotecnia y como propelente de proyectiles en armas antiguas. Las pólvoras modernas están basadas en materiales energéticos, principalmente nitrocelulosa y nitrocelulosa más nitroglicerina.

Las ventajas de estas últimas son su bajo nivel de humo, bajo nivel de depósito de residuos de combustión en el arma y su homogeneidad, que garantiza un resultado consistente y aumenta la precisión balística. Adicionalmente, la alta estabilidad que ofrecen amplía su vida útil a más de diez años sin presentar alteraciones por humedad o inestabilidad química.⁽¹¹⁾

Su composición, o más bien la proporción de mezclado de los componentes de la pólvora negra, suelen variar algo según los diferentes usos a los que se les va a destinar; pero siempre con el salitre como principal componente para poder alimentar rápidamente, con suficiente oxígeno, la combustión del carbón y azufre.

La velocidad de quemado, y por ende su energía específica, se controla en la fabricación, principalmente en la granulación que se le da en la operación final del proceso. La pólvora negra en granos gruesos quema más despacio que la de granos de molido.

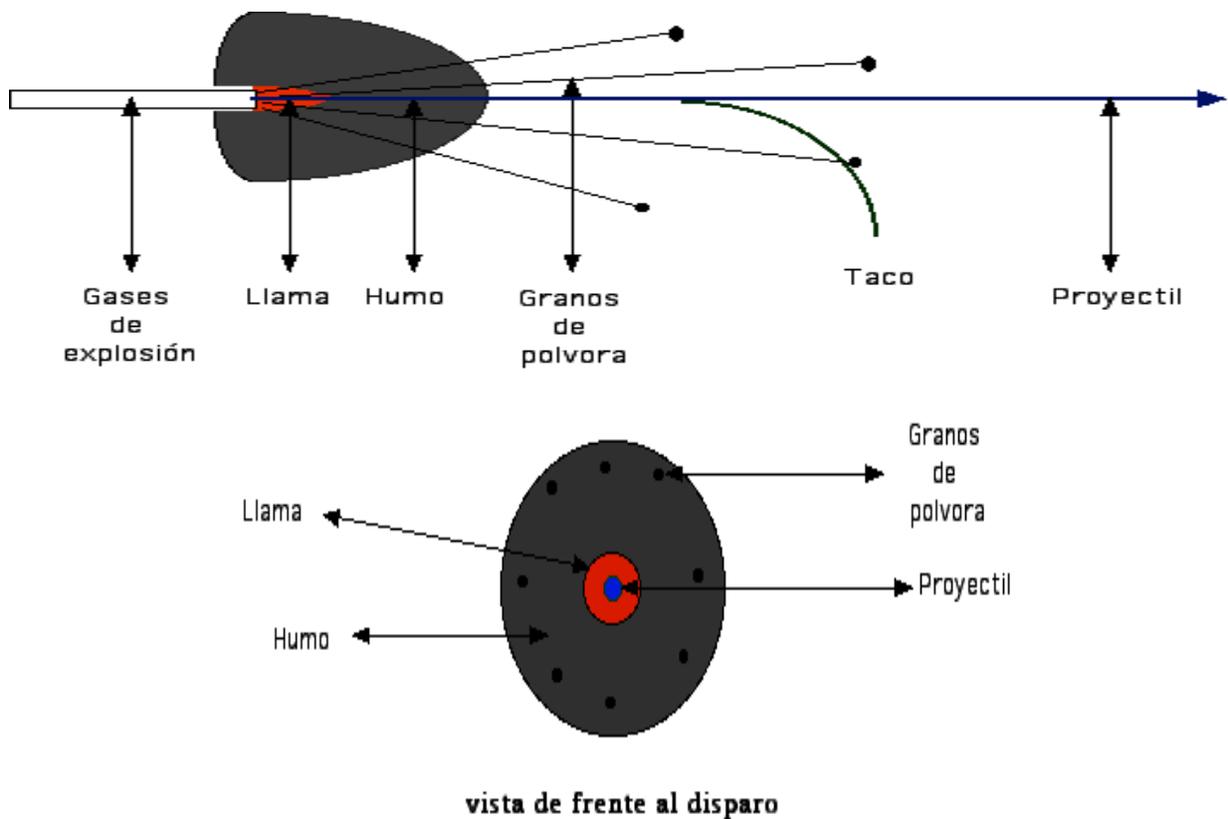


Figura 3.1 Estela de residuos de pólvora y humo generados después del disparo. Arriba la vista lateral y abajo vista de frente al disparo. (Fuente: Lesiones por armas de fuego. Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

3.1 CLASIFICACIÓN DE LA PÓLVORA

Para clasificar la pólvora, nos basaremos en su composición o en la velocidad de deflagración. Inicialmente, y basándonos en su composición, tenemos que hacer dos grupos: Pólvoras ordinarias. Pólvoras sin humo. Dentro del primer grupo la más importante es la pólvora negra. El segundo grupo está compuesto por las pólvoras de nitrocelulosa (de base simple o coloidal), y las pólvoras de doble base (formadas por nitrocelulosa, nitroglicerina y correctores).

También se suele clasificar la pólvora atendiendo a su velocidad de deflagración, y en este caso serán: progresivas, regresivas y de emisión constante. Esta diferencia en la emisión de gases se puede conseguir variando la forma geométrica de los granos o, también variando la composición de la pólvora.

Cuando las pólvoras están compuestas por granos planos o huecos, se consume por capas paralelas lo que permite una velocidad de quemado progresiva. En el caso de las pólvoras regresivas los granos son macizos, la superficie exterior es relativamente reducida, y la emisión de gases, según avanza la ignición al interior, va disminuyendo.

3.2 PÓLVORA NEGRA

La pólvora negra, a pesar de ser menos potente y limpia (después del tiro es necesario limpiar las armas con agua corriente hasta que salga clara) tiene una estabilidad química y una capacidad de conservación admirables, hasta el punto de que la pólvora extraída de antiguas granadas encontradas en los campos de batalla convenientemente desecada y cribada, ha deflagrado perfectamente a pesar de sus doscientos años de antigüedad.

No obstante, tiene una serie de inconvenientes, uno de ellos es la gran cantidad de residuos propios de la combustión o humo que produce al

quemarse. Otro aún más grave, son los residuos sólidos de la combustión que permanecen adheridos al ánima, ya que son altamente higroscópicos (es decir que absorben el agua y la humedad), por esa razón, a pesar de que se tomen muchos cuidados en la limpieza del arma, es muy corriente que se produzcan corrosiones en las armas usadas con este tipo de pólvora.

La combustión de la pólvora negra consiste en la rápida oxidación del carbón y azufre con la ayuda del oxígeno suministrado por el nitrato. Los gases producidos son principalmente dióxido, monóxido de carbono y nitrógeno. Los productos sólidos son carbonato y sulfato potásico y algunos sulfitos, éstos son los que producen el humo, residuos y su característico olor.

Algunas de las formulaciones son:

▶ Pólvora tipo B (Francia) 1857 - LAMONT DU-PONT

Salitre: 72%

Carbón: 16%

Azufre: 12%

▶ En 1871 Inglaterra cambió la fórmula de uso militar por la siguiente:

Salitre: 75%

Carbón: 15%

Azufre: 10%

La aparición de las pólvoras semi-sin humo y luego las de sin humo, cesó la fabricación de la pólvora negra para usos militares subsistiendo, aunque en reducida escala está destinada a usos deportivos.

SALITRE

El salitre es un mineral blanco, translúcido y brillante. Químicamente, está compuesto de nitrato de sodio (NaNO_3) y de nitrato de potasio (KNO_3) y se encuentra naturalmente en vastas extensiones de Sudamérica y principalmente en Chile. En el disparo proporciona el Oxígeno necesario para la combustión.

CLASIFICACIÓN DE LAS PÓLVORAS NEGRAS

De acuerdo a su velocidad de combustión se clasifican en tres tipos:

- ▶ Pólvoras vivas: tienen la granulometría de 1 a 3 mm y poseen una rápida deflagración. Esta cualidad las hace imprescindibles como pólvoras de cebo o para pistolas de pequeño calibre.
- ▶ Pólvoras lentas: tienen un grano de 4 a 12 mm y arden más lentamente.
- ▶ Pólvoras progresivas: son las de grano más grueso que inician su combustión en forma lenta pero que aumenta a medida que la bala avanza por el ánima del arma.

En la actualidad en casi todos los países se producen cuatro granulaciones básicas. La granulación se indica por las letras "F" de "fine" (Tabla 2). Cuantas más veces se repite esta letra más fino resulta el grano y existen cinco tamaños:

- ▶ Grande A-1 pasan por 6 orificios por pulgada
- ▶ Fg pasan por 14 orificios por pulgada
- ▶ FFg pasan por 16 orificios por pulgada
- ▶ FFFg pasan por 24 orificios por pulgada
- ▶ FFFFg pasan por 46 orificios por pulgada
- ▶ FFFFFg pasan por 60 orificios por pulgada

Tabla 2. Tipos de pólvora negra y sus usos. ⁽⁶⁶⁾

Designación	Gránulo	Uso
Fg	Gránulo más grande	Usado para disparo en mosquetes de gran calibre
FFg	Gránulo más grande	Usado en escopetas de avancarga, rifles y pistolas de calibre .45 o más
FFFg	Polvo fino	Usado en armas de avancarga de calibre .36 .45
FFFFg	Polvo muy fino	Usado en las cazoletas de los mosquetes de mecha

También se utilizan otras denominaciones. El sistema americano utiliza la letra "C" de Coarse seguida de número C1, C2, etc.

En Bélgica se designan de acuerdo a los números de granos que contiene 1 gramo de pólvora. Por ejemplo la n° 2 contiene 2000 a 3500 granos y la n° 8 es la más gruesa.⁽¹⁰⁾

3.3 PÓLVORA BLANCA, PARDA Y OTROS COMPUESTOS

Con el correr de los años aparecieron nuevos compuestos que en su mayoría no pasaron de pruebas experimentales:

- ▶ **Pólvora blanca:** Creada por Bertholet en el año 1785. Algunos de sus componentes fueron reemplazados, por ejemplo el salitre por clorato de potasio, siendo su fórmula la siguiente:

Compuesto	%
Clorato de potasio	49
Prusiato de potasio	28
Azufre	23

Sus principales características eran que dejaba muy pocos residuos, pero era altamente corrosiva debido al clorato y, también muy sensible, causas por las cuales no tuvo mucho empleo.

- ▶ **Pólvora marrón o parda:** Fue la última evolución de la pólvora negra después de casi 650 años. Fue creada en 1880 y sus prestaciones superaban ampliamente lo conocido, tuvo la contra que su aparición fue contemporánea de la pólvora sin humo, por lo cual no tuvo mucha aplicación.

Compuesto	%
Salitre	78
Carbón Rojo	19
Azufre	39

La aplicación de un alto porcentaje de salitre, muy poco contenido de azufre y el agregado de carbón rojo, le daban la particularidad de tener una combustión más lenta, lo que mejoraba notablemente la parte balística. Otro punto a favor era que producía muy pocos residuos de ácidos corrosivos.

Tabla 3. Proporción de compuestos utilizados en pólvoras comunes en diferentes países.

País de Origen	Salitre	Carbón	Azufre
Inglaterra	79	18	3
Francia	78	19	3
Alemania	78	19	3

Existen además dos propelentes con características similares: Amidpulver y Ammonpulver.

- ▶ Amidpulver: Fue patentado por un señor llamado Gans, en Hamburgo, Alemania. La fórmula original era:

Compuesto	%
Salitre	40-45
Nitrato de Amonio	35-38
Carbón	14-22

Dicha fórmula se mejoró sensiblemente pasando a tener una reducción de salitre del 14% y un aumento del carbón del 49%, quedando de la siguiente manera:

Compuesto	%
Salitre	38
Nitrato de Amonio	35
Carbón	30

- ▶ Ammonpulver: Era otra variante de la pólvora negra pero en base a nitrato de amonio (80 a 90%) y carbón.

Similar a la Amidpulver, la temperatura de combustión es notablemente más baja, en los 900° C con la consiguiente reducción en la erosión y corrosión en las ánimas de los cañones, generaba muy poco humo, era muy estable y además barata de fabricar.

De todos modos tenía algunos puntos en contra; necesitaba un iniciador más potente para su encendido; se debía mantener la forma del grano lo más íntegra posible, de lo contrario había importantes cambios en la velocidad de combustión y la generación de presiones. Era extremadamente higroscópica, razón por la cual se debía tener cuidado con su almacenamiento y transporte.

3.4 PÓLVORA NEGRA ACTUAL

Luego de aproximadamente 750 años de su creación, la pólvora negra tiene hoy en día gran cantidad de adeptos tanto para la caza como para el tiro deportivo, también tiene una gran aplicación en el campo militar. Por lo tanto su fabricación es totalmente industrializada.

Podemos tener una idea del proceso de fabricación. Para ello es necesario contar con la materia prima (nitrato de potasio, carbón vegetal y azufre) de altísima calidad y pureza, como segunda condición respetar estrictamente las fórmulas.

Las fábricas deben ser preparadas para tal fin con modernas maquinarias y tecnologías, recordando la peligrosidad del material que se está tratando. La capacitación del personal, como así los procesos deben estar bajo la estricta supervisión de Organismos Estatales.

3.4.1 PÓLVORA SIN HUMO

La pólvora sin humo es un compuesto químico a diferencia con la pólvora negra que es una mezcla. Comienza con el desarrollo de la nitrocelulosa que luego se va perfeccionando con distintos métodos para controlar la velocidad de combustión.

Las características principales son que el oxígeno necesario para la combustión se produce a partir del compuesto químico, razón por la cual no deja residuos sólidos, únicamente gases y vapores. Es comparada con la pólvora negra pero produce tres veces más energía a igual masa.

Otra de las características son el tamaño y forma de los granos, con el cual se controla la velocidad de combustión de acuerdo al tipo de arma que la utilizará. Las formas más comunes son: esféricos, cilíndricos, tubular, mono y multiperforadas, etc.

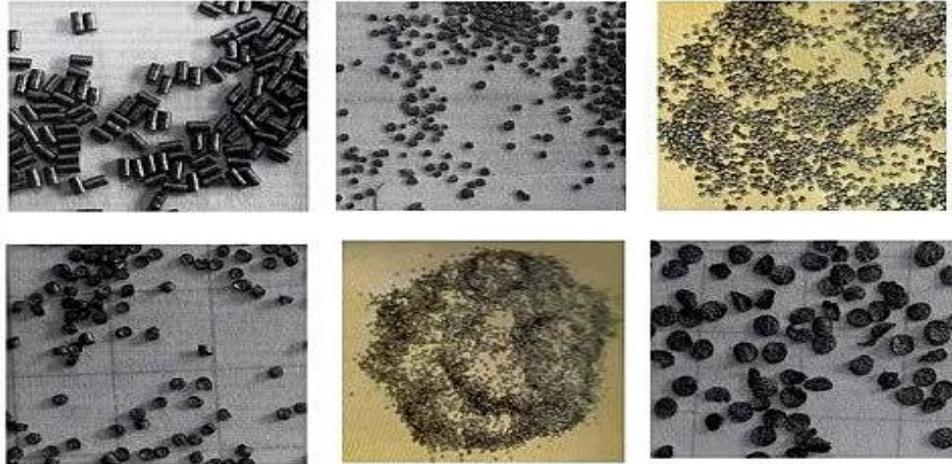


Figura 3.2 Diferentes formas de granulación de la pólvora. (Fuente: Armas de Fuego, Nitro)

La pólvora sin humo se puede clasificar en:

- ▶ Base simple: Compuesta por nitrocelulosa (algodón con ácidos nítrico y sulfúrico) y un pequeño porcentaje de nitrógeno (13%). Su temperatura de combustión es relativamente baja, por lo que se preservan mejor las armas, no es afectada por los cambios de temperaturas, pero la humedad puede hacer variar su rendimiento. Es la menos potente de las pólvoras, generalmente utilizada en armas largas.

- ▶ Base doble: Compuesta por nitrocelulosa y nitroglicerina como elementos principales. Se le agregan otros compuestos con la finalidad de reducir la temperatura de la llama y la estabilidad, estos son sales inorgánicas y centralita. Al tener en su fórmula nitroglicerina es la pólvora más potente de todas.

Tienen alta velocidad de combustión, fácil encendido, gran poder y alta temperatura de deflagración (a veces superior a la fusión del acero, con el cual acorta notablemente la vida útil de los cañones). Por ser tan rápidas se

las utiliza preferentemente en armas cortas. Es resistente a la humedad y cambios de temperatura. Es más peligrosa su manipulación y más costosa su fabricación que la base simple.

- ▶ Base triple: Es una variante de la pólvora de base doble en la que se agrega nitroguanidina.

La función de la nitroguanidina no solo reduce el fogueo, sino que aumenta su potencial balístico. La aplicación de pólvoras de base doble se da más en armas cortas, debido a que la combustión se produce con mayor rapidez. Las pólvoras de base triple son utilizadas mayormente en artillería. Producen un fuerte volumen de gases. Su higroscopía es similar a las de doble base.

Otras características muy importantes a saber de las pólvoras son:

- ▶ Progresividad: Es la particularidad de una pólvora, que de acuerdo a la forma y superficie de quemado de sus granos, variará la velocidad de combustión, la emisión de gases y el aumento de la presión, se la divide en dos grupos:
 - Regresiva: Característica de los granos cilíndricos, láminas o esféricos. Tiene la propiedad que la generación de gases y la presión aumenta rápidamente, y disminuyen de la misma manera, porque también la superficie de quemado disminuye.
 - Progresiva: Corresponde a los granos multiperforados. A diferencia de la anterior la generación inicial de gases es menor, pero va aumentando en forma constante porque también aumenta la superficie de combustión, por lo tanto necesita más tiempo para llegar a la presión máxima, que siempre es menor que en la regresiva, lo que hace que los cañones estén sometidos a menores esfuerzos.

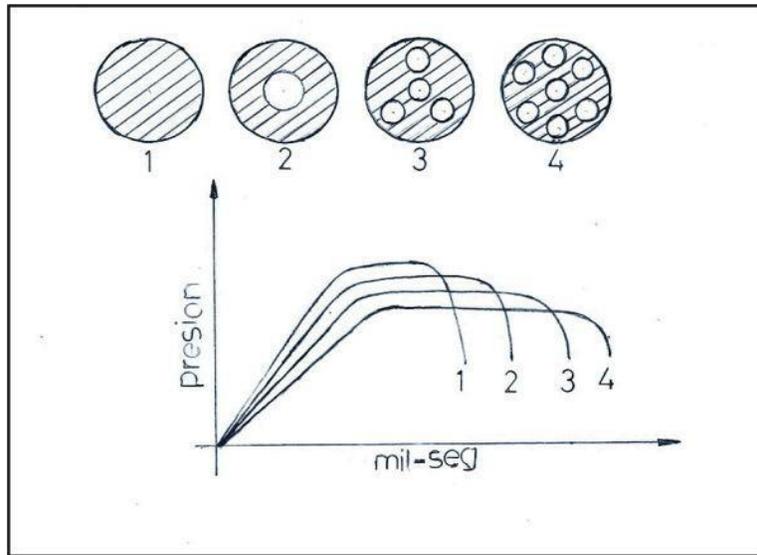


Grafico 1. Tiempo de deflagración vs. Presión Generada. Forma esquemática de los granos de pólvora (arriba). Como vemos en el gráfico, la forma de los granos determina la velocidad de combustión y la presión máxima generada.

Para tener una idea más clara de lo importante que resulta una mayor superficie de quemado en un grano de pólvora, imaginemos tener un grano de pólvora de 1 cm^3 , tendríamos una superficie de combustión de 6 cm^2 , ahora bien, si cortáramos nuestro cubo en pequeños cubitos de una décima de milímetro de lado (0.10 mm), obtendríamos $1.000.000$ de dichos cubitos por 0.06 mm^2 cada uno, o sea que $1.000.000$ de cubitos por 0.06 mm^2 de superficie, nos da una superficie total de quemado de 600 cm^2 .

Este simple ejemplo demuestra que solamente con modificar la forma de los granos de pólvora, sin alterar la cantidad de la misma, el comportamiento en cuanto a generación de gases y presión es totalmente distinto, debido a la mayor superficie de quemado. Algunos otros factores que se deben considerar en la pólvora son:

- ▶ Vivacidad: La vivacidad de las pólvoras es una definición muy difícil de expresar. Puede expresarse como la facilidad de una pólvora para arder.

Se la clasifica en 5 ítems:

- Instantánea: Cuando la carga se combustiona totalmente antes que el proyectil comience a desplazarse.
- Lenta: Cuando la combustión termina luego que el proyectil ha iniciado su movimiento dentro del cañón del arma.
- Combustión estricta: Cuando esta finaliza antes que el proyectil abandone la boca del arma.
- Combustión completa: Cuando la misma finaliza antes que el proyectil abandone la boca del arma.
- Combustión incompleta: Cuando el proyectil abandona la boca del arma y aún quedan granos de pólvora por quemarse.

- ▶ Densidad de la carga: La cantidad de pólvora es la que se denomina como densidad de la carga. Como definición podemos decir que es la relación entre el peso del propelente, en alguna unidad de peso y el volumen de la cámara de combustión, también en alguna unidad de volumen, el resultado de esta ecuación es característico de cada arma/cartucho.
- ▶ Combustión: También llamada deflagración. Es el proceso de quemado de la pólvora, en el cual esta se transforma en gases, que son los que generan un gran aumento de presión y una gran cantidad de calor.
- ▶ Velocidad de combustión: Es la velocidad con que la pólvora pasa de estado sólido a gaseoso. Va a depender del tipo de pólvora y tipo de grano que se quema en una determinada unidad de tiempo. Otros factores determinados de la velocidad de combustión serían los recubrimientos retardadores.

- ▶ Cobertura retardante: Son productos químicos que se le aplican a los granos de pólvora, a fin de reducir la velocidad inicial de combustión. Uno de los productos más usados es el grafito. Además del grafito, algunos de los elementos más usados como retardadores son el sulfato de potasio, dibutil-ftalato, criolita, etc.

Podemos decir que la gran diferencia entre la pólvora negra y la pólvora sin humo es que la primera no tiene ley de combustión, es decir, que no hay forma de poder controlar la velocidad de combustión más allá del tamaño de los granos, a diferencia de la pólvora sin humo en la que sí se puede controlar y en forma muy precisa, no solo con la granulometría sino también con los aceleradores o retardantes, elementos que bajan la temperatura o apagan la llama entre otros (*Gráfico 1*).

Bajo ninguna situación se puede emplear pólvora sin humo, cualquiera sea su tipo, en armas de retrocarga que originalmente fueron concebidas para utilizar pólvora negra. Las altísimas presiones que genera la pólvora sin humo respecto de la pólvora negra, sumado a la diferencia en la resistencia de los aceros de armas antiguas respecto de los modernos, pondría en serio riesgo de una violenta explosión no solo la integridad de las armas, sino también a los tiradores.

3.5 GRAIN

Como se ha mencionado antes el "grain" es la unidad de medida del peso de la pólvora. Proviene de granos, que antiguamente era la forma de medir la cantidad de pólvora usada en una determinada carga. Actualmente el grain es una unidad de peso y su equivalencia es: 1 gramo = 15.4323 grains, o 1 grain = 0.064799 gramos.

Como consecuencia de lo pequeño que es la unidad grain, se debe prestar especial atención al dosificar la carga de pólvora, puesto que un descuido o error puede derivar en graves accidentes.

CAPÍTULO 4.

COMPUESTOS

DEFLAGRANTES

CAPÍTULO 4. DEFLAGRANTES

En 1799 Edward Charles Howard⁽¹²⁾ descubre los compuestos fulminantes, que se prenden al ser golpeadas⁽¹³⁾ pero no supo que aplicación darles.

Seis años más tarde, el sacerdote escocés Alexander Forsyth inventa la llave de percusión donde utiliza la propiedad de las pólvoras fulminantes de inflamarse al choque. Cuando se ve que la idea funciona, una serie de armeros comienzan a perfeccionar el sistema hasta que el armero inglés Egess, inventa el pistón.⁽¹⁴⁾

Sería Juan Nicolás Dreyse quien, en 1836, idearía la manera de unir el pistón al cartucho, y diseñara un sistema de retrocarga que evite el tener que cargar el arma por la boca de fuego.

Posteriormente armeros como Lefauchaux, Flobert, Berdan y Edward Boxer, irían desarrollando la idea hasta conseguir una cápsula iniciadora similar a la actual, con una mezcla química iniciadora compuesta de fulminato de mercurio; mezcla que sería sustituida por otra de clorato de potasa.

4.1 CÁPSULA INICIADORA

La cápsula iniciadora o pistón es la parte del cartucho donde se aloja la sustancia iniciadora (fulminante) encargada de comenzar la ignición.

Se trata de una especie de bomba diminuta que contiene un fulminante y que produce una deflagración al ser golpeada. Esta pequeña explosión provoca una llamarada que comunica el fuego a la carga de pólvora iniciando una reacción química que la convierte en gas. Debido a la expansión de los gases, esta reacción, produce un aumento de volumen que se traduce en presión que impulsa a la bala.

El compuesto químico del fulminante, es una mezcla altamente explosiva y sensible a los choques, dicho compuesto al reaccionar produce oxígeno que a

su vez ayuda a la combustión del propelente o pólvora que se encuentra en el casquillo.⁽¹⁵⁾

En los cartuchos de percusión anular la misma vaina hace de cápsula dado que aloja la sustancia iniciadora en el interior del anillo que forma el reborde del culote de la vaina. Por el contrario, en los cartuchos de percusión central la cápsula es una parte independiente que se embute en un orificio practicado en el centro de la base del culote.

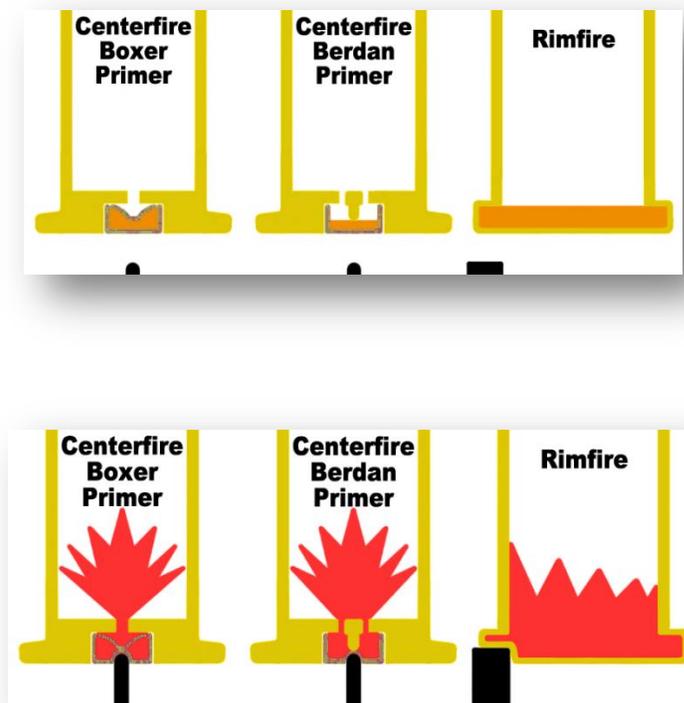


Figura 4.1. A la izquierda y centro, cartuchos de percusión central tipos Boxer y Berdan. A la derecha, cartucho de percusión anular. (Fuente: Gift. BBODO)

COMPONENTES BÁSICOS LA CÁPSULA INICIADORA

La mayoría se componen de las siguientes partes:

- ▶ Pasta iniciadora. Consiste en una mezcla explosiva sensible a la percusión, con compuestos oxidantes, reductores y elementos metálicos, que producen una detonación y un chorro de fuego cuando se aplica sobre ella la energía mecánica adecuada.
- ▶ Copela. Es la parte metálica del pistón que contiene la pasta iniciadora y en algunos casos el Yunque.
- ▶ Yunque. Pieza metálica contra la que choca la pasta iniciadora, cuando impacta el percutor del arma en el centro de la cápsula. De la exacta ubicación del yunque y de sus dimensiones, depende en gran parte la sensibilidad del pistón.

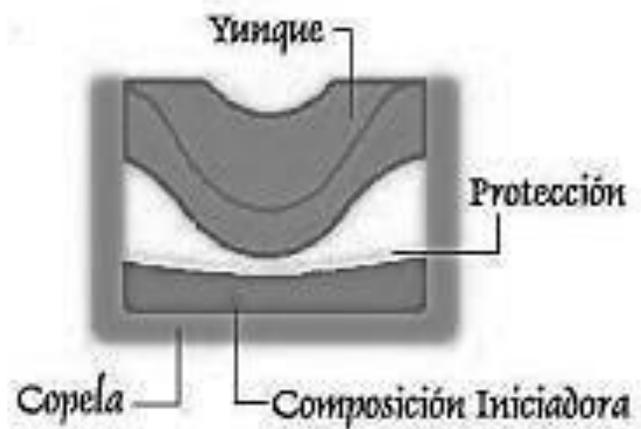


Figura 4.2. Partes que componen a la cápsula iniciadora. (Fuente: Snipers Elite)

4.2 CARTUCHOS DE FUEGO CENTRAL (CENTERFIRE)

En la actualidad la mayoría de los cartuchos existentes se dividen en dos grupos principalmente (*Figura 4.1*): Fuego central (Centerfire) y Fuego anular (Rimfire).

4.2.1 CENTERFIRE

Los primeros cartuchos, los de fuego central, son los más usados en la actualidad. Están constituidos por una vaina de latón cuyo grosor aumenta en el culote. En el centro de la base del culote tienen una perforación donde se inserta el pistón que deflagrará la pólvora y consecuentemente producirá el disparo.⁽¹⁵⁾

Los pistones de fuego central pueden ser de dos tipos

- ▶ Berdan
- ▶ Boxer

La munición de fuego central es muy sencilla de recargar, especialmente si llevan fulminante tipo Boxer. La mayoría de munición comercial lleva cápsulas fulminantes de tipo Boxer, mientras que la militar suele llevarlo de tipo Berdan.

4.2.2 BERDAN

El Berdan, diseñado por el Coronel Hiram Berdan del US Army en 1866, consiste en un recipiente simple con la fórmula de fulminante alojado en él. Este tipo de iniciador debe de ir montado sobre un casquillo que tenga una pieza central a manera de yunque. Este yunque ayuda a la aguja a percutir el mencionado fulminante. La llama pasa por dos pequeños orificios en el fondo del casquillo hasta alcanzar el propelente.

4.2.3 BOXER

El Boxer fue diseñado también por el coronel Edward Mounier Boxer, pero en este caso de la armada Inglesa, la Royal Woolwich Arsenal. Aquí la formula también se encuentra en un recipiente pero en este caso el yunque ya está integrado en el mismo fulminante lo que simplifica mucho las cosas. Otra cosa que caracteriza también a este fulminante es que va montado sobre un casquillo con un solo orificio para encender la pólvora, que es más grande, aproximadamente 1.5 mm.

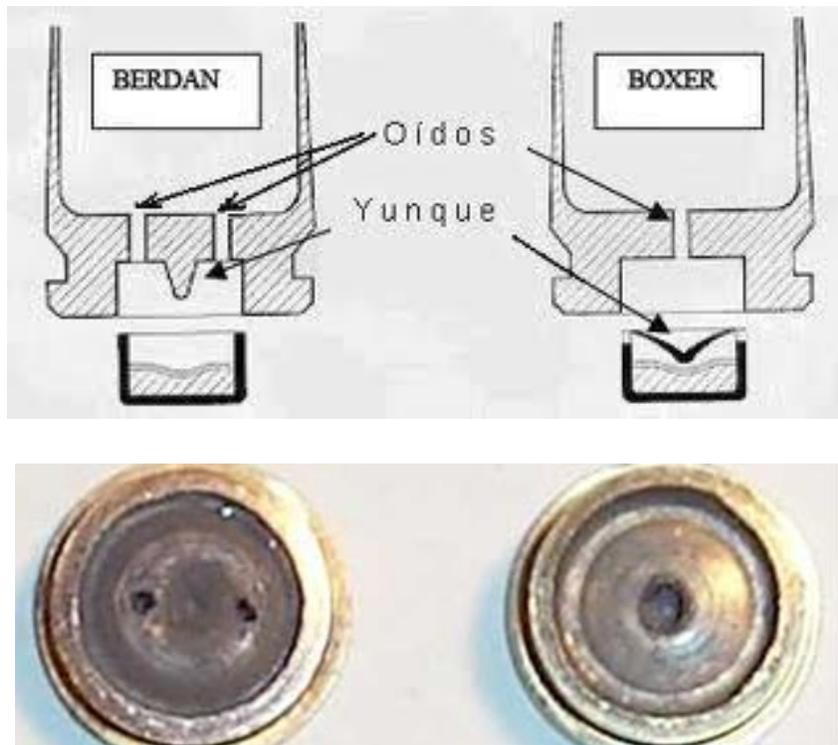


Figura 4.3 Diferencias entre los sistemas de fuego central. El sistema Berdan implementa el yunque como parte de la vaina, además existen dos oídos para comunicar con la pólvora. .
(Fuente: Oposiciones Policiales. Tipos de pistones)

4.3 CARTUCHOS DE FUEGO ANULAR (RIMFIRE)

En 1835, el armero francés Nicolás Flobert desarrolló el primer cartucho de fuego anular. Era de .22 pulgadas y se propulsaba únicamente con la fuerza del fulminante pues no contenía pólvora. Estaba pensado para tiro de salón, pero pronto fue adaptado para otros usos simplemente haciendo más grande la vaina y/o la bala y añadiendo pólvora al cartucho. Finalmente, la denominación de sistema FLOBERT permaneció sólo para los cartuchos sin pólvora.

Los cartuchos de fuego anular representaron un gran avance. Fueron realmente el primer tipo de cartucho metálico práctico.

Finalmente fueron desapareciendo del mercado militar ante el empuje de los cartuchos de fuego central, pero las variantes del pequeño .22 anular siguen siendo líderes entre las armas deportivas, favorecidas en muchos casos, por una legislación más permisiva con este tipo de armas.

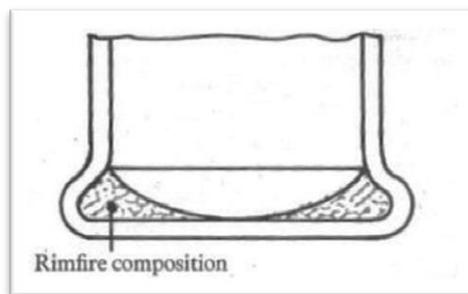


Figura 4.4 Diagrama de sistema Rimfire. (Fuente: Municion.org)

Los cartuchos de fuego anular, contienen el fulminante en el interior del reborde del culote. El percutor del arma, en vez de golpear la cápsula del centro debe golpear cualquier punto de la periferia para producir la ignición. El cartucho en sí es más económico de fabricar, pues se construye íntegramente por estampado. Pero también tiene inconvenientes: el metal de la vaina debe ser más delgado o blando pues debe deformarse para

comprimir el fulminante. Por esta razón, no admite cargas muy potentes. Y por lo mismo no son recargables, lo que suponía un grave inconveniente para cazadores y tramperos que pasaban largos periodos alejados de la civilización.

En la actualidad sólo se encuentra en calibres hasta 9 mm Flobert y muchas variantes del .22 .

En otros países son relativamente populares las armas de salón en sistema Flobert e incluso armas que disparan perdigones propulsándolos con un pequeñísimo cartucho anular de fogueo.

Suelen ser de pistola y calibre .32 o .38. Estos sirvieron de transición entre los anulares y los centrales exteriores. A simple vista, por fuera, son idénticos a los de percusión anular, y para poder diferenciarlos tendremos que fijarnos en las estampaciones o marcas de fábrica que llevan en la base del culote; como norma general, la mayoría de las veces, los de fuego anular llevan la estampación en el centro, mientras que los de percusión central interior la llevan en la periferia.⁽¹⁵⁾

4.4 EXPLOSIVOS PRIMARIOS

También conocidos como explosivos primarios son compuestos altamente sensibles a impacto, fricción, calor y electrostática. Como regla general se considera como explosivo primario a los compuestos que son más sensibles que el tetranitrato de pentaeritritol (PETN) el cual inicia su reacción con el impacto de un martillo.

Un número de compuestos explosivos primarios se utilizan comúnmente para la transferencia de una acción a una explosión. Generalmente una pequeña cantidad es suficiente para iniciar la reacción una gran carga explosiva.

Entre los Explosivos primarios se encuentran:

4.4.1 ACETILURO DE PLATA

Explosivo sensible al golpe y calor, tiene como principal característica que al explotar no se libera ningún gas como se observa en la reacción:



Además de ello no es soluble en agua y se descompone en solución.

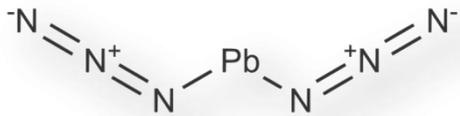
4.4.2 AZIDAS

Las azidas tienen diversos usos en las industrias de productos químicos, colorantes, plásticos, caucho y metales. Son reactivos utilizados en las células de combustible para uso militar, como componente de combustibles de alta energía y un propelente de cohetes.

La azida sódica se utiliza en la síntesis orgánica, en la fabricación de explosivos y como propelente en los airbags de los automóviles.

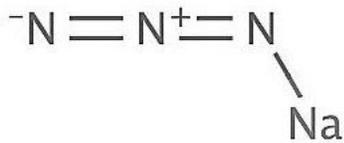
Otras azidas, como la metilhidracina, el hidrazobenceno, la 1,1-dimetilhidracina, el sulfato de hidracina y el diazometano, se utilizan en numerosas industrias. Las azidas, salvo la azida sódica, son explosivas.

AZIDA DE PLOMO



La azida de plomo se prepara por metátesis entre Azida de Sodio y Nitrato de Plomo (II). La dextrina puede ser agregada a la solución para estabilizar el producto precipitado. El sólido no es muy higroscópico, y el agua no reduce la sensibilidad del impacto. Se lo suele transportar como una solución dextrinada que disminuye su sensibilidad y consecuentemente el riesgo. Cuando se protege de la humedad, es totalmente estable en almacenamiento.⁽¹⁶⁾

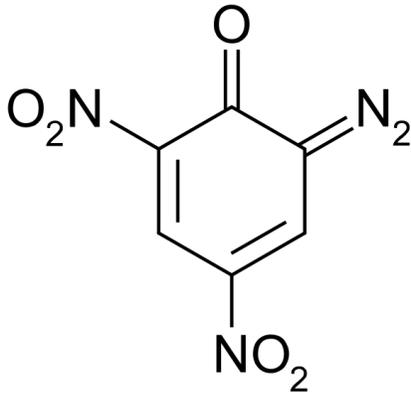
AZIDA DE SODIO



La azida sódica es un sólido de rápido efecto color blanco y no tiene olor. Al mezclarse con el agua o con un ácido, la azida sódica se convierte rápidamente en un gas tóxico que emana un olor acre. También se convierte en gas tóxico cuando entra en contacto con metales sólidos (plomo o de cobre).

La azida sódica es más conocida como el compuesto químico que se encuentra en las bolsas de aire de los automóviles. Una carga eléctrica activada por el impacto contra el automóvil hace que la azida sódica explote y libere el gas nitrógeno al interior de la bolsa de aire haciendo que ésta se infle, pero también se encuentra en detonadores y otros explosivos como propelente.⁽¹⁷⁾

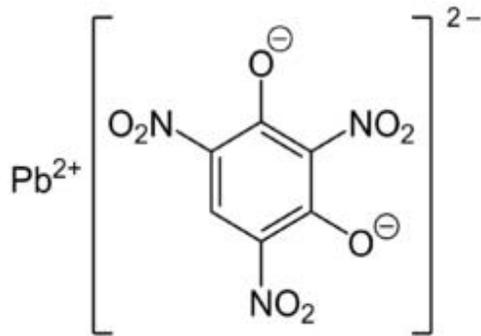
4.4.3 DIAZODINITROFENOL (DDNP)



Es un polvo color canela utilizado como explosivo, es soluble en ácido acético, acetona y ácido clorhídrico concentrado más no en agua. Se puede desensibilizar mediante su inmersión en ella ya que no reacciona con agua a temperatura normal. Es menos sensible al impacto que otros compuestos como el fulminato de mercurio y la azida de plomo.

El DDNP se utiliza en mezcla con otros materiales para formar explosivos primarios cuando se desea obtener una alta sensibilidad a la llama o calor.⁽¹⁸⁾

4.4.4 ESTIFNATO PLOMO



El estifnato plomo, también llamado trinitroresorcinato de plomo, es un explosivo usado como un componente de explosivos primarios y mezclas explosivas de explosivos secundarios menos sensibles.

El color de la estifnato de plomo varía entre amarillo y marrón, es muy sensible al fuego y descargas estáticas. Cuando está seco, puede fácilmente detonar bajo la influencia de la descarga estática del cuerpo humano.

No reacciona con los metales y es menos sensible a los golpes y la fricción que el fulminato de mercurio y la azida de plomo, además es poco soluble en agua y en metanol y puede ser neutralizado con una solución de carbonato de sodio. Es estable en almacenamiento, incluso a temperaturas elevadas.

Como otros compuestos que contienen plomo es tóxico para los seres humanos por la ingestión, es decir, que puede causar el envenenamiento por metales pesados.⁽¹⁹⁾

4.4.5 FULMINATOS

Se tratan de compuestos que incluyen al ion fulminato. Debido a su conformación actúa como un halógeno con carga y reactividad. Lo anterior confiere al ion inestabilidad y hace a los compuestos sensibles a la fricción. Gran parte de la inestabilidad se atribuye también a la presencia de una unión débil entre el Nitrógeno y el Oxígeno.

El más conocido es el fulminato de mercurio $\text{Hg}(\text{CNO})_2$, el cual es utilizado como explosivo primario en los detonadores. Estos compuestos se forman a partir de metales tales como la plata y mercurio, los cuales se disuelven en ácido nítrico seguido de etanol.

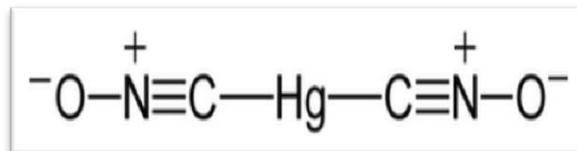
Tabla 4. Estructuras isoméricas. El fulminato no se debe confundir con sus isómeros el cianato y el isocianato.

Estructura del ion fulminato	Estructura ion cianato	Grupo funcional Isocianato
$^-\text{C}\equiv\overset{+}{\text{N}}-\text{O}^-$	$[\text{O}\equiv\text{C}\equiv\text{N}]^-$	$\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$

La energía liberada por los explosivos primarios en su detonación es generalmente pequeña; en los casos más comunes, sus calores de explosión están alrededor de las 400 kcal/kg (1700 kJ/kg), frente a los valores de 1000 kcal/kg, y superiores, típicos de los explosivos secundarios.

FULMINATO DE MERCURIO

El fulminato de mercurio (II), también llamado fulminante de mercurio o mercurio fulminado es una sustancia de fórmula $\text{Hg}(\text{CNO})_2$.

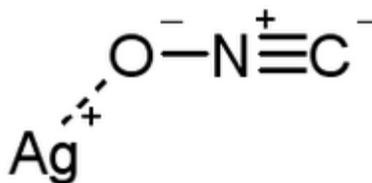


Se trata de un compuesto muy inestable, por lo que puede explotar bajo ciertas condiciones, aunque al hacerlo no produce mucho calor. Suele utilizarse como explosivo de iniciación (antes se empleaba mucho en las cápsulas fulminantes de los cartuchos).

Cuando se descompone térmicamente, el fulminato de mercurio puede hacerlo a temperaturas relativamente bajas (unos 100 C°). Se prepara haciendo reaccionar mercurio con ácido nítrico en presencia de etanol, pudiendo formar cristales de color azul celeste.⁽²⁰⁾

FULMINATO DE PLATA

Una sustancia análoga es el fulminato de plata, aún más inestable, tanto que no se puede almacenar en grandes cantidades porque detona bajo su propio peso.⁽²⁰⁾

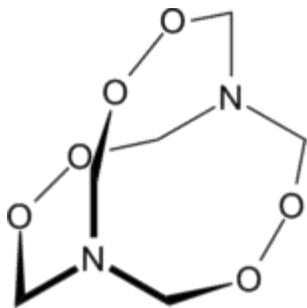


En la década de 1820, el químico orgánico Justus Liebig descubrió el fulminato de plata ($\text{Ag}-\text{CNO}$) y Friedrich Wöhler descubrió el cianato de plata ($\text{Ag}-\text{OCN}$). El hecho de que estas sustancias tienen la misma composición química dio lugar a una disputa que no se resolvió hasta que a Jöns Jakob Berzelius se le ocurrió el concepto de isómeros.⁽²¹⁾

FULMINATO DE POTASIO

Su uso, además de demostraciones de productos químicos, está en el fulminante para algunos de los primeros rifles. Por lo general, preparados por reacción de una amalgama de potasio con fulminato de mercurio⁽²²⁾, es mucho menos sensible debido al enlace iónico entre el potasio y el carbono, a diferencia del más débil enlace covalente entre el mercurio y el carbono.

4.4.6 HEXAMETILENO TRIPERÓXIDO DIAMINA (HMTD)



El HMTD es un explosivo de alta potencia, fue sintetizado por primera vez en 1885 por Legler.⁽²³⁾ La estructura se presta para actuar como un explosivo primario, aun siendo completamente sensible a los golpes y la fricción, es relativamente estable en comparación con otros explosivos de iniciación como el fulminato de mercurio, con la ventaja de ser relativamente barato y fácil de sintetizar.

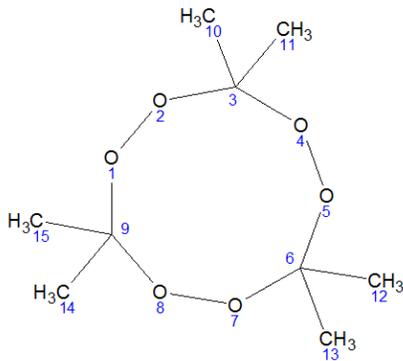
Así fue elevado fácilmente al explosivo primario en aplicaciones de minería.⁽²⁴⁾ Sigue siendo un explosivo utilizado en un gran número de atentados suicidas en todo el mundo, y probablemente fue utilizado en las explosiones de Londres el 7 de julio de 2005.⁽²⁵⁾ Actualmente se ha sustituido por los compuestos más estables.

4.4.7 NITRURO DE PLOMO

Se presenta en forma de polvo cristalino de color blanco, sensible al choque y al rozamiento, pero algo menos que el fulminato de mercurio.

Ataca poco a los metales y tiene un poder rompedor muy grande, sobre todo si está fuertemente comprimido. La humedad no disminuye su sensibilidad si no rebasa el 25%. Se emplea en detonadores con cápsulas de aluminio.

4.4.8 PERÓXIDO DE ACETONA (PEROXIACETONA, TATP)



El peróxido de acetona se refiere generalmente al compuesto cíclicotrímico TCAP (peróxido de acetona tri-cíclico), también denominado triperóxido de triacetona (TATP), obtenido de la mezcla de peróxido de hidrógeno con acetona y usando pequeñas cantidades de ácido (mencionado anteriormente) como catalizador.

La sensibilidad extrema al impacto, fricción y temperatura es debida a la inestabilidad de la molécula. Como todos los materiales energéticos, la peroxiacetona libera energía tras la iniciación porque los productos formados por la desintegración y recombinación de sus componentes moleculares (en el caso de la peroxiacetona, tres moléculas de acetona y una de ozono) son más estables que la molécula original.

La peroxiacetona es altamente sensible a la temperatura, fricción e impacto. Incluso químicos profesionales han resultado heridos al intentar usarla.

4.4.9 TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL (PENT)

Es un explosivo que clasifica dentro de los explosivos de alta potencia. Su sensibilidad al choque o a la fricción es mucho superior que a la del TNT.

Por sus características nunca se utiliza solo como potenciador y su principal aplicación se encuentra en la producción de municiones de pequeño calibre, minas terrestres y como núcleo explosivo del cordón detonante.

El PETN es prácticamente insoluble en agua, débilmente solubles en disolventes no polares comunes, tales como hidrocarburos alifáticos o tetraclorometano, pero solubles en algunos otros disolventes orgánicos, en particular en acetona y dimetilformamida.⁽²⁶⁾

Sus características básicas son que tiene una energía de explosión de 5810 kJ/kg, por lo que 1 kg de PETN tiene la energía de 1,24 kg de TNT. Velocidad de detonación es aproximadamente 8350 m/s alcanzando una temperatura de 4230°C.

4.4.10 TRIYODURO DE NITRÓGENO

El triyoduro de nitrógeno es una especie química muy delicada. Es quizá uno de los compuestos más volátiles y explosivos que se puede crear en un laboratorio. Cuando se encuentra en estado seco, el simple roce de una pluma es capaz de provocar una tremenda explosión. Su inestabilidad es tan grande que si se acumula en determinada cantidad explota por efecto de su propio peso. Esto impide cualquier uso comercial o militar ya que, a diferencia de la nitroglicerina, no existe ninguna solución que permita transportarlo o manejarlo con seguridad.^(27, 28, 29)

CAPÍTULO 5.

MATERIALES DE

FABRICACIÓN

CAPÍTULO 5. MATERIALES DE FABRICACIÓN

Una bala tiene que ser lo suficientemente densa como para moverse contra las fuerzas externas de la resistencia del aire y la gravedad. Internamente debe soportar el estrés del disparo y altas temperaturas.

Una bala estable tiene que ser más maleable que la barrera de la que se expulsa para evitar que la barrera se dañe y sobre todo, una bala debe cumplir con su propósito, que es agujerear, expandir, romper, interceptar o una combinación de todas.⁽³⁰⁾

Junto al diseño exacto de la bala, el factor más crítico en los cartuchos de pólvora negra es la aleación de la bala. Hay muchos tipos de aleaciones de balas, los tres principales ingredientes utilizados para hacer aleaciones de balas son: el plomo, el estaño y el antimonio.

El plomo forma parte, por supuesto, de la mayor parte de casi cualquier aleación de las balas, mientras que, el estaño, se utiliza en pequeños porcentajes. Su objetivo es dar a la fundición de aleación buenas cualidades, y que se endurezca un poco. En cartuchos metálicos de pólvora negra, era común la mezcla del estaño con el plomo en proporciones 1-40 ,1-30 ,1-20, e incluso tan alto como 1-10.

5.1 MATERIALES

El sector armamentístico utiliza un amplísimo abanico de materiales para las múltiples aplicaciones de interés tecnológico, desde materiales de construcción tradicionales para la construcción de edificios e instalaciones militares hasta los materiales avanzados y sofisticados para la fabricación de armamento.

En las últimas décadas, los avances en el desarrollo de armas y municiones de gran capacidad de penetración (proyectiles de energía cinética, cargas

huecas, EFPs¹, etc.). Cargas huecas o situadas en minas con capacidad de penetración superior a 1000 mm de acero no pueden ser defendidas por ningún sistema de protección basado en materiales tradicionales.

Aunque en la actualidad se emplean gran número de aleaciones para aplicaciones militares, el acero continúa siendo la aleación más ampliamente utilizada por su menor relación coste/prestaciones. Junto a los aceros también se emplean diversas aleaciones de aluminio y aún en menor medida otras aleaciones de metales como las de magnesio o titanio.

5.1.1 METALES Y ALEACIONES

► Plomo

El plomo puro es duro y permanece invariable, haciéndolo un excelente material para balas. El plomo fundido puede tener un núcleo asimétrico y huecos, pero estas irregularidades se arreglan moldeado o forjando adecuadamente. El plomo tiene una densidad que permite que la energía cinética llegue a la terminal prevista; no obstante, debido a su tendencia de ser un peligro ambiental, los fabricantes de balas suelen reemplazar este metal con alternativas más seguras.

► Tungsteno

El tungsteno se considera una opción conveniente para el material de balas en cuanto a seguridad ambiental; no obstante, las balas de tungsteno son más grandes y no pueden usarse con tipos más pequeños de pistolas. En cuanto al rendimiento, las rondas de tungsteno parecen ir paralelas a las del

¹ Penetrador Formado Explosivamente: proyectil formado por una carga explosiva dirigida, dotada de un disco de cobre, cuando la carga estalla ese disco se expande penetrando y destruyendo todo lo que encuentra en su camino

plomo cuando se alean con nailon o estaño, dándole la masa suficiente. Las cargas en armas de caza comprenden municiones de tungsteno.

► **Osmio**

Desde junio de 2011, el osmio tiene la mayor densidad de todos los metales usados en la fabricación de balas. Aparte de la fabricación de balas, el osmio también se usa en gramófonos y agujas de brújulas, plumillas y relojes. Tiene una rigidez inherente y resistencia contra la corrosión. Es un metal perfecto para balas perforantes de blindaje, con una potencia de empuje que es el doble del plomo y el triple del acero. Las balas de osmio tienen menos resistencia de aire, menos flexibilidad y más dureza que otras balas.

► **Uranio**

La fundición de las balas de uranio es más difícil que la de las balas de plomo porque el uranio se oxida o se quema fácilmente. Con las técnicas apropiadas de privación de oxígeno, los núcleos de las balas de uranio pueden moldearse fácilmente. Las balas de uranio se tornan seguras para usar luego de ser enfundadas y tienen una mayor densidad que el plomo. Teniendo más poder explosivo cuando se alean con titanio, que les da mayor dureza y capacidad de penetración, se usan mucho con propósitos militares para perforar blindajes.

► **Uranio Empobrecido**

El Uranio se encuentra en una mezcla de sus tres isotopos radioactivos principales U-238 (99.8%), el U-235(0.71%) y el U-234(0.054%). El uranio efectivo para la producción de energía o cabezas nucleares es el U-235, cuando tenemos uranio con una mayor concentración de U-235 que en la que se encuentra en estado natural a esto llamamos Uranio enriquecido mientras al uranio con mayor presencia de los otros dos isotopos lo llamamos Uranio empobrecido. Es importante considerar que su

radioactividad es baja en comparación con el Uranio enriquecido y que es un metal pesado al igual que el plomo y el mercurio, factor determinante en la consideración de sus efectos en la salud.

ACEROS PARA BLINDAJES

El acero continúa siendo el material más ampliamente utilizado para la producción de blindajes y algunos tipos de municiones, debido principalmente a sus elevadas prestaciones y coste reducido frente a otros materiales.

Su elevada densidad ($7,85 \text{ g/cm}^3$) constituye sin embargo un hándicap frente a otros materiales más ligeros. Además de las ventajas citadas, el acero, al igual que otros metales es maleable lo que permite producir elementos curvos, resiste sin problemas.



Figura 5.1. 9x18 Makarov con envuelta y núcleo de acero. Bala de deformación forzada: De punta hueca con un inserto metálico que al impactar penetra en el núcleo forzando la expansión. Adicionalmente, sobre objetos duros, el núcleo potencia la capacidad perforante. (Fuente: Municion.org)



Figura 5.2. Bala "Hoxie" diseñada por Winchester para el .25 Auto. Una bola de acero sujeta entre el plomo y la envuelta de cobre provoca el ensanchamiento. (Fuente: Municion.org)

ALEACIONES DE ALUMINIO

Las aleaciones de aluminio constituyen el segundo grupo de materiales metálicos más utilizados para la balística tras los aceros.

El aluminio posee una densidad de $2,70 \text{ g/cm}^3$, mucho menor que la del acero, si bien no alcanzan sus aleaciones las propiedades mecánicas que se consigue con los aceros de última generación, la investigación en aleaciones de aluminio es muy intensa, habiéndose desarrollado en los últimos años aleaciones de muy elevadas propiedades mecánicas y eficiencia balística, no siendo descartable en absoluto que en un futuro próximo se desarrollen aleaciones con propiedades balísticas semejantes a la de los aceros.



Figura 5.3. Núcleo desequilibrado: Balas con el núcleo formado por dos materiales de distinta densidad (plomo y aluminio o plástico) de modo que al dispararse vuelan en precario equilibrio. Al impactar, la parte posterior más pesada adquiere un momento y gira introduciéndose girando en el blanco. (Fuente: Municion.org)

ALEACIONES DE TITANIO

El titanio con una densidad de 4.51 g/cm^3 aparece siempre como un candidato prometedor. Aunque los primeros datos de comportamiento balístico de la aleación $\text{Ti}_6\text{Al}_4\text{V}$ datan de los años 60 para municiones de pequeño calibre, apenas nada se ha avanzado desde entonces por el elevado coste de estas aleaciones en comparación con los aceros hasta mediados de la década de los 90 cuando vuelve a considerarse el titanio como posible candidato.

MATERIALES CERÁMICOS

Los materiales cerámicos constituyen una familia de materiales de tipo pétreo que tienen unas propiedades especiales, como son: un módulo elástico elevado, muy elevada resistencia a la compresión, permiten trabajar a muy elevadas temperaturas, y tienen un peso específico relativamente bajo, especialmente en comparación con los materiales metálicos. El problema que presentan estos materiales es una reducida resistencia a tracción y muy baja tenacidad de fractura.

Incluso aquellos materiales cerámicos avanzados que se les llama cerámicos tenaces siguen presentando una tenacidad de fractura baja por lo que en principio tienen pequeña resistencia a impacto lo que les provoca la fractura.



Figura 5.4 Cartucho con bala frangible. De material cerámico macizo, al impactar se convierte en una pequeña nube de polvo. Bala muy ligera, marcada BB en la base. (Fuente: Municion.org)

ALEACIONES MILITARES

► ALEACIÓN DE TUNGSTENO MILITAR

Hoy en día, de aleación de tungsteno pesado se adoptó progresivamente como la materia prima para crear componentes de los productos del ejército, que incluyen balas, blindajes y proyectiles, cabezas de metralla, granadas, escopetas de caza, ojivas de bala, vehículos blindados, tanques blindados, cañones, armas de fuego, etc. El uso principal de aleación de tungsteno

pesado es en penetradores cinéticos de vida, que están en rivalidad instantánea con los fabricados con uranio empobrecido.

El tungsteno es un metal natural se puede utilizar en forma pura o mezclado con otros metales para hacer aleaciones. Las aleaciones de tungsteno tienden a ser fuertes, flexibles y resistentes.



Figura 5.5 Bala Flecha: Núcleo de acero duro / carburo de tungsteno "Widia", de gran longitud para conseguir suficiente masa y estabilizados con aletas. (Fuente: Orbital ATK)

Numerosos países han utilizado tungsteno y varias municiones de aleación de tungsteno por una gran cantidad de años, debido a su alta densidad y que resulta en un poder de penetración de munición perforante de blindaje.

BALA VERDE

La "bala verde" es un término común para balas sin plomo, municiones para armas pequeñas desarrollada por el Ejército en un esfuerzo por proporcionar a los soldados munición amigable con el medio ambiente.

Más de 90 millones de cartuchos de munición de entrenamiento "verde" se ha utilizado en los Estados Unidos, desde su introducción. Se basa en una mezcla de tungsteno y nylon, o de tungsteno y estaño. Eso le da a las balas de la misma densidad y propiedades de coacción que el original, pero sin usar el plomo.

Las aleaciones de tungsteno militar, por otra parte, contienen otros metales, tales como níquel, cobalto, hierro o cobre, que se calientan a alta temperatura lo que permite que los materiales se unan entre sí. Es verdad que se ha utilizado en operaciones de entrenamiento pero no en el campo de batalla.

► **DEMARCACIÓN**

A diferencia de la demarcación de los cartuchos, para la demarcación de las balas no existe ninguna unificación ni ninguna estandarización. La demarcación de la bala la realiza el productor. Para diferenciar la construcción y las propiedades de las balas se introdujo la demarcación de las balas con números o con abreviaciones o con nombres comerciales.

Para uso amplio a nivel internacional se empiezan a utilizar con más frecuencia los términos en inglés. En caso de los productores de munición alemanes, las abreviaciones salen de los nombres alemanes.

- MH = punta suave (denominación inglesa SP = soft point)
- C (FMJ = full metal jacket) – bala blindada
- MHP = punta suave de perforación (SPCE)
- DHK = punta vacía cubierta (HPC)
- HPBT = punta vacía, fondo de la bala en forma de popa de un barco
- SBT = semiblandada, la pared posterior en forma de popa de un barco
- TM = semiblandada
- KS = bala cónica
- DK = núcleo doble
- HM = camisa en forma de H con una división
- AM = camisa en forma de A con una división

► CONSTRUCCIÓN

Lo primero es dividir los tipos de munición para armas ligeras en subsónica y supersónica. Las balas de pistola y revólver normalmente tienen una velocidad inferior a la del sonido (340 m/s) o ligeramente superior. Las balas de fusil, ametralladora, etc. superan ampliamente esta velocidad, con velocidades entre 600 y 1000 m/s. Esto es importante porque las balas supersónicas, incluso cuando atraviesan el cuerpo limpiamente, suelen crear daños severos en los órganos que rodean la herida, incluso cuando no los han atravesado físicamente, y provocan la expansión de la herida debido a la conificación que conlleva la velocidad supersónica. De esta forma, es posible causar gran daño con calibres pequeños, como el .223 (5,56 mm).

Aun así, las municiones de grueso calibre para pistola pueden igualar o incluso superar ampliamente la letalidad potencial de muchas de fusil, debido a su mayor calibre. El daño potencial de una bala depende de la velocidad, peso y tamaño de la superficie de impacto (*Figura 5.6*).

La subsónica suele ser inútil contra chalecos antibalas, la supersónica puede incluso atravesar varios chalecos unos sobre otros a un centenar de metros. Normalmente la subsónica tendrá un cuerpo cilíndrico corto terminado en una punta esférica, mientras que la supersónica tendrá un cuerpo alargado y una punta cónica estirada.

Lo siguiente a tener en cuenta es la estructura física de la bala. Teóricamente, sólo son aptas para el combate militar balas totalmente envueltas en una envoltura metálica dura de latón y rellenas de plomo o alguna aleación del mismo. Este tipo de munición, muy extendida, se conoce genéricamente por FMJ (Full Metal Jacket) y tiende a atravesar totalmente el cuerpo.

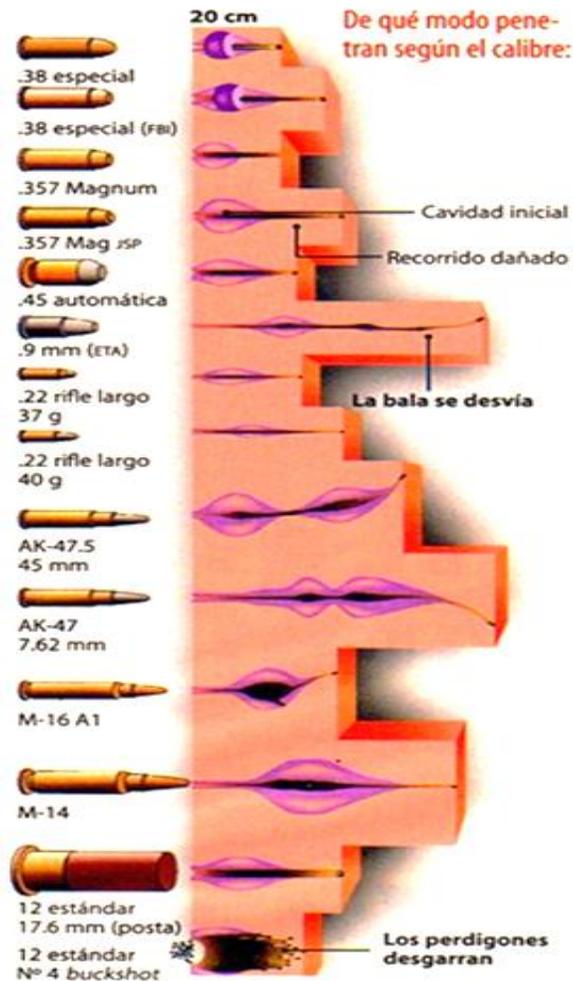


Figura 5.6 Daño causado por balas de distintos calibres. (Fuente: Alfredo Elicierto, Milwaukee Journal Sentinel)

En la práctica tanto en la guerra como por parte de cuerpos policiales y particulares se emplean también municiones modificadas. En muchos países, parte de estas municiones son sólo legales para arma corta o caza con ciertos rifles de gran calibre y baja velocidad, ya que a velocidad subsónica no pueden provocar los destrozos que ocasionarían a supersónica y permiten aumentar lo que se llama el poder de parada de un arma, esto es, su capacidad de detener a un individuo o a una especie peligrosa en caso de caza.

Las modificaciones más habituales son eliminar la cubierta dura en el extremo de la bala o truncar el cono o semiesfera de la punta, de forma que queda al descubierto el núcleo blando de la misma (JSP - munición de punta blanda), o incluso hacer un hueco en la punta con un punzón.

Al entrar en el cuerpo, la bala se aplasta, expandiendo la punta que queda como una especie de champiñón y frenando su penetración rápidamente, por lo que causa heridas no muy profundas pero anchas y tirando literalmente hacia atrás al que la recibe por la cantidad de energía cinética que dispersa en muy poco tiempo.

Otro tipo de bala es la perforante, designada internacionalmente por AP (Armor Piercing). Es una bala externamente similar a la FMJ, pero en el interior del plomo lleva un núcleo de acero endurecido, tungsteno, uranio empobrecido, que al frenarse bruscamente la bala, y por efecto de la energía cinética, rompe la envoltura y puede llegar a perforar el blindaje que detuvo la bala.

Existen balas con la parte posterior rellena de un material inflamable que va dejando un trazo de luz al dispararlas, denominadas balas trazadoras, y se usan normalmente para comprobar si el apuntado de un arma es correcto.

Las balas explosivas o incendiarias sólo se emplean excepcionalmente en armas de francotirador de gran calibre para destruir depósitos de materiales o combustible, ya que su manipulación es peligrosa para el que las maneja.

La munición de escopeta consiste en un conjunto de bolas pequeñas de plomo endurecido que pueden ser de pequeño tamaño (perdigones) para caza menor, formando una nube que hace más fácil dar en el blanco en piezas pequeñas, entre 11 y 5 para caza menor, o puede ser más gruesas, entre 3 y 1, para caza mayor.

MUNICIÓN PARA ARTILLERÍA

La munición para artillería puede venir como un único conjunto de proyectil y cartucho con propelente o puede venir por separado para piezas grandes. Los proyectiles artilleros suelen ser de un calibre ligeramente inferior al del tubo y llevar una o varias bandas del calibre correcto, de forma que sólo esas bandas están en contacto con el cañón del arma. En cañones y obuses de campaña podemos encontrar de forma general munición fragmentaria antipersonal y munición de alto poder explosivo (internacionalmente designada por HE High Explosive).

Los proyectiles son en general de forma cilíndrica alargada y punta cónica. La munición antipersonal y HE lleva la espoleta en la punta, para detonar inmediatamente al tocar el objetivo.

Los proyectiles antipersonal tienen una envoltura de acero grueso que suele estar cortado interiormente, o una envoltura delgada recubierta de esferas metálicas por su cara interna, de forma que al detonar el explosivo que lleva en el interior, la carcasa salta despedazada en pequeños fragmentos en todas direcciones. Se emplea para atacar concentraciones de infantería.

La munición HE tiene una envoltura metálica fina, la justa para soportar el disparo, y una gran cantidad de explosivo, de manera que al detonar genera una potente onda expansiva capaz de destrozar personal, vehículos o instalaciones en el área de influencia. Si se van a atacar búnker o posiciones fortificadas con hormigón armado, se puede utilizar munición de demolición, que tiene una envoltura gruesa de acero endurecido, un núcleo de alto poder explosivo y la espoleta en la base del proyectil, de modo que la punta maciza perfora el hormigón y la energía cinética que se acumula provoca la detonación de la espoleta y el proyectil en el interior del hormigón, demoliendo el área circundante.

MUNICIÓN ANTITANQUE

Los tanques son bastante resistentes a los tipos convencionales de munición artillera, y se ha desarrollado una serie de proyectiles especiales para sus propios cañones o para la artillería convencional con el fin de destruirlos.

Una primera solución es montar sobre la punta perforante una punta prácticamente chata de un material incapaz de perforar el blindaje, como plástico, aluminio e incluso madera.

Al tocar una plancha en ángulo, la punta falsa se desintegraba, pero hacía que el proyectil encarara con la punta buena el blindaje.

Mejorando estas ideas se descubrieron las posibilidades de la munición subcalibre o APDS (Armor Piercing Discarding Sabot). Este tipo de munición, que se sigue empleando hoy en día, se fabrica insertando un núcleo estrecho y largo de un material muy duro, en sus días se utilizaban aceros especiales y actualmente carburo de tungsteno o uranio empobrecido, en un proyectil de material más "blando" (aluminio o similar), con un tercio aproximado del calibre del cañón para el núcleo del proyectil. Se requiere el uso de un cañón capaz de dar una gran velocidad al proyectil, 1000 m/s o más. Al impactar con el blindaje, se desintegra la punta blanda y la punta larga y estrecha impacta en la coraza, empujada por el resto de la envoltura, que por efecto de la energía cinética literalmente se estampa contra el blindaje. El proceso genera un calor intensísimo que derrite el blindaje en ese punto y hace penetrar el núcleo a altísima temperatura en el interior, proyectando por todo el habitáculo fragmentos del blindaje y del propio núcleo desintegrado.

Aunque se sigue usando la munición APDS de forma parecida a la original, tiene ya un descendiente que la supera, la munición APFSDS (Armor Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot) (Figura 5.5) ideada en los años 50 del siglo XX. Consiste en un cilindro largo y estrecho (como un dardo), realizado en

aleación de tungsteno o uranio empobrecido, con una serie de aletas estabilizadoras y terminadas en punta, que va en el interior de un cuerpo de aluminio con la forma de proyectil convencional.

Es disparado por el cañón de los tanques a una velocidad entre 1200 y 1700 m/s, y a una distancia determinada, la envoltura se desprende quedando el núcleo estabilizado por las aletas. Al tocar el blindaje, se concentra en una superficie de poquísimos centímetros cuadrados la energía equivalente al impacto de un camión de varias toneladas a gran velocidad. El blindaje se aplasta en la zona y se derrite, generando en el interior una lluvia de material incandescente y fragmentos que aniquila a la tripulación.

Por último quedan los proyectiles HEAT (High Explosive Anti Tank) que se utilizan también en misiles contracarro, ya que la velocidad y energía de impacto es intrascendente para su efectividad.

Exteriormente pueden parecer iguales a un proyectil artillero convencional, pero en el interior disponen de un fino cono metálico, cuya base está en la base de la punta del proyectil y la punta del cono en la base del proyectil, al igual que la espoleta.

El espacio entre el cono y las paredes del proyectil está relleno con explosivo de alto poder. Al tocar la punta del proyectil contra el blindaje, se detona la carga, generando por el cono un chorro de gases a temperaturas de miles de grados, que derrite y desintegra el blindaje en el punto y penetra en el tanque, generando una elevadísima presión en su interior y una lluvia de fragmentos, que mata o provoca gravísimos traumas a la tripulación.

La munición subcalibre es relativamente inofensiva contra vehículos ligeros o no blindados, puesto que se limita a atravesarlos de parte a parte. Si el vehículo blindado tiene una parte del habitáculo en contacto directo con el exterior, la munición HEAT pierde gran parte de su efectividad.

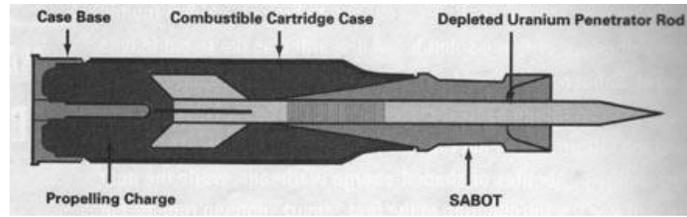


Figura 5.7 Bala Flecha. Munición de especial resistencia para uso contra tanques. (Fuente: Orbital ATK)

CAPÍTULO 6.

BALÍSTICA

CAPÍTULO 6. BALÍSTICA

La Balística Forense es la aplicación judicial de la ciencia balística al esclarecimiento de los hechos. Participa de todas las ramas en que se divide la Ciencia Balística.⁽³¹⁾

La identificación de un arma se basa en primer lugar en la coincidencia de las lesiones de clase comunes, en principio, a todas las armas de la misma marca y modelo, y fundamentalmente en la correspondencia, en forma y ubicación de las microlesiones específicas o individualizantes.

6.1.2 SISTEMA INTEGRADO DE IDENTIFICACIÓN BALÍSTICA (IBIS)

Concebido como un sistema integral, cerrado, de identificación de elementos balísticos, IBIS⁽³²⁾ se soporta en una tecnología informática y óptica avanzada, que se distribuye en los siguientes componentes:

- ▶ Estación de adquisición de datos (DAS).
- ▶ Estación de firmas (SAS).
- ▶ Un Servidor Silicon Graphics que controla el almacenamiento y las funciones de recuperación de la base de datos.
- ▶ Dos Estaciones Remotas De Análisis De Muestras (MATCH POINT), compuestas cada una por un ordenador, un monitor y una impresora.

En base a los resultados obtenidos en laboratorio se realiza la comparación de casquillos y armas en el sistema, que al encontrar coincidencias envía un reporte sobre el arma de la que fue disparada.

6.1.3 COLECCIÓN OPERATIVA DE ARMAS y CARTUCHOS.

Como ya se ha dicho la balística es una disciplina compleja e íntimamente relacionada con otras ciencias como las matemáticas, la física y la química, puesto que se ocupa de todos los fenómenos que relacionan el proyectil con el medio, desde el momento en que éste partiendo de una situación de reposo inicia su movimiento dentro del arma, hasta impactar con un cuerpo donde se introduce y al que cede la energía cinética, quedando nuevamente en reposo.

Este movimiento determina el que la balística quede dividida en tres partes fundamentales:

- ▶ **Balística interna.** Estudia los fenómenos que ocurren en el interior del arma.
- ▶ **Balística externa.** Realiza el estudio del proyectil en su vuelo a través del aire.
- ▶ **Balística de efectos o terminal.** Se ocupa del comportamiento del proyectil al impactar y atravesar el material al que va destinado.

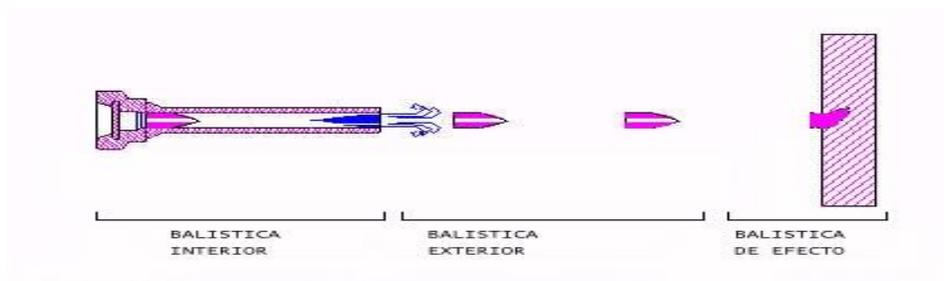


Figura 6.1 (Fuente: Apuntes profesionales, de Carlos Alberto Santostefano)

El estudio de la balística se centra en el estudio de las fuerzas, trayectorias, rotaciones y comportamientos diversos de los proyectiles en diferentes ambientes de empleo, además de la forma del proyectil, sustancias, temperaturas, presiones gaseosas, etc., situaciones que suceden en las diferentes fases del disparo, desplazamiento del proyectil a lo largo del ánima y salida al exterior, trayectoria e impacto.⁽³³⁾

6.2 BALÍSTICA INTERNA

Estudia el movimiento de los proyectiles en el interior del cañón de las armas de fuego desde el momento en que se produce el golpe de la aguja percutora sobre el fulminante del cartucho hasta que el proyectil abandona la boca del cañón.⁽³⁵⁾

El proceso se inicia con el accionamiento de la cola del disparador que provoca secuencias simultaneas, hasta que distintos mecanismos del arma producen que la aguja percutora golpee contra la cápsula fulminante.

Como sabemos la carga de propulsión de un cartucho no reacciona por si sola sino que requiere el suministro de una fuente de calor. Esta fuente de calor en el cartucho es suministrada por el iniciador o fulminante.

Los gases producidos por la deflagración de la pólvora buscan el lugar que ofrece menos resistencia para escapar, haciendo de ese modo que la bala sea empujada por dichos gases, se libere del engarce que la retenía y transformada en proyectil inicie su movimiento tomando el estriado del ánima del cañón (Figura 6.2) y así comience su desplazamiento hacia el exterior y su giro helicoidal hacia derecha o izquierda según la dirección del rayado del cañón. Este proceso demora de 3 a 7 milésimas de segundo.⁽²⁾

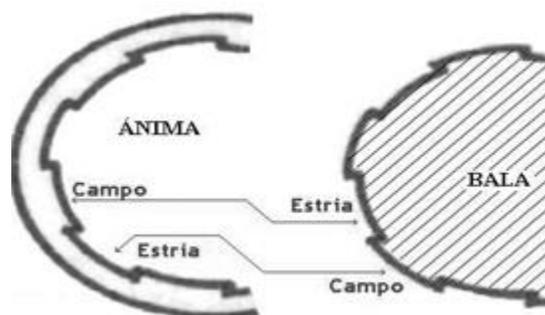


Figura 6.2 Estriado del ánima del cañón y estriado de las balas. (Fuente: MaCLantarón)

La presión de los gases de la pólvora en armas portátiles alcanza valores de hasta 4.000 kilopondios/cm² y tiene su punto más alto, aproximadamente, cuando la bala está tomando el rayado.⁽³³⁾

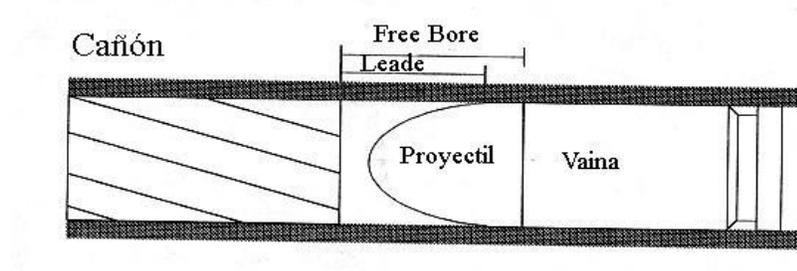


Figura 6.3 Espacios y denominaciones en el cañón cargado. (Fuente: Curso de Balística)

- ▶ LEADE: Espacio comprendido entre el inicio del estriado del cañón y su proyección sobre la ojiva del proyectil.
- ▶ FREE BORE: espacio comprendido entre el inicio del estriado y la boca de la vaina.

6.3 BALÍSTICA EXTERNA

Es la que estudia el movimiento del proyectil desde que abandona el arma hasta que impacta en el blanco.⁽³³⁾ Su estudio comprende el de las leyes y fenómenos que modifican el movimiento del proyectil durante su recorrido en el espacio como trayectoria del proyectil y sus desviaciones, "rebotes", ángulos de incidencia o de llegada, ángulo de tiro, penetración, inclinación para la determinación de la posición del arma con relación a la víctima, tomando siempre en consideración la gravedad, la resistencia del aire y los obstáculos que se pueden interponer.⁽³⁴⁾

En el estudio de esta rama de la balística, juegan una serie de conceptos importantes que definimos a continuación.

6.3.1 MOVIMIENTOS Y EFECTOS DE UNA BALA EN VUELO

Se denomina trayectoria o parábola de tiro al camino curvo que recorre el proyectil en el aire, tomado en su centro de gravedad desde el mismo momento en que abandona el arma y hasta su caída. Algunos de sus elementos son:

- ▶ Plano Horizontal Del Cañón: Es la línea imaginaria que pasas por el centro de la boca del cañón.
- ▶ Origen: Es el punto donde el proyectil sale por la boca de fuego del arma al exterior.
- ▶ Vértice: Resulta el punto más elevado alcanzado por el proyectil en su trayectoria y con relación a la línea del plano horizontal del cañón.
- ▶ Punto De Caída: Es el lugar en que la trayectoria, en su descanso a tierra, intercepta por segunda vez la línea del "plano horizontal del cañón".
- ▶ Ordenada O Altura: Es la distancia vertical medida entre un punto cualquiera de la trayectoria y el plano horizontal de la boca del cañón.
- ▶ Ordenada Mayor: Así se denomina a la distancia vertical que existe entre la línea del plano horizontal del cañón y el vértice.

TRAYECTORIA ASCENDENTE Y DESCENDENTE

Como ya se ha dicho, los proyectiles, en su vuelo, describen un movimiento elíptico.

Pues bien, la primera parte de este movimiento, antes de llegar al vértice, es la rama ascendente de la trayectoria, comprendida entre el origen y el vértice. Por el contrario la rama descendente de la trayectoria se produce con el movimiento de caída de la bala, siendo la comprendida entre el vértice y el punto de llegada o incidencia el cual, a su vez, puede definirse como el

punto en que la rama descendente de la trayectoria encuentra el horizonte del arma.

Finalmente, consideraríamos, dentro del estudio de las trayectorias, el concepto de tensión de la trayectoria, definido como el mayor o menor grado de curvatura de la trayectoria. Será tanto mayor la tensión, cuando menor sea la altura de tiro a igualdad de alcance. En otras palabras, la trayectoria es más tensa cuando más se aproxima a la línea recta.⁽³³⁾

LÍNEAS

En balística se estudian diferentes tipos de líneas formadas por el arma, los proyectiles, o los alineamientos de miras para determinar aspectos como la procedencia de un disparo, la situación de un tirador, la precisión que cabe obtener del disparo, etc. Entre las líneas a analizar, tenemos las siguientes:⁽³³⁾

- ▶ Línea de tiro: Es la determinada por la prolongación del eje del arma dispuesta para el disparo.
- ▶ Línea horizontal: La forma la recta que une el origen de la trayectoria con el punto de caída.
- ▶ Línea de proyección: o tangente al origen de la trayectoria. No coincide generalmente con la de tiro.
- ▶ Línea de situación: Une el origen de la trayectoria con el punto del objetivo que se desea batir.
- ▶ Línea de mira: Es aquella que parte del ojo del tirador, y pasa por los elementos de puntería terminando en el blanco.
- ▶ Flecha o altura de tiro: Es la mayor perpendicular trazada desde la trayectoria hasta la línea de situación.

ÁNGULOS

- ▶ Ángulo de elevación: Es el formado por la línea de tiro y la de situación.
- ▶ Ángulo de caída: El formado por la tangente a la trayectoria en el punto de caída, con el horizonte del arma.
- ▶ Ángulo de llegada o de incidencia: Formado por la tangente de la trayectoria en el punto de llegada con la superficie del terreno del blanco.
- ▶ Ángulo de mira: El formado por la línea de tiro y la de mira.
- ▶ Ángulo de proyección: El formado por la línea de proyección y el horizonte del arma.
- ▶ Ángulo de vibración: Es el formado por la línea de proyección y la de tiro.
- ▶ Ángulo de situación: Es el formado por la línea de situación con el horizonte del arma. Es positivo cuando el objetivo está por encima del horizonte del arma.

VELOCIDAD DEL PROYECTIL.

Se distingue entre la velocidad inicial o velocidad de traslación del proyectil en el origen de la trayectoria, expresada en metros por segundo, y velocidad remanente, que es la que lleva o conserva el proyectil en cualquier punto de su trayectoria.

EJES DE COORDENADAS.

- ▶ Ordenada: Se llama ordenada a la vertical trazada desde un punto cualquiera de la trayectoria hasta su encuentro con el horizonte del arma.
- ▶ Ordenada máxima: Es la ordenada correspondiente al vértice de la trayectoria.

- Abscisa: Es la distancia que hay desde el origen de la trayectoria al pie de cada ordenada. Cada ordenada, pues tiene su abscisa.

ALCANCE

Es la distancia que media entre el lugar donde se produjo el disparo (boca de fuego) hasta el lugar alcanzado por el proyectil en el punto de caída.

PUNTO DE IMPACTO: Punto de choque del proyectil sobre blanco o terreno.

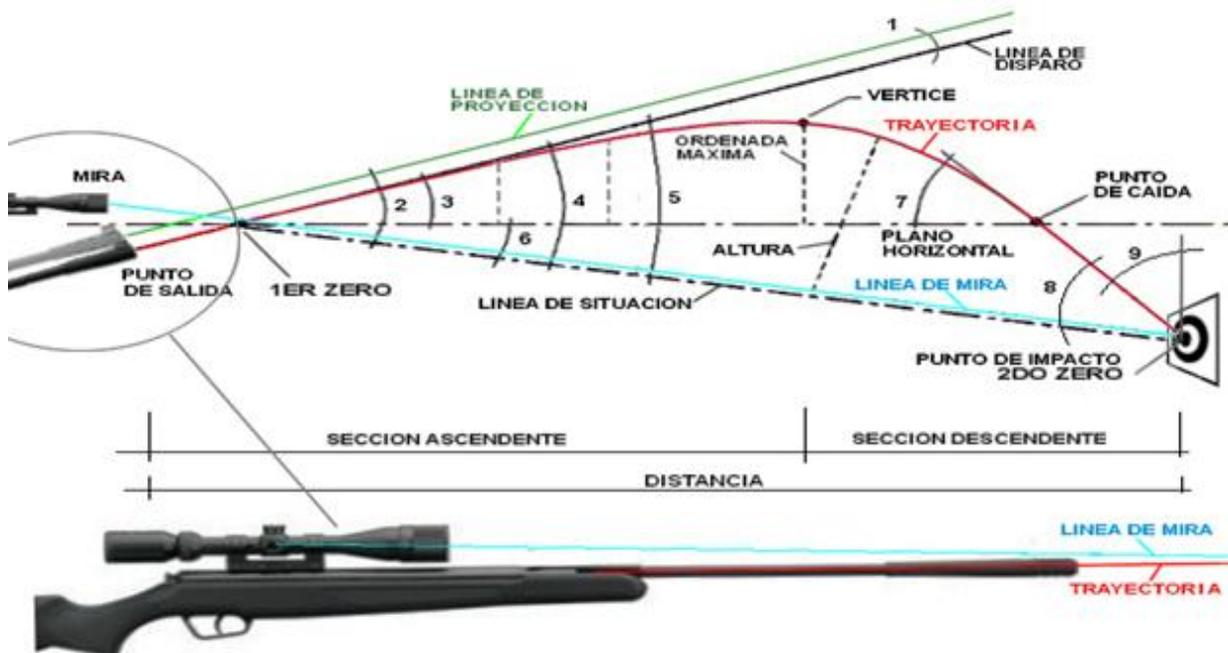


Figura 6.4 Líneas, Ángulos y trayectos involucrados en un disparo de arma de fuego, (Fuente: Ciencias Forenses y Criminalísticas).

Los cálculos balísticos consideran que cuando un proyectil se desplaza en el vacío, sin la resistencia del aire, su alcance se incrementa significativamente. La resistencia que ofrece el aire al chocar contra un cuerpo sólido se la denomina resistencia de rozamiento.

A su paso por el aire el proyectil cede una parte considerable de su energía y en consecuencia pierde velocidad, se produce un retardo en el movimiento del proyectil, denominada resistencia aerodinámica.

Los proyectiles desarrollan diferentes velocidades acorde a la siguiente escala:

Clasificación	Velocidad
Subsónicos	Menor a 340 m/s
Transónicos	Superior a 340 m/s pero hasta 500 m/s
Supersónicos	Superior a 500 m/s hasta 680 m/s
Hipersónicos	Superior a 680 m/s

EFFECTO GIROSCÓPICO

El primer efecto y más conocido es el Efecto Giroscópico. Éste es consecuencia de la no coincidencia del centro aerodinámico de empuje con el centro de gravedad del proyectil. Esto provoca que los proyectiles que giren a la izquierda se desvíen a la izquierda, y que aquellos que giren a la derecha se desvíen a la derecha, todo ello aunado a la combinación de movimientos de nutación y precesión.⁽³³⁾

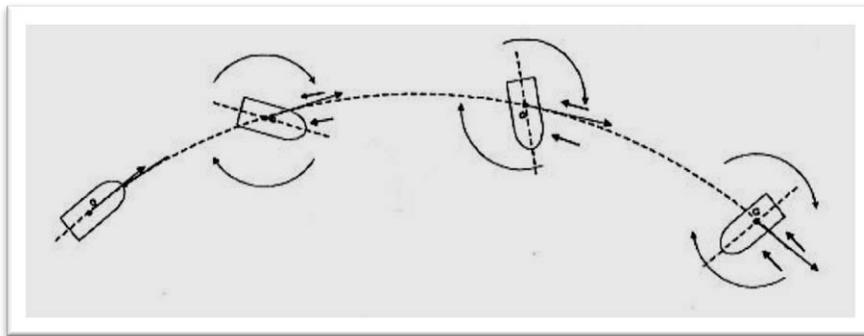


Figura 6.5 Efecto Giroscópico (Fuente: Curso de Balística)

A fin de estabilizarlo aerodinámicamente, se le imprime al proyectil un movimiento de rotación a través de las estrías del cañón del arma, lo que tiene como finalidad el cambiar permanentemente la posición relativa del centro de resistencia al vuelo.

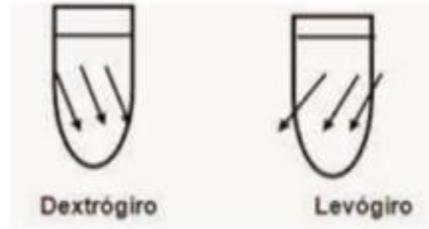


Figura 6.6 Efecto de giro a la derecha o izquierda por el rayado del ánima Giroscópico
(Fuente: Curso de Balística)

ROTACIÓN: Giro del proyectil sobre su eje de revolución.

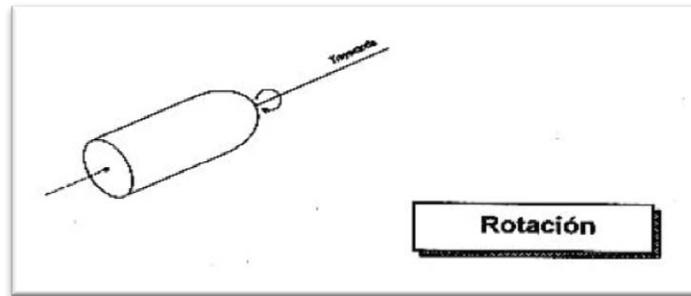


Figura 6.7 Efecto de Rotación (Fuente: Curso de Balística)

Este efecto giroscópico trae aparejado 2 movimientos secundarios que son el de precesión y el de nutación, estos tres movimientos actúan sobre el proyectil con superposición de efectos durante su vuelo.

PRECESIÓN: Movimiento que genera un cono de revolución.

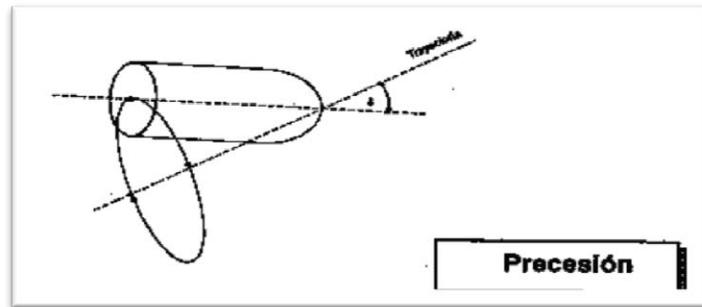


Figura 6.8 Efecto de Precesión (Fuente: Curso de Balística)

NUTACIÓN: movimiento sinusoidal del eje de geometría del proyectil, inscrito en el cono de revolución de la precesión.

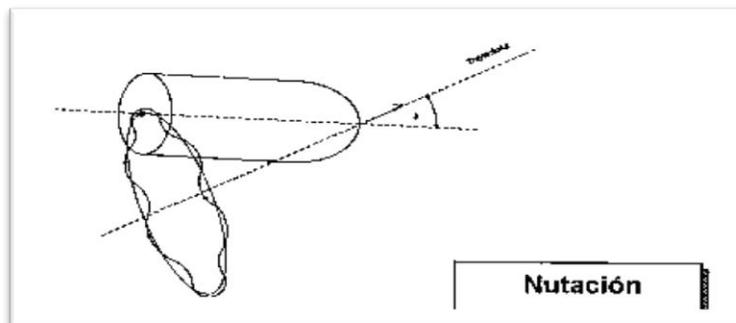


Figura 6.9 Efecto de Nutación (Fuente: Curso de Balística)

6.4 BALÍSTICA DE EFECTOS

Analiza los efectos que produce el proyectil al llegar al blanco. También recibe el nombre de balística terminal.

Implica analizar el proyectil desde que impacta en el blanco hasta que detiene su movimiento definitivamente, a ella le concierne la penetración, perforación, deformación del proyectil, etc.

Los efectos balísticos terminales, son el resultado de una serie de complejos componentes como: Geometría y aerodinámica del proyectil, su composición y diseño, velocidad, ángulo de impacto, distancia, resistencia del blanco, masa del mismo y energía desarrollada.

La potencia de un cartucho está dada por dos factores. La masa y la velocidad, con ambos factores podemos calcular la energía cinética que una munición desarrolla. Debemos tener en cuenta que si duplicamos el peso de un proyectil duplicamos su fuerza, pero si duplicamos su velocidad cuadruplicamos su fuerza.

Una parte de la Balística de efectos es la Balística de las Heridas, que tiene como objetivo el estudio de los efectos que las balas de las armas de fuego producen sobre el cuerpo humano. En este sentido, la Balística de Efectos "estudia lo que sucede en el cuerpo de la víctima, signos que pueden apreciarse en piel, huesos, trayectoria (rectilínea, curvilínea, migrante) dentro del cuerpo, lesiones que se ocasionan, y el eventual orificio de salida y sus características.

6.4 BALÍSTICA IDENTIFICATIVA

Es la que se ocupa de establecer una relación de identidad entre las marcas y lesiones aparecidas en los elementos no combustibles del cartucho (proyectil, casquillo y fulminante) y la parte del arma que ha ocasionado dichas lesiones fundamentalmente, campos y estrías del cañón y bloque de cierre percutor extractor, eyector o expulsor lo que permite realizar comparaciones entre elementos disparados o percutidos por un arma de fuego para relacionarlas entre sí.⁽³⁴⁾

**CAPÍTULO 7.
ANÁLISIS DE
RESIDUOS,
LESIONES Y
DISTANCIA DE
DISPARO**

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE RESIDUOS, LESIONES Y DISTANCIA DE DISPARO.

Como ya se ha explicado los compuestos explosivos forman grandes volúmenes de gases a alta temperatura y presión. Esta reacción se inicia como consecuencia de un arreglo mecánico externo o un generador de calor, usualmente los detonadores.⁽³⁶⁾



Figura 7.1. Dispersión (izq.) y deposición (der.) de los Residuos de Disparo. (Fuente: Moreno Gonzáles, Balística Forense)

Al accionarse un arma de fuego, las manos de quien dispara resultan maculadas con derivados nitrados y elementos metálicos como el plomo, bario, antimonio provenientes de la deflagración de la pólvora y del fulminante generados del disparo ⁽³⁷⁾; estos son cuantificables e identificables. A estos elementos se les conoce como Residuos Inorgánicos de Disparo con Arma de Fuego (RIDAF).

Después del disparo, estos elementos inorgánicos presentes en la nube formada a partir de la detonación del arma, se depositan sobre el medio ambiente y el cuerpo de la persona que accionó el arma de fuego principalmente en las manos.⁽³⁸⁾

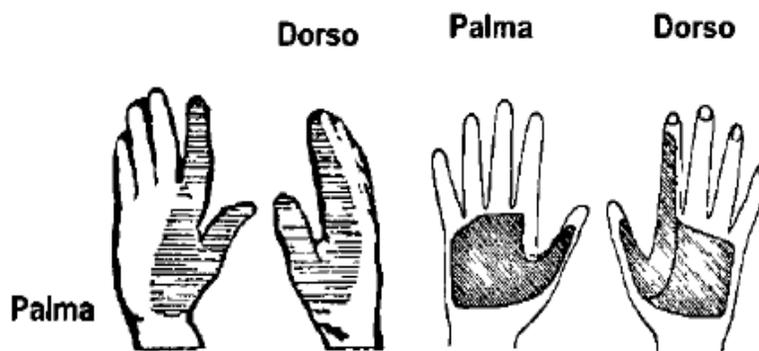


Figura 7.2 Deposición de RIDAF en la palma y dorso de la mano. (Fuente: Moreno Gonzáles, Balística Forense)

Así entonces, la presencia de los RIDAF forma parte de la evidencia de haber accionado un arma de fuego; de ahí que la técnica de análisis seleccionada forma parte fundamental en el resultado del dictamen emitido, ya que de la sensibilidad del mismo dependerá el resultado.^(39, 40)

El valor real de la prueba de Residuos de Disparo es que se puede asociar una persona con un arma de fuego, pero eso no quiere decir que la identifique como, que es, la que ha disparado, ya que también podría ser la persona que tenía puesta la mano cerca de la otra persona que si ha disparado. Una persona puede recoger GSR simplemente limpiando un arma sucia o los componentes de la munición descargados.⁽⁴¹⁾

Algo importante es que los restos de residuos del disparo no son volátiles y permanecen en una superficie hasta que son mecánicamente quitados. Por lo que se los puede encontrar en la ropa de una persona sospechosa de haber realizado un disparo, aunque ya hubieran pasado unas semanas, siempre que no se hubiera lavado dicha vestimenta.

7.1 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE RIDAF

PARAFINOSCOPIA

Guantes de Parafina, Parafinoscopia o Test de parafina fueron una idea creada por Gonzalo Iturrioz y Font en 1914. En 1931, Teodoro Gonzales Miranda la introduce en México como prueba de parafina derretida. Y es conocida en EEUU como Test de Gonzales.^(42, 43)

Se trata de formar un guante de parafina derretida, aplicada a la mano que sirve de soporte para recuperar las partículas de la mano del quien disparó. Por el calor se abren los poros y las partículas de pólvora son captadas por la parafina.

Se retira el guante de parafina, se parte a la mitad, ya endurecida se añade el reactivo Griess-Lunge para nitritos y difenilamina-sulfúrica para los nitratos.



Figura 7.3. Aplicación del guante de parafina (Fuente: Biometría y criminalística. Test y Pruebas)

El Reactivo de Lunge se basa en una solución de difenilamina en medio sulfúrico, el que pone de manifiesto la presencia de restos de nitratos mediante la formación de máculas de un color azul característico.⁽⁴⁴⁾

Esta reacción por coloración, no es exclusivamente específica para pólvora, por lo que puede dar falsos positivos. Los nitritos no proporcionan la especificidad suficiente, y además se precisa una gran cantidad de ellos para que reproduzca el color adecuado.

La prueba de Parafina o Dermotest, no es viable si el individuo trabajaba en contacto con substancias nitradas como laboratorios, jardineros, mecánicos, vulcanizadores, lavadores de autos, fumadores, amas de casa, etc.⁽⁴⁵⁾

Una prueba de parafina positiva no indica necesariamente que la persona haya disparado un arma de fuego.

“La presencia o ausencia de residuos compatibles con los provenientes del tiro (disparo de arma de fuego) en las manos de un sospechoso, no puede ser usada como único elemento de vinculación con el hecho, no debiendo ser utilizada como diagnóstico diferencial entre suicidio y homicidio”.⁽⁴⁶⁾

Una prueba de la parafina negativa no indica necesariamente que la persona **no haya disparado un arma de fuego.** “Esta prueba no detecta la existencia de pólvora, sino que se aplica a fin de verificar la presencia de Nitratos (NO_3) o nitritos (NO_2)”.⁽⁴⁷⁾

No se puede usar en cadáveres, aunque sean recientes, por los compuestos de la descomposición. Y no es conveniente tomar una muestra después de 1 hora, de sucedido el hecho.

Los resultados de la prueba son colorimétricos y no se puede hablar de resultados porcentuales. Además la parafina, debe estar libre de contaminación, se debe derretir en envases de los que se tenga seguridad de

no contener nitritos, y finalmente no debe ser contaminada con fogones de carbón o leña, proclives al acceso de gran cantidad de sustancias nitradas y oxidantes.

En el Primer Coloquio de Policía Científica de la Organización Internacional de Policía Criminal (INTERPOL), realizado en París del 4 al 9 de diciembre de **1963 la "Prueba de la Parafina" fue desechada por no resistir su revalidación** con los modernos métodos y los nuevos criterios científicos.

PRUEBA DEL RODIZONATO DE SODIO (RdNa) $C_6Na_2O_6$

Esta técnica creada por Fritz-Feigl detecta residuos de bario del fulminante y plomo del proyectil en las manos del sospechoso.

La toma de muestra consiste en remover de la palma y dorso de la mano del sospechoso los residuos dejados después del disparo, con una tela de algodón humedecida con ácido clorhídrico diluido; las telas eran secadas y posteriormente se agrega el RdNa.

La positividad de la prueba se observa por la presencia de la coloración rosa marrón, que indica la presencia de bario; una coloración rojo escarlata, que indica la presencia de plomo; o la mezcla de estos colores, que se traduce en la presencia de ambos elementos. La prueba negativa se observa cuando la coloración de la solución del RdNa desaparece al cabo de unos minutos.

LA PRUEBA DE HARRISON-GILROY

En 1959, Harrison y Gilroy modificaron la prueba de RdNa, para que además de detectar Plomo y Bario, detectara Antimonio. En la prueba se usa una pieza de algodón blanco que se humedece en ácido clorhídrico diluido con la

que se frota la mano. Después es tratado con yoduro de trifenilmetilarsonio.⁽⁴⁸⁾

Previo a la adición del RdNa, se deja secar nuevamente las telas. Los resultados obtenidos utilizando la prueba de RdNa modificada son medianamente confiables ya que se presentan falsos positivos en personas que mantienen contacto con sustancias que contienen plomo como: dispensadores de gasolina, plomeros, torneros, mecánicos, etc.

FOTOGRAFÍA INFRARROJA Y ULTRAVIOLETA (UVIR)

La fotografía infrarroja y ultravioleta (UVIR), se usa para detectar residuos de la pólvora y además para evaluar documentos antiguos, modernos falsificados y para Detección de sangre.

La película infrarroja se debe manejar y procesar en oscuridad total, es susceptible a las marcas estáticas y a la baja humedad, y requiere una serie de pruebas usando filtros (un filtro 87, 87C, o 89B bloquea toda la radiación UV y luz visible), para determinar la mejor exposición.⁽⁴⁹⁾

MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM)

En 1931 Erns August Friedrich Ruska junto a Max Knoll construyeron el primer microscopio electrónico de transmisión. La microscopía óptica tropieza con una limitación: la longitud de onda de la luz visible. Es imposible producir imágenes de detalles más pequeños que la longitud de onda de la luz usada.⁽⁵⁰⁾

El uso de electrones posibilita llegar a aumentos muchos mayores, se puede trabajar con 10.000 aumentos en muestras malas, y hasta con 180.000 en

casos favorables. El Microscopio electrónico de barrido o SEM (Scanning Electron Microscope), usa un haz de electrones en vez de un haz estacionario de luz como usa el microscopio óptico convencional y las lentes son electroimanes, por ello las muestras requieren que estas sean conductoras.

El SEM, entre otros fines forenses, se usa para la búsqueda de restos de Plomo (Pb), Bario (Ba) y Antimonio (Sb), considerados componentes característicos de los residuos de disparo.⁽⁵¹⁾

“Mediante la combinación de la información morfológica por microscopía con el análisis elemental por fluorescencia de rayos X, el SEM proporciona una identificación definitiva de las partículas de residuos. Por lo tanto, la técnica de análisis de partículas debería ser más revelador en situaciones en las que los métodos convencionales fallan”.⁽⁵⁰⁾

ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La Espectrometría de absorción atómica sin llamas es la técnica más usada en los laboratorios criminales de Estados Unidos, debido a la combinación de la facilidad de análisis, adecuada sensibilidad y bajo costo.

Con ella se puede detectar antimonio, bario, y plomo proveniente del fulminante, así como también cobre evaporado de la vaina o del encamisado de la bala.⁽⁴⁰⁾

ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA SIN FLAMA

Actualmente es una técnica más precisa, eficaz y elimina los falsos positivos el uso de la Cromatografía de Absorción Atómica, para determinar la posibilidad de que una persona hubiera realizado un disparo.

Para este método, se usa cuatro algodones humedecidos en ácido nítrico o en ácido clorhídrico para limpiar las palmas y los dorsos de las manos, para recobrar los componentes metálicos del fulminante. Y un quinto trozo de algodón se usa como control. Los trozos de algodón deben tener manguitos de plástico y no de madera ya que ésta puede contener bario y resultar en un falso positivo.

Se puede considerar como positivo, cuando se encuentran concentraciones de los metales superiores a los descritos a continuación:

Componente Metálico	Concentración mínima para considerar el resultado positivo (ppm)
Antimonio Sb	35
Bario Ba	150
Plomo Pb	800

USO DE LOS RAYOS X

El estudio radiológico que se practica a una víctima de disparo por arma de fuego tiene como objetivo

- ▶ Establecer la existencia de uno o más proyectiles, y sus fragmentos.
- ▶ Determinar su localización exacta.
- ▶ Recobrar fragmentos que hayan quedado en los tejidos humanos, cuando la masa principal del proyectil abandona el organismo.
- ▶ Identificar el tipo de munición empleada, antes de iniciar la autopsia o como único método diagnóstico cuando no sea posible practicarla.
- ▶ Documentar el trayecto intracorporal del proyectil.

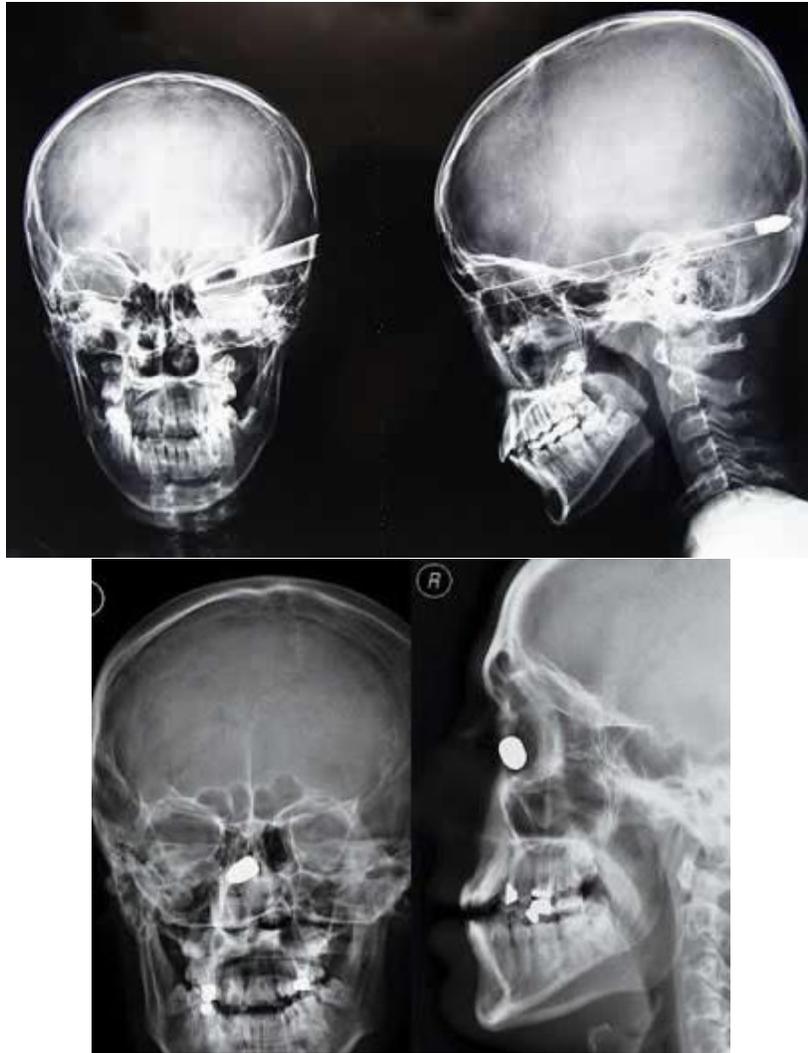


Figura 7.4 Rayos X, se puede observar en ellos la trayectoria del proyectil dentro del cráneo. (Fuente: Rayos X de Accidentes. Blogspot)

Los rayos X se emplean a veces para determinar el calibre de la bala, particularmente en pacientes vivos, cuando la extracción del proyectil no está indicada por el médico tratante.

Se debe recordar que las dimensiones del objeto en la placa de rayos X dependen de la distancia de donde fue tomada la radiografía.

El uso de rayos X es también valioso en cadáveres esqueletizados, ya que las fracturas encontradas pueden deberse a heridas por un golpe, a una

mutilación post mortem realizada por animales o debida al efecto de una bala perforante.

Además, los rayos X del trayecto de la bala pueden revelar la presencia de diminutos fragmentos de metal alrededor de las fracturas encontradas. A continuación se revisan algunos aspectos importantes de la radiología en relación con las lesiones causadas por armas de fuego.

► Evidencia interna de la lesión. El trayecto de la bala se documenta mejor al seguir la hemorragia de los órganos antes de que éstos sean extraídos en la autopsia, para esto es necesario el uso de los rayos X con el fin de localizar el proyectil.

Ocasionalmente una bala puede penetrar una víscera hueca y ver interrumpido su trayecto. Por ejemplo, una bala que penetra el estómago puede ser removida del intestino si al momento del impacto la peristalsis es activa.

Asimismo, una bala que penetra la aorta puede ser transportada por el torrente sanguíneo a cualquier parte del cuerpo (**Ver 7.8.1 Embolismo**).

Además el uso de rayos X es fundamental para acortar el tiempo de búsqueda del proyectil.

► Análisis de heridas por escopeta. Siempre cuando exista alegato de disparo accidental para tratar de enmascarar un homicidio, deben realizarse pruebas de tiro a diferentes distancias para producir un patrón de blanco similar en densidad y tamaño al del tiro real que sufrió la víctima. Esto permite al investigador evaluar las circunstancias y por lo tanto la credibilidad o no del sujeto que efectuó el disparo.

Para determinar el rango de disparo en cuerpos descompuestos o quemados, donde el patrón de la piel no pueda ser visto, los rayos X son de gran ayuda. Revelan el patrón de tiro, pero se debe tener en mente que el disparo consiste en muchos tiros pequeños. A corta distancia, los perdigones se impactan cerca de sí mismos o sobre el impacto de los primeros, pero a larga distancia los perdigones se dispersan dando un patrón mayor. Estos fenómenos son evidentes mediante el análisis radiológico.

► Orientaciones de los efectos permanentes debido al impacto de proyectiles sobre el tejido óseo. En las heridas cutáneas causadas por un agente balístico, sea en sujetos vivos o muertos, es importante considerar la forma, dirección y dimensión del borde equimótico encontrado en el orificio de entrada. También son importantes el ángulo y la dirección de donde proviene presuntamente el proyectil.

Las indagaciones radiológicas del cadáver en la herida por arma de fuego, se limitan a la constatación de la trayectoria como orientación, y a recoger los fragmentos metálicos que eventualmente estén en la misma trayectoria.

En el plano óseo en particular, el examen radiológico se basa en la manifestación de la morfología en una forma general, y en las dimensiones del agujero en el hueso, así como en la presencia o ausencia de soluciones de continuidad del mismo tejido, lo cual se valora al analizar las zonas de diferente densidad.

► Definición de la trayectoria de una herida ciega (sin salida de proyectil) causada por arma de fuego. Cuando una persona ha sido herida por un arma de fuego, y la bala ha quedado alojada en el organismo, es importante recurrir al examen radiológico para conocer cuál fue la trayectoria intra-

corporal. Para esto puede aplicarse un objeto radio-opaco en el orificio de entrada para que sirva de referencia.

Existen pues, casos en los cuales la cicatriz del orificio de entrada genera dudas acerca de la trayectoria del proyectil, por lo que se hace necesario recurrir a la reconstrucción de posibles trayectorias; y mediante el apoyo de exámenes radiográficos llegar a esclarecer algunos hechos que parecen inexplicables o cuyo manejo se hace difícil para los investigadores respectivos.

► Lesiones vasculares por armas de fuego. Cuando se producen heridas por armas de fuego es muy importante la valoración de la integridad vascular, con el fin de determinar cuál es el sitio de la lesión y tratar de repararlo lo más rápido posible.

En estos casos, la angiografía, modalidad de la radiología que combina ésta y el uso de contrastes intravasculares, cumple un papel muy útil.

El cuerpo humano está compuesto por siete tipos de tejidos, entendiendo por tejido un conjunto de células homogéneas que desempeñan una misma función. Tenemos la clasificación como tejido epitelial, conjuntivo, cartilaginoso, óseo, sanguíneo, muscular y nervioso.

Teniendo en cuenta estos conceptos se analizarán en un corte transversal las diversas capas celulares que se ubican en el espacio que media entre la superficie de la piel y la médula ósea:

► Epidermis. Es la capa más superficial de las dos que forman la piel. Tiene naturaleza epitelial y abarca numerosos planos celulares separados en dos capas esencialmente distintas: la superficial (cargada de queratina); y la profunda, denominada cuerpo mucoso de Malpighi.

► **Dermis:** Es la segunda de las capas que forman la piel, siendo de textura conjuntiva. Comprende dos capas, la externa, denominada papilar; y la profunda, llamada reticular.

► **Tejido celular subcutáneo:** Llamado también tejido adiposo subcutáneo, se encuentra por debajo de la piel, constituyendo una capa continua más o menos espesa, abundante en las personas gruesas y escasa en las de contextura delgada. Este tejido es una variedad del tejido conjuntivo, y es conocido vulgarmente como grasa.

► **Músculos:** Constituyen la porción activa del aparato locomotor. Las masas musculares se hallan dispuestas, por lo general, alrededor de las palancas óseas de los miembros y del esqueleto de la cabeza y tronco. Recubriendo las masas musculares se encuentra una pequeña membrana de naturaleza conjuntiva denominada aponeurosis muscular, que cumple una función protectora de los músculos.

► **Huesos:** Es el plano más interno de todos, integrado por la pieza ósea que se encuentra abrazada por los haces musculares periféricos. Para llegar al canal medular, que se encuentra en el interior del hueso, es necesario atravesar cuatro niveles óseos: el fundamental externo o perióseo, el fundamental externo o perimuscular, el sistema de Havers y los intermediarios.

Los huesos se hallan cubiertos por el periostio, membrana fibrosa que asegura la nutrición de los huesos y que participa activamente en el fenómeno de la osificación.

Dentro de las lesiones causadas por agentes mecánicos corresponden las causadas por las armas de fuego. Partiendo desde las más leves, y aumentando en gravedad, las lesiones causadas por agentes mecánicos pueden ser:

- A) Contusiones. Son lesiones superficiales, sin solución de continuidad, vale decir que no presentan rotura de la piel. Las causan objetos de superficie roma, duros que chocan o aplastan la piel, sin romperla. Dentro de las contusiones podemos distinguir la equimosis y los hematomas.
- B) Equimosis: Son manchas de la piel o de los órganos internos, de color violáceo negruzco o amarillento, que resultan de la extravasación de la sangre proveniente de los capilares de la capa dérmica. Corresponden **a lo que en lenguaje vulgar se conoce como "moretón"**
- C) **Hematoma: Es el llamado vulgarmente "chichón". Consiste en un** aumento de volumen de la piel producida por la acumulación de sangre proveniente de vasos sanguíneos de mayor calibre que los capilares de la capa dérmica. Es el resultado de una violencia superior a la necesaria para la equimosis.
- D) Heridas contusas. Se trata de lesiones producidas por la acción de elementos contundentes, que sin perjuicio de traumatizar los tejidos subcutáneos o incluso los más profundos, afectan la piel produciendo solución de continuidad, o sea, la rompen.

El estudio de las lesiones por proyectiles comprende el análisis de tres elementos: Orificio de entrada, Trayectoria intracorporal y Orificio de salida.

7.2.1 ORIFICIO DE ENTRADA

Constituye la marca que deja la penetración del proyectil en la superficie corporal. Es una herida contusa-erosiva que presenta marcadas señales que permiten identificarla. No siempre es evidente cuando se sitúa en determinados lugares del cuerpo, tales como cavidad bucal, orificio nasal, conducto auditivo, ano, vagina o región axilar. También será difícil encontrarla cuando se encuentre oculta por sangre coagulada, pelos, arena, polvo, tierra, etc.

Su semejanza con las heridas punzantes producidas, por ejemplo, con estiletes o punzones, obliga a que sea objeto de un minucioso estudio, sobre todo cuando se carece de mayores antecedentes del hecho.

Cuando el proyectil penetra de punta y perpendicularmente a la piel, se provoca una herida circular con una erosión completa y concéntrica. Ahora, si el disparo tuvo una dirección oblicua en relación al cuerpo, la herida tomará una forma ovoide con la zona erosiva de mayor extensión en el ángulo de incidencia y representa la zona de mayor roce del proyectil, orientando el ángulo de incidencia del disparo.

En regiones anatómicas donde existe piel laxa en contacto con el plano óseo (sien, región frontal, etc.) el orificio de entrada tiene una forma estrellada si el cañón del arma se encuentra apoyado sobre ella. En cambio, en regiones donde la piel asienta sobre planos blandos (abdomen) el disparo con apoyo de la boca del arma, deja una herida circular.



Figura 7.5 Orificio de Entrada. (Fuente: Criminología y Criminalística)

Identificar el orificio de entrada tiene una gran importancia práctica, pues sirve para determinar la dirección del tiro, contribuyendo por ejemplo, a diferenciar un suicidio de un homicidio. Esta identificación se basa en la búsqueda de los anillos (erosivo y de limpieza) y de los tatuajes. La forma que adopten estos elementos y el eje del trayecto del proyectil muestran la dirección del disparo, teniendo en cuenta las posiciones variables que podría haber adoptado el cuerpo de la víctima en el momento que fue impactado.

- ▶ **Anillo contuso-erosivo:** es el elemento más importante que caracteriza a la herida por arma de fuego. La contusión se aprecia por la irregularidad del borde de la herida que es finalmente dentado y además por la infiltración sanguínea que si es visible exteriormente, determina una mancha equimótica. El proyectil al atravesar la epidermis la deprime formando el llamado "dedo de guante".

Este anillo sirve para orientar la inclinación del disparo, ya que en aquellos de tipo perpendicular su dimensión es uniforme en todo su contorno; en cambio, en disparos oblicuos presenta un lado más angosto que el otro, que indica la dirección que toma el proyectil.

- ▶ Anillo de limpieza del proyectil: Todos los elementos adheridos a la superficie del proyectil (aceite, partículas metálicas, polvo, etc.) se adhieren a la piel y forman un anillo de color oscuro alrededor del orificio de entrada. El proyectil se limpia de los productos de la combustión, de los residuos del cañón del arma y de cualquier otra materia contenida en su manto, producto del paso por otros soportes, previo al impacto. Está situado por dentro del anillo de erosión, aunque su límite es difícil de determinar. Si existe interposición de vestimentas u otros soportes, el anillo de limpieza será menos evidente, porque los elementos que lo constituyen quedan parcialmente retenidos en el soporte.
- ▶ Infiltración sanguínea: Indica la contusión de la piel, por la acción contundente del proyectil. Se provoca porque al momento del impacto la sangre infiltra el tejido circundante al orificio de entrada, determinando una mancha equimótica que permite realizar un diagnóstico diferencial con los disparos post mortem, que no la presentan.

A medida que transcurren las horas desde el momento de la muerte, la mancha equimótica se va acentuando debido a la desecación. El escurrimiento de la sangre por fuera de la herida sigue la dirección de la gravedad, por lo que es un elemento importante que se relaciona con la posición del cuerpo al momento del disparo.

7.2.2 TATUAJE

El segundo elemento a considerar es el tatuaje, el que consiste en la incrustación de diversas partículas que acompañan al proyectil y que penetran con él al momento del impacto.

Se trata de partículas no combustionadas de pólvora, o bien otras partículas metálicas de cobre, plomo o níquel. Su color dependerá de las partículas que lo formen, negro o grisáceo cuando se trata de pólvora negra o plomo; plateado o dorado cuando lo forman esquirlas metálicas de la camisa del proyectil, y amarillento o verdoso cuando lo componen granos de pólvora piroxilada.

Su ubicación es similar al halo carbonoso, pero a diferencia de éste, el tatuaje no se borra con la limpieza o lavado.

Por último cabe consignar que el tatuaje es privativo de las armas cortas. Como regla general, las armas largas no lo producen puesto que el trayecto prolongado de la bala por el cañón, hace que todas las partículas combustionen completamente.



Figura 7.6 Tatuaje, se forma debido a la incrustación de partículas en la piel. (Fuente: Atlas Online de Medicina Legal)

► Quemadura: Es otro fenómeno no constante o secundario del orificio de entrada y que se caracteriza por la combustión parcial de cabellos y pelos; compromete también la piel en las heridas de escopetas.

Su mecanismo está dado por la llama de un disparo hecho a corta distancia. Desaparece si existe la interposición de otro elemento capaz de retenerlo antes de su llegada a la superficie del cuerpo humano.

Debe señalarse que en las heridas por armas de fuego el orificio de entrada nunca falta, excepto el rarísimo caso que un proyectil, animado por poquísima fuerza, sólo choque con la superficie de la piel produciendo una pequeña equimosis.

Las características del orificio de entrada dependerán no sólo de la dirección, ángulo y distancia del disparo, sino también de la naturaleza y calibre del arma empleada, y además de la mayor o menor dureza que tenga la parte del cuerpo humano que es impactada.

► Trayectoria intracorporal. Corresponde al recorrido del proyectil por el cuerpo de la víctima. Generalmente se trata de una línea recta que une el orificio de entrada con el de salida, cuando éste existe. De lo contrario la trayectoria unirá el orificio de entrada con el lugar donde se aloja el proyectil.

La trayectoria tomará una forma irregular cuando se vea afectada por dos fenómenos específicos: la desviación, que se da cuando el proyectil choca con estructuras de fuerte consistencia o densidad, tales como costillas o vértebras; y la migración, que opera cuando el proyectil al penetrar un vaso, es arrastrado por la corriente sanguínea a lugares muy lejanos de aquel por donde ingresó.

No obstante estas posibles variaciones de trayectoria, es un hecho cierto que el túnel labrado por el proyectil en el cuerpo humano, arrastra una serie de elementos extraños, como restos de vestimenta, residuos de pólvora, cantidades variables de contaminantes, sobre todo en las proximidades del orificio de entrada, las que pueden ser identificadas mediante los análisis de laboratorio.

7.2.3 ORIFICIO DE SALIDA

Es la marca de salida del proyectil, constituida por una herida contusa en la que faltan las características propias del orificio de entrada. Tiene diversas formas (estrellada, a pequeños colgajos, ovalado, etc.) en la que predominan las irregularidades del borde de la herida. Generalmente se aprecia por su configuración irregular estrellada, sus bordes evertidos con salida.

Habitualmente es más grande que el orificio de entrada, y cuando así no ocurre se entienden las dificultades que entraña el diagnóstico diferencial correspondiente. En estos casos cobra fundamental importancia el examen de las vestimentas.



Figura 7.7 Orificio de Salida. (Fuente: Atlas Online de Medicina Legal)

Algunos otorgan mínima importancia al estudio del orificio de salida, por su naturaleza inconstante. No existe orificio de salida si el proyectil no abandona el organismo. Sin embargo, es un elemento más que debe analizarse no separadamente, sino en conjunto con los demás, sobre todo en caso de disparos múltiples que impactan en el cuerpo, donde es necesario el estudio acabado de cada uno de ellos y su calificación de orificio de entrada y de salida.

7.3 DISTANCIA DE DISPARO.

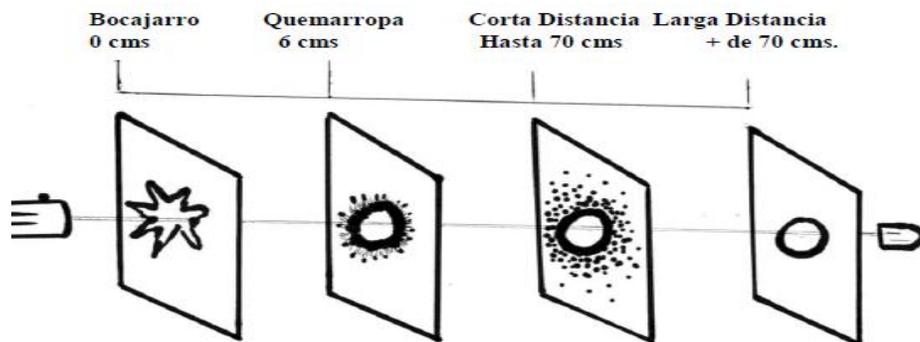
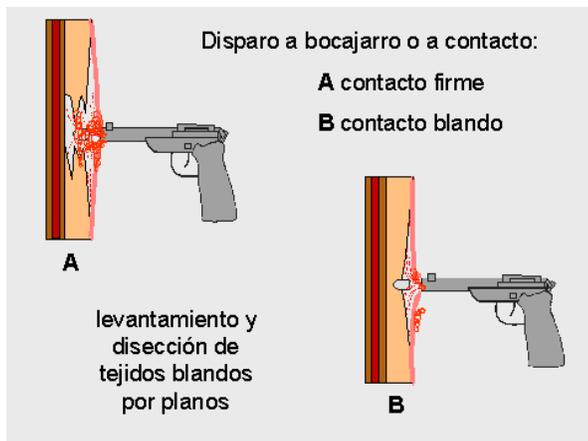


Figura 7.8 Distancia de Disparo. (Fuente: La Investigación Criminal y La Técnica Criminalística)

7.3.1 BOCAJARRO

También llamado Boca tocante, próximo absoluto o contacto directo se denomina al disparo del arma en contacto directo con el cuerpo o a una distancia de menos de 6 centímetros, produciéndose un orificio de entrada con bordes irregulares en ocasiones desgarrados y suelen estar ennegrecidos por la pólvora quemada y a veces se localizan residuos negros de humo, así como monóxido de carbono (CO). Los gases producidos en la explosión penetran en la piel junto con el proyectil difundiéndose bajo la piel y haciendo un orificio grande y estrellado.⁽⁵²⁾



Para confirmar la distancia, se puede investigar la carboxihemoglobina en la sangre de la herida, que habrá reaccionado con el CO que se produce por la combustión de la pólvora, o investigar la existencia de Nitratos (NO_3) de la pólvora no combustionada mediante la difenilamina sulfúrica.

Figura 7.9 Disparo a bocajarro y sus efectos en los tejidos. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

7.3.2 QUEMARROPA.

El sujeto que recibe el disparo se encuentra a más de 6 y menos de 25 centímetros, produciéndose un orificio en forma de ojal o circular. Se denomina así, porque el sujeto que recibe el disparo se encuentra dentro del alcance de la llama. Se observa una cintilla de contusión y, alrededor de la herida, se produce una quemadura de la piel, por la llama, y queda apergaminada, de color oscuro o amarillento. Si hay pelos y tejidos aparecen chamuscados.

Actualmente es ya más difícil ver efectos de la llama sobre la epidermis, ya que las pólvoras modernas arden con mayor rapidez y de forma más completa.⁽⁵³⁾ También se produce un tatuaje, con humo, con granos de pólvora incrustados y partículas metálicas, tanto dentro como fuera de la herida.

No obstante, otros autores como consideran que el tatuaje estaría constituido solo por la acción de la pólvora.⁽⁵⁴⁾ Ésta cuestión tiene su importancia ya que este es uno de los criterios para interpretar los rangos de distancia del disparo. En rigor el tatuaje verdadero no desaparecería por la

acción del lavado simple ya que estaría integrado por los efectos de la quemadura y/o por la incrustación de los granos de pólvora. Por otra parte, el tatuaje falso o pseudo-tatuaje, estaría formado tan solo por el ahumamiento que puede desaparecer mediante limpieza.

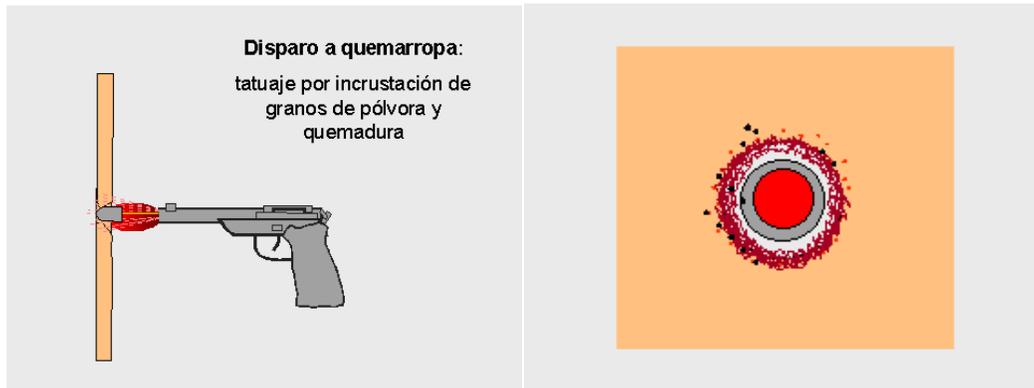


Figura 7.10 Disparo a Quemarropa y sus efectos en los tejidos. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

7.3.3 ANILLO DE FISCH

Cuando se produce la penetración del proyectil, se produce por empuje y frotación, que desencadena heridas contusas, con depresión y distensión de la piel hasta que supera y rompe la capacidad de elasticidad del tejido y la perfora. Esto ocasiona lo que se ha denominado clásicamente como "Anillo de Fisch", que se identifica como una transformación o modificación de las características inmediatamente periféricas a la herida propiamente dicha en la superficie de la piel.

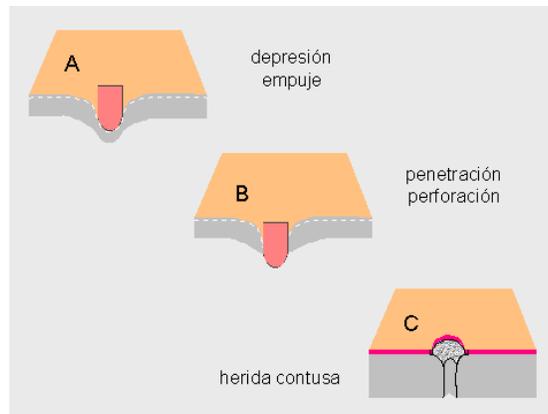


Figura 7.11 Entrada de proyectil y generación del Anillo de Fisch. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

Este halo es un signo seguro de orificio de entrada con cualquier distancia. Se pueden distinguir dos elementos:

- ▶ El collar contusivo-erosivo.
- ▶ El collar de limpieza.

La cintilla de contusión o collar contusivo-erosivo; tiene la forma de anillo completo en los disparos perpendiculares, mientras que en los oblicuos adopta la forma semilunar, por el lado por el que vino el proyectil. Consiste en una formación que rodea al orificio de entrada de 1 a 2 mm de ancho, de color rojo brillante y aspecto apergaminado. Nos permite identificar el orificio de entrada, la dirección de proyectil y el probable calibre. Esta lesión difícilmente se ve cuando han transcurrido menos de 8 horas desde el momento del impacto, debido a los fenómenos de deshidratación dérmico.⁽⁵⁵⁾

El collar o anillo de limpieza, es denominado así, porque al penetrar el proyectil, se produce una limpieza de proyectil al frotarse con el cuerpo⁽⁵⁶⁾.

También se le denomina "anillo de enjugamiento"⁽⁵⁷⁾ o "equimótico excoriativo".

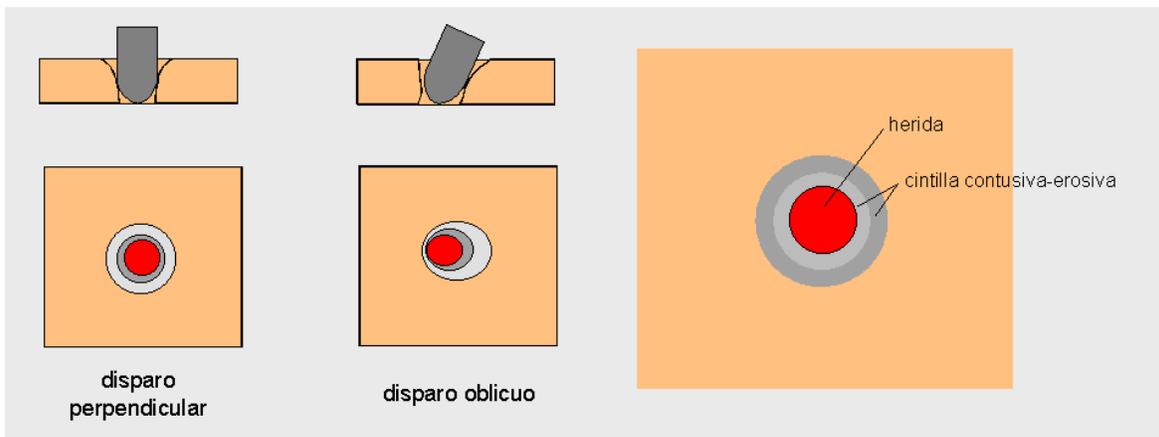


Figura 7.12 Lesiones que componen el Anillo de Fisch. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

7.3.4 CORTA DISTANCIA

El sujeto que recibe el disparo se encuentra entre 25 y 60 o 70 centímetros.⁽⁵⁸⁾ El disparo se debe producir dentro del rango de acción de los elementos que integran el tatuaje, sin evidencia de los efectos de la quemadura de la llama.⁽⁵⁹⁾ Si se encuentra dentro del alcance de las partículas se forma un tatuaje, produciéndose una herida similar al disparo a quemarropa, sin los efectos que produce la llama.

La herida presenta las características del anillo de Fisch pero sin quemadura y con predominio de un repiqueteado disperso producido por los granos de pólvora quemados o sin quemar que se incrustan en la piel por su propia energía cinética. Las partículas no tienen la energía cinética suficiente para llevarlas más allá de los 30 cm.

El tatuaje es indeleble. Aparece también la cintilla de contusión, así como los elementos de tatuaje (negro de humo que desaparece con el lavado y granos de pólvora incrustados que no desaparecen con el lavado).

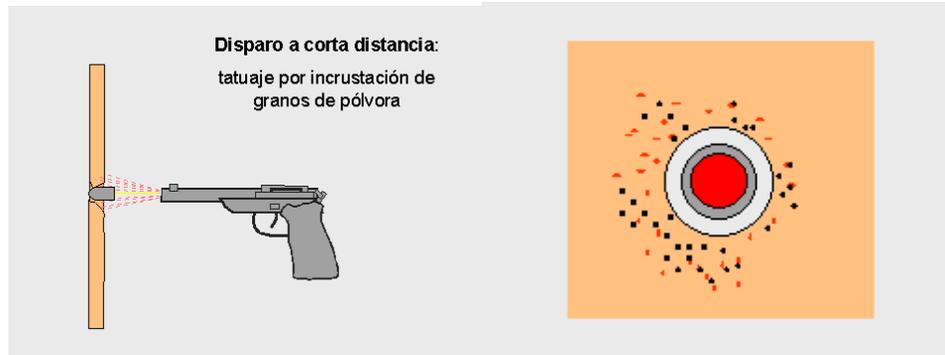


Figura 7.13 Entrada de proyectil y generación del Anillo de Fisch. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

7.3.5 LARGA DISTANCIA

El sujeto que recibe el disparo se encuentra a una distancia de 70 centímetros aproximadamente para armas cortas y de 1.50 metros aproximadamente para armas largas. Medida tomada desde la boca del tubo cañón del arma hasta la zona de impacto. Se produce una herida sin tatuaje, ya que queda fuera del alcance de las partículas y residuos del disparo que forman el tatuaje, con un orificio ovalado o circular. La forma de entrada puede ser un ojal o hendidura, solo se encontrará la zona erosiva contusiva y la zona de limpieza, pero nunca tatuaje.

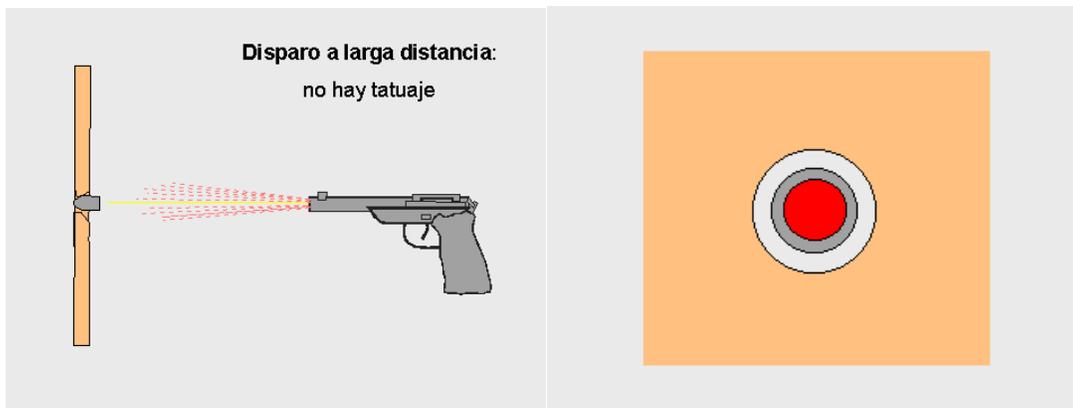


Figura 7.14 Forma del orificio de entrada y lesiones ocasionadas por un disparo a larga distancia. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

Resumiendo, la apariencia de las heridas conforme a los rangos de distancia y siempre que no se entrasen cubiertas por prendas de vestir, pueden ser tal y como se presenta en el siguiente esquema:

7.4 RESIDUOS DE DISPARO EN PRENDAS

Para el estudio de la prenda se utiliza el Protocolo Estandarizado Interinstitucionalmente, adoptado por la Fiscalía General de la Nación mediante Resolución 0878 de Mayo 14 de 2002, el cual consiste en hacer un análisis físico, para determinar la presencia de ahumamiento, anillo de limpieza, gránulos de pólvora y partículas metálicas; Igualmente, un procesamiento químico para establecer la presencia de nitritos (elementos componentes de la pólvora deflagrada) con el reactivo de Griess modificado, el cobre con el reactivo ditioxamida mejorada y el plomo con el reactivo rodizonato de sodio mejorado. El Análisis conjunto de los hallazgos físicos y químicos encontrados en la prenda de vestir, permiten por medio de la comparación con patrones de referencia, determinar un posible rango de distancia de disparo.⁽⁶⁰⁾

7.4.1 PRUEBA DE WALKER

Fue aplicada en 1937 por su creador J. T. Walker y tiene por objeto identificar en la ropa del sujeto lesionado la presencia de nitritos alrededor del orificio de entrada del proyectil y con ello determinar la distancia de disparo. Se usa para telas, pero el reactivo utilizado no reacciona ante algunas fibras, dando falsos negativos.

Está basada en la utilización del "Reactivo de Griess", conocido como reactivo específico y sumamente sensible para el reconocimiento de los nitritos. Este reactivo se basa en **dos soluciones: una solución "A" de ácido sulfanílico y una solución "B" de naftilendiamina.**

En el momento de efectuar la práctica se unen las soluciones "A" y "B" y se pulveriza sobre la zona a analizar, manifestando la presencia de restos o partículas que contengan Nitritos mediante la formación de un color rojo característico.⁽⁶¹⁾

7.5 SUPUESTOS DE DISPARO DE CARGA MÚLTIPLE

En estos casos, la determinación del disparo se efectúa teniendo en cuenta la propia dispersión que alcanzan los proyectiles (perdigones o postas, según su diámetro) en el área de impacto.

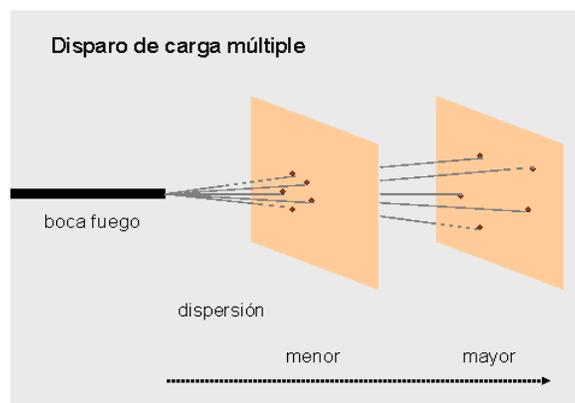


Figura 7.15 Dispersión de perdigones en un disparo de carga múltiple (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

En los disparos a cañón tocante o boca de jarro, no hay dispersión de los proyectiles que penetran en el organismo en un solo mazo, junto con el taco, provocando una única herida redondeada de bordes recortados e irregulares (*Figura 7.15*).

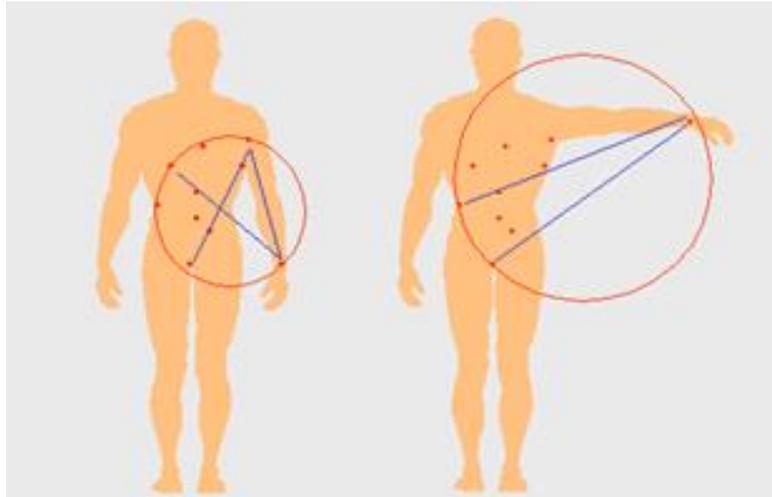


Figura 7.16 Determinación de radio de dispersión. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

A mayor distancia (Figuras B y C), la dispersión aumentará y será menor la capacidad de penetración de los proyectiles. De hecho, la determinación de la distancia se establece conforme al grado de dispersión de los proyectiles.

Según Villalain⁽⁶²⁾ dependiendo de la distancia, una escopeta normal lanza los perdigones con la siguiente distribución:

- ▶ Entre 0.5 a 1 m, no hay dispersión, los perdigones impactan en forma de "bala".
- ▶ A 5m el área de distribución es de 25 cm de diámetro.
- ▶ A 10m es de 40 cm de diámetro.
- ▶ A 15m es de 50cm de diámetro.
- ▶ A 25m es de 70cm de diámetro.

7.6 DIRECCIÓN APROXIMADA DE LOS DISPAROS

El estudio de las trayectorias (dirección y sentido) viene dado, en buena medida, por la información obtenida en la inspección ocular, así como por el ángulo de impacto en la superficie corporal y el recorrido o trayectoria en el interior del organismo.

El ángulo de impacto en la superficie corporal puede ser determinado por:

- ▶ La forma del anillo de Fisch, redondeado u ovalado, determinando la perpendicular o no del disparo
- ▶ La forma del tatuaje verdadero, redondeado u ovalado.

Se estima que cuando el ángulo de impacto es igual o inferior a los 15°, los proyectiles no penetran en el interior del organismo y provocan unas heridas desgarrantes de distinta longitud. En ellas es necesario establecer el diagnóstico diferencial con las heridas inciso-cortantes de las armas blancas.

Además de ello se analizan características como la forma de la incrustación de los granos de pólvora y del negro de humo. Cuando el disparo es perpendicular a la piel, los gránulos de pólvora se reparten de forma homogénea alrededor del orificio. Si se inclina, a derecha o izquierda, arriba o abajo, habrá más densidad de estos elementos a la derecha o la izquierda, arriba o abajo, respectivamente.

Tenemos también la forma de la cintilla de contusión. Cuando el disparo es perpendicular a la piel, se sitúa de forma homogénea alrededor del orificio. Si se inclina, a derecha o izquierda, arriba o abajo, presentará forma de media luna en una de esas direcciones.

7.7 ORDEN DE PRODUCCIÓN DE LAS HERIDAS

No siempre resulta posible establecer el orden exacto en que se producen. Por ello es más aconsejable describir esta situación a grandes rasgos o tiempos de producción de las heridas.

No obstante, para esta interpretación, resultan de gran interés las fracturas radiadas que experimentan los huesos planos al paso de varios proyectiles. De este modo, las líneas de fractura que finalizan su recorrido sobre otras procedentes de heridas próximas serán siempre secundarias a estas.

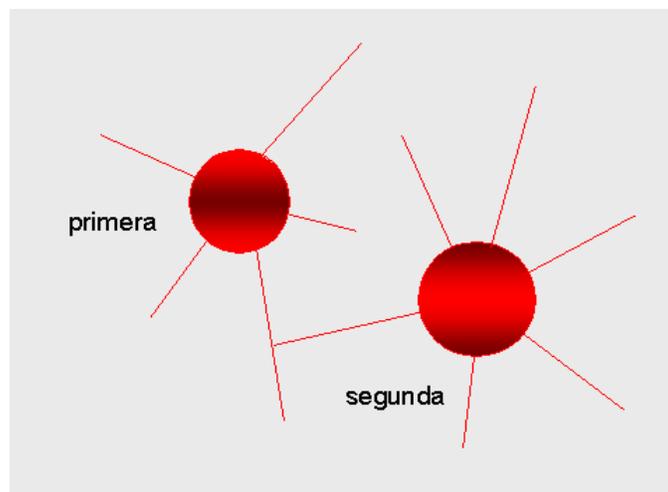


Figura 7.17 Interpretación de fracturas para determinación del orden de disparos. (Fuente: Dr. Fco. Etxeberria Gabilondo)

► Fractura radial: se identifica por la forma de radios que presenta, es la primera en producirse, inicia la rotura por la superficie correspondiente a la salida del proyectil.

► Fractura concéntrica: se produce alrededor del impacto en forma circular, por la cara que recibió la presión, después de formarse las radiales.

7.7.1 EXAMEN INTERNO

Estudio de rayos X: Previamente a la apertura de las tres cavidades, es necesario realizar un estudio radiográfico completo de aquellas regiones sobre las que se sitúan las heridas.

Estudio de los trayectos: La determinación previa de los orificios de entrada y sus posibles salidas, nos ayudará a realizar la inspección de los trayectos que estaría encaminada a establecer las lesiones existentes, su pronóstico y causas del fallecimiento. El estudio de las trayectorias en el interior del organismo permite, finalmente, confirmar las relaciones entre los orificios de entrada y los de salida.

► Recogida de evidencias: En el supuesto de que existan proyectiles alojados o fragmentos de ellos, es imprescindible su cuidadosa recogida y conservación para el correspondiente estudio de balística identificativa.

► Estudios Complementarios: Los estudios complementarios se derivan de los resultados alcanzados en la marcha de la investigación médico-legal.

Normalmente van encaminados a la investigación de algunos extremos de valor criminalístico, tanto del lugar del hecho o escena del crimen, como del examen de la víctima, así como de sus prendas y vestidos, sobre los que pueden encontrarse todos los efectos y elementos que integran el disparo.

► Diagnóstico de vitalidad de las heridas

Las heridas producidas por arma de fuego sobre el sujeto vivo presentan las siguientes características:

- Presencia de hemorragia.
- Existencia de sangre coagulada.
- Reacción tisular con retracción de tejidos, incluida la cintilla de contusión-erosión del anillo de Fisch.
- Formación de leucocitos

En relación con el trayecto, las lesiones producidas en vida se caracterizarían por una hemorragia copiosa de todo el recorrido o cavidad permanente e infiltrante para la cavidad temporal. En los orificios de salida son frecuentes las manifestaciones de hematomas que se producen por el efecto del empuje o de arrastre del proyectil hasta la piel tras haber lesionado todas las partes.

7.8 TRAYECTO

En Balística se tienen dos términos muy importantes: trayecto y trayectoria, la mayoría de las veces se confunden ambas palabras, pero no son iguales, las 2 tienen un significado diferente.

Podemos distinguir que el trayecto es el recorrido que hace la bala dentro de un cuerpo. Se distingue por su dirección, que en general, sigue una línea recta el trayecto con desviación y migración que son dos excepciones.

- ▶ Con desviación: Las desviaciones son cambios bruscos de dirección como consecuencia del choque con estructuras duras o de mayor resistencia, como son las esqueléticas.

En algunas ocasiones, las desviaciones se producen porque el proyectil progresa entre los planos del organismo que le ofrecen menor resistencia, así el subcutáneo, con lo que su desplazamiento puede resultar paradójico.

- ▶ Con migración: Las migraciones consisten en el arrastre del proyectil por el torrente sanguíneo como consecuencia de la persistencia del flujo antes del colapso cardíaco por el shock hipovolémico, siempre que sean atrapados en el circuito cardio-circulatorio.

7.8.1 EMBOLISMO

El embolismo de un proyectil después de una herida por arma de fuego es un suceso poco frecuente. Esta situación puede presentarse en todo tipo de proyectiles, sin embargo es más frecuente con proyectiles de baja velocidad y calibres menores ya que al impactar en los tejidos pierden fuerza y pueden quedar localizados en la pared de un vaso (arterial o venoso) o corazón y después migrar o ingresar con mayor fuerza penetrando toda la pared, pero quedando intraluminal y en consecuencia después migrar.

Los factores que determinan la migración de un proyectil en el sistema venoso dependen del tipo de proyectil, la fuerza gravitacional, posición del cuerpo, movimientos musculares y respiratorios y fuerza del flujo sanguíneo. En el caso de migración arterial los factores que influyen son la fuerza del flujo sanguíneo, la anatomía del vaso arterial y la gravedad.

Los proyectiles que migran por el sistema venoso terminarán en el lado derecho del corazón o en los pulmones y los que migren arterialmente generalmente en las extremidades inferiores o cerebro, dependiendo del sitio de impacto.

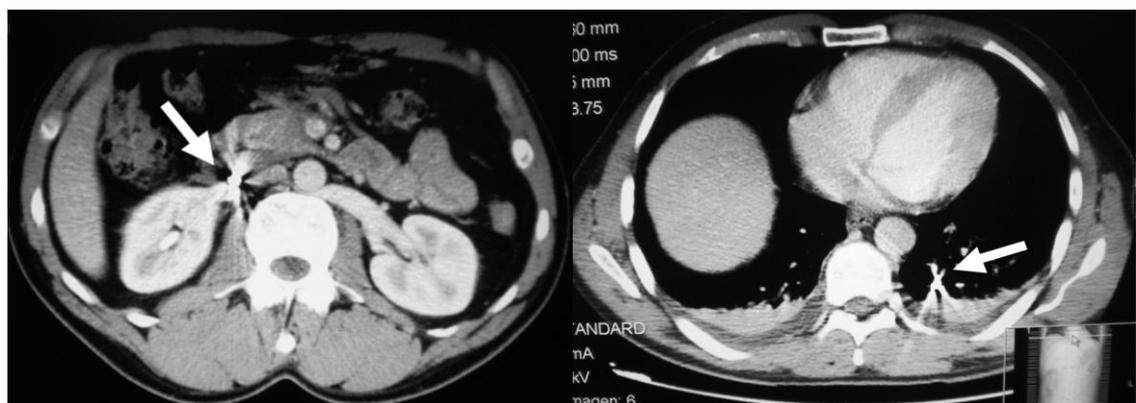


Figura 7.18 Tomografía Computarizada. Proyectil alojado a 3 mm de la vena cava inferior (Fuente: Surprising thoracic migration of an abdominal projectile of a compressed air weapon. R. González López)



Figura 7.19 Migración del proyectil a través del tracto digestivo. (Fuente: Surprising thoracic migration of an abdominal projectile of a compressed air weapon. R. González López)

CAPÍTULO 8.

PANORAMA

MUNDIAL

CAPÍTULO 8. PANORAMA MUNDIAL

A diario miles de personas mueren, resultan heridas o son violadas u obligadas a huir de sus hogares debido a conflictos, violencia armada y violaciones y abusos contra sus derechos humanos mediante el uso de armas convencionales.⁽⁶³⁾

A continuación mostramos una serie de datos y cifras clave:

- Entre 1989 y 2010, 131 conflictos armados han causado, al menos, 250.000 muertes anuales.
- Los conflictos armados se cobran indirectamente un número de víctimas aún mayor. Las pruebas aportadas por estudios epidemiológicos apuntan a que, entre 2004 y 2007, los conflictos armados causaron al menos 200.000 muertes indirectas cada año, y posiblemente muchas más.
- El 42 por ciento de los homicidios que se cometen en el mundo cada año son perpetrados por individuos o bandas criminales que utilizan armas de fuego.
- Se calcula que cada año se cometen 300.000 homicidios con armas de fuego al margen de los conflictos.
- Alrededor del 60 por ciento de las violaciones de derechos humanos documentadas por Amnistía internacional incluyeron el uso de armas pequeñas y ligeras.
- A finales de 2010, 27,5 millones de personas se vieron obligadas en todo el mundo a desplazarse internamente como consecuencia de un conflicto armado.
- Los cinco principales países de origen de personas refugiadas en 2008 eran escenarios de conflictos armados: Afganistán, Irak, Somalia, República Democrática del Congo y Myanmar.

- En 2011, al menos 14 países en situación de conflicto armado han contado con la participación de miles de niños y niñas soldados.
- La comunidad internacional ha reconocido ampliamente que las armas, la munición y el armamento de tipo convencional suelen utilizarse para la represión interna, además de emplearse en los conflictos armados; una de las medidas más recientes que ilustran este reconocimiento han sido los embargos de armas impuestos a ciertos Gobiernos de Oriente Medio.
- Solo 35 países publican informes sobre transferencias internacionales de armas convencionales y solo 25 ofrecen datos sobre entregas reales.⁽⁶⁴⁾
- En 2010, el valor total de las transferencias internacionales de armas convencionales en el mundo, según estadísticas nacionales, fue de aproximadamente 72.200 millones de dólares estadounidenses.

8.1 LOS GRANDES EXPORTADORES DE ARMAS

Desde hace decenios, el comercio irresponsable y regulado mal de armas ha contribuido a que cada año al menos un millón de personas mueran, resulten heridas, sufran tortura y otros graves abusos contra los derechos humanos, incluida violencia sexual.

Cuando entró en vigor el nuevo Tratado sobre el Comercio de Armas (TCA) se establecieron controles sobre transferencias internacionales de armas y **municiones y una “Regla de Oro” que impide la transferencia de armas cuando exista la posibilidad de que contribuyan a la violación contra los derechos humanos.**

Entre todos, los seis grandes países exportadores de armas (Alemania, China, Estados Unidos, Francia, Reino Unido y Rusia), suministran cerca de tres cuartas partes del valor de las armas que hay en el mundo.

Durante la negociación del tratado, la mayoría de los Estados miembros de la ONU apoyaron un TCA que incluyera al menos cierta protección de los derechos humanos. Muchos Estados, incluidos Gobiernos de África, América, Asia y Europa, se mostraron claramente partidarios de normas firmes sobre **derechos humanos como la "Regla de Oro"**.

Pero unos cuantos Estados expresaron sus reservas con respecto a las salvaguardas de derechos humanos, incluidos actores clave como China, Rusia y algunos países de Oriente Próximo.

Tras un largo recorrido de negociaciones, el 2 de abril de 2013 los gobiernos representados en las Naciones Unidas aprobaron prácticamente por unanimidad un Tratado sobre el Comercio de Armas. En referencia a los seis grandes exportadores de armas, hasta la fecha ni China ni Rusia han firmado el tratado. Alemania, Francia y Reino Unido lo firmaron el 3 de junio y Estados Unidos, el 25 de septiembre de 2013.⁽⁶⁵⁾

CHINA

Hay pocas estadísticas oficiales sobre el comercio de armas en China, pero el Instituto de Investigación de la Paz de Estocolmo calcula que representa alrededor del 3% del valor del comercio global de armas convencionales.

Muchos de los destinatarios de los suministros de armas de China de la última década son países en desarrollo con historiales precarios en materia de derechos humanos, como Argelia, Angola, Bangladesh, Guinea, Egipto, Indonesia, Irak, Irán, Jordania, Kenia, Libia, Myanmar, Pakistán, la República Democrática del Congo, Sri Lanka, Sudán y Zimbabue.

Actualmente sigue suministrando munición de armas pequeñas a Sudán para las fuerzas de seguridad y las milicias que apoya el gobierno vienen

utilizando en Darfur. También envió cohetes y minas antitanque al régimen libio de Gadafi y ha suministrado munición, lanzacohetes, bombas de mortero y lanzamorteros a Zimbabue.

China no había suscrito ningún acuerdo multilateral sobre exportaciones de armas y tuvo una postura cautelosa sobre la propuesta de tratado. Declaró que aceptaba la necesidad de un tratado que reconociese los derechos humanos internacionales, pero intervino para limitar el alcance del tratado, excluyendo las armas pequeñas y las armas ligeras, así como las transferencias de gobierno a gobierno.

FRANCIA

Francia, Alemania y el Reino Unido ocupan sistemáticamente los puestos tercero, cuarto o quinto de la clasificación mundial en cuanto al valor de sus exportaciones en armas convencionales.

Entre los clientes más importantes de Francia figuran Singapur, los Emiratos Árabes Unidos, Grecia, otros socios de la OTAN, la región de Oriente Medio y el Norte de África y los países francófonos. Recientemente, Francia y Rusia han iniciado intercambios en materia de cooperación para la defensa y equipos navales.

Aunque en términos generales apoya unos criterios estrictos para las transferencias de armas, Francia suministra armas a algunos países donde existe un riesgo sustancial de que puedan emplearse para cometer violaciones graves de derechos humanos. Por ejemplo, suministró armas, municiones y equipos afines al régimen libio de Gadafi, munición y vehículos blindados a Egipto y al Chad, y munición a Siria entre 2005 y 2009.

Francia mostró una postura coherente con la posición común de la Unión Europea sobre la exportación de armas, establecida junto con el Reino Unido y otros gobiernos de la Unión. Apoyó la inclusión de una norma vinculante

compatible con la "Regla de Oro" de Amnistía Internacional. También presionó a favor de un tratado integral y de unos mecanismos de aplicación sólidos que incluyeran la penalización del tráfico de armas en las leyes nacionales. Sin embargo, existió el riesgo de que Francia (junto con Alemania y el Reino Unido) sucumbiera a la presión de Estados Unidos a la hora de intentar suavizar la protección de los derechos humanos para complacer a China y Rusia.

ALEMANIA

Alemania ocupa sistemáticamente entre el tercer y el quinto puesto de la clasificación mundial en cuanto al valor de sus exportaciones de armas convencionales. Aunque no es miembro permanente del Consejo de Seguridad de la ONU, como líder económico de la UE y actor importante en la ONU, el Arreglo de Wassenaar, la OSCE y otras organizaciones multilaterales, la influencia de Alemania en las negociaciones sobre un Tratado de Comercio de Armas fue significativa.

Alemania es uno de los mayores exportadores de armas de la UE a Oriente Próximo y el norte de África. El resto de sus clientes clave incluye a Sudáfrica, Grecia, Turquía y otros socios de la OTAN, así como algunos países de Asia y de Latinoamérica.

Aunque en términos generales apoya unos criterios estrictos para las transferencias de armas, Alemania ha suministrado armas a países donde existe un riesgo sustancial de que puedan emplearse para cometer violaciones graves de derechos humanos. Por ejemplo, Alemania suministró vehículos blindados a Yemen y al régimen libio de Gadafi, así como armas pequeñas a Bahrein y a Egipto. También ha suministrado armas pequeñas y munición a Guatemala y Filipinas.

La postura básica de Alemania sobre el tratado siguió la línea de la posición común de la UE sobre la exportación de armas. También apoyó, en líneas **generales, la inclusión de la "Regla de Oro" de Amnistía Internacional. El país** mantuvo una postura progresista sobre el ámbito del tratado y apoyó la inclusión de las armas pequeñas y las armas ligeras, así como de las municiones. Al igual que Francia y el Reino Unido, existió el riesgo de que sucumbiera a la presión de Estados Unidos para intentar suavizar el texto del tratado en lo relativo a los derechos humanos a fin de complacer a China y Rusia.

RUSIA

Rusia es el segundo país comerciante de armas del mundo respecto del valor de sus exportaciones y tuvo una influencia importante en las negociaciones sobre el Tratado sobre el Comercio de Armas.

Entre sus principales clientes figuran la India, Siria, Argelia, Myanmar, Venezuela, Sudán y muchos otros Estados africanos. Sin embargo, su industria armamentista se ha rezagado en tecnologías clave y grandes clientes, por lo que busca socios complejos y nuevos mercados para muchos productos.

Rusia ha suministrado armas a varios países donde existe un riesgo sustancial de que se empleen para cometer violaciones graves de derechos humanos. Aunque no publica detalles sobre sus exportaciones de armas, se cree que el 10% de todas las exportaciones de armas rusas va a parar a Siria, lo que le convierte en el mayor proveedor de armas de este país. Las transferencias incluyen misiles y lanzamisiles, misiles antitanque para el tanque T72 de fabricación rusa y aviones de combate MIG. Rusia proporcionó rifles de asalto tipo AK al régimen libio de Gadafi. En Sudán, sigue

suministrando helicópteros de combate que se están empleando para atacar a la población civil de Darfur y de Kordofán del Sur.

Rusia, al igual que China, parecía desear un Tratado sobre el Comercio de Armas que excluyera unas normas vinculantes sobre el derecho internacional de los derechos humanos, el derecho internacional humanitario y el desarrollo socioeconómico. Las autoridades rusas alegaron que cualquier norma de este tipo estaría abierta a interpretaciones subjetivas e ideológicas. Sin embargo, Rusia ya estaba comprometida con la OSCE y el Arreglo de Wassenaar, que contienen los principios de respetar el derecho internacional de los derechos humanos y el derecho internacional humanitario a la hora de considerar las transferencias de armas. Rusia también parecía sentirse cómoda con que el tratado abarcara un amplio abanico de armas convencionales, como las que figuran en la Lista de Municiones del Arreglo de Wassenaar. Rusia creía que había que hacer hincapié en el control del comercio para evitar los desvíos al mercado ilícito de armas, pero los detalles de sus propuestas y opiniones sobre la transparencia fueron vagos.

REINO UNIDO

El Reino Unido ocupa sistemáticamente entre el tercer y el quinto puesto de la clasificación mundial en cuanto al valor de sus exportaciones de armas convencionales, junto con Francia y Alemania.

Los principales clientes del Reino Unido incluyen a Estados Unidos, la India, Arabia Saudí, Sudáfrica y otros socios de la OTAN. También es un importante exportador a otros países de Oriente Próximo y el norte de África, y del África Subsahariana.

Aunque en términos generales apoya unos criterios estrictos para las transferencias de armas, el Reino Unido sigue suministrando armas a algunos países donde existe un riesgo sustancial de que puedan emplearse para cometer violaciones graves de derechos humanos. Por ejemplo, envió armas al gobierno de Sri Lanka conociendo su represión, y se está revisando la legislación nacional tras la aparición de datos que indicaban que el Reino Unido había suministrado armas pequeñas, municiones y equipos para vehículos blindados al régimen libio de Gadafi, así como armas pequeñas a Bahrein y equipos para aplicación de la ley a Yemen.

En 2005, el Reino Unido fue la primera potencia del comercio de armas importante que defendió el apoyo a un Tratado sobre el Comercio de Armas con unas normas que de derechos humanos. Contribuyó, junto con Francia, al establecimiento del Código de la UE, actualmente la Posición común de la UE sobre la exportación de armas que constituye el punto de partida para las posturas políticas británicas sobre el Tratado sobre el Comercio de Armas. También fue coautor de las diversas resoluciones de la Asamblea General de la ONU que entre 2006 y 2009 desembocaron en las negociaciones **posteriores. El Gobierno británico apoyó, en líneas generales, la "Regla de Oro" y mantuvo posturas progresistas sobre el ámbito y los mecanismos de aplicación del tratado** (por ejemplo, apoyando unas medidas de transparencia sólidas). Sin embargo, al igual que con Francia y Alemania, existió el riesgo de que el Reino Unido sucumbiera a la presión de Estados Unidos para suavizar el texto del Tratado en lo relativo a la protección de los derechos humanos a fin de complacer a China y Rusia.

ESTADOS UNIDOS

Estados Unidos es, con diferencia, el mayor comerciante de armas del mundo y realiza alrededor del 30% de las transferencias de armas convencionales globales desde el punto de vista de su valor. Su postura sobre el Tratado sobre el Comercio de Armas fue, por tanto, fundamental.

Estados Unidos suministra armas a más de 170 países y su historial a la hora de suspender suministros de armas por motivos de derechos humanos es desigual. Por ejemplo, ha restringido las transferencias de armas a Myanmar, China, Sri Lanka y Zimbabue, además de a los países sometidos a embargos de armas de la ONU. Sin embargo, ha seguido suministrando armas a otros países como Sri Lanka, Bahrein, Egipto y Yemen, donde existe un riesgo sustancial de que puedan emplearse para cometer violaciones graves de derechos humanos.

Como principal proveedor de armas de Egipto, Estados Unidos autorizó la venta de armas pequeñas, millones de municiones y agentes químicos antidisturbios a pesar de la represión violenta de los manifestantes a manos de las fuerzas de seguridad. Yemen recibió también armas pequeñas, agentes químicos y vehículos blindados, y Bahrein, armas pequeñas. Asimismo, envía armas, y ayuda y formación militar a las fuerzas de seguridad colombianas pese a la persistente violación de los derechos humanos que cometen dichas fuerzas.

Desde octubre de 2009, cuando el Gobierno de Obama invirtió su oposición anterior a un Tratado sobre el Comercio de Armas, el apoyo de Estados Unidos fue fundamental para llegar a la fase final de la negociación. Estados Unidos afirmó que quería que el tratado elevara el nivel internacional del control de la exportación de armas para acercarlo más al existente en Estados Unidos. Sin embargo, su postura fue algo más débil que la de muchos de sus aliados. Por ejemplo, Estados Unidos no quería que el tratado

incluyera la obligación de los Estados de prohibir transferencias de armas aun cuando existan datos creíbles de su uso potencial para cometer violaciones graves de derechos humanos. Las autoridades estadounidenses se manifestaron también en contra de la inclusión de la munición en el tratado, alegando que es demasiado delicado y ofrecería dificultades técnicas para su aplicación. En general, las autoridades estadounidenses defendieron un documento breve y general que contuviera unos principios generales con lo que hay que “tener en cuenta” y no unas medidas vinculantes enérgicas.

8.1.1 PANORAMA INTERNACIONAL

El gasto militar de EE.UU. alcanzó en 2012 los 682.000 millones de dólares (el 39% del gasto mundial), y ello pese a la reducción de su presupuesto de defensa en unos 40.000 millones de dólares.

El Instituto Internacional para la Investigación de la Paz de Estocolmo (SIPRI, por sus siglas en inglés), dedicado a la investigación de los conflictos, las armas, su control y desarme, muestra en su último anuario una lista con los países con más gasto militar en 2012.

El segundo puesto después de EE.UU., aunque a una distancia significativa, lo ocupa China (166.000 millones), seguido por Rusia (90.700 millones), Reino Unido (60.800 millones) y Japón (59.300 millones). El sexto en la lista es Francia (58.900), y a continuación figuran Arabia Saudita, India, Alemania e Italia. Brasil, Corea del Sur, Australia, Canadá y Turquía, que completan el 'Top 15'. ⁽⁶⁷⁾

8.2 MÉXICO Y LAS ARMAS

En los últimos 10 años México se ha convertido en el 5° país de tráfico de armas a nivel mundial. El tráfico de las mismas se debe en gran medida a la intensa demanda que los cárteles de droga, la delincuencia organizada y los civiles tienen en nuestro país.

Se calcula que alrededor de 20 millones de armas ilegales se encuentran circulando en el territorio nacional, número que contrasta contra los 5 millones autorizadas por la SEDENA.

La adquisición de armas en México no presenta inconvenientes, actualmente basta con entrar en un buscador en internet para encontrar gran variedad de armas, incluso aquellas que supuestamente están autorizadas a uso exclusivo del Ejército Nacional.

Esto queda demostrado en un estudio realizado por la Procuraduría General de la República (PGR) en un estudio realizado en el 2005, donde se reconoce que la delincuencia organizada adquiriría armamento. De acuerdo con la PGR, el tráfico de armas se ha convertido en el segundo delito en importancia del crimen organizado; y es que el tráfico y uso de armamento exclusivo del Ejército representa 15 por ciento, cerca de 1200 casos, de los delitos federales cometidos en todo el país.

Los datos según estudios de la ONU, la Red Internacional de Acción Contra el tráfico de Armas Pequeñas y Ligeras (IANSA) demuestran que en un afán de proteger a sus familias, quienes adquieren un arma duplica las posibilidades de ser víctima de homicidio por arma de fuego, aumenta 16 veces la probabilidad de cometer suicidio y en 43 la de matar a algún familiar o un conocido que la de matar en defensa propia.

Asociado también a los homicidios y violencia que generan las armas de fuego, a partir de 2010, 13 ciudades mexicanas ingresaron al ranking de las

50 ciudades más violentas del mundo. En 2011 podrían sumarse Monterrey, San Luis Potosí, Ciudad Victoria, Cancún, Morelia y Veracruz, explicó el presidente del Consejo Ciudadano para la Seguridad Pública y Justicia Penal, José Antonio Ortega Sánchez. Lo que significa que las ciudades mexicanas representarían el 38 por ciento de la muestra total mundial.⁽⁶⁸⁾

Desde 2005 las organizaciones no gubernamentales han recomendado que para combatir el mercado negro de armas se debería llevar un control estricto del destino de éstas que adquiere en sus transferencias formales y del destino de cada una de las autorizadas a particulares.

En el periodo comprendido entre 2012 y 2016 México ha destinado 2 mil 35 millones 822 mil dólares en armamento y equipo militar que ha adquirido a Estados Unidos, lo que equivale a cerca de 28 mil 560 millones 37 mil pesos.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Las balas son elementos considerados como imprescindibles para la defensa de la soberanía, como se ha referido ellas destinan cantidades exorbitantes de capital para su adquisición y desarrollo. Sin embargo a la par del desarrollo tecnológico se encuentra también la facilidad con la que año con año es posible adquirir armas de fuego y por ende el uso y demanda de balas se ha intensificado.

Muchas de las armas son adquiridas de forma ilegal por lo que aun cuando los medios y técnicas para la identificación de un arma implicada en algún delito ofrecen resultados rápidos y precisos, las bases de datos se topan con el problema que los registros no son suficientes, lo que dificulta enormemente la actividad de identificación del culpable y en ocasiones hasta el origen del arma.

La sociedad actual se encuentra inmersa en un nivel de violencia alarmante. En los últimos años se han presentado crisis como las del conflicto Sirio que han obligado a miles de personas a buscar refugio en otros países. Como consecuencia de estas migraciones se ha generado un desequilibrio económico y social, por lo que se reafirma que las balas tienen un efecto a largo plazo y que va más allá de la pérdida de vidas.

En lo que concierne al ámbito nacional, el crecimiento de las redes de narcotráfico ha atraído y beneficiado la fabricación de armamento ilegal. Regiones como la frontera norte y zonas controladas por el crimen organizado se han convertido en verdaderas zonas de guerra. Aunado a esto las malas políticas sobre el combate al narcotráfico han derivado incontables bajas civiles en las últimas décadas y, de igual forma que a nivel internacional, la tendencia del uso de armas ha ido en incremento.

México firmó el Tratado sobre el Comercio de Armas (ATT por sus siglas en inglés) el 3 de Junio de 2013 y entró en vigor el 24 de Diciembre de 2014. Este tratado es el primer instrumento legal que busca regular el tráfico de armamento y así evitar su comercio ilícito, esperando prevenir que caigan en manos del crimen organizado o sirvan a conflictos armados. Sin embargo las medidas no han sido efectivas.

Ante esta situación se requiere que éstas medidas señaladas en el ATT sean revisadas, y ampliadas ofreciendo mayor seguridad y dejando de lado el punto de vista de los países centrándose más en la seguridad de los ciudadanos, Verificar que los países cumplan verdadera y fielmente con lo establecido y que los gobiernos propongan nuevas estrategias que promuevan el no uso o adquisición de las armas, destinar más recursos a la investigación del tráfico ilegal de armamento y menos a su adquisición, endurecer y mejorar las pruebas y requisitos necesarios para la obtención y portación de armas sesgando aquellas ocupaciones o situaciones donde puedan ser utilizadas y mantener un registro fiel de aquellos que las portan.

Aun cuando existen poderosos intereses que contradicen la regulación del comercio internacional de armas se debe luchar porque finalmente se incluya la prohibición de las exportaciones de armas cuando haya un riesgo sustancial de que puedan ser utilizadas para cometer violaciones y abusos de derechos humanos.

Por lo anterior y con base en la información recabada en éste trabajo finalmente se recomienda:

- Incentivar la creación de una estrategia de combate contra el tráfico ilegal de armas, sus piezas, componentes y municiones, incluyendo en su planificación a expertos del tema, representantes de las fuerzas militares, e instituciones encargadas del control de exportación.

- Desarrollo de programas nacionales que permitan la coordinación interinstitucional en el combate del uso de municiones, incluyendo hospitales, de los cuales se pueden obtener datos estadísticos fidedignos sobre incidentes relacionados al uso de proyectiles disparados por armas.
- Al igual que con otros problemas sociales, intensificar la promoción de programas públicos que muestren los efectos ponderando los abusos a los derechos humanos, costos y en general las consecuencias que su uso tiene así como los riesgos que representan para la sociedad y más puntualmente para la familia.

Lo anterior sólo será posible si se destinan recursos materiales y económicos suficientes, equipar a las instituciones pertinentes con equipos e instalaciones adecuados, la capacitación del personal involucrado en estas acciones y finalmente la aplicación de castigos a aquellos que incurran en delitos evitando y sancionando enérgicamente la corrupción.

GLOSARIO

GLOSARIO

ACP: Abreviatura de *Automatic Cartridge Pistol*. Cartucho para pistola automática, inventado para facilitar el apilamiento vertical dentro de in cargador.

AI: Abreviación de Amnistía Internacional (*Amnesty International*), movimiento global presente en más de 150 países que trabaja para que los derechos humanos, reconocidos en la declaración universal de los derechos humanos sean reconocidos y respetados.

Alimentación: Entrada de munición/cartucho en la recamara del arma.

Ánima: Túnel dentro del cañón de un arma de fuego a través del cual viaja el proyectil.

AP: Abreviación de Perforador de Blindaje (*Armour Piercing*), las letras AP colocadas junto con el código de un proyectil, indican que este tiene la capacidad de perforar blindajes.

APDS: Abreviación de *Armour Piercing Discarding Sabot*. Es un tipo de proyectil de penetración que se dispara desde un cañón, y que es usado para atacar blancos protegidos. Los cartuchos de tipo APDS son del tipo Sabot, y son comúnmente usados en calibres de cañón de gran capacidad.

APFSDS: Acrónimo de *Armoured Piercing Fin-Stabilised Discarding Sabot*, que significa 'Proyectil Perforador de Blindaje Estabilizado por Aletas con Casquillo Desechable Sabot'. Tipo de munición subcalibrada usada en cañones automáticos de 20 mm en adelante. Fabricados en aleaciones de gran dureza, usan su gran masa y velocidades hipersónicas para atravesar el blindaje.

ATT: Arms Trade Treaty. Ver TCA.

Avancarga: Arma de fuego que se carga por la boca del cañón.

Bala: Anteriormente se refería únicamente al proyectil redondo de plomo disparado por las armas de fuego sin rayado. El término se usa hoy en día cuando se refiere a balas disparadas también por cañones estriados.

Bala Blindada: Bala con núcleo de plomo y camisa de metal sólido.

Bala Cruda: Bala sin camisa.

Bala Muerta: Proyectil que ha perdido toda su energía y carece de la fuerza necesaria para penetra un blanco.

Balística: Estudio de lo que sucede a los proyectiles moviéndose dentro del cañón y en su vuelo (trayectoria, fuerza, impacto y penetración).

Boca: Parte terminal del cañón.

Cal.: Abreviatura de Calibre (*Caliber*).

Calibre: Diámetro del alma de un rifle que se miden en las crestas de las estrías. También se refiere a la medida del número de esferas de plomo que pesan una libra.

Camisa: Cubierta exterior sobre el núcleo metálico de una bala.

Cañón: Tubo de metal de un arma de fuego hecho de hierro o acero a través del cual la bala o tiro pasa cuando el arma es disparada.

Cargador: Caja de metal desmontable diseñado para contener un número de cartuchos para cargar el arma de fuego.

Cargar: Preparar el arma para disparar insertando las municiones.

Cartucho: Casquillo, generalmente hecho de latón o cobre que contiene la carga de pólvora, el fulminante y la bala. Los cartuchos de escopeta incluyen a todos los que contienen postas o perdigones pequeños en lugar de una bala.

Contusión: Del latín *contusio*, una contusión es un daño que se produce en alguna parte del cuerpo a causa de un golpe y que no genera una herida exterior.

Corrosión: Picado gradual de las partes metálicas de un arma de fuego causada por la oxidación.

Cribar: Pasar una materia por una criba para separar las partes finas y las gruesas o para limpiarla de impurezas.

C.f.: Abreviación de Centerfire

Crestas: En el estriado del ánima, las partes altas del interior del cañón.

Chimenea (Oídos): Pequeño conducto tubular que conduce el flamazo del fulminante a la recámara donde se encuentra la carga de pólvora, en los rifle de percusión.

DDNP: Diazodinitrofenol (*Diazodinitrophenol*) explosivo especialmente diseñado para provocar grandes daños debido a su potencia. Es de muy difícil transporte, la forma más segura que moverlo es diluido en agua, donde se vuelve prácticamente inerte.

Deflagrante: Explosivo en los que la reacción se inicia por mecanismos químicos tradicionales: activación termocinética (calor), en éste caso con la acción mecánica del golpe de pistón.

Desecar: Dejar seca una cosa, eliminando la humedad que contiene.

EFP: Penetrador Formado Explosivamente (*Explosively Formed Penetrator*). Proyectoil formado por una carga explosiva dirigida, dotada de un disco de cobre, cuando la carga estalla ese disco se expande penetrado y destruyendo todo lo que encuentra en su camino.

Erosión: Desgaste producido en la superficie metálica de un cañón por la bala o carga de municiones o por el calor de los gases de la pólvora.

Estrías: Marcas dejadas por el rayado del ánima en la bala al momento del disparo. Ver Rayado.

FMJ: Balas con envuelta completa (*Full Metall Jacketed*) Proyectoil con núcleo de plomo cubierto por un metal más duro pero suficientemente blando como para adaptarse a las estrías del cañón sin desgastarlas demasiado. En general se usa el cobre o el latón.

Fogonazo: Luz brillante que sale de la boca de las armas de fuego, causado por la combustión.

Fulminante (Pistón): Copa de metal rellena con material explosivo. El fulminante es golpeado por el martillo, y enviando por el oído o chimenea un flamazo hasta la carga principal de pólvora.

Gauges: Palabra anglosajona que significa Calibre. Es utilizada principalmente al referirse al calibre de las escopetas.

Grain: Unidad de medida de peso equivalente a 1/7000 partes de libra. Téngase en cuenta que un Grain no es lo mismo que un granulo de polvo.

HE: Explosivo de Alto poder (*High Explosive*). Se refiere a un proyectoil de artillería cargado con un explosivo potente que generalmente estalla por impacto. A veces, también puede llevar temporizador y algunos pocos en el Ejército de los Estados Unidos un radar de proximidad.

HEAT: Explosivo antitanque de alto poder (*High Explosive Anti Tank*). Consiste básicamente en la creación de un espectro de plasma dirigido a un punto específico del tanque, que debido a su alta temperatura y velocidad de impacto, desprende un chorro de metal contra su objetivo, rompiendo literalmente el metal y el blindaje del carro en astillas a altísima velocidad, junto con el material del proyectil como metralla, causando la muerte o heridas graves a la tripulación del tanque

HMTD: Hexametileno-triperóxido-diamina. Compuesto orgánico altamente explosivo que se ha utilizado de forma recurrente en la elaboración de bombas caseras.

IBIS: Siglas de Sistema Integrado de Identificación Balística. Almacena las imágenes identificativas de proyectiles disparados y vainas percutidas en armas de fuego originales. Guarda, también información relacionada con proyectiles, vainas, armas de fuego y lugar de los hechos (Fecha, hora y sitio).

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INTERPOL: Organización Internacional de Policía Criminal. Organización de policía internacional, con 190 países miembros. La misión de INTERPOL es la comunicación policial para un mundo más seguro y por eso apoya y ayuda a todas las organizaciones, autoridades y servicios cuyo objetivo es prevenir o combatir la delincuencia internacional.

JSP: Punta Blanda Semi-encamisada (*Jacketed Soft Point*), tipo de bala. Proyectil que consta de un núcleo de aleación de plomo recubierto parcialmente con camisa de latón. En este caso deja al descubierto el sector correspondiente a la punta del proyectil que al ser de material más blando, se deforma al impactar sobre el blanco expandiéndose, con lo que aumenta su diámetro y que unido al movimiento rotacional produce lesiones de elevada consideración y alto poder.

Llave: pequeña pieza metálica que es usada para dar cuerda al mecanismo del eslabón de rueda.

LR: Abreviación en inglés para Rifle Largo (Long Rifle). Tipo de fusil de avancarga empleado por civiles y militares. Se caracteriza por un cañón inusualmente largo, que se cree que era un desarrollo característico de los fusiles norteamericanos.

Mágnum: Cartucho o tiro con más poder que el normal.

Martillo: Parte de la acción que impulsa la aguja o percutor.

Match Point, IBIS: Herramienta de tratamiento de imagen que permite reconocimiento de parámetros métricos en balas y más específicamente en las estrías.

Migración: Desviación en el trayecto de una bala a causa de alojarse inicialmente en un vaso sanguíneo u órgano como el intestino y que es arrastrado por el torrente sanguíneo o movimientos peristálticos a zonas alejadas del punto de penetración.

Milímetro: Medida métrica equivalente a .03907 pulgadas (mm).

Núcleo: Parte interior de la bala que puede o no estar cubierta por una camisa.

OSCE: Entidad encargada de velar por el cumplimiento de las normas relacionadas con las adquisiciones públicas del estado. El OSCE supervisa el sistema de contrataciones y adquisiciones del estado (bienes, servicios y obras) promoviendo la eficacia y transparencia de la gestión pública.

Penetración: Distancia recorrida por un proyectil desde el punto donde impacto hasta el punto donde se detiene.

PENT: Tetranitrato de Pentaeritritol, conocido como Pentrita. Es uno de los más altos explosivos conocidos. También se utiliza como vasodilatador, similar a la nitroglicerina.

Pequeño calibre: Generalmente se refiere a las armas de fuego calibre.22.

Percutor: Parte del mecanismo que golpea al fulminante del cartucho.

PGR: Procuraduría General de la República.

Pólvora: Mezcla química que sirve como principal propelente en las armas. Actualmente se utiliza como término genérico para cualquier propelente usado en las armas de fuego.

Pólvora negra: Polvo fino mezcla de tres ingredientes básicos: Salitre (Nitrato de Potasio), Carbón y Azufre.

Postas/Perdigones: Municiones de plomo que se usan en los cartuchos de escopeta.

Propelente: Sustancia química que imparte movimiento al proyectil en una arma de fuego.

Proyectil: Bala o tiro en vuelo después de haber sido disparado por un arma de fuego.

Punta hueca: Bala cuya punta tiene un hueco diseñado para incrementar su expansión.

Rayado: Ranuras en espiral que se cortan en la superficie interna del canon y causan que la bala gire para darle más estabilidad. La parte de arriba del rayado se llama cresta y la parte baja se llama surco.

Reborde: Parte sobresaliente de la base de un cartucho que impide que el casquillo se vaya por la recámara.

Retardante: Material que se agrega a un explosivo para hacer más lenta su combustión (grafito, vaselina etc.).

Retrocarga: Arma de fuego que se carga por la recámara

R.f.: Abreviación de rimfire.

RIDAF: Acrónimo de Residuos Inorgánicos de Disparo con Arma de Fuego.

S&W: Smith & Wesson es el mayor fabricante de armas de fuego cortas de Estados Unidos. Las letras indican que los cartuchos son de su autoría.

Sabot: Casquillo desechable que permite disparar un proyectil subcalibrado ajustándolo al diámetro interno del cañón.

Seguro: Artefacto que bloquea los mecanismos de disparo de un arma de fuego.

SPL: Bala especial (*Special*). Los proyectiles denominados especiales son usados para misiones muy concretas. Ejemplos de ellos son perforantes, trazadoras, explosivas o los incendiarias.

Semi-automático: Acción que dispara, extrae, arroja, recarga y acerroja con sólo oprimir una vez el gatillo, es operado por los gases de la combustión. También es llamado de auto carga.

Taco: es el disco usado para separar la pólvora de las municiones ; o para sellar los gases del propelente de atrás de las postas; o para mantener las postas juntas en el cañón.

TCA: Tratado Internacional sobre el Comercio de Armas (Arms Trade Treaty, ATT). Es una iniciativa que busca mejorar la regulación del comercio

internacional de armas y evitar así las muertes y violaciones a los derechos humanos de personas, consecuencia del comercio no regulado o de la desviación de armas al comercio ilícito.

Trayectoria: Patrón de vuelo de una bala desde la boca del cañón hasta el impacto.

TATP: Peróxido de Acetona, Peroxiacetona o Triperóxido de Triacetona, de este último proceden las siglas TATP. Compuesto altamente explosivo.

Velocidad: es la velocidad con la cual un proyectil viaja usualmente se mide en pies por segundo o en metros por segundo.

Widia o Vidia: "Como Diamante" (Alemán) Carburo de wolframio o carburo de tungsteno, es un compuesto formado por wolframio y carbono. Se utiliza fundamentalmente, debido a su elevada dureza, en la fabricación de maquinarias y utensilios para trabajar el acero.

Yunque: Superficie sólida del cartucho, donde se aloja el fulminante contra el cual golpea el percutor para encenderlo

TRABAJOS CITADOS

1. DEFINICION.DE, **BALA ¿QUÉ ES?, SIGNIFICADO Y CONCEPTO.** [CITADO EL 23 DE JUNIO DE 2015]. DISPONIBLE EN: <http://definicion.de/bala/#ixzz3dTJlb1jZ>
2. ELITE, S. **TIPOLOGÍA Y MORFOLOGÍA DE LAS MUNICIONES.** [CITADO EL 23 DE JUNIO DE 2015]. DISPONIBLE EN: <http://www.sniperselite.com.ar/intromunitipo.html>
3. CANO, I. **EL IMPACTO DE LAS ARMAS EN EL DESARROLLO.** 1° ED. RÍO DE JANEIRO, BRASIL. UNIVERSIDAD DE RÍO DE JANEIRO, 2016 [CITADO 17 DE MARZO 2016]. DISPONIBLE EN: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/cano.pdf>
4. PARTIDO DE LA REVOLUCIÓN DEMOCRÁTICA. **TRÁFICO ILEGAL DE ARMAS INCREMENTÓ VIOLENCIA Y DELITOS DE ALTO IMPACTO: SENADORES DEL PRD,** 2015 [CITADO EL 17 DE MARZO 2016]. DISPONIBLE EN: <http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/19248- trafico-ilegal-de-armas-incremento-violencia-y-delitos-de-alto-impacto-senadores-del-prd.html>
5. PINO, F. (17 DE OCTUBRE DE 2013). **CÓMO FUNCIONA UN REVOLVER.** [CITADO EL 23 DE JULIO DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://curiosidades.batanga.com/3562/como-funciona-un-revolver>
6. ARMAS DE FUEGO. **CÓMO FUNCIONAN.** [CITADO EL 23 DE JUNIO DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://www.como-funcionan.com/arma-de-fuego/>
7. DECAZA.COM. **EL DISEÑO DE LAS BALAS.** [CITADO EL 28 DE DICIEMBRE DE 2015]. DISPONIBLE EN: http://www.decaza.com/modules.php?name=Content&pa=print_page&pid=6
8. ARMAS DE FUEGO. **LIGERAS, DEPORTIVAS Y MILITARES, EVOLUCIÓN DEL CARTUCHO.** [CITADO EL 28 DE DICIEMBRE DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://historiadelasarmasdefuego.blogspot.mx/2008/12/invencion-y-evolucion-del-cartucho.html>

- 9.** MUNICION.ORG. CARGADORES. [CITADO EL 30 DE JULIO DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://www.municion.org/carregadors/carregadors.htm>
- 10.** ARMAS DE FUEGO. LIGERAS, DEPORTIVAS Y MILITARES. (14 DE ABRIL DE 2012). [CITADO EL 28 DE DICIEMBRE DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://historiadelasarmasdefuego.blogspot.mx/2012/04/la-polvorasus-origenespolvora-negra.html>
- 11.** DIRECCION GENERAL DE FABRICACIONES MILITARES. PÓLVORAS. [CITADO EL 13 DE AGOSTO DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://www.fab-militares.gov.ar/polvoras/>
- 12.** HOWARD, E. (1800). ON A NEW FULMINATING MERCURY. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON, 90 (1): 204–238. DOI: 10.1098/RSTL.1800.0012
- 13.** KURZER, F. (1999). THE LIFE AND WORK OF EDWARD CHARLES HOWARD FRs. ANNALS OF SCIENCE, 56(2), 113-141. DISPONIBLE EN: <http://dx.doi.org/10.1080/000337999296445>
- 14.** PIKE J. RIFLE HISTORY. GLOBALSECURITY.ORG. 2016 [CITADO EL 17 DE FEBRERO DE 2016]. DISPONIBLE EN: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/rifle-history.htm>
- 15.** BL@NKO´S. ARMAS DE FUEGO. [CITADO EL 21 DE AGOSTO DE 2015] SE PUBLICA BAJO UNA LICENCIA DE CREATIVE COMMONS. DISPONIBLE EN: <http://historiadelasarmasdefuego.blogspot.mx/2011/06/cartuchos-de-fuego-anular-y-fuego.html>
- 16.** FEDOROFF, B. T., & HENRY A. AARONSON, E. F. (1960). ENCYCLOPEDIA OF EXPLOSIVES AND RELATED ITEMS (VOL. 1). ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: US ARMY RESEARCH AND DEVELOPMENT COMMAND TACOM, ARDEC.
- 17.** CENTERS FOR DIEASE CONTROL AND PREVENTION. FACTS ABOUT SODIUM AZIDE. (2003). ATLANTA, GEORGIA, ESTADOS UNIDOS: CDC. DISPONIBLE EN: <http://www.bt.cdc.gov/agent/sodiumazide/basics/facts.asp>

- 18.** KÖHLER, J., MEYER, R., & HOMBURG, A. (2008). EXPLOSIVSTOFFE. WILEY-VCH. P. 92, 93, 253, ISBN-ISSN 978-3-527-32009-7 DISPONIBLE EN: <https://miningandblasting.files.wordpress.com/2009/09/explosives-6th-edition-by-meyer-kohler-and-homburg-2007.pdf>
- 19.** AYUDAMOSCONOCER.COM (2016). ESTIFNATO PLOMO, [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: <http://ayudamosconocer.com/significados/letra-e/estifnato-plomo.php#Fuente>
- 20.** GAVIRA, J. M. (19 DE AGOSTO DE 2013). TRIPLE ENLACE. [CITADO EL 21 DE AGOSTO DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://triplenlace.com/2013/08/19/la-quimica-de-breaking-bad-2-el-verdadero-poder-explosivo-del-fulminato-de-mercurio/>
- 21.** GREENBERG, A. (2000). A CHEMICAL HISTORY TOUR. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: JOHN WILEY & SONS.
- 22.** YOFFE, Z. I. (1967). ELECTRONIC STRUCTURE AND STABILITY OF THE INORGANIC FULMINATES. PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON , 302 (1468): 35-49
- 23.** TAYLOR, C.A., RINKENBACH, W.H.: H.M.T.D. - A NEW DETONATING EXPLOSIVE. ARMY ORDNANCE 5, 463-466 (1924)
- 24.** TAYLOR, C. A.; RINKENBACH, W. H. H.M.T.D. A NEW DETONATING EXPLOSIVE. ARMY ORDNANCE 1924. 5, 463-466
- 25.** VAN NATTA JR., DON; ELAINE SCIOLINO, STEPHEN GREY (2006). IN TAPES, RECEIPTS AND A DIARY, DETAILS OF THE BRITISH TERROR CASE NEW YORK TIMES. [CITADO EL 12 DE OCTUBRE DE 2006].
- 26.** ECURED.CU. (2016). PENT - ECURED. [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: [HTTP://WWW.ECURED.CU/INDEX.PHP/PENT](http://www.ecured.cu/index.php/pent)
- 27.** FOGONAZOS.ES. (2016). UN COMPUESTO REALMENTE INESTABLE. [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: <http://www.fogonazos.es/2008/06/un-compuesto-realmente-inestable.html>

- 28.** TRIPLÉNFACE. (2012). AL TRIYODURO DE NITRÓGENO NO SE LE PUEDEN HACER COSQUILLAS. [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: <http://triplenlace.com/2012/12/31/al-triyoduro-de-nitrogeno-no-se-le-pueden-hacer-cosquillas/#sthash.ODD2HdnH.dpuf>
- 29.** AVENDAÑO, J. (1844) MANUAL COMPLETO DE INSTRUCCIÓN PRIMARIA ELEMENTAL Y SUPERIOR: PARA USO DE LOS ASPIRANTES A MAESTROS Y ESPECIALMENTE DE LOS ALUMNOS DE LAS ESCUELAS NORMALES DE LA PROVINCIA. MADRID. IMPRENTA D DIONISIO HIDALGO. PÁGINAS: 435-441.
- 30.** EHOW EN ESPAÑOL. (2013). ¿QUÉ METALES SE ENCUENTRAN EN LAS BALAS? [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: http://www.ehowenespanol.com/metales-encuentran-balas-info_308135/
- 31.** PAYNE-GALLWEY R, (1995). THE BOOK OF THE CROSSBOW. NEW YORK: DOVER PUBLICATIONS; 1995.
- 32.** POLICIASENLARED.BLOGSPOT.MX,. (2008). EL INVESTIGADOR: IBIS. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN BALÍSTICA [CITADO EL 27 DE FEBRERO DE 2016] DISPONIBLE EN: <http://policiasenlared.blogspot.mx/2008/09/ibis-sistemas-de-identificacin-balstica.html>
- 33.** MARTÍNEZ, J. D. (2006). 1ª PARTE. CURSO DE BALÍSTICA. TARRAGONA, TORTOSA, ESPAÑA.
- 34.** TORO, J. (2012) PARTE SEXTA. CAPÍTULO BALÍSTICA LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y LA TÉCNICA CRIMINALÍSTICA. (4) DISPONIBLE EN: <http://www.nunezdearco.com/PDF/Balistica%20examen%20alumnos.pdf>
- 35.** CORNER J. THEORY OF THE INTERIOR BALLISTICS OF GUNS. NEW YORK: JOHN WILEY AND SONS; 1950.
- 36.** REISZ, C. (2001). CIENCIA DE LOS EXPLOSIVOS. [CITADO EL 28 DE DICIEMBRE DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://www.scurtynet.com>

- 37.** GREEN, A., & SAUVE, J. (SEPTEMBER-OCTOBER DE 1972). THE ANALYSIS OF GUNSHOT RESIDUE BY ATOMIC ABSORTION SPECTROPHOTOMETRY. ATOMIC ABSORTION NEWSLETTER, 11(5).
- 38.** COBB, P. (1996). FORENSIC SCIENCE, CHAPTER 1. EXTRAIDO DE: WHITE P. CRIME SCENE TO COURT. CAMBRIDGE, UK: ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, INFORMATION SERVICES; 1998.
- 39.** MORENO GONZÁLEZ, L. (2001). BALÍSTICA FORENSE. 12^{va} EDICIÓN. PORRUA.
- 40.** DI MAIO, V. (1999). HERIDAS POR ARMA DE FUEGO. ASPECTOS PRÁCTICOS SOBRE LAS ARMAS DE FUEGO, BALÍSTICA Y TÉCNICAS FORENSES. LA ROCCA.
- 41.** AARON, R. RESIDUO DE PÓLVORA: LA PISTA INVISIBLE. [CITADO EL 29 DE JULIO DE 2015 DISPONIBLE EN: <http://www.hackcanada.com/blackcrawl/survive/gunshot.txt>
- 42.** TREADWELL, F. E. TRATADO DE CRIMINALÍSTICA TOMO II, LA QUÍMICA ANALÍTICA EN LA INVESTIGACIÓN DEL DELITO. BUENOS AIRES: ED. POLICÍA FEDERAL ARGENTINA.
- 43.** COWMAN, M. E., & PURDON, P. (1967). A STUDY OF THE PARAFFIN TEST. FORENSIC SCI., 12(1) 1967:19-35.
- 44.** VOGEL, A. I. QUÍMICA ANALÍTICA CUALITATIVA. BUENOS AIRES: KAPELUSZ.
- 45.** TNTE. CRNEL. LCDO. MARCO DAMIÁN CUESTA, Z. REOCITIES, DE CORRECTA INTERPRETACIÓN DE LA PRUEBA DE LA PARAFINA. [CITADO EL 6 DE NOVIEMBRE DE 2015] DISPONIBLE EN: <http://www.reocities.com/CollegePark/Union/6478/parafina.html>
- 46.** FORENSE, 1. S. (1996). CONCLUSIONES DEL 1ER. SEMINARIO NACIONAL DE BALÍSTICA FORENSE. PORTO ALEGRE.

- 47.** GONZÁLES, R. M. (2010). BREVE EXAMEN CRÍTICO DE LAS TÉCNICAS APLICADAS PARA DETERMINAR LA AUTORÍA DEL DISPARO DE ARMAS DE FUEGO, DE LA PRESUNCIÓN A LA CERTEZA. XI JORNADAS SOBRE JUSTICIA PENAL. LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA PENAL EN MÉXICO. . MÉXICO: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS DE LA UNAM.
- 48.** MAIO, V. D. (1999). DETECCIÓN DE RESIDUOS POR DISPARO. BUENOS AIRES: LA ROCA.
- 49.** JULIO SOSA, B. (6 DE JUNIO DE 2012). MOVIÉNDONOS HACIA UNA SOLUCIÓN DIGITAL. REVISTA ON-LINE DE CRIMINALÍSTICA 21:54.
- 50.** NESBITT R, WESSEL J, JONES P. DETECTION OF GUNSHOT RESIDUE BY USE OF THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPE. JOURNAL OF FORENSIC SCIENCES. 1976; 21(3):10532J.
- 51.** CNEA.GOV.AR. (2016). APLICACIONES FORENSES DEL SEM | CNEA. [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: <http://www.cnea.gov.ar/node/417>
- 52.** CASAS SÁNCHEZ J, RODRÍGUEZ ALBARRÁN M. MANUAL DE ACTUACIÓN MÉDICO-LEGAL EN URGENCIAS. MADRID: IM&C; 2000.
- 53.** GISBERT CALABUIG, J. (1998). MEDICINA LEGAL Y TOXICOLÓGICA. BARCELONA: ED. MASSON.
- 54.** BONNET E. MEDICINA LEGAL. BUENOS AIRES: LÓPEZ LIBREROS; 1980.
- 55.** PÉREZ PINEDA, B., & GARCIA BLÁZQUEZ, M. (1990). MANUAL DE MEDICINA LEGAL PARA PROFESIONALES DEL DERECHO. GRANADA: COMARES.
- 56.** ROJAS, N. (1966). MEDICINA LEGAL ED. ATENEO. BUENOS AIRES: ATENEO
- 57.** CEJAS MAZZOTTA, G. (1998). DICCIONARIO CRIMINALISTICO: GLOSARIO BÁSICO USUAL EN INVESTIGACIÓN JUDICIAL. ARGENTINA: EDICIONES JURÍDICAS CUYO.

- 58.** CASAS SÁNCHEZ, J., & RODRÍGUEZ ALBARRAN, M. (2000). MANUAL DE ACTUACIÓN MÉDICO LEGAL EN URGENCIAS. MADRID 2000: DPTO. MEDICINA LEGAL Y FORENSE. U.C.M.
- 59.** SÁNCHEZ UGENA, F. (1995). ESTUDIO NECROSCOPICO EN LAS MUERTES ORIGINADAS POR ARMAS DE FUEGO DE PROYECTIL UNICO. CARACTERES MACROSCOPICOS. CUADERNOS DE MEDICINA FORENSE, N° 1 JULIO P.12.
- 60.** OSORIO ISAZA, L. C., & ET.AL. (2005). BALÍSTICA FORENSE. DIRECCIÓN NACIONAL CUERPO TÉCNICO DE INVESTIGACIÓN. COLOMBIA: IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA.
- 61.** NAVA, J. (2014). CIENCIAS FORENSES: PRUEBA DE WALKER. DE: CIENCIASFORENSES.MX.BLOGSPOT.MX. [CITADO EL 3 DE MARZO DE 2016] DISPONIBLE EN: <http://cienciasforensesmx.blogspot.mx/2014/02/prueba-de-walker.html>
- 62.** VILLALAIN, J.D. 2000. LESIONES ORIGINADAS POR ARMAS DE FUEGO. EN: "MANUAL DE MEDICINA LEGAL Y FORENSE" DE CASAS SANCHEZ, J. DE D. & RODRIGUEZ ALBARRAN, M.S.
- 63.** AMNISTÍA INTERNACIONAL. (2010). DATOS QUE MATAN. CONSECUENCIAS DEL COMERCIO IRRESPONSABLE DE ARMAS PARA LAS VIDAS, LOS DERECHOS Y LOS MEDIOS DE SUSTENTO. LONDRES, REINO UNIDO.
- 64.** ONU. (1948). DECLARACIÓN DE GINEBRA, PROGRAMA DE DATOS SOBRE CONFLICTOS DE UPPSALA. AMNISTÍA INTERNACIONAL.
- 65.** AMNISTÍA INTERNACIONAL. COMERCIO INTERNACIONAL DE ARMAS. LOS SEIS GRANDES EXPORTADORES DE ARMAS. [CITADO EL 27 DE JULIO DE 2015] DISPONIBLE EN: <https://www.es.amnesty.org/temas/armas/los-seis-grandes-exportadores-de-armas/>
- 66.** IHEA. IHEA: TIPOS DE PÓLVORA NEGRA. HOMESTUDY.IHEA.COM. 2016 [CITADO EL 8 DE NOVIEMBRE DE 2016]. DISPONIBLE EN: <http://homestudy.ihesa.com/espanol/advanced/28powder.htm>

67. SIPRI.ORG. (2016). *EL GASTO MILITAR MUNDIAL DISMINUYE PERO AUMENTA EN CHINA Y RUSIA, SEGÚN EL SIPRI.* [CITADO EL 31 DE MARZO DE 2016]. DISPONIBLE EN: http://www.sipri.org/media/pressreleases/2013/pr_translations_13/milex-press-release-spanish

68. PÉREZ A. *TRÁFICO DE ARMAS, EL NEGOCIO DE LA MUERTE.* CONTRALINEA.COM.MX PERIODISMO DE INVESTIGACIÓN. 2011 [CITADO EL 7 DE MARZO DE 2016]. DISPONIBLE EN: <http://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/index.php/2011/11/16/trafico-de-armas-el-negocio-de-la-muerte>