



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ENTRE RIOS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
LICENCIATURA EN CRIMINALISTICA

TESIS

TEMA:

**“Evaluación estadística de dispersión de perdigones
en disparos con escopeta calibre 16”**

ALUMNA:

Mariela Alejandra Arismendi

DIRECTOR:

Lic. Raul R. A. Cerolini

CO-DIRECTOR:

Lic. María Verónica Godoy

PARANA

Octubre 2.009

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no hubiese sido posible sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Primero y antes que nada, dar gracias a **Dios**, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis hijas Camila y Julieta, a quienes amo profundamente, y que me brindan su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento. Gracias por perdonarme mis ausencias aun estando presente, son lo mejor que me ha pasado.

A mi mamá, papa y hermanos, por su apoyo y ayuda incondicional, por cuidar a mis hijas y darme ánimo en todo momento.

Al Licenciado Raúl Cerolini, director de esta tesis, por su asesoría, sus apreciados aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta tesis.

A la Licenciada María Verónica Godoy, mi codirectora, con la que compartimos la pasión por la Química Balística, por su apoyo, ayuda, consejos, compañía incondicional y amistad; las conversaciones y reflexiones mantenidas con ella han sido de gran ayuda en todo mi trabajo.

A Sandra Alday, que respondió a todas y cada una de mis insistentes consultas, alentándome en todo momento.

A Cristian Frey y Carolina Godoy por haberme brindado su apoyo para la realización de las tareas de campo, en la realización de disparos y fotos necesarios en esta tesis.

A los restantes miembros del Laboratorio de Química Forense y Toxicología, que han vivido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño.

INDICE

Resumen	Pag.4
Summary	Pag.4
Introducción	Pag.5
Objetivos	Pag.6
Marco Teórico	Pag.7
Capítulo I	Pag.7
1-Concepto y clasificación	Pag.7
2-Armas de Fuego: distintas clases	Pag.7
3-Armas largas: Escopeta	Pag.8
4-Cartuchos de escopeta	Pag.10
Capítulo II	Pag.13
1-Disparo de arma de fuego: Elementos que integran el disparo	Pag.13
2-Balística de la herida por disparo de escopeta	Pag.14
3-Heridas por disparo de escopeta	Pag.14
4-Determinaciones Químicas	Pag.17
Capítulo III	Pag.18
1-Nociones básicas de estadística. Evaluación estadística de datos	Pag.18
Marco Metodológico	Pag.25
Análisis de Resultados	Pag.27
Conclusiones	Pag.43
Bibliografía	Pag.44
Anexos	Pag.45

RESUMEN

El mejoramiento de los procedimientos de diagnóstico, mediante la implementación de un método de estudio que permita definir la distancia del disparo exigido en la práctica forense, es de suma importancia en la administración de Justicia.

En la actualidad, en laboratorios forenses, la estimación de distancia de disparo efectuado con escopetas, se determina midiendo el diámetro donde se encuentra concentrada la mayor cantidad de orificios producidos por el impacto de proyectiles múltiples disparados y luego se coteja con las muestras obtenidas en disparos testigos con el arma y la cartuchería utilizada para perpetrar el hecho.

En este trabajo, se incorpora un análisis estadístico como parámetro, con el objetivo claro de aplicar métodos analíticos cada vez más optimizados para intentar establecer con mayor precisión, la distancia de realización de un disparo de arma de fuego.

SUMMARY

Improved diagnostic procedures, by implementing a method of study to define the distance of the shot required in forensic practice, is of paramount importance in the administration of Justice. Currently, forensic laboratories, the estimate of distance shot fired with shotguns, is determined by measuring the diameter is concentrated where the largest number of holes produced by the impact of multiple bullets fired and subsequently compared with samples obtained from witnesses shot gun and cartridge factory used to perpetrate made. In this paper, a statistical analysis is incorporated as a parameter, with the clear objective of applying analytical methods increasingly optimized to try to establish more precisely, the distance of realization of a gun shot.

INTRODUCCIÓN

Los enormes avances de las ciencias exactas y naturales han promovido profundos cambios en las ciencias forenses. Estos avances de las ciencias obliga a un replanteo en cuanto a la formación técnica que sería deseable posea un profesional que se desempeña como perito, ya que el mismo, a través de la autoridad de su conocimiento, su ética y la equidistancia entre las partes en conflicto, vuelca en su trabajo toda la fundamentación técnica y científica de que es capaz para que la justicia pueda decidir con un fundamento más certero, en su objetivo de arribar a la verdad.

La Criminalística es una disciplina auxiliar del Derecho Penal que aplica los conocimientos, métodos y técnicas de investigación de las ciencias naturales en el examen de material relacionado con un presunto hecho delictivo con el fin de llegar a la verdad histórica.

El estudio de las heridas producidas por disparo de arma de fuego forma parte de uno de los temas clásicos, constantes y fundamentales en todos los tratados de Criminalística. Esto obedece a que su producción exige siempre la investigación judicial, por lo que la participación del Criminalista es imprescindible para la investigación del caso y su incidencia es creciente a lo largo del tiempo y con carácter universal.

Muy pocos autores le han dedicado tiempo al estudio de las escopetas, debido al escaso interés desde el punto de vista pericial. Las escopetas se utilizaban antiguamente, casi exclusivamente para caza; los casos de heridos o muertes que se presentaban, se debían a accidentes con dichas armas. Con el crecimiento de los hechos delictivos en los cuales se utilizan estas armas largas, y especialmente cuando las fuerzas policiales comenzaron a usarlas comenzó a convertirse en un tema balístico.

En el Laboratorio de Química Forense y Toxicología, lugar donde desempeñamos nuestra labor diaria, la estimación de la distancia aproximada de realización de un disparo de arma de fuego es una solicitud pericial habitual. Al analizar la problemática que se presenta en el caso específico de la estimación de distancia de disparo realizado con escopetas, nos encontramos con el hecho de que se dispone de escasa bibliografía y escasos artículos científicos con métodos de ensayos estandarizados y validados de valor pericial. Debido a esto, los miembros del Laboratorio que habitualmente realizamos este tipo de pericias, consideramos la posibilidad de perfeccionar las metodologías utilizadas para profundizar en los conocimientos y procedimientos que nos conduzcan a arribar a conclusiones cada vez más precisas. Teniendo en cuenta que las armas de fuego son responsables de las lesiones contra las personas en gran cantidad de casos en nuestro país, nos encontramos con el desafío de actualizarnos en forma permanente y aprovechar al máximo las herramientas analíticas e instrumentales disponibles en nuestro ámbito laboral.

Con relación a estos conceptos, nos preguntamos:

¿Qué elementos se deberán considerar en la evaluación estadística de la dispersión de perdigones con el objeto de establecer distancia aproximada de disparo?

El estudio que planteamos en nuestro trabajo es un análisis integral de las distancias de realización de disparos efectuados con armas de hombro tipo escopetas, que contempla desde la obtención y el acondicionamiento óptimo de las muestras objeto de ensayo, procesamiento y análisis de datos obtenidos en las pruebas, hasta el posterior arribo a las conclusiones.

OBJETIVOS

Generales

- Realizar una evaluación estadística de la distribución de perdigones en disparos con escopeta calibre 16 a distintas distancias.

Específicos

- Establecer con el modelo estadístico aplicado distancia aproximada de disparo en una muestra incógnita.
- Determinar la precisión del método.
- Determinar la aplicabilidad a otros casos.

MARCO TEÓRICO

Capítulo I

1- Balística: concepto y clasificación

La **Balística** es la parte del conocimiento de la Criminalística que tiene por objeto el estudio de las armas de fuego, su munición, efectos y fenómenos propios del disparo, en tanto y en cuanto fueran de utilidad como aporte material al esclarecimiento de un hecho, y que tiene particular interés tanto en un proceso penal como civil investigado. Se puede dividir en:

- ✓ **Balística interior:** se ocupa de todos los fenómenos que acontecen a partir de la deflagración de la pólvora, que hacen que el proyectil se ponga en movimiento hasta abandonar la boca de fuego. Esta parte de la Balística se ocupa también de todo lo relativo a las armas de fuego, su estructura, mecanismos, funcionamiento, carga y disparo de la misma.
- ✓ **Balística exterior:** se ocupa del estudio de la trayectoria del proyectil, desde que abandona la boca de fuego hasta su arribo al blanco, y de los fenómenos que lo afectan en concordancia con las particularidades de cada caso, tales como la gravedad, la resistencia del aire, la influencia de la dirección e intensidad de los vientos y particularmente los obstáculos que se le interpongan y que en definitiva son productores de los rebotes que modifican la trayectoria original.
- ✓ **Balística de efectos:** se ocupa del estudio de los efectos que produce el proyectil al penetrar el blanco elegido o todo aquel que se haya interpuesto en su trayectoria, tendiente a individualizar particularmente la localización y características de los orificios de entrada (OE) y de salida (OS) del proyectil, como así también las características de la zona que rodea al orificio de entrada (OE) a los fines de determinar la existencia de indicios o signos que permitan establecer la distancia a la cual ha sido efectuado el disparo,

2- Armas de fuego: distintas clases

Las armas de fuego están comprendidas en la clasificación de armas propias, juntamente con las armas blancas: entendiéndose por armas propias todas aquellas que se construyen con el fin de ofender o defenderse.

Un “**arma de fuego** es la que utiliza la energía de los gases producidos por la deflagración de la pólvora, para lanzar un proyectil a distancia” (Ley N° 20.429/73 - Decreto Reglamentario N°395/75). Se halla compuesta por un conjunto de elementos mecánicos que, funcionando en forma normal y armónica entre sí, resultan capaces de lanzar un proyectil a determinadas distancias, con fuerza y precisión que varían según el tipo de armas, cartuchos y proyectiles de que se trate. Estos proyectiles poseen una gran energía cinética o fuerza remanente por lo que alcanzan largas distancias con gran capacidad de penetración.

Se pueden clasificar:

✓ **Por su alcance y longitud del cañón:**

-Armas de fuego cortas: pistolas ordinarias, revólveres, pistolas automáticas, pistolas ametralladoras.

-Armas de fuego largas: escopetas de caza, fusiles, carabinas, fusiles ametralladoras, subfusil o metralleta.

✓ **Según la carga:**

-De proyectiles múltiples.

-De proyectil único.

✓ **Según la constitución:**

-Armas típicas: son las construidas como tales por los distintos fabricantes para los diferentes usos

-Armas atípicas: son las modificadas o fabricadas de forma casera: tuberías, de imitación modificadas, de coleccionista, etc.

✓ **Según la forma en que se cargan:**

-Armas de antecarga o avacarga: se introduce toda la carga (pólvora, taco, proyectiles) por la boca del cañón

-Armas de retrocarga: se introduce el cartucho directamente en la recámara.

3- Armas largas: Escopeta

Un “**arma de hombro o larga**” es el arma de fuego portátil, que para su empleo normal, requiere estar apoyada en el hombro del tirador y el uso de ambas manos” (Ley N° 20.429/73 -Decreto Reglamentario N°395/75).

Una “**escopeta** es el arma de hombro de uno o dos cañones de **ánima lisa**, que se carga normalmente con cartuchos conteniendo perdigones” (Ley N° 20.429/73 -Decreto Reglamentario N°395/75).

Las **escopetas están constituidas** por una serie de elementos básicos:

- **Cañón.**
- **Culata.**
- **Mecanismos.**
- **Choke.**

El **cañón** es la pieza metálica hueca en donde ocurren la mayor parte de los procesos físicoquímicos que provoca el disparo del proyectil. El hueco interior del cañón recibe el nombre de “ánima” o “alma”. Está compuesto por dos partes fundamentales: la **recámara** y el **cañón propiamente dicho**.

La **recámara** es el extremo del cañón donde se aloja el cartucho. Tiene que soportar la presión de la vaina del cartucho en el momento del disparo y por tanto es una pieza especialmente diseñada para soportar enormes esfuerzos. Es levemente más grande en diámetro que el ánima del cañón. Las recámaras han sido cortadas a la exacta y total longitud de la vaina de cartucho disparada.

En el **cañón propiamente dicho**, el proyectil comienza su desplazamiento adquiriendo las características balísticas que le serán particulares (velocidad, dirección, etc.). En las escopetas el cañón es liso. Está realizado en acero forjado, confiriéndole su fabricación cierta elasticidad. Su labor es principalmente la de dirigir el disparo hacia el punto deseado.

Entre la recámara y el ánima, existe una sección corta, cónica, llamada cono de forzamiento. Esta sección aprieta la carga a medida que emerge de la vaina de escopeta, permitiendo que los perdigones sean llevados suavemente dentro del ánima. (Di Maio: 1999)

La **culata** sirve para adaptar el arma al tirador. Están fabricadas en distintos tipos de plásticos y maderas, aunque la mayoría están realizadas en nogal madera fuerte y resistente.

En los **mecanismos**, según el tipo de arma, estarían incluidos el sistema de percusión, sistema de expulsión y, ocasionalmente, el sistema de alimentación. Varían notablemente de un arma a otra, existiendo numerosos sistemas y calidades.

La mayoría de los cañones de escopeta tienen algún grado de **choke**, esto es, una contricción parcial del ánima de su cañón a la altura de la boca, de manera de controlar los patrones de disparo. El choke puede ser permanente y estar construido dentro del cañón, o el cañón puede aceptar tubos de choke que son atornillados a la boca de fuego. El choke restringe el diámetro de la columna de perdigones, aumentando su longitud en total. Las capas exteriores de perdigones reciben aceleración interior, a medida que atraviesan el área de constricción. Esto permite la concentración del plomeo, esto es, sostener junta la columna de perdigones por una mayor distancia, a medida que se aleja de la boca de fuego. Cuanto más compacto sea el choke, más pequeño será el patrón de perdigones (rosa de dispersión).

Las escopetas pueden ser:

- de repetición.
- semiautomáticas: es un arma de un solo cañón que permite el disparo de varios cartuchos sin recargar (hasta tres son los permitidos por la legislación) Suelen estar adaptadas para el uso de polichokes o chokes variables. El funcionamiento del sistema de expulsión y alimentación se realiza gracias a la presión de los gases del primer disparo. Tienen un menor retroceso que las armas paralelas o superpuestas.
- de carga tiro a tiro.
- de cañones superpuestos: tiene dos cañones superpuestos el uno sobre el otro y unidos de diversos modos: macizo y ventilado
- de cañones yuxtapuestos: tiene dos cañones paralelos.
- de acción a palanca.
- de acción a trombón.
- de carga automática.

Las escopetas, poseen un sistema de medición de **calibres**, en el cual las “medidas absolutas” surgen del Gun Barrel Proof Act de Londres de 1868. Este sistema ha sido adoptado por igual en todos los países del mundo. En esa oportunidad, los calibres fueron clasificados en letras o números, oscilando entre dos pulgadas y .453 de diámetro. El sistema utilizado para definir los calibres, consistió en la cantidad de esferas de plomo (del diámetro del cañón) que podían obtenerse con una libra de plomo. Es así que cuanto más grande es el cañón, menor sería la cantidad de bolas de plomo, obtenidas con una libra de ese material. En efecto, se dice que una escopeta es de calibre 10, cuando se obtienen diez bolas del diámetro del cañón, con una libra de plomo. Las de calibre 12 será menor, las de 16 menor aún, etc.

Por eso cuando una escopeta tiene un diámetro menor de ánima, el calibre es mayor, es decir que es inversamente proporcional porque a menor diámetro son necesarias más esferas de plomo puro.

Los diámetros de los calibres más comunes son los siguientes:

<i>Calibre</i>	<i>Diámetro del ánima en milímetros</i>
4	23,75
8	21,29
10	19,77
12	18,50
16	16,80
20	15,60
24	14,70
28	14
32	10,90
36	12

Estas municiones múltiples se designan con un número inversamente proporcional al diámetro de la esfera, es decir que cuanto mayor es el número, menor es el diámetro de la esfera que configura el perdigón de plomo.

En Argentina, los diámetros en mm. con respecto a su número son:

<i>Número de perdigón</i>	<i>Diámetro en mm.</i>
1	4
2	3,75
3	3,50
4	3,25
5	3,00
6	2,75
7	2,50
8	2,25
9	2,00
10	1,75
11	1,50

4-Cartuchos de escopeta

Cartucho: es el conjunto constituido por el proyectil entero o perdigones, la carga de proyección, la cápsula fulminante y la vaina, requeridos para ser usados en un arma de fuego.

Partes del Cartucho de escopeta:

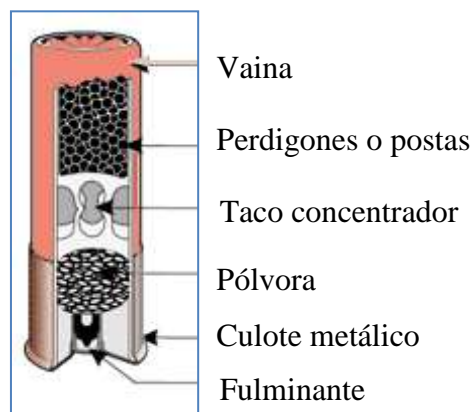


Fig.Nº1

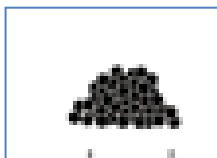


Fig.N°2:Perdigones



Fig.N°3:Monoposta

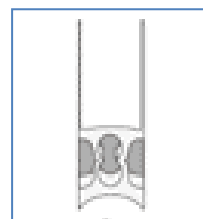


Fig.N°4:TacoConcentrador

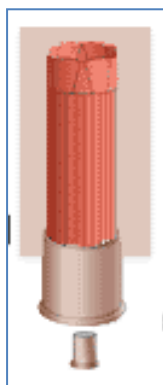


Fig.N°5:Vaina

Vaina

Culote metálico

Fulminante

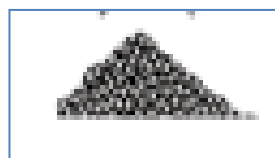


Fig.N°6: Pólvora

Vaina: contiene los otros componentes. Normalmente es de plástico o papel. Antiguamente algunos cartuchos eran hechos de cobre

Carga de perdigos o postas: Pueden ser perdigos, postas o monopostas. Se han fabricado cuatro tipos de perdigos: *común*, que es esencialmente de plomo puro; *endurecido*, que consiste en plomo endurecido por la adición de antimonio; *cobreado* y otro ampliamente disponible en la actualidad que incluye acero, bismuto y tungsteno(menos contaminante. Según su tamaño se clasifican siguiendo una escala del 1 al 11, siendo el 1 el perdigón más grande y pesado.

Taco concentrador: está hecho de plástico o papel, separa la pólvora de la carga de perdigos o de la posta. También se encarga de contener la carga de perdigos mientras viaja a lo largo del cañón al momento del disparo.

Pólvora: es el compuesto químico que se quema y que forma gases los cuales se expanden para expulsar la carga de perdigos o la posta hacia afuera del cañón.

Culote metálico: es la parte inferior de la vaina, compuesta, la mayoría de las veces, por una aleación de cobre.

Fulminante: Los cartuchos de escopeta presentan utilizan fulminante de percusión central. Contiene un compuesto químico que explota cuando es golpeado por la aguja de percusión.

Como se ha expuesto, las escopetas pueden disparar cartuchos que contienen en su interior una sola bala, denominadas monobala o proyectiles chatos, o disparar municiones cargadas con perdigones o postas.

Existe gran cantidad de **proyectiles chatos o monobala** para escopetas en el mercado. Las fábricas están constantemente experimentando para mejorar su producción. Podemos citar: el **Brennecke** europeo, el **Foster** americano y el **Sabot** (Di Maio: 1999). El proyectil Brennecke fue desarrollado en Alemania en 1898. Es de plomo sólido, con una nariz punteada, con tacos de fieltro y cartulina adheridos a la base por un tornillo. En su superficie están presentes aproximadamente doce rebordes angulados. El proyectil Foster, introducido por Winchester en 1936, es ojival, de plomo maleable, con una base profunda y cóncava y presenta de 12 a 15 rayas helicoidales cortadas en su superficie. Se podrán encontrar variaciones en el diseño de su construcción según la fábrica que lo realice. El proyectil chato Sabot no se sigue fabricando, fue hecho solamente en calibre 12. Tiene forma de reloj de arena con una base hueca, en donde se puede observar una inserción plástica blanda. Este proyectil se recuesta sobre un casquillo que consiste en dos mitades de plástico de polietileno de alta densidad.

Las **municiones** cargadas con perdigones o postas, hasta hace unos años se construían a partir de un culote de latón o hierro y un cuerpo de cartón. Con el tiempo se sustituyó el cartón por diversos materiales plásticos, mucho más estables, fuertes e impermeables que el cartón. En la actualidad, se producen algunos cartuchos totalmente en plástico salvo el pistón. Generalmente montan un número variable de perdigones o postas en función del uso previsto. Los perdigones son pequeñas esferas, generalmente de plomo aunque las consideraciones ambientales hacen que actualmente se construyan también de otros materiales como el acero. Sólo excepcionalmente tienen algún tipo de recubrimiento, y siempre es de tipo electrolítico (cobreado) pues su pequeño diámetro no permite envueltas más sólidas. Las postas son grandes esferas de las que cada cartucho lleva 9. A continuación hay insertado un taco o copa. En principio era un simple taco de fieltro o corcho engrasados que separaba la pólvora de los perdigones para transmitir uniformemente la energía de la pólvora. En la actualidad el taco es una copa o pieza plástica que envuelve los perdigones para protegerlos del roce contra el cañón y con un amortiguador en la base para suavizar el primer impulso. Pólvora y fulminantes son parecidos a los empleados en el resto de armas pero la variedad es enorme.

Capítulo II

1- Disparo de arma de fuego: Elementos que integran un disparo

a) Disparo de arma de fuego

Al efectuar un disparo con un arma de fuego, se produce una secuencia de eventos: al tirar de la cola del disparador se provoca que la aguja de percusión se suelte. Esta golpea el fulminante, comprimiéndolo, encendiendo su composición y produciendo una llama intensa. La llama penetra en la recámara principal de la vaina a través de uno o más oídos, encendiendo la pólvora y produciendo una gran cantidad de gas y calor. Este gas ejerce presión sobre la base del proyectil (o sobre la base del taco concentrador en el caso de un cartucho que expulsa proyectiles múltiples) y a los costados de la vaina, logrando propulsarlo a través del cañón. Mientras el proyectil (o taco y proyectiles) viajan a través del cañón, un poco de pérdida de gas lo supera, emergiendo de la boca de fuego antes que él. De cualquier manera, el resto del gas y la pólvora sin quemar emergen después del proyectil (o taco y proyectiles).

b) Elementos que integran el disparo de un arma de fuego

“Cuando los proyectiles emergen del cañón de un arma, están acompañados por un chorro de llama, gas, pólvora, hollín, residuos del fulminante, partículas arrancadas del o los proyectiles y metales vaporizados de ellos y de la vaina”¹.

La llama consiste en gases incandescentes a temperatura muy elevada y en una *bola de fuego* (fogonazo). La llama, usualmente, mide entre 2.54 cm. y 5.08 cm. de largo, dependiendo del arma utilizada. La llama tiene poca importancia, a no ser en heridas de contacto, donde puede chamuscar la piel alrededor de la herida de entrada. La bola de fuego que emerge de la boca de fuego consiste en gases desprovistos de oxígeno producidos por la ignición de la pólvora. Cuando emergen del cañón a temperaturas extremadamente altas, reaccionan con el oxígeno de la atmósfera, produciendo lo que comúnmente se conoce como fogonazo. Esto no debe confundirse con la llama.

La pólvora se desprende de la combustión incompleta de la carga propulsora, ya que la pólvora sin humo realmente nunca se quema por completo. En consecuencia, estará parcialmente quemada; los granos de pólvora quemados y sin quemar invariablemente emergen con el proyectil, a través del cañón. La cantidad de pólvora parcialmente quemada o sin quemar que se desprende depende de las propiedades de combustión de la pólvora. La pólvora sin humo no explota, en realidad, se quema.

Los productos dispersados desde la boca del cañón en el momento del disparo (*lengua de fuego, humo, pólvora, metales* (plomo, bario, antimonio), *proyectil/es, taco*) provocan en el blanco impactado los siguientes signos: *chamuscamiento* (quemadura provocada por la lengua de fuego), *ahumamiento* (depósitos de plomo, bario y antimonio provenientes de fulminante y depósitos de pólvora, llamado tatuaje en el caso de la piel por las microlesiones que se producen) y/o *anillo de enjugamiento* (depósitos en los bordes de sustancias halladas en el interior del cañón, como aceites o lubricantes y plomo del propio proyectil caliente que se deposita en los bordes del orificio en casos de proyectil/es de plomo desnudo).

¹ Di Maio, V.J.M. Heridas por arma de fuego. Aspectos prácticos sobre las armas de fuego, balística y técnicas forenses.1999.Vease pag.84

2-Balística de la herida por disparo de escopeta

La **escopeta** es altamente destructiva cuando es utilizada a muy corta distancia (a quemarropa). La gravedad y letalidad de una herida provocada por una escopeta dependen del número de perdigones o postas que hayan ingresado al cuerpo, del ingreso del taco, de los órganos afectados y la cantidad de tejido destruidos.

En las escopetas, a medida que la distancia aumenta se produce una dispersión de perdigones, con la resultante disminución en el número de éstos que impactan en el blanco. La forma balística desfavorable del perdigón, combinada con la falta de giro estabilizante, causa una rápida pérdida en la velocidad, de manera que más allá de una distancia relativamente cercana, los perdigones tienen insuficiente velocidad para atravesar la piel. En consecuencia, la distancia entre la boca de fuego y el blanco resulta extremadamente importante para determinar el número de perdigones que golpean en el cuerpo y lo penetran. El perdigón de tamaño más grande es el más efectivo a distancias más largas, porque retiene su velocidad mejor que el más pequeño.

3- Heridas por disparo de escopeta

Las **heridas por arma de fuego** se definen como el conjunto de alteraciones producidas en el blanco por el efecto de los elementos que integran el disparo en las armas de fuego.

Debemos recordar que las escopetas son armas de ánima lisa, por lo tanto las pericias balísticas son totalmente distintas a la de otras armas, ya que no se le puede dar identidad a un proyectil salido de esa ánima, ni a los monobalas y mucho menos a los perdigones. Es de suma importancia el estudio de las heridas producidas por el taco, los perdigones o postas y los signos dejados al momento del impacto.

“Los **orificios de entrada** producidos por escopeta, pueden ser:

a) únicos: cuando el disparo se efectúa con una munición monobala y cuando el disparo se efectúa a una distancia próxima utilizando cartuchos que expulsan proyectiles múltiples.

b) múltiples: de acuerdo con la distancia de disparo, a mayor distancia el orificio es múltiple.”²

Los **orificios de salida** son casi siempre múltiples, y muchas veces parte de los perdigones quedan en el cuerpo de la víctima.

Se realiza, a continuación, una descripción de las heridas provocadas por escopeta:

- ✓ **Heridas por contacto en la cabeza:** Estas heridas están dentro de las más mutilantes producidas por arma de fuego. Se produce la destrucción extensiva del hueso y de estructuras de tejido blando con rupturas explosivas en la cabeza. Usualmente podemos encontrar grandes fragmentos de la bóveda craneana y de los hemisferios cerebrales expulsados de la cabeza. La gravedad de las lesiones se debe a la carga del perdigón que penetra en el cráneo, al taco y al gas de la combustión de la carga propulsora. En la típica herida por contacto en la cabeza, el lugar de entrada resulta fácil de localizar, ya que se encontrarán en él grandes cantidades de ahumamiento. Los

² Locles, R.J.-Tratado de Balística-2005-Vease pag.44

bordes de la herida estarán chamuscados y ennegrecidos. El orificio de entrada a menudo se encuentra lesionado por grandes laceraciones que se extienden a través de la parte superior de la cabeza. A menudo también encontramos fragmentación del cráneo. El lugar de salida de los perdigones puede no ser hallado, debido a la falta de fragmentos del hueso y del cuero cabelludo.

En las heridas intraorales por disparo de escopeta, el hollín está presente en el paladar, en la lengua y, algunas veces, en los labios. Con frecuencia se pueden observar estrías en forma alargada o laceraciones superficiales de la piel perioral y de los pliegues nasolabiales provocados por el repentino y momentáneo abultamiento de la cara, producido por la cavidad temporaria y por el gas. También puede observarse laceraciones en la lengua. En la mayoría de las heridas por contacto en la cabeza puede apreciarse el hollín, aunque hay excepciones, ya que se han observado casos en los cuales no hay hollín ni en la parte externa ni en la interna.

- ✓ **Herida en la cabeza de distancia intermedia y cercana:** estas heridas son tan mutilantes como las causadas por contacto, porque los perdigones todavía continúan viajando en una sola masa. Las heridas graves son especialmente comunes si la masa de perdigones golpea el cráneo con un ángulo relativamente llano y abandona el cuerpo. Se pueden observar rasgaduras profundas en el cuero cabelludo. También pueden irradiarse, desde la entrada, estrías en forma alargada. Frecuentemente no se observa el sitio exacto de salida de los perdigones. La reconstrucción del cráneo puede ser de ayuda.

- ✓ **Herida por contacto en el tronco:** Estas heridas aparentan ser inocuas cuando son comparadas con la destrucción masiva que produce en la cabeza. La herida de entrada será circular y tendrá un diámetro aproximadamente igual al del ánima del arma. En las heridas por contacto fuerte, no se observará hollín alrededor del orificio de entrada, pero los bordes estarán chamuscados y ennegrecidos por los gases calientes. La piel no se partirá, como en las heridas en la cabeza, porque los gases se dispersarán en el tejido blando subyacente y en las cavidades viscerales. Los gases provocarán que el pecho o la pared abdominal se hinchen abruptamente, impactando la boca de fuego del arma con gran fuerza. Esto, a menudo, resultará en una detallada impresión de la misma. La herida de entrada puede estar rodeada por una amplia zona de piel abrasionada o excoriada, causada por la inflamación de la piel del pecho o abdomen alrededor de la boca de fuego en el momento de la descarga. Si la boca de fuego de una escopeta se sostiene en contacto flojo o cercano con el cuerpo, se podrá apreciar un área circular de hollín depositado sobre la piel, alrededor del orificio de entrada. A medida que la distancia aumenta, el diámetro del depósito de hollín hace lo propio, pero la densidad disminuye. El depósito de hollín continúa hasta una distancia de 30 cm. aproximadamente. Si la piel de alrededor de la herida por contacto de entrada es separada, el músculo subyacente usualmente presentará un tinte rojo-cereza proveniente de la formación de carboxihemoglobina y carboximoglobina, siendo la fuente del monóxido de carbono de los gases, la combustión de la pólvora. El monóxido puede acompañar al perdigón en su camino, a través del cuerpo; si se alojan subcutáneamente en la espalda, el monóxido de carbono puede producir una coloración rojo-cereza en el músculo subyacente.

- ✓ **Heridas en el cuerpo de distancia intermedia:** cuando el disparo se produce a 1 o 2 centímetros de blanco, aparece el tatuaje de pólvora. El producido por un disparo de escopeta es menos denso que el de un arma de puño a esa misma distancia. Esto se debe a que es más completo el consumo de pólvora, provocada por un cañón de mayor longitud. La distancia máxima a la que puede hallarse tatuaje de pólvora depende del tipo de pólvora, la longitud del cañón, entre otros.
- ✓ **Heridas en el cuerpo a distancia:** A medida que la escopeta se aleja del blanco, el tatuaje desaparece y el diámetro de la herida circular de entrada aumenta en tamaño, hasta alcanzar un punto donde los perdigones individuales comienzan a separarse de la masa principal. A la misma distancia, el patrón para armas y marcas de munición diferente puede variar de una perforación central irregular con numerosas heridas secundarias, a un patrón de múltiples heridas individuales de perdigón. En todas las heridas por disparo de escopeta, el tamaño del patrón de disparo (rosa de tiro) debería ser medido de manera de poder determinarse con precisión la distancia. El único método confiable consiste en obtener el arma empleada y la misma marca de munición usada, y realizar disparos testigos para reproducir sobre papel, tela o cuero de chanco, el patrón de dispersión. Otro factor a menudo no considerado, se refiere a la medición del patrón de dispersión. No todas las personas lo miden de la misma manera. Los perdigones voladores ocasionales deberían ser ignorados, y solamente se deberían medir la masa principal del patrón de perdigones.
- A distancia cercana, cuando existe un orificio de entrada único, el taco de la vaina será encontrado en el cuerpo de la víctima. Si el taco es de plástico, a medida que viaja, los brazos individuales o pétalos que se han desplegado en el vuelo pueden producir un patrón de abrasión alrededor de la herida de entrada. Estas marcas pueden ocurrir aun si el lugar de entrada está cubierto por ropa. También pueden estar acompañadas por tatuaje de pólvora de la piel adyacente, si la piel está desnuda. A medida que la distancia aumenta, los tacos gradualmente van cayendo y se separan de la masa principal de perdigones. A una distancia relativamente cercana, el taco puede impactar el borde de la entrada antes de deslizarse dentro del cuerpo. A medida que la distancia aumenta, los tacos se escurrirán lateralmente hasta que impacten sobre la piel adyacente al orificio de entrada y no penetren. A esta altura, el taco dejará una huella circular u oval sobre la piel. A medida que aumenta la distancia entre la boca de fuego y el blanco impactado, los tacos no darán en el cuerpo o golpearán con tan poca energía que no dejarán una marca sobre la piel o prendas. La máxima distancia que alcanzan los tacos no se puede precisar, ya que depende de múltiples factores, como el tipo de cartucho y el arma utilizada.

4- Determinaciones Químicas

Asimismo, es posible investigar la presencia de pólvora en la zona del orificio o los orificios mediante la técnica de **Peter Griess Von Illoswa**. Para esta prueba se necesitan los siguientes materiales: papel fotográfico, solución acuosa reciente de Tiosulfato de Sodio al 5-10%, solución acuosa de Acido Sulfanílico al 0,8%, solución reciente de Alfa Naftilamina al 0,5 % en metanol, solución de Acido Acético al 25 % en volumen, gasas y plancha. El método consta de los siguientes pasos:

a) Preparación del papel reactivo: Se coloca el papel fotográfico en una cubeta con la solución de Tiosulfato de Sodio durante 20 a 30 minutos en lugar oscuro, la que disuelve la sal de plata, quedando la capa de gelatina al descubierto.. Luego se trata con la solución de Acido Sulfanílico, se deja secar al aire y luego con Alfa Naftilamina, dajando secar bajo campana en posición vertical.

b) Fundamento de la reacción: la pólvora que fue semicombustionada ha transformado el ión nitrato en nitrito. La reacción consiste en una diazotación del Acido Sulfanílico en presencia del nitrito y una posterior copulación con una amina primaria cíclica (la Alfa Naftilamina) formando una sal de estructura quinoide que presenta color naranja a rojo.

c) Reacción: se determinará la dispersión que presentan los depósitos de granos de pólvora alrededor del orificio, lo que es indicativo de la distancia de disparo. Se coloca el papel fotográfico tratado de tamaño adecuado sobre la mesada, arriba se coloca la tela que presenta los orificios, con el lado de la entrada contra el papel, se cubre con una gasa seca, luego una gasa humedecida en ácido acético y se aplica la plancha caliente por espacio de unos tres minutos. Al retirar se observarán puntos rojizos que indican la distribución de los granos de pólvora alrededor de los orificios, lo que permite, comparando con disparos testigos procesados de la misma manera, estimar distancia aproximada de disparo.

Es posible realizar pruebas para el análisis de plomo proveniente de los proyectiles. Para esta prueba se necesitan los siguientes materiales: Solución Buffer ph 3 de Bitartrato de sodio y Acido Tartárico; Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2% de preparación reciente.

En primer lugar, se rocía con un aspersor la zona de la rosa de dispersión con el buffer bitartrato y posteriormente con el reactivo de rodizonato. Ante la presencia de plomo procedente de los proyectiles, se evidencian precipitados de color violeta-fucsia o rojo-fucsia.

Es importante destacar que para intentar realizar una estimación de distancia de disparo, el único método confiable consiste en obtener el arma empleada y la marca de munición usada, y luego conducir una serie de pruebas de disparo, de manera de reproducir en telas, papel u otros blancos, el patrón que la herida fatal presentaba sobre el cuerpo o la prenda de la víctima.

Capítulo III

1- Nociones básicas de estadística

Evaluación estadística de datos

Existen dos términos que se utilizan generalmente en las discusiones sobre la fiabilidad de datos, *precisión* y *exactitud*.

“La *precisión* describe la reproducibilidad de los resultados, es decir, la concordancia entre los valores numéricos de dos o más medidas replicadas o medidas que se han realizado exactamente de la misma forma”³. La precisión de un método se obtiene fácilmente mediante la simple repetición de la medida.

Habitualmente se utilizan tres términos para describir la precisión de un conjunto de datos de replicados que incluyen la **desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación**.

“La *exactitud* describe si el resultado experimental es el correcto. Estrictamente hablando, el único tipo de medida que puede ser completamente exacto es aquel que consiste en el recuento de objetos”⁴. Todos los demás tipos de medidas contienen errores y aportan solo una aproximación del valor verdadero.

La exactitud es un término relativo, en el sentido que un método es exacto o inexacto dependiendo en gran medida de las necesidades del científico y de las dificultades del problema analítico.

La exactitud se expresa en términos de errores relativos absolutos y relativos. El error absoluto E_a de la media (o promedio) del análisis de \bar{x} un pequeño conjunto de replicados se expresa mediante la relación:

$$E_a = \bar{x} - x_i$$

Donde x_i es el valor aceptado (como verdadero) de la cantidad medida. Con frecuencia, es útil expresar la exactitud en términos de error relativo, donde

$$\text{error relativo} = \frac{\bar{x} - x_i}{x_r} \times 100\%$$

El error relativo se expresa generalmente como porcentaje (%). Ambos errores, absoluto y relativo, llevan un signo positivo para indicar que el resultado medido es mayor que el valor verdadero y un signo negativo en el caso contrario.

Nos encontraremos con **dos** tipos de errores, **errores aleatorios o indeterminados** y **errores sistemáticos o determinados**. El error en la media de un conjunto de replicados es la suma de estos dos tipos de errores

³ Skoog D.-Holler J.-Nieman T.-Principios de Análisis Instrumental.-(2001)-Véase pag.919.

⁴ Skoog D.-Holler J.-Nieman T.-Principios de Análisis Instrumental.-(2001)-Véase pag.919.

$$E_a = E_r + E_s$$

donde E_r es el error aleatorio asociado con la medida y E_s es el error sistemático.

Errores aleatorios

Siempre que en la misma muestra se repiten las medidas, se obtiene una dispersión de datos debido a la presencia de errores aleatorios o indeterminados, dicho de otra forma, la presencia de errores aleatorios se refleja en la imprecisión de los datos.

La distribución de los errores aleatorios de estos datos se comprende mejor si éstos se organizan en grupos de datos contiguos, de igual tamaño, o celdas. La frecuencia relativa de la aparición de los datos en cada celda se representa dando un diagrama de barras llamado histograma.

El tipo de curva que se forma se llama curva gaussiana o curva normal de error.

La distribución que presenta una curva gaussiana tiene las siguientes características:

- a) El resultado que se observa con mayor frecuencia es la media μ del conjunto de los datos.
- b) Los resultados se agrupan de forma simétrica alrededor del valor medio.
- c) Es más frecuente encontrar pequeñas divergencias respecto al valor medio central que grandes divergencias.
- d) En ausencia de errores sistemáticos, la media de un conjunto de datos grande se aproxima al valor verdadero.

La cuarta característica significa que, en principio, es siempre posible reducir el error aleatorio de un análisis a un valor próximo a cero. Sin embargo, en raras ocasiones es práctico alcanzar esta meta, desafortunadamente, ya que para conseguirlo es necesario analizar 20 o más replicados. Normalmente, el científico solo tiene tiempo para realizar dos o tres replicados, es de esperar un error aleatorio significativo en la media.

Los estadísticos normalmente utilizan \bar{x} para la media de un conjunto pequeño de replicados. El error aleatorio E_r de la \bar{x} media para un conjunto pequeño viene dado por:

$$E_r = \bar{x} - \mu$$

La media para un conjunto finito de datos se acerca rápidamente a la media verdadera cuando el número de medidas N aumenta por encima de las 20 o 30. Así, es posible determinar el error aleatorio en un dato individual o en la media de un conjunto pequeño de datos.

La naturaleza aleatoria de los errores indeterminados hace posible tratarlos por métodos estadísticos.

Errores sistemáticos. Sesgo

Los errores sistemáticos tienen un valor definido, tienen una causa asignable y son del mismo signo y magnitud para todos aquellos replicados que se analizan de la misma forma. Los errores sistemáticos llevan a un sesgo en la técnica de medida. El sesgo se ilustra mediante dos curvas (como se muestra en la figura), que muestra la distribución de frecuencias de los resultados de los replicados en el análisis de muestras idénticas por dos métodos que tienen errores aleatorios de idéntico tamaño.

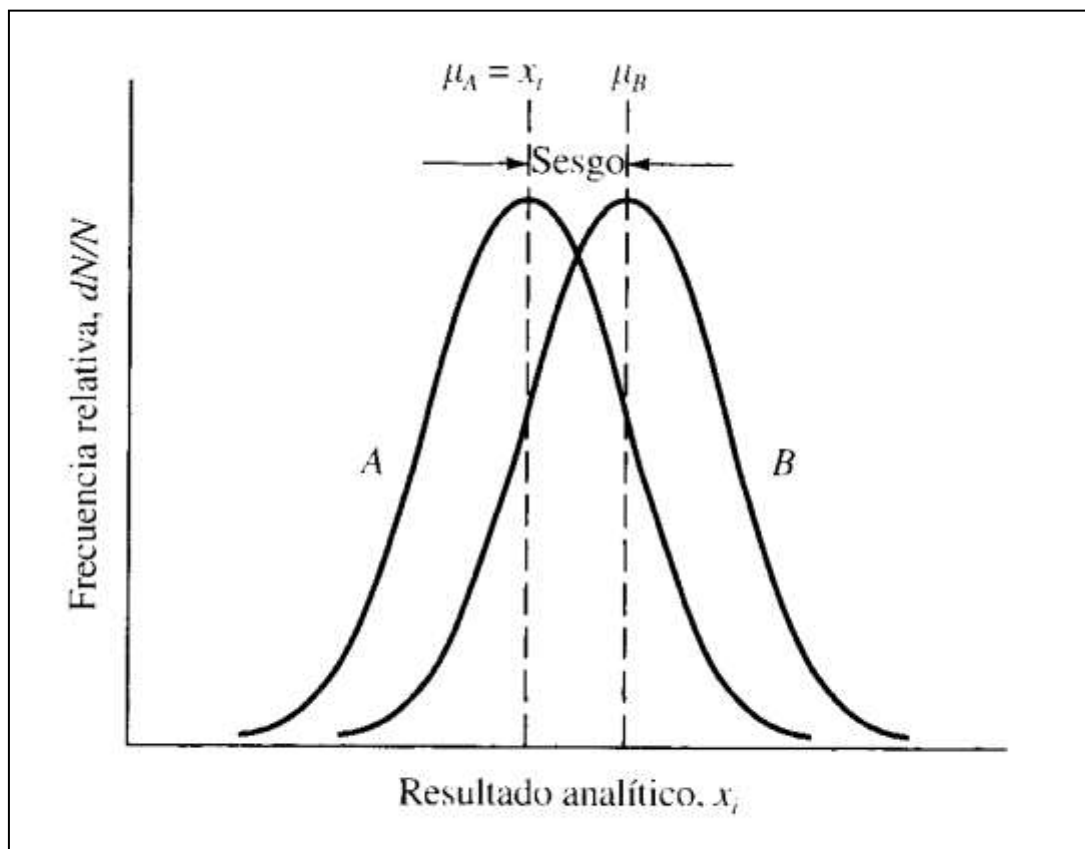


Ilustración del sesgo = $\mu_B - \mu_A = \mu_B - x_i$.

El método A no tiene sesgo, por lo tanto, la media límite es el valor verdadero x_i , el método B tiene un sesgo que viene dado por

$$\text{sesgo} = \mu_B - x_i = \mu_B - \mu_A$$

Obsérvese que el sesgo afecta a todos los datos del conjunto y que lleva signo.

Los errores sistemáticos son de tres tipos: instrumentales, personales y del método.

- Errores instrumentales: Las fuentes típicas de errores instrumentales incluyen la deriva en los circuitos eléctricos, las fugas en los sistemas de vacío, los efectos de la temperatura en los detectores, las corrientes inducidas en los circuitos de las líneas de corriente de 110v, el descenso de la tensión en los bornes de las baterías con el uso y los errores de calibración de los medidores, pesas y equipos volumétricos. Normalmente, los errores instrumentales se detectan y se corrigen

mediante la calibración periódica de los instrumentos porque la respuesta de la mayoría de los instrumentos cambia con el tiempo como consecuencia del uso, corrosión o trato inadecuado.

- Errores personales: son aquellos que se introducen en una medida como consecuencia de los criterios que debe adoptar el analista, por ejemplo, estimación de la posición de un indicador entre dos divisiones de la escala, el color de una disolución en el punto final de una valoración, el nivel de líquido respecto a la graduación en una pipeta o la intensidad relativa de dos haces de luz. El sesgo numérico es otra fuente de error sistemático personal que aparece a menudo y varía considerablemente de una persona a otra. Se encuentra con frecuencia al estimar la posición de la aguja en una escala, preferencia por dígitos pequeños en lugar de grandes e incluso de los pares sobre impares. Una fuente de error personal casi universal es el prejuicio. Mucho de nosotros, independientemente de nuestra honestidad, tenemos una tendencia natural a estimar la lectura de la escala en la dirección que mejora la precisión del conjunto de resultados o en la que hace que el resultado sea próximo a una noción preconcebida del valor verdadero para la medida. Gran parte de los errores personales pueden minimizarse poniendo cuidado y autodisciplina.
- Errores sistemáticos de método son, generalmente, más difíciles de detectar y de corregir que los errores instrumentales y personales. La mejor forma y la más segura requiere la validación del método utilizado en el análisis de materiales de referencia que se parezcan a las muestras a analizar, tanto en su estado físico como en su composición química. Es obvio que las concentraciones de los analitos de estos patrones es necesario conocerse con un alto grado de certeza
- **Tratamiento estadístico de los errores aleatorios.** Los datos, aleatoriamente distribuidos, se analizan convenientemente mediante técnicas estadísticas.

Poblaciones y muestras: en el tratamiento estadístico de datos se asume que el grupo de resultados experimentales obtenidos en el Laboratorio es una fracción diminuta del número infinito de resultados que podrían obtenerse, en principio, si se dispusiera de un tiempo infinito y de una cantidad de muestra infinita. Los estadísticos llaman a este grupo de datos una **muestra** y la consideran como un subconjunto de una **población** infinita o **universo**. Las leyes estadísticas solo se pueden aplicar a poblaciones; cuando éstas se aplican a una muestra de datos de Laboratorio, se tiene que asumir que la muestra es representativa de la población. Como no hay seguridad de que ésta suposición sea válida, las afirmaciones acerca de los errores aleatorios son necesariamente inciertas y deben expresarse en términos de probabilidades.

Definiciones de algunos términos estadísticos

Media de la población (μ): “La media de la población o media límite, de un conjunto de replicados se define mediante la ecuación:

$$\mu = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=0}^N x_i}{N}$$

donde X_i representa el valor de la i -ésima medida”⁵. Como indica esta ecuación, la media de un conjunto de medidas se aproxima a la media de la población cuando N , el número de medidas, tiende a infinito. Es importante añadir que en ausencia de sesgo, μ es el valor verdadero de la cantidad medida.

Desviación estándar de la población y varianza de la población: La desviación estándar de una población y la varianza de la población proporcionan medidas estadísticamente significativa de la precisión de los datos de una población. “La desviación estándar de una población viene dada por la ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=0}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

donde X_i representa nuevamente el valor de la i -ésima medida”⁶. Obsérvese que la desviación estándar de la población es la raíz cuadrática media de las desviaciones individuales respecto de la media, para la población.

Los estadísticos prefieren expresar la precisión de los datos en términos de varianza, que es simplemente el cuadrado de la desviación estándar, porque las varianzas son aditivas. Es decir, que si en un sistema hay n fuentes independientes de error aleatorio, entonces la varianza total, vendrá dada por la relación:

$$\sigma_t^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2$$

Estas son las varianzas individuales de cada fuente de error.

Los químicos, generalmente prefieren describir la precisión de las medidas en términos de desviación estándar en lugar de varianza porque la desviación estándar tiene las mismas unidades que la propia medida.

Media de la muestra \bar{x}

“La media de la muestra es la media o promedio de un conjunto finito de datos.”⁷ Como N en este caso, es un número finito, la media de la muestra difiere, con frecuencia, de la media de la población μ , y, como consecuencia, difiere del verdadero valor de la cantidad medida. El uso de un símbolo diferente para la media de la muestra enfatiza esta importante distinción.

⁵ Skoog, D.-Holler, J.-Nieman, T.-Principios de Análisis Instrumental.(2001)-Véase pag.924.

⁶ Skoog, D.-Holler, J.-Nieman, T.-Principios de Análisis Instrumental.(2001)-Véase pag.924.

⁷ Skoog, D.-Holler, J.-Nieman, T.-Principios de Análisis Instrumental.(2001)-Véase pag.924

Desviación estándar de la muestra (s) y varianza de la muestra (s²): “La desviación estándar (s) para una muestra de datos de tamaño limitado viene dado por la ecuación:”⁸

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Obsérvese que la desviación estándar de la muestra difiere en tres aspectos de la desviación estándar de la población. Primero σ se ha reemplazado por s, con el objetivo de enfatizar la diferencia entre los dos términos. Segundo la media verdadera μ se ha reemplazado por \bar{x} la media de la muestra. Finalmente, en el denominador aparece (N-1) que se define como el número de grados de libertad, en lugar de N^G.

Desviación estándar relativa (RSD) y coeficiente de Variación (CV): Las desviaciones estándar relativas, suelen proporcionar más información que las desviaciones estándar absolutas “La desviación estándar relativas absolutas de una muestra viene dada por:”⁹

$$\text{RSD} = \frac{s}{\bar{x}} \times 10^z$$

Cuando z =2, la desviación estándar relativa se expresa en porcentaje (%); cuando es igual a 3, la desviación se da en tanto por mil (‰). La desviación estándar relativa, expresada como un porcentaje se conoce como el coeficiente de variación (CV) de los datos. Es decir:

$$\text{CV} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \%$$

En lo que concierne con una población de datos, se usan σ y μ en lugar de s y \bar{x}

Una vía alternativa para el cálculo de las desviaciones estándar de la muestra: al calcular s con la calculadora de bolsillo que no tenga la función de desviación estándar, es algo más conveniente usar la siguiente expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2/N}{N - 1}}$$

⁸ Skoog, D.-Holler, J.-Nieman, T.-Principios de Análisis Instrumental.-(2001)-Véase. pag.924

⁹ Skoog, D.-Holler, J.-Nieman, T.-Principios de Análisis Instrumental.-(2001)-Véase pag.925

Método para obtener una buena aproximación de σ

Con el objeto de aplicar directamente una relación estadística a muestras finitas de datos es necesario saber que la desviación estándar s para los datos de la muestra es una buena aproximación de la desviación estándar de la población.

La incertidumbre en el valor de s calculado disminuye cuando el número de medidas N aumenta. Obsérvese que cuando N es mayor que aproximadamente 20, puede asumirse que s y en la mayoría de los casos σ son idénticas.

Este procedimiento es poco práctico cuando los análisis necesitan mucho tiempo. Sin embargo, cuando se han acumulado datos a lo largo del tiempo, la precisión puede ponderarse para proporcionar una estimación de s .

“Para obtener una estimación ponderada de s , las desviaciones de la media de cada subconjunto se elevan al cuadrado; se suman los cuadrados de todos los subconjuntos y se dividen por el número apropiado de grados de libertad. La desviación estándar ponderada se obtiene al hacer la raíz cuadrada del cociente”¹⁰

$$s_{\text{ponderada}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum_{j=1}^{N_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 + \sum_{k=1}^{N_3} (x_k - \bar{x}_3)^2 + \dots + \sum_{p=1}^{N_{n_r}} (x_p - \bar{x}_{n_r})^2}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + n_r}}$$

¹⁰ Skoog, D.-Holler, J.-Nieman, T.-Principios de Análisis Instrumental-(2001)-Véase pag.9

MARCO METODOLÓGICO

En la presente tesis se realizó una investigación empírica, cuantitativa, donde se analizó en forma integral todos los aspectos relacionados con la estimación de distancia aproximada de realización de disparos utilizando una escopeta calibre 16.

Se comenzó con una exhaustiva revisión bibliográfica, la que se utilizó como base complementaria a la investigación central. Es importante señalar que esta revisión se efectuó durante toda la investigación, con el objetivo de cotejar la información con la experiencia personal, obtener nuevas ideas, indagar la naturaleza de los datos y realizar nuevas conclusiones.

✓ Metodología de Trabajo

La **metodología de trabajo** que se siguió en esta investigación para la estimación de distancia aproximada de disparo sobre una prenda es la siguiente:

a)-En primer lugar, se observó con minuciosidad la prenda de vestir objeto de estudio, involucrada en un hecho delictivo, siendo esta una musculosa, marca "NIKE", talla 3, color negra, con la inscripción en el pecho "90-TOTAL-90-NIKEFUTBOL.COM". Se fotografió a los fines de documentar.

b)- Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto.

c)-Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente. Este reactivo, al ser rociado en la zona de la rosa de dispersión, ante la presencia de plomo procedente de los proyectiles, evidencia precipitados de color violeta-fucsia o rojo-fucsia.

d)- Para el análisis de la prenda incriminada en un hecho delictivo consistente en una remera tipo musculosa color negra, se implementó una **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual será centrada sobre la rosa principal de dispersión, es decir que el centro de la plantilla se ubicó en la zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones.

e)-Con la escopeta calibre 16, sin marca visible, incriminada en el hecho delictivo, se procederá a la realización de disparos testigos. Dada la dispersión observada en la musculosa, se decidió iniciar las pruebas testigos a largas distancias, por no considerar relevante las menores o más cortas. Se realizaron disparos a 5 mts, 7 mts, 10 mts, 11 mts y 12 mts, tomadas dichas medidas desde la superficie del blanco hasta la boca del cañón del arma. Como blanco utilizaremos cortes de tela. Los cortes de tela se ubicaron en bastidores rectangulares de metal. Para la realización de dicha tarea, utilizamos cartuchos calibre 16, marca "MIRAGE", correspondiente a la nomenclatura N° 3.

f)-Los resultados obtenidos fueron fotografiados a los fines de documentar, y en cada caso se tomaron vistas con reglas graduadas adyacentes para su utilización como referencia, para la cuantificación de la dispersión de los orificios producto de los perdigones en los cortes de tela.

g)-Las muestras así obtenidas sobre los cortes de tela utilizados como blanco, fueron colocadas en bolsas de polietileno, rotuladas y almacenadas para su posterior estudio.

h)-Para el análisis de todas las muestras testigos obtenidas a las distintas distancias, se implementó la **plantilla matriz** que se menciona anteriormente. Se hizo coincidir en todos los casos, el punto central de la misma con el centro que se estima como principal dentro de la rosa de dispersión mencionada (zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones), estableciéndose así la concentración de perdigones sobre un diámetro determinado.

i)-El procedimiento descrito en el inciso (h) fue realizado en 20 oportunidades por 20 operadores diferentes (personal del Laboratorio en el que nos desarrollamos)

j)-Posteriormente, se procedió al cotejo de la rosa de dispersión obrante en la prenda incriminada con los cortes de tela (testigos) realizados a diferentes distancias con la misma arma y la cartuchería utilizada para perpetrar el hecho.

k)-Todos los datos obtenidos de las pruebas realizadas son volcados en tablas y analizados estadísticamente, con el fin de poder concluir una distancia aproximada de disparo.

✓ **Materiales y Equipos**

Los **Materiales y Equipos** utilizados para la realización de la presente tesis pertenecen al Laboratorio de la División Química Forense y Toxicología de la Dirección de Criminalística de la Policía de Entre Ríos. Ellos son:

- ✓ CPU: Procesador AMD ATHLON de 900 Mhz. Memoria RAM 736 MB. Sistema Operativo Microsoft Windows XP Profesional Versión 2006.
- ✓ Impresora: HP PSC 1410.
- ✓ Balanza analítica electrónica "ACCULAB".
- ✓ Microscopio binocular marca "OLYMPUS".
- ✓ Cámara digital Kodak Easy Share C653, 3x Zoom 6, 1 MP , "2,4" Hi Res LCD.
- ✓ Material de vidrio de Laboratorio: Placas de Petri, tubos de ensayo, frascos.
- ✓ Papel fotográfico: blanco y negro, marca KENTMERE, tipo VC Select, tamaño 17.8 por 24 cm., desensibilizado con Tiosulfato de Sodio al 15%.
- ✓ Pinzas, cucharillas y espátulas metálicas.
- ✓ Reactivos químicos: ácido clorhídrico al 1% p/v en solución acuosa; rodizonato de sodio en solución acuosa al 0.2%; solución buffer pH 3 (tartrato de sodio 1.9 gr.; ácido tartárico 1.5 gr.; agua destilada c.s.p. 100 ml.); solución acuosa de ácido fosfomolíbico. Solución acuosa de Acido acético al 18%.
- ✓ Cintas indicadoras de ph.
- ✓ Escopeta calibre 16
- ✓ Cartuchos de escopeta calibre 16.
- ✓ Bastidores.
- ✓ Cortes de tela.
- ✓ Reglas graduadas.
- ✓ Cintas adhesivas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS**✓ Resultados obtenidos sobre la musculosa objeto de estudio:**

- La prenda de vestir analizada es una musculosa color negra marca "NIKE", talle 3, con inscripción en el pecho "90-TOTAL-90-NIKEFUTBOL.COM" (Fot.N°1). La musculosa presenta orificios múltiples. No se observa golpe de taco (tener en cuenta el color oscuro de la prenda). La prenda fue fotografiada a los fines de documentar.



Fot.N°7

-Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto, arrojando resultado negativo.

--Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente., arrojando resultado negativo

- Al utilizar la **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Cantidad de orificios observados en los círculos considerados
0 - 4	17
4 - 8	17
8 - 12	29
12 - 16	19
16 - 20	10
20 - 24	5
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	9

Total de perdigones que impactaron individualmente en la remera: 106

A continuación se anexa ilustración fotográfica del uso de la plantilla matriz en la dispersión de perdigones producto del disparo en la remera incriminada:



Fot.N°8



Fot.N°9

✓ **Resultados obtenidos sobre los cortes de tela:**

ARMA: Un arma de hombro, tipo escopeta, de calibre 16, sin marca visible, la cual consta de culata de madera color marrón, la cual en su base posee una chapa aparentemente de bronce con la figura de un conejo, con la numeración suprimida (Fot.N°4). Esta escopeta fue la utilizada para perpetrar el hecho.



Fot.N°10

CARTUCHERÍA: cartuchos calibre 16, marca "MIRAGE", correspondiente a la Nomenclatura N° 3. Esta cartuchería es similar a la hallada en el lugar del hecho.



Fot.N°11

- Con la escopeta calibre 16, sin marca visible, incriminada en el hecho delictivo y utilizando cartuchos calibre 16, marca “MIRAGE” correspondientes a la Nomenclatura N° 3, se procedió a la realización de disparos testigos a 5 mts, 7 mts, 10 mts, 11 mts y 12 mts, tomadas dichas medidas desde la superficie del blanco hasta la boca del cañón del arma (Fot. N°6). Como blanco utilizaremos cortes de tela ubicados en bastidores rectangulares de metal (Fot. N°7). Una vez realizados los disparos testigos se procedió de igual manera que para la remera incriminada.



Fot.N°12



Fot.N°13

1-Disparo realizado a 5 metros

-Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto, arrojando resultado negativo.

-Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente., arrojando resultado negativo.

- Al utilizar la **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Cantidad de orificios observados en los círculos considerados
0 - 4	Tela rasgada orificio central 3
4 - 8	24 y golpe de taco (el cual paso a través del corte de tela)
8 - 12	6
12 - 16	1
16 - 20	-
20 - 24	-
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	-

Total de perdigones que impactaron individualmente en la tela: 34

A continuación se anexa ilustración fotográfica del uso de la plantilla matriz en la dispersión de perdigones producto del disparo a 5 metros:



Fot.N°14



Fot.N°15



Fot.N°16



Fot.N°17

2-Disparo realizado a 7 metros:

-Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto, arrojando resultado negativo.

-Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente., arrojando resultado escasas partículas de plomo.

- Al utilizar la **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Cantidad de orificios observados en los círculos considerados
0 - 4	29
4 - 8	44
8 - 12	26
12 - 16	7
16 - 20	3
20 - 24	-
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	-

Total de perdigones que impactaron individualmente en la tela: 109

Se observa el golpe del taco en la parte superior derecha, fuera del área de la plantilla.

A continuación se anexa ilustración fotográfica del uso de la plantilla matriz en la dispersión de perdigones producto del disparo a 7 metros:



Fot.N°18



Fot.N°19



Fot.N°20



Fot.N°21

3-Disparo realizado a 10 metros:

-Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto, arrojando resultado negativo.

-Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente., arrojando resultado negativo.

- Al utilizar la **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Cantidad de orificios observados en los círculos considerados
0 - 4	24
4 - 8	41
8 - 12	32
12 - 16	14
16 - 20	8
20 - 24	2
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	3

Total de perdigones que impactaron individualmente en la tela: 111

Se observa el golpe del taco en la parte superior izquierda, fuera del área de la plantilla.

A continuación se anexa ilustración fotográfica del uso de la plantilla matriz en la dispersión de perdigones producto del disparo a 10 metros:



Fot.Nº22



Fot.Nº23



Fot.Nº24



Fot.Nº25

4-Disparo realizado a 11 metros:

-Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto, arrojando resultado negativo.

-Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente., arrojando resultado negativo.

- Al utilizar la **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Cantidad de orificios observados en los círculos considerados
0 - 4	21
4 - 8	21
8 - 12	30
12 - 16	14
16 - 20	18
20 - 24	14
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	12

Total de perdigones que impactaron individualmente en la tela: 120

A continuación se anexa ilustración fotográfica del uso de la plantilla matriz en la dispersión de perdigones producto del disparo a 11 metros:



Fot.N°26



Fot.N°27



Fot.N°28



Fot.N°29

5-Disparo realizado a 12 metros:

-Se realizó la reacción de Peter Griess-Von Illoswa para determinar restos de pólvora sobre la zona de impacto, arrojando resultado negativo.

-Se investigó la presencia de plomo en la zona de los orificios utilizando el reactivo de Rodizonato de Sodio en solución acuosa al 0,2 % de preparación reciente., arrojando resultado negativo.

- Al utilizar la **plantilla matriz** conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Cantidad de orificios observados en los círculos considerados
0 - 4	9
4 - 8	23
8 - 12	23
12 - 16	24
16 - 20	17
20 - 24	18
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	9

Total de perdigones que impactaron individualmente en la tela: 123

A continuación se anexa ilustración fotográfica del uso de la plantilla matriz en la dispersión de perdigones producto del disparo a 12 metros:



Fot.N°30



Fot.N°31



Fot.N°32



Fot.N°33

✓ **Resultados obtenidos en el conteo de orificios a distintas distancias por veinte (20) operadores diferentes**

Replicados de conteo de orificios en la musculosa color negra marca "NIKE", talle 3, con inscripción en el pecho "90-TOTAL-90-NIKEFUTBOL.COM"

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Número de perdigones que impactaron en la tela	Media(N° de perdigones que impactaron en la tela	Suma de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media
0 - 4	17; 18; 15 ; 16; 14; 15; 18; 15; 17; 18; 15; 15;17; 17; 15; 15; 18; 15; 19;17	16,3	40,2
4 - 8	20; 18; 17; 18; 20; 22; 17; 18; 16; 20; 18; 20; 19; 18; 17; 20; 19; 19; 18; 19	18,65	38,55
8 - 12	29; 31; 28; 27; 30; 27; 29; 28; 30; 27; 29; 26; 25; 27; 29; 30; 27; 26; 31; 27	28,15	56,55
12 - 16	19; 20; 21; 22; 18; 17; 20; 22; 21; 17; 18; 17; 17; 22; 20; 19; 18; 19; 20; 19	19,3	56,2
16 - 20	10; 10; 12; 14; 11; 9; 9; 13; 11; 9; 12; 12; 12; 12; 13; 9; 11;12;11;8	10,9	49,8
20 - 24	5; 7; 4; 4; 8; 7; 5; 4; 3; 7; 4; 6; 8; 5; 6; 5; 8; 5; 7; 6	5,7	44,2
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	9; 8; 7; 8; 7; 7; 10; 11; 7; 9; 7; 9; 8; 5; 9; 8; 8; 9; 10; 11	8,35	42,55

S ponderada: 1,696

Replicados de medidas tomadas a distancia de 5 metros

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Número de perdigones que impactaron en la tela	Media(N° de perdigones que impactaron en la tela)	Suma de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media
0 - 4	3; 6 ; 6 ; 15 ; 16; 14; 15; 6; 5; 3; 13; 3; 5; 4; 7; 3; 3; 15; 5; 3(en todos los casos se situó la zona rasgada de la tela en esta región considerada)	7,5	473
4 - 8	24; 18; 17; 15; 17; 22; 15; 18; 23; 24; 24; 20; 24; 23; 25; 23; 24; 19; 24; 22(en todos los casos se situó el golpe de taco en esta región considerada)	21,05	210,95
8 - 12	6; 11; 13; 11; 13; 33; 11; 11; 6; 7; 10; 6; 5; 7; 6; 6; 7; 6; 11; 7	9,65	706,55
12 - 16	1; 0; 0; 1; 0; 1; 1; 2; 2; 1; 1; 1; 2; 1; 0; 1; 1; 1; 2; 1	1	8
16 - 20	-		
20 - 24	-		
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	-		

S ponderada: 3,503

Replicados de medidas tomadas distancia de 7 metros

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Número de perdigones que impactaron en la tela	Media(N° de perdigones que impactaron en la tela)	Suma de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media
0 - 4	29; 26; 29; 28; 27; 29; 27; 28; 26; 27; 28; 29; 26; 25; 25; 26; 26; 26; 27; 29	27,15	36,55
4 - 8	44; 46; 40; 37; 41; 41; 44; 42; 42; 44; 42; 43; 45; 38; 38; 40; 42; 44; 44; 46	42,15	128,55
8 - 12	26; 27; 25; 28; 26; 27; 27; 25; 25; 28; 26; 27; 25; 29; 28; 27; 25; 25; 27; 26	26,45	28,737
12 - 16	7; 8; 10; 7; 8; 7; 8; 7; 8; 9; 8; 6; 7, 7; 8; 7; 7; 7; 8; 7	7,55	14,95
16 - 20	3; 1; 3; 4; 1; 3; 1; 3; 2; 3; 4; 1; 3; 3; 4; 3; 2; 2; 3; 3	2,6	18,8
20 - 24	-	-	-
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	-	-	-

S ponderada: 1,413

Replicados de medidas tomadas distancia de **10 metros**

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Número de perdigones que impactaron en la tela	Media(N° de perdigones que impactaron en la tela	Suma de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media
0 - 4	24; 22; 19; 22; 21; 24; 17; 22; 24; 22; 24; 19; 19; 23; 23; 24; 23; 20; 25; 20	21,95	96,955
4 - 8	41; 45; 47; 44; 45; 41; 48; 42; 42; 41; 41; 45; 48; 42; 44; 42; 41; 41; 42; 43	43,25	107,75
8 - 12	32; 30; 32; 33; 34; 32; 32; 30; 32; 33; 31; 34; 35; 32; 33; 32; 34; 35; 31; 32	32,45	38,95
12 - 16	14; 16; 12; 13; 14; 15; 12; 14; 14; 13; 12; 16; 14; 15; 14; 12; 15; 14; 12; 14	13,75	31,75
16 - 20	8; 9; 7; 11; 8; 9; 9; 7; 8; 7; 9; 9; 8; 7; 10; 9; 8; 10; 8; 7	8,4	24,278
20 - 24	2; 3; 2; 3; 3; 3; 2; 5; 2; 3; 3; 3; 3; 2; 4; 3; 2; 2; 2; 3	2,75	11,75
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	3; 1; 3; 3; 3; 3; 3; 1; 3; 2; 2; 2; 2; 2; 1; 2; 3; 3; 1; 1	2,2	13,2

S ponderada: 1,688

Replicados de medidas tomadas distancia de 11 metros

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Número de perdigones que impactaron en la tela	Media(N° de perdigones que impactaron en la tela)	Suma de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media
0 - 4	21; 19; 17; 17; 18; 19; 21; 20; 19; 21; 23; 20; 21; 21; 23; 20; 17; 21; 20; 19	19,85	58,55
4 - 8	21; 24; 27; 26; 24; 23; 19; 19; 20; 20; 21; 23; 21; 19; 18; 21; 20; 23; 21; 22	21,6	108,8
8 - 12	30; 28; 29; 30; 31; 31; 30; 32; 29; 28; 29; 31; 31; 32; 29; 28; 29; 29; 31; 30	29,85	30,55
12 - 16	14; 16; 15; 14; 16; 18; 17; 16; 15; 17; 16; 17; 16; 17; 14; 15; 16; 18; 13; 14	15,7	38,2
16 - 20	18; 17; 19; 18; 19; 15; 17; 18; 19; 18; 16; 16; 18; 19; 19; 17; 19; 18; 17; 16	17,65	28,55
20 - 24	14; 15; 17; 16; 13; 14; 14; 15; 16; 15; 16; 14; 17; 14; 15; 14; 16; 15; 17; 18	15,25	33,75
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	12; 10; 13; 10; 9; 17; 15; 10; 13; 12; 13; 13; 14; 15; 13; 12; 13; 14; 15; 13	12,8	75,2

S ponderada: 1,810

Replicados de medidas tomadas distancia de **12 metros**

Diámetros de los círculos de la plantilla matriz (en cm.)	Número de perdigones que impactaron en la tela	Media(N° de perdigones que impactaron en la tela	Suma de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media
0 - 4	9; 10; 11; 8; 9; 12; 10; 12; 9; 13; 9; 10; 11; 11; 12; 14; 12; 9; 10; 9	10,5	50,606
4 - 8	23; 22; 21; 21; 23; 25; 21; 21; 21; 25; 24; 24; 25; 19; 23; 22; 21; 21; 25; 24	22,55	60,95
8 - 12	23; 21; 19; 22; 21; 24; 26; 25; 21; 23; 21; 23; 22; 25; 23; 24; 21; 23; 21; 22	22,5	57
12 - 16	24; 30; 26; 27; 26; 24; 25; 29; 27; 26; 25; 27; 23; 22; 24; 25; 25; 24; 26; 28	25,65	74,55
16 - 20	17; 18; 13; 12; 16; 16; 15; 14; 15; 18; 16; 16; 13; 16; 17; 18; 15; 17; 18; 14	15,7	62,2
20 - 24	18; 17; 19; 20; 19; 19; 17; 18; 20; 19; 17; 20; 19; 18; 19; 20; 17; 18; 17; 17	18,4	24,8
Más de 24 cm. (fuera del área de la plantilla matriz)	9; 8; 13; 9; 9; 10; 11; 7; 11; 12; 12; 10; 10; 9; 7; 8; 12; 13; 13; 10	10,15	70,55

S ponderada: 1,874

✓ **Análisis del recuento de perdigones en los cortes de tela**

- Los resultados del recuento de perdigones del disparo presente en el musculoso color negro marca "NIKE", talle 3, con inscripción en el pecho "90-TOTAL-90-NIKEFUTBOL.COM", muestra un pico máximo en el tercer intervalo de medida (de 12 a 16 cm), y luego comienza a disminuir. Se contabilizaron 9 orificios fuera del área considerada (mas de 24 cm)

-Como se aprecia, en el disparo realizado a 5 metros, se produjo en rasgado de la tela debido al pasaje del taco del cartucho utilizado y al efecto producido por los perdigones que viajan juntos y no se separan a esa distancia. Por lo mencionado, no es posible la individualización certera de los perdigones para su contaje.

-Los resultados del recuento de perdigones del disparo realizado a 7 metros de distancia, muestra un pico máximo en el segundo intervalo de medida (de 4 a 8 cm), y luego comienza a disminuir. No se hallaron orificios en el intervalo de 20 a 24 cm ni fuera del área de la plantilla utilizada (mas de 24 cm).

-Los resultados del recuento de perdigones del disparo realizado a 10 metros de distancia, muestra un pico máximo en el segundo intervalo de medida (de 4 a 8 cm), y luego comienza a disminuir, pero más gradualmente (comparado con el disparo realizado a 7 metros).Se contabilizaron 3 orificios fuera del área considerada (mas de 24 cm)

-Los resultados del recuento de perdigones del disparo realizado a 11 metros de distancia, muestra un pico máximo en el cuarto intervalo de medida (de 12 a 16 cm), y luego disminuye para aumentar nuevamente en el sexto intervalo de disparo, para volver a disminuir. Se contabilizaron 9 orificios fuera del área considerada (mas de 24 cm)

-Los resultados del recuento de perdigones del disparo realizado a 12 metros de distancia, muestra un aumento gradual de concentración de perdigones hasta alcanzar un pico máximo en el cuarto intervalo de medida (de 12 a 16 cm), y luego comienza a disminuir levemente. Se contabilizaron 9 orificios fuera del área considerada (mas de 24 cm).

- La precisión del método, que describe la reproducibilidad de los resultados, se obtuvo mediante la repetición de todas las medidas por 20 (veinte) operadores diferentes. Se realizó la estimación ponderada de la desviación estándar del método, ya que el cálculo de la misma proporciona medidas estadísticamente significativas de la precisión de los datos. Los resultados fueron los siguientes:

- Musculosa color negra marca "NIKE", talle 3, con inscripción en el pecho "90-TOTAL-90-NIKEFUTBOL.COM": S ponderada: 1,696
- Disparo realizado a 5 metros: S ponderada: 3,503
- Disparo realizado a 7 metros: S ponderada: 1,413
- Disparo realizado a 10 metros: S ponderada: 1,688
- Disparo realizado a 11 metros: S ponderada: 1,810
- Disparo realizado a 12 metros: S ponderada: 1,874

CONCLUSIONES

Al realizar la evaluación estadística de la dispersión de perdigones en disparos con escopeta calibre 16, se determinó que es posible establecer con mayor precisión la distancia aproximada de disparo, en un rango de **7 a 12 metros** de acuerdo al ensayo realizado a distancias conocidas, midiendo la concentración de orificios producidos por perdigones en un blanco (prenda) impactado por medio de la utilización de una plantilla matriz conformada por una serie de diagramas circulares con un diámetro de 4 cm, 8 cm., 12 cm, 16 cm, 20 cm. y 24 cm. respectivamente, radiada cada 2 cm, la cual fue centrada sobre zona de mayor concentración de orificios producidos por perdigones.

Además, existe correlación inversamente proporcional entre la distancia de disparo y la concentración de orificios producidos por perdigones en un blanco.

Con esta metodología aplicada, es posible concluir que la distancia aproximada de realización del disparo en el musculoso color negra marca “NIKE”, talle 3, con inscripción en el pecho “90- TOTAL-90-NIKEFUTBOL.COM” es de 10 a 12 metros.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **Albarracín, Roberto** (1971)- Manual de Criminalística - Editorial Policial – Buenos Aires.
- ✓ **Caro, Patricia. Aversa, Sonia. Cerolini, Raúl. Doro, Gabriel** (2004)-Manual de Química Forense- Editorial La Rocca.-1ª Edición - Buenos Aires.
- ✓ **Di Maio, Vincent J.M. (1999)** Heridas por arma de fuego- Aspectos prácticos sobre las armas de fuego, balística y técnicas forenses -Ediciones La Rocca. Buenos Aires.
- ✓ **-Gisbert Calabuig, J.A.** (1991)- Medicina Legal y Toxicología- 4ta. Edición-Ediciones Científicas y Técnicas S.A.
- ✓ **-Hernández Sampieri, Roberto (2001)** - Metodología de la investigación- Editorial Mc Graw-Hill - 2da.Edición - México.
- ✓ **Ley de armas y explosivos N° 20.429 y Decreto Reglamentario N° 375/1975**
- ✓ **Locles, Roberto Jorge (2005)** - Tratado de Balística- Tomo 1 y Tomo II - Ediciones La Rocca - Tomo I y Tomo II. Buenos Aires.
- ✓ **Policía Federal Argentina (1984)** -Tratado de Criminalística-Tomo II- La química analítica en la investigación del delito. - Editorial Policial - Buenos Aires.
- ✓ **-Sabino, Carlos A. (1986)** - Como hacer una tesis - Editorial Humanitas-Buenos Aires.
- ✓ **-Sabino, Carlos A. (1990)**- El proceso de investigación - Editorial Humanitas-3ra.Edición-Buenos Aires.
- ✓ **-Saferstein, Richard (1995)** - Criminalistics an introduction to Forensic Science - Fith Edition, Editorial Prentice Hall. New Jersey.
- ✓ **Silveyra, J.O. (2006)** - Investigación Científica del delito-La escena del crimen-Ediciones La Rocca- Buenos Aires.
- ✓ **Skoog Douglas - Holler James - Nieman Timothy (2001)** - Principios de Análisis Instrumental-Mc Graw Hill-Quinta Edición

ANEXOS**GRAFICOS**

Grafico N°1: Replicados de medidas tomadas a diferentes distancias de disparo con distintos operadores. Se grafica: Media del número de perdigones que impactaron a diferentes distancias vs Diámetros de los círculos de la plantilla matriz

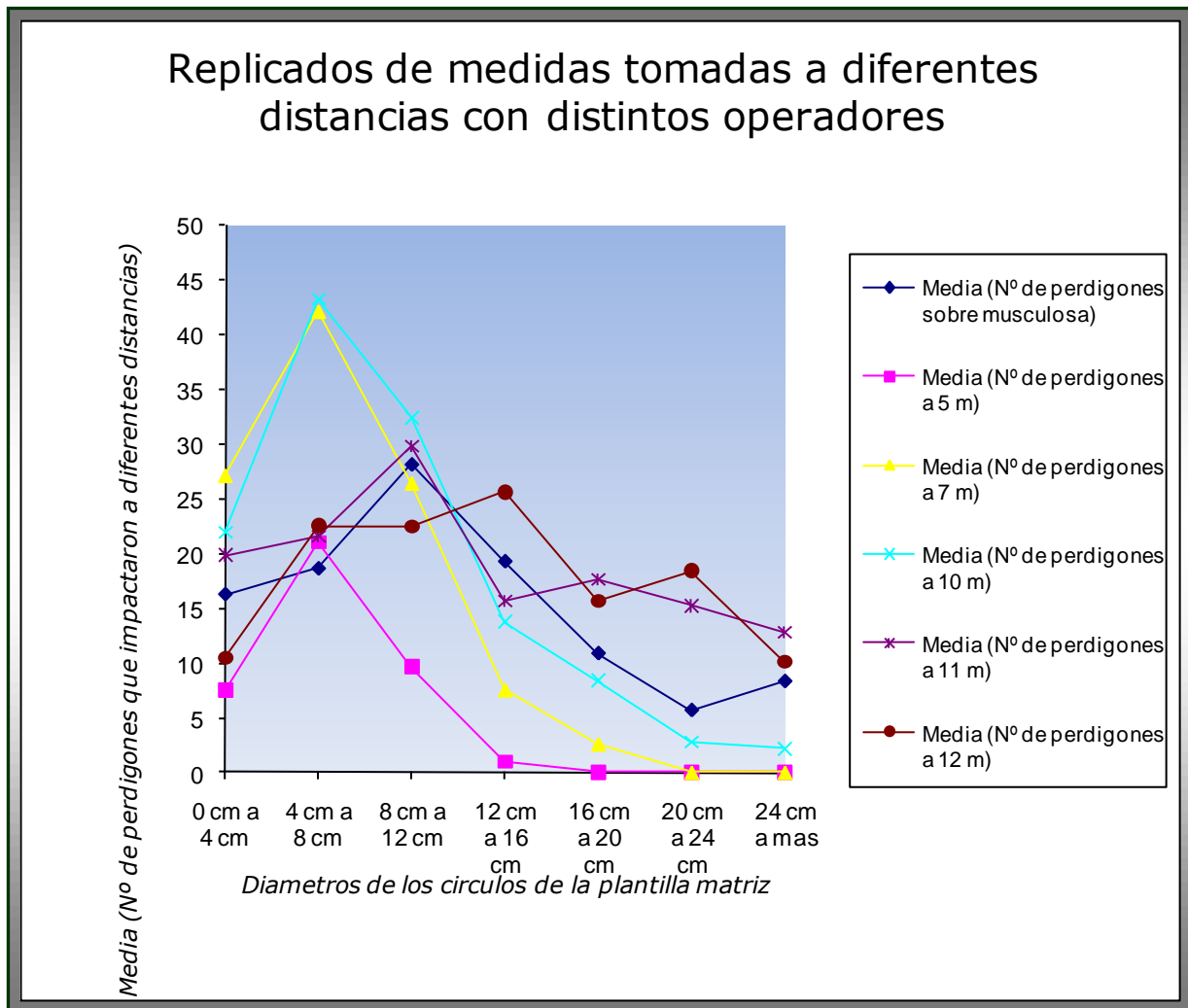


Gráfico N°2: Replicados de medidas tomadas a diferentes distancias con distintos operadores. Se grafica: Número de perdigones que impactaron a diferentes distancias vs Diámetros de los círculos de la plantilla matriz

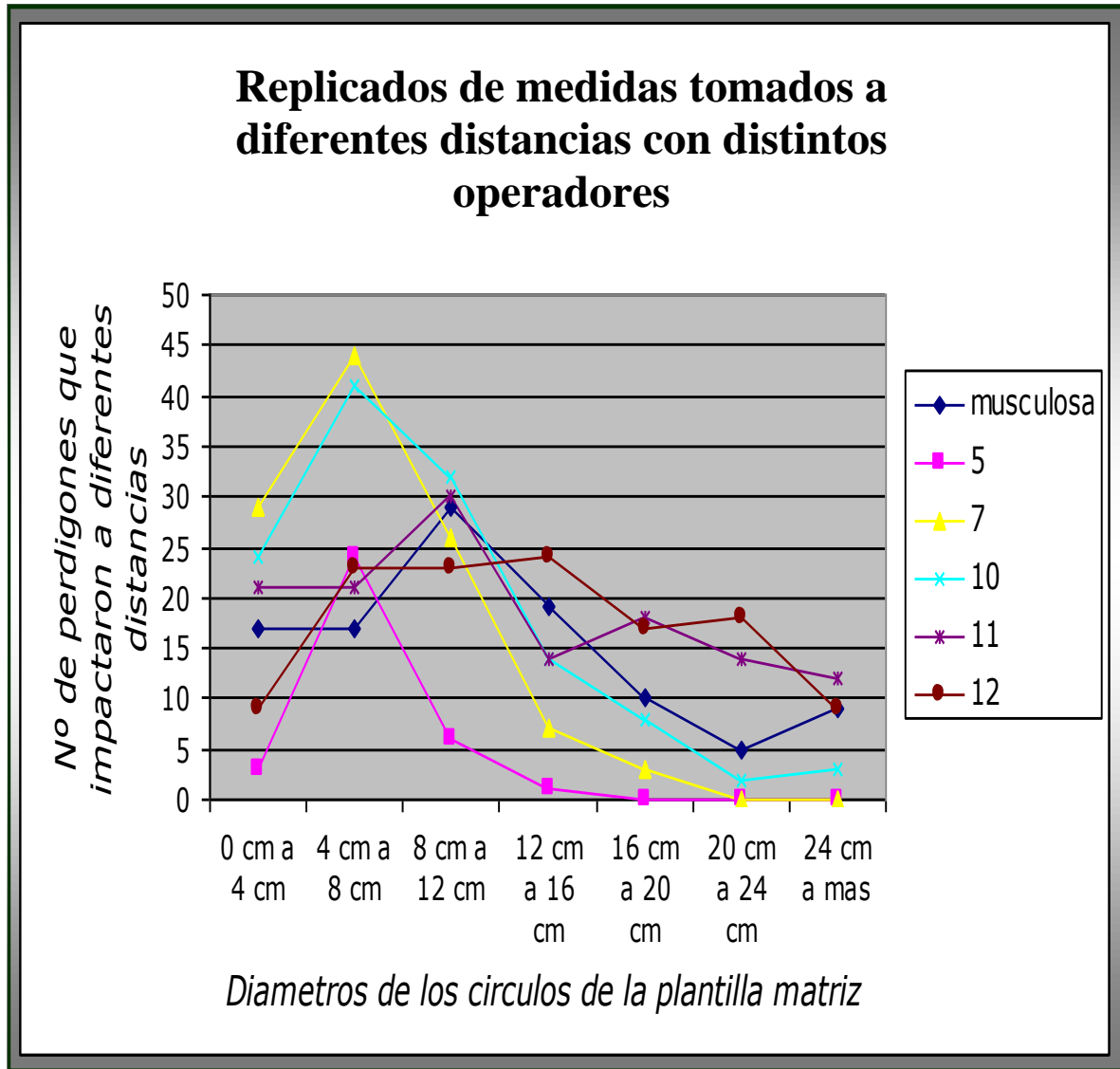


Grafico N°3: Desviación ponderada a distintas distancias. Se grafica: Desviación ponderada obtenida vs. Distancias de disparo

