



Facultad de ciencias jurídicas y sociales

Tecnicatura Universitaria en Criminalística

“Análisis de los impactos por proyectiles de armas de fuego con la interposición de diferentes materiales en su trayectoria”

Rocío Dominguez

Docentes:

Lic. Hernán Gacio

Mg. Paula Ariadna Jessurum

Noviembre 2023

Universidad: Universidad FASTA.

Facultad: Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.

Carrera: Licenciatura en Criminalística.

Trabajo: Tecnicatura Universitaria en Criminalística.

Título del trabajo: “Análisis de los impactos por proyectiles de armas de fuego con la interposición de diferentes materiales en su trayectoria”.

Autora: Rocío Domínguez.

Tutores: Lic. Hernán Gacio y Mg. Paula Ariadna Jessurum.

Fecha: Noviembre 2023.

Agradecimientos:

En primer lugar, quiero agradecerles a mis padres que me apoyaron incondicionalmente en todo este trayecto y estuvieron siempre, desde el primer día en el que decidí estudiar esta hermosa carrera. Por acompañarme e incentivar me para poder lograr todos mis objetivos.

A mi hermana que estuvo presente a lo largo de este proceso, me escuchó, me apoyó y alentó.

También quiero agradecerle a mi segunda familia, mi pareja y mis suegros que hicieron que este trabajo sea posible, brindando todos los recursos como predisposición para llevarlo a cabo.

Y finalmente, al Licenciado Hernán Gacio y a la Profesora Paula Jessurum quienes me orientaron con sus conocimientos y experiencia en la realización de este trabajo.



Índice:

Resumen:	6
Palabras claves:	7
Abstract:	8
Keywords:	9
Introducción:	10
Objetivos principales:	12
Objetivos específicos:	12
Preguntas relativas a los objetivos principales:	13
Preguntas relativas a los objetivos específicos:	13
Marco teórico:	14
Balística:	14
Mecanismos y funcionamiento de las armas de fuego de tipo pistolas:	19
El calibre de las armas de fuego:	21
Designaciones del calibre:	22
Cartuchos de las armas de fuego:	23
Vaina:	23
El fulminante:	27
Pólvoras:	29
Balas:	31
Cartucho de fuego anular .22 Long Rifle:	32
Cartucho de fuego central .45 ACP:	33
Balística de efectos:	35
Hipótesis:	41
Metodología de investigación:	42
Experimentación:	50
Variables de investigación:	92



Análisis de datos:	93
Discusión de resultados:	125
Conclusiones:	127
Bibliografía:	131
Libros:.....	131
Artículos científicos, tesis y páginas Web:	131

Resumen:

La balística de efectos como lo indica su nombre, estudia los efectos que produce un proyectil al momento de impactar en un objetivo ocasionando daños en las cosas o lesiones en las personas. El enfoque de esta investigación son los efectos producidos en elementos interpuestos, en los que el proyectil impacta en un primer lugar, y al atravesarlo proyecta fragmentos del material hacia adelante ocasionando el efecto *spalling*. Este fenómeno consiste en la formación de fragmentos producto del impacto por proyectil de arma de fuego en una superficie, proyectando restos en forma de astillas, ocasionando daños en el cuerpo de una persona.

En el presente trabajo se planteó resolver las siguientes interrogativas del problema de investigación “¿Qué ocurre en un impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición de diferentes materiales en su trayectoria?” y “¿Es posible que se produzca el efecto *spalling* en los elementos planteados?”.

Como hipótesis se estableció que este fenómeno se produce en todos los elementos empleados, generando la fragmentación y proyección de los restos hacia el objetivo ocasionando daños, producto del impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición previa de diferentes materiales.

En este estudio se analizó mediante prácticas cómo se comporta este efecto en diferentes telones interpuestos como madera, placa de madera aglomerada, ladrillo, yeso y vidrio. Se emplearon dos calibres de armas de fuego con capacidades de penetración diferentes como el calibre .22 LR y el .45 ACP. También se evaluó cómo varía el fenómeno en relación a la distancia del material interpuesto al blanco (30 cm, 60 cm y 150 cm).

En la experimentación se efectuaron un total de 30 disparos, 15 con cada uno de los calibres ya nombrados, en los cuales se emplearon los materiales planteados y las tres distancias entre el telón y el blanco, donde se utilizó láminas de papel en representación al cuerpo de una persona.

Se determinó que los dos proyectiles de diferentes calibres perforaron todos los elementos propuestos en las tres distancias establecidas produciendo la fragmentación y dispersión del material hacia el objetivo.

El efecto *spalling*, se produjo en todos los materiales a excepción del yeso, en el cual, a diferencia de los otros telones, este suceso se produjo en forma de polvo blanco y no se proyectaron partículas sólidas, debido a la naturaleza y consistencia de este material lo que no provoca daños en el objetivo. Por esta razón, este caso en particular no se ajusta a la definición del fenómeno.

Ante lo expuesto, se concluye que la hipótesis planteada en esta investigación es refutada debido a que no se produce el efecto en todos los materiales propuestos.

Palabras claves:

Impacto por proyectil, telones interpuestos, efecto *spalling*, fragmentos, blanco.

Abstract:

Terminal ballistics studies the effects produced by a projectile upon impacting a target, causing damage to things or injuries to people. The focus of this research is the effects produced on interposed elements, in which the projectile impacts in the first place, and when it passes through it, it projects fragments of the material forward, causing the spalling effect. This phenomenon consists of the formation of fragments resulting from the impact of a firearm projectile on a surface, projecting debris in the form of splinters, causing damage to a person's body.

In the present work, the following questions were posed to solve the research problem "What happens in a firearm projectile impact on a target, with the interposition of different materials in its trajectory?" and "Is it possible to produce the spalling effect in the considered elements?".

The hypothesis established in this research is that this phenomenon occurs in all the considered elements. Generating the fragmentation and projection of the remains towards the target, causing damage as a result of the impact of a firearm projectile on a target, with the prior interposition of different materials.

In this study, by means of practical exercises the behaviour of this effect on different interposed backdrops such as wood, chipboard, brick, plaster and glass was analysed. Two calibres of firearms with different penetration capacities such as .22 LR and .45 ACP were used. Also, was evaluated how the phenomenon varies in relation to the distance of the interposed material from the target (30 cm, 60 cm and 150 cm).

In the experiment, a total of 30 shots were fired, 15 with each of the previously mentioned calibres, using the planted materials and three distances between the curtain and the target, where paper sheets were used to represent the body of a person.

It was determined that the two projectiles of different calibres perforated all the proposed elements at the three established distances, resulting in fragmentation and dispersion of the material towards the target.

The spalling effect occurred on all materials with the exception of plaster, on which, unlike the other curtains, it occurred in the form of white powder and no solid particles were projected, due to the nature and consistency of this material, which does

not cause damage to the target. For this reason, this particular case does not fit the definition of the phenomenon.

In view of the above, it is concluded that the hypothesis established in this research is refuted because the effect is not produced in all the proposed materials.

Keywords:

Projectile impact, interposed curtains, spalling effect, fragments, target.

Introducción:

El presente trabajo de investigación se aplica al área de la Balística Forense. Donde se realizará un análisis de los impactos producidos por los proyectiles de armas de fuego cortas o de puño¹, utilizando dos calibres diferentes; con la interposición de diversos materiales como: vidrio, ladrillo hueco, madera, yeso y placa de madera aglomerada. El objetivo es comprobar si los proyectiles atraviesan los elementos; analizar si se produce un efecto que es el que se busca en este trabajo y es el fenómeno denominado *spalling*²; determinar si en las distancias planteadas se encuentran restos de estos materiales en el blanco y de ser así, representar las proporciones de los fragmentos incrustados en el objetivo.

Los aportes que brinda la investigación son de utilidad para analizar qué ocurre con los proyectiles al encontrarse en su trayectoria diversos elementos antes de impactar al blanco. La selección de los materiales a utilizar se realizó de acuerdo con los hallados comúnmente en los hechos delictivos de experticia³ criminalística, donde los delitos por armas de fuego son los sucesos más eventuales, siendo ocurrentes en interiores que contengan paredes, muebles u objetos con los componentes nombrados anteriormente. Éstos, al ser atravesados por proyectiles con capacidad de penetración⁴, pueden generar el efecto *spalling*, es decir, el desprendimiento del cuerpo emitiendo los fragmentos, producto del impacto.

Se utilizarán dos calibres con diferentes capacidades de penetración para observar las desemejanzas que presentan en los impactos. Primeramente, será empleado un calibre .22 LR⁵ y luego, un calibre .45 ACP⁶. El primero presenta menor poder de detención⁷, pero esto no implica una menor efectividad, sobre todo teniendo

¹ Arma de fuego portátil, que fue diseñada para que en su empleo normal se utilice una sola mano, sin apoyarse en otra parte del cuerpo.

² Spalling: Spall “astilla”. Spalling: “resquebrajamiento”, “desprendimiento”. En español conocido como espalación: Proceso en el cual un cuerpo emite fragmentos debido a un impacto.

³ Cualidad en la que se unen la experiencia y la pericia en un campo.

⁴ Capacidad que tienen las balas de desplazar o romper la superficie de los cuerpos y penetrar en ellos pudiendo o no, atravesarlos.

⁵ Calibre .22 LR (Long Rifle) cartucho de percusión anular. Uno de los calibres más populares con escaso poder de parada.

⁶ Calibre .45 Automatic Colt Pistol. Cartuchos de percusión central, con gran poder de detención.

⁷ Capacidad que tiene un proyectil para derribar, inutilizar o abatir a una persona o pieza de caza, aun cuando el disparo no se efectúe sobre órganos vitales. Aplicándolo a la defensa

en cuenta su elevada capacidad de penetración. En cambio, el calibre .45 ACP, tiene un gran poder de parada debido al diámetro de su proyectil y por la capacidad de su vaina.

Si los proyectiles atraviesan por completo los elementos mencionados, se puede determinar que estos presentan poder de penetración. Al producir un impacto lo suficientemente fuerte como para que una parte de la estructura sea sometida a una deformación por contracción, esta superficie deformada emitirá fragmentos a cierta velocidad. De ser posible la presencia de estas fracciones del material interpuesto en el objetivo, con diferentes distancias en la que se someterá este telón, se realizará un análisis de este fenómeno comparando los resultados entre los dos calibres utilizados, los datos que se observarán con los diferentes materiales empleados, la dispersión de los cuerpos proyectados, si estos fragmentos lograron perforar el objetivo o no, entre otros estudios que sean de interés para aportar a la investigación.

En caso de no presentarse un poder de penetración del proyectil en los materiales planteados, debido a diversas variables como la utilización de un calibre con escasa penetración; naturaleza o la capacidad que tiene el elemento de absorber y disipar la energía, no se observará el efecto *spalling* sobre el blanco a analizar.

El objetivo que se utilizará para observar la presencia de este efecto en el presente trabajo consistirá en una pantalla de papel, que simulará los efectos que tendría un ser vivo ante el impacto por proyectil de arma de fuego luego de un primer impacto con un telón interpuesto. Este blanco estará situado a distintas distancias, con respecto al material empleado.

Esta investigación es de sumo interés para la criminalística, más específicamente al área de la balística forense como aporte a la determinación de la ubicación del tirador y/o el de la víctima; la distancia del que dispara el arma de fuego con el objeto de determinada naturaleza que intervino en la trayectoria del proyectil y la distancia que tenía ese elemento con el blanco para introducirse en el objetivo debido a este fenómeno de limitado conocimiento en bibliografías de balística denominado *spalling*.

personal se define como la capacidad que tienen una bala para dejar incapacitado de toda acción ofensiva a un individuo agresor.

Con este estudio se pretende analizar dentro de la balística de efectos, lo que ocurre cuando diferentes materiales se interponen en la trayectoria de un proyectil de arma de fuego antes de impactar en una persona.

Ante lo expuesto anteriormente, se plantean los problemas de esta investigación en las siguientes interrogativas: “¿Qué ocurre en un impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición de diferentes materiales en su trayectoria?” y “¿Es posible que se produzca el efecto *spalling* en los elementos planteados?”. Estos cuestionamientos surgen debido a la importancia de analizar cómo se comportan los impactos por proyectiles de arma de fuego en los diferentes telones empleados y si estos presentan las características necesarias para producir el fenómeno de espalación.

Con este trabajo, se pretenden lograr los siguientes objetivos de investigación, los cuales se dividen en principales y específicos.

Objetivos principales:

1. Establecer qué ocurre en un impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición de diferentes materiales en su trayectoria.
2. Determinar si es posible que se produzca el efecto *spalling* en todos los elementos planteados.

Objetivos específicos:

- Determinar si es posible que se produzca el efecto *spalling*, al impactar contra las superficies planteadas.
- Analizar con cuál de los dos calibres a utilizar (.22 LR y .45 ACP) se produce más efecto de espalación.
- Analizar la variación de las distancias en la que se encuentra el blanco, con respecto al elemento interpuesto.
- Obtener datos proporcionales de los impactos del *spalling* producidos en el blanco.

Para abordar el problema de investigación y lograr una mayor comprensión integral de este trabajo, surgen las preguntas relativas a los objetivos ya mencionados anteriormente, con las siguientes interrogativas, separadas según los objetivos principales y secundarios.

Preguntas relativas a los objetivos principales:

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para que el proyectil impacte en el blanco, logrando atravesar los materiales que se le interponen?

¿Son considerados aptos los elementos para producir su fragmentación, ante un impacto, permitiendo así, su adherencia o incrustación en el blanco?

Preguntas relativas a los objetivos específicos:

¿Es posible que los dos calibres que serán utilizados, atraviesen por completo los elementos que se interponen?

¿Varía notablemente en sus efectos, el incremento de la distancia entre el blanco y el material interpuesto?

¿Con la interposición de qué elemento de los utilizados, presenta mayor efecto de espalación?

Por último, es de importancia mencionar que se evaluó la factibilidad de la presente investigación contemplando los recursos técnicos y financieros que se necesitan a la hora de llevar a cabo este trabajo para lograr los resultados con éxito.

Se consultó al Lic. Hernán Gacio, titular de la cátedra de Balística Forense y Balística Aplicada en la Licenciatura en Criminalística de la Universidad FASTA sobre la temática en cuestión, quién estableció la viabilidad de la investigación.

Para abordarla, se cuenta con un curso de tiro federal que se focaliza en la defensa y prevención ante la utilización de armas de fuego. Efectuado por la alumna, en el Tiro Federal Argentino de Mar del Plata.

Además, se dispone con todas las herramientas e instrumentos para su realización, como también, el lugar físico, con todos los medios de seguridad y de conciencia, tanto de la persona que efectuará los disparos y del sitio, que estará protegido y aislado, para realizar de manera segura y eficaz la experimentación.

Por último, se menciona en relación a la factibilidad económica, que se tiene conocimiento de los gastos a realizar y serán costeados por la investigadora.

Marco teórico:

Primeramente, se realizará una introducción a la disciplina correspondiente para comprender el área principal de este trabajo de investigación y entender los conceptos principales.

Balística:

La balística forense es una disciplina de la criminalística que parte del conocimiento científico que tiene por objeto el estudio de las armas de fuego y artificios de proyección, ya sean mecánicas, neumáticas u otros, en todos los casos portátiles, de su munición y de las causas o efectos propios de los disparos de éstas armas y circunstancias que escapen de estos fenómenos, en tanto y en cuanto sean de utilidad para el esclarecimiento de hechos delictivos.

En simples palabras, se puede decir que la balística estudia a las armas de fuego, el alcance y la dirección de los proyectiles que disparan y los efectos que éstos producen.

Esta disciplina se divide en etapas. La primera se la denomina balística interior que comprende el estudio de todos los fenómenos que suceden dentro de las armas hasta que el proyectil abandona el ánima⁸ del cañón.

Comprendiendo la operación previa a la percusión, durante la percusión y hasta que el proyectil sale de la boca del arma.

La segunda etapa se la conoce como balística exterior que estudia el alcance y la dirección de los proyectiles disparados comprendiendo su trayectoria en el espacio desde que abandonan el ánima del cañón hasta el punto de impacto.

La balística intermedia o de transición, se encuentra entre la balística interior y exterior. Se ocupa del estudio en el instante en el que el proyectil sale a la atmósfera, donde se producen fenómenos de la deflagración de pólvora generando efectos en las heridas de corta distancia de interés médico legal.

Por último, se encuentra la balística terminal o de efectos que estudia los rebotes, perforaciones y efectos producidos de los proyectiles desde que impactan en el

⁸ Interior del tubo cañón de un arma de fuego.

blanco, hasta que se detienen completamente. Orientándose en la acción y consecuencias producidas durante y después de impactar sobre cualquier superficie.

Estas etapas, especialmente la última, serán comprendidas en detalle más adelante. A continuación, será de importancia adentrarse a los conceptos básicos de la balística para una mayor comprensión al tema.

Según la Real Academia Española se denomina como arma a todo instrumento, medio o máquina para atacar o defenderse. Como también, todo elemento capaz de aumentar el potencial humano.

El A.N.Ma.C (Agencia Nacional de Materiales Controlados) describe en el Manual de Identificación y Rastreo de Armas de fuego (M.I.R.A.F) según la Ley de Armas 20.429/73 y su Decreto Reglamentario, 395/75 a las armas de fuego como aquellas que utilizan la energía de los gases producidos por la deflagración de las pólvoras, para lanzar un proyectil a distancia.

El artículo 3 del Decreto nombrado, clasifica a las armas según su operación en armas portátiles, que son aquellas armas de fuego o de lanzamiento⁹, que pueden ser normalmente transportadas y empleadas por un hombre sin ayuda animal, mecánica o de otra persona.

Dentro de esta clasificación se sitúan en primer lugar, las armas de puño o cortas que son diseñadas para ser utilizadas normalmente con el uso de una sola mano, sin ser apoyada en otra parte del cuerpo. Por otro lado, también se incluyen las armas de hombro o largas, que, para su empleo normal, requieren estar apoyadas en el hombro del tirador y utilizando ambas manos.

Las armas no portátiles, en cambio, son aquellas que no pueden normalmente ser transportadas y empleadas por un hombre, sin la ayuda animal, mecánica o de otra persona.

Según el ciclo de disparo de las armas de fuego, se clasifican en:

⁹ La que dispara proyectiles autopropulsados, granadas, munición química o munición explosiva. Se incluyen en esta definición, los lanzallamas, cuyo alcance sea superior a los 3 metros.

- De carga tiro a tiro: Armas de fuego que, no teniendo almacén o cargador, obligan al tirador a repetir manualmente la acción completa de carga y descarga del arma en cada disparo.
- De repetición: Armas de fuego que, el ciclo de carga y descarga de la recámara del arma se efectúa mecánicamente por acción del tirador, estando los cartuchos acumulados en un almacén cargador.
- Armas semiautomáticas: Armas de fuego en la que es necesario oprimir el disparador por cada disparo y en el que el ciclo de carga y descarga se efectúa sin la intervención del tirador.
- Armas automáticas: Armas de fuego que, manteniendo oprimido el disparador, se efectúa más de un disparo de manera continua.

Una vez comprendido lo anteriormente desarrollado, se procede a la explicación de una pistola, que será el tipo de arma empleada en esta investigación. La misma encuadra dentro de la clasificación de arma de fuego portátil de puño o corta. Citando al M.I.R.A.F, una pistola “es el arma de puño de uno o dos cañones de ánima rayada, con su recámara alineada permanentemente con el cañón. La pistola puede ser de carga tiro a tiro, de repetición o semiautomática”.

A continuación, serán nombradas y explicadas las partes y los elementos que producen el disparo en este tipo de arma de fuego. Se puede decir que toda arma denominada pistola comprende de las siguientes partes:

Marco, frame o armazón: Es el cuerpo del arma de aluminio, acero, aleaciones e incluso plástico de alto impacto. Contiene los mecanismos de disparo, seguridad y alimentación del arma. Los componentes que incluye el armazón son:

- a) Cola de castor o *Beaver Tail*: Seguro de empuñadura, que permite el correcto agarre del arma. Su función es proteger la mano del tirador del movimiento de la corredera en el sistema de disparo.
- b) Empuñadura: Zona donde el tirador coloca su mano y sujeta el arma.
- c) Cachas de fijación.
- d) Alojamiento del cargador: Espacio interno de la empuñadura donde se aloja el estuche cargador.

- e) Martillo de percusión: Elemento liberado al presionar la cola del disparador que golpea un percutor o aguja percutora para encender el fulminante y se inicie la deflagración de pólvora para lanzar un proyectil a distancia.
- f) Botador o eyector: Mecanismo que expulsa el cartucho de la uña extractora, a través de la ventana abierta en la corredera durante su retroceso.
- g) Cola del disparador: Elemento que al ser presionado da inicio al circuito de disparo.
- h) Arco guardamonte: Elemento que rodea y protege la cola del disparador.
- i) Guía de corredera: Espacio que une al armazón con la corredera permitiendo el desplazamiento de ésta última.
- j) Retén del cargador: Mantiene el estuche cargador en su posición y también permite sacarlo.

Corredera: Conjunto móvil que se desplaza de manera longitudinal sobre las guías del armazón en el retroceso del arma. La misma se encuentra sujeta al *frame* por canales o rieles que le permiten este movimiento.

Su funcionamiento reside en el principio de inercia de masas impuesto por John Moses Browning.

En la abertura anterior de esta pieza se aloja el cañón, y en la parte delantera tiene dos orificios: uno, para la salida del cañón cuando se monta el arma, y otro, para la guía del muelle recuperador.

Este elemento opera por retroceso. Está unido al cerrojo, por lo que al realizar el recorrido hacia atrás ya sea manualmente o durante el disparo permite la apertura de la recámara, la expulsión del cartucho y la recarga de uno nuevo del cargador.

Además, une el cerrojo con el cañón, permitiendo mantener la recámara cerrada durante el disparo, y pudiendo separarlos para efectuar la recarga.

Esta pieza contiene los sistemas de puntería como el alza y el guion junto con todas las inscripciones de la identificación del arma. A su vez, se encuentra la aguja percutora quien desempeña el mecanismo de percusión que se basa en el lanzamiento de ésta por inercia golpeando el fulminante. También son presentes los sistemas de bloqueo de aguja, la ventana eyectora y uña extractora que se encargan

de extraer la vaina del cartucho una vez disparado y expulsarlo, a través de la ventana, al exterior del arma.

Este mecanismo de extracción y expulsión consiste en que una vez efectuado el disparo, el cartucho aún alojado en la recámara tiende a recuperar su forma original para facilitar su remoción, donde la uña extractora incrustada en el surco del cartucho lo desplaza hacia afuera, donde seguidamente, un expulsor, golpea sobre el culote para botarlo por la ventana del arma.

Conjunto recámara cañón: Consiste en una pieza de formato tubular de metal resistente con alta coacción molecular para soportar grandes presiones y temperaturas, donde en su interior se encuentra y se desplaza la bala impulsada por los gases producidos por la deflagración de la pólvora. Este conjunto integra a la rampa de alimentación, la recámara de explosión, su anclaje al *frame* y al tubo cañón.

Se presentan diferentes diseños de acuerdo al arma empleada: rayado, *head space*¹⁰, sistema y calibre.

Muelle recuperador (*Recoil Spring*) y vástago o guía: Muelle que retorna la corredera y al desplazarse hacia adelante arrastra un nuevo cartucho, alimentando la recámara.

Este elemento por inercia de masas provoca el regreso del conjunto corredera a su posición inicial para volver a disparar el arma.

Existen pistolas que carecen de vástago y poseen como guía al mismo cañón, o bien el sistema de recuperación no está ligado al cañón.

¹⁰ Cota de fijación o *head space* es la distancia entre la superficie del block o espaldón de cierre del arma que enfrenta a la recámara y los puntos de ésta que se oponen al movimiento del cartucho hacia el ánima del cañón.



RENAR Registro Nacional de Armas, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2001).
Manual de Identificación y Rastreo de Armas de Fuego M.I.R.A.F. [Figura 1].

Mecanismos y funcionamiento de las armas de fuego de tipo pistolas:

Los mecanismos de las pistolas se dividen en cinco grupos:

1. **Mecanismo de alimentación:** Se encarga de cargar el cartucho a la recámara. Lo constituye el cargador, que es un accesorio removible del arma que consta de un tubo del cargador, teja o soporte elevador, muelle elevador, tapa del cargador y su enganche. Tiene capacidad variable y se aloja en el interior de la empuñadura.
2. **Mecanismo de cierre:** Al disparar el arma, la presión de los gases de la combustión de la pólvora es tan grande que el cañón y la corredera deben permanecer bloqueados hasta que la bala salga expulsada del ánima. Si no existiera este sistema de acerrojamiento, al retroceder la corredera después del disparo, la bala aún estaría recorriendo el cañón, con lo que permanecería repleto de gases a gran presión. Estos gases empujarían al cartucho fuera de la recámara, sus paredes de latón dejarían de estar protegidas y reventaría debido a las altas presiones, quedando el arma inservible.



Este sistema está constituido por el bloque de cierre, cuya función principal es la de mantener las partes móviles del arma bloqueados, hasta que el proyectil abandone la boca del cañón impidiendo que no varíe la dirección de la línea de puntería y que no se produzcan daños en las vainas por un retroceso anticipado.

3. Mecanismo de disparo y percusión: El mecanismo de disparo comprende dos posibilidades:
- Simple acción: Consiste en montar primeramente el martillo manualmente. Luego, se presiona la cola disparadora que libera el martillo para que se produzca el disparo, es decir que se libera el fiador para que el percutor incida sobre la vaina.
 - Doble acción: La cola disparadora realiza dos acciones, al presionarla se monta el martillo, se libera el fiador y se produce el disparo. El impulso del disparo deja amartillada la pistola para el siguiente disparo.

El mecanismo de percusión consiste en una vez que se ejerce presión sobre la cola del disparador esta fuerza repercute sobre el fiador el cual está bloqueando el martillo, a medida que la presión aumenta, el mismo se zafa por la acción que ejerce el muelle de martillo sobre éste y golpea en la parte posterior de la aguja percutora la cual golpea a la cápsula iniciadora que contiene el fulminante, que trasmite fuego a la carga propulsora la cual deflagra produciendo gases que ejercen presión sobre la base de la bala, separándose así de la vaina e iniciando un movimiento frontal para ingresar al ánima del cañón, donde se incrusta en el rayado del mismo. El aumento de la presión produce el impulso necesario para incrementar su velocidad, se inicia la rotación obligada por la forma helicoidal del estriado del ánima. El proyectil por la gran presión sale por la boca del cañón generando una trayectoria en el espacio hasta impactar en un blanco determinado.

4. Mecanismo de extracción y expulsión: Como ya se mencionó anteriormente, este sistema es el encargado de extraer la vaina del cartucho una vez disparado y expulsarlo, a través de la ventana eyectora, al exterior del arma.
5. Mecanismo de seguridad: Este mecanismo tiene la finalidad de reducir la producción de disparos accidentales y/o involuntarios, siendo componentes originales del diseño del arma. Estos se clasifican en automáticos y manuales.

- Automáticos: Son aquellos que no dependen de la voluntad del operador para su vigencia. Son los seguros del cargador, los bloqueos de aguja percutora y el *safe action* de Glock: Combina aguja destensada- bloqueador de aguja y tecla en cola del disparador.
- Manuales: Son aquellos que en su vigencia interviene activamente la voluntad del operario del arma. Entran dentro de esta clasificación los seguros del fiador consistentes en pestillos, teclas, palancas, entre otros, los seguros de empuñadura, la posición de seguridad del martillo (primer descanso) y el sistema de “*decocker*” o desmartillado seguro en pistolas con bloqueo de aguja.

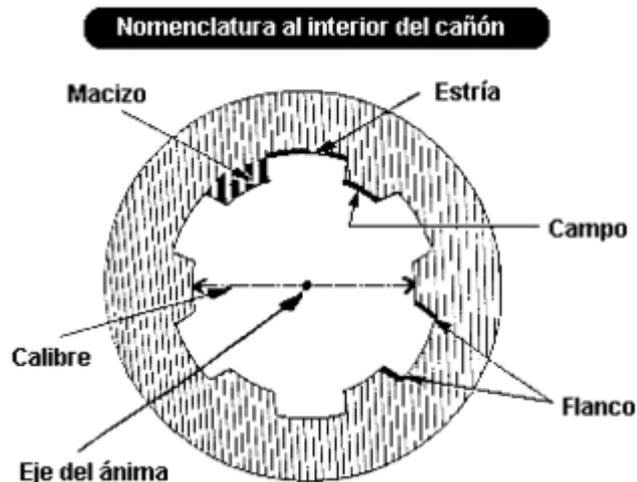
El calibre de las armas de fuego:

Se denomina calibre al diámetro aproximado del proyectil. También se puede decir que es el diámetro interno del cañón de un arma de fuego y del proyectil correspondiente.

El calibre de las armas con ánima rayada como lo es en el caso de las pistolas se establece por la distancia entre dos campos directamente opuestos del interior del cañón.

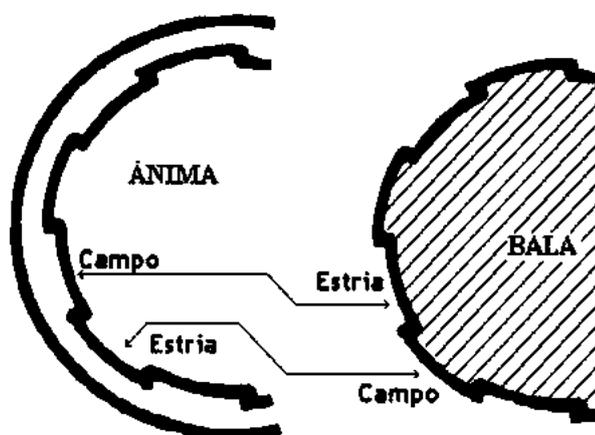
Se distingue el calibre real del nominal. El primero es el calibre del arma de fuego, considerando la distancia existente en el interior del cañón. Se toma la medida entre los campos o macizos opuestos.

Por otra parte, el calibre nominal es el nombre que se utiliza para el calibre específico de los cartuchos que las armas emplean. Este es medido entre los bajos relieves denominados fondos (donde se encuentra una estría en el cañón).



Seguridad pública (2013). *Balística, las lesiones de la bala* [Figura 2]. Recuperada de:

<https://seguridadpublica.es/2013/01/31/balistica-las-lesiones-de-la-bala/>



Propiedad de la Escuela de Formación de Carabineros, material de apoyo, Docente Subdirección Académica.(2016). *Taller de arma y tiro policial I*. [Figura 3]. Recuperada de:

<https://docplayer.es/35327713-Taller-de-arma-y-tiro-policial-i.html>

Como se puede observar en las imágenes anteriores, una estría está compuesta por el alto y el bajo, o mejor dicho el macizo o campo y el fondo.

El flanco, es el sector de la zona baja del cañón donde se apoya el proyectil y gira sobre él. Contrariamente, donde no se apoya el proyectil se denomina contra flanco.

Designaciones del calibre:

Según la nomenclatura europea, para la designación del calibre se emplea el sistema métrico decimal. Donde se designa el calibre de la bala por la longitud de su vaina. El ejemplo más conocido es el calibre nominal 9 mm que tiene la designación

européa 9 x 19 mm, donde la primera corresponde al diámetro aproximado de la bala y la segunda, correspondiendo al 19, hace referencia a la longitud de la vaina, ambos expresados en milímetros.

La nomenclatura americana, extendida por Inglaterra, emplea el sistema inglés de medidas para medir el calibre nominal de las armas de fuego y sus cartuchos, en centésimas y milésimas de pulgada, siendo ésta última más conveniente para medir el calibre real de las balas.

Como ejemplo de centésimas de pulgada se encuentra el .22; .32; .45; etc. Para las milésimas de pulgada se pueden encontrar el .223; .303; .308; etc.

Ya mencionada y explicada la nomenclatura de los calibres de los cartuchos es de importancia señalar que el calibre nominal se encuentra caracterizado por una medida numérica seguida de una o más extensiones, las cuales pueden ser nombres, designaciones, referencias técnicas, abreviaturas u otras medidas numéricas. Un ejemplo de una extensión empleada en calibre de pistola que será utilizada en esta investigación es la designación "ACP", que significa Automatic Colt Pistol, término que se empleó para designar el calibre nominal de las pistolas automatizadas diseñadas para la empresa Colt, como es el caso del calibre .45 ACP.

Cartuchos de las armas de fuego:

De acuerdo a citado en el Decreto 395/75 Art. 3° inc. 19, se denomina cartucho al "conjunto constituido por el proyectil entero o perdigones, la carga de proyección, la cápsula fulminante, y la vaina".

Estos elementos constitutivos del cartucho cumplen diferentes funciones. La bala tiene la misión de producir efectos deseados en un punto u objeto determinado. La vaina, la de contener los demás elementos del cartucho y obturar herméticamente la recámara en el momento del disparo. La pólvora, es el propelente que da velocidad al proyectil, y, por último, la cápsula iniciadora es el elemento que al ser percutido va a dar fuego a la pólvora.

Vaina:

La vaina es el componente más esencial del cartucho, ya que tiene la función de integrar en una sola pieza la bala, la carga de proyección y el fulminante.

Su función consiste en:

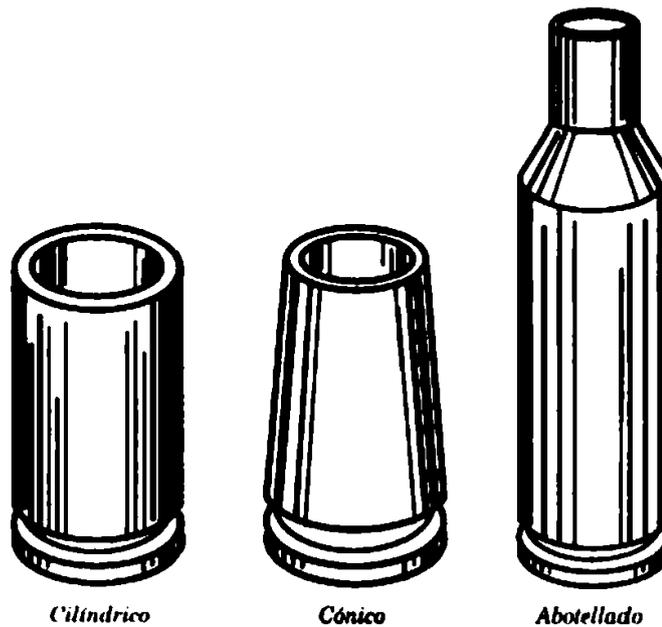
- Contener y unificar todos los elementos que conforman el cartucho moderno como la pólvora, el fulminante y la bala.
- Permitir la retrocarga¹¹ de las armas de fuego, el tiro a repetición y automático.
- Sellar la recámara al expandirse luego del disparo, para impedir la fuga de gases hacia la parte posterior.
- Soportar las presiones que se desarrollan en su interior, por lo que deben ser de estructura elástica, resistente y sólida.
- Facilitar la extracción de la vaina servida, una vez producido el disparo.

Las vainas pueden ser:

Según su forma:

- Cilíndricas: Se usaron con la pólvora negra. Son en su mayoría las vainas que se utilizan en revólveres.
- Cónicas: Permite la extracción sin necesidad de dispositivo. Puede ser cono truncado con base menor en el cuello siendo la más común, cono truncado con base mayor en el cuello y cilindro cónico con una porción basal con forma cilíndrica y una anterior cónica.
- Abotelladas: Brinda gran capacidad y buen apoyo del cartucho en la recámara. Se hace norma con la pólvora sin humo. Permiten aumentar la carga manteniendo la misma longitud.

¹¹ Armas que se cargan por la parte posterior del cañón, a diferencia de la avancarga que se carga por la boca del cañón.

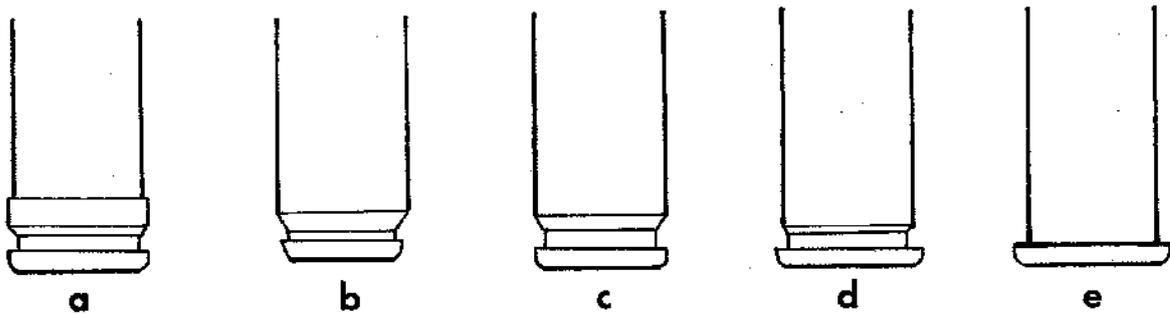


Cibrián Vidrio, O. (2007). *Balística Técnica y Forense*. Buenos Aires. Argentina. Ediciones La Rocca. *Vainas según su forma*. [Figura 4].

Según la configuración de su base:

- Sin reborde ni surco de extracción: Actualmente se encuentran en desuso. La extracción se debía al diseño cónico de la vaina por acción de la fuerza de los gases.
- Con reborde y sin surco de extracción: Se designan “*Rimmed*” (con reborde) en la nomenclatura codificándola con la letra “R” del alemán “*rand*”, luego de la expresión del calibre, denominándose los como “*flanged*” que significa pestaña. La pestaña tiene la función de dar apoyo al cartucho en la recámara. Es utilizada en los revólveres.
- Sin reborde y con surco de extracción: El reborde no sobrepasa el diámetro del culote de la vaina y por encima de él existe un surco anterior en bisel (forma de trapecio). Se denominan “*Rimless*”, que significa sin reborde o sin pestaña. Son cartuchos abotellados, con cuerpo ligeramente cónico, para lograr un buen *head space* en recámara.
- Con reborde y surco de extracción: El contorno de la base sobresale algo con respecto al culote como en el *rimmed*. Poseen surco y se las denomina “*Semi Rimmed*”. Brinda apoyo posterior al cartucho, facilitando la extracción y permitiendo la carga de manera más práctica en los “clips” de lámina.

- Con banda circular de refuerzo: Denominadas “*Belted*” o “Cinturados” “B”, diseñados en Inglaterra para cartuchos de caza de alto poder. Es una vaina *rimless* con refuerzo en forma de banda circular por encima del surco de extracción. Proporciona apoyo y fijación del cartucho en recámara.
- Con reborde reducido: Son llamadas también “*Reduced Rim*” o “*Indercut Rim*, RB”. El diámetro del reborde es menor que el del culote de la vaina y poseen surco de extracción.



Di Maio, Vicent J.M. (2007). *Heridas por Arma de fuego*. Argentina. Ediciones La Rocca.
 Diseños de vainas según configuración de su base, observándose (a) Con banda circular de refuerzo, (b) Con reborde reducido, (c) Sin reborde, (d) Con semireborde y (e) Con reborde o pestaña. [Figura 5].

Según el material de su constitución:

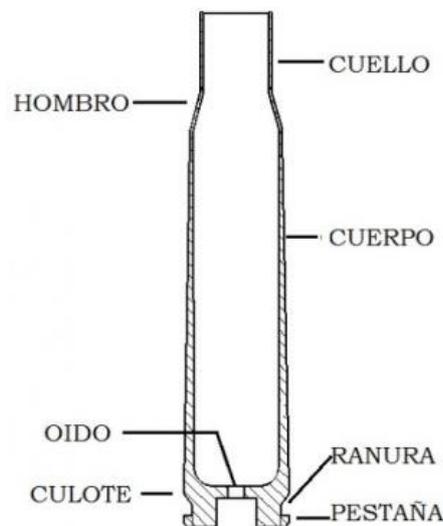
Se encuentran vainas metálicas, semimetálicas (metal y cartón o plástico) y plásticas.

Partes de una vaina metálica:

- Boca: Es la parte superior abierta del cartucho donde se inserta la bala.
- Cuello: Parte que le sigue a la boca.
- Hombro: Tronco de cono que produce un estrechamiento en el cartucho, siendo esa parte más estrecha a continuación del gollete.
- Cuerpo: Parte mayor. El espesor va decreciendo del culote a boca.
- Reborde o pestaña: Borde que sujeta al extractor.
- Culote: Es el fondo de la vaina. Si el cartucho es de percusión central, tiene un alojamiento para la cápsula iniciadora, siendo el grosor del culote mayor que el del cuerpo del cartucho.

Este elemento es plano por la parte exterior y presenta una pestaña o una ranura de extracción, o ambas. Si la percusión del cartucho es anular, el grosor del culote es fino, no lleva el alojamiento para la cápsula iniciadora y posee una pestaña, hueca, en cuyo interior, va el explosivo iniciador.

- Alojamiento del fulminante: Orificio que se encuentra en el culote.
- Yunque: Pequeña pieza para la ignición del fulminante. Se encuentra en el culote.
- Oído: Parte inferior del culote donde empieza el yunque, da paso a la llama. Pueden ser uno o más.



Stock Armas. (2015). *La vaina, el gran avance hacia las armas modernas*. [Figura 6]. Recuperada de: <https://www.stockarmas.com/la-vaina-el-gran-avance-hacia-las-armas-modernas/>

El fulminante:

Compuesto detonante que tiene la función de iniciar la deflagración de la pólvora mediante una llamarada de fuego que se transmite a través de unos orificios en la vaina. La cápsula del fulminante generalmente es de bronce o de algún otro metal maleable, en forma de recipiente donde se deposita la mezcla iniciadora.

Clasificación de los cartuchos por la forma de iniciar la deflagración de la pólvora:

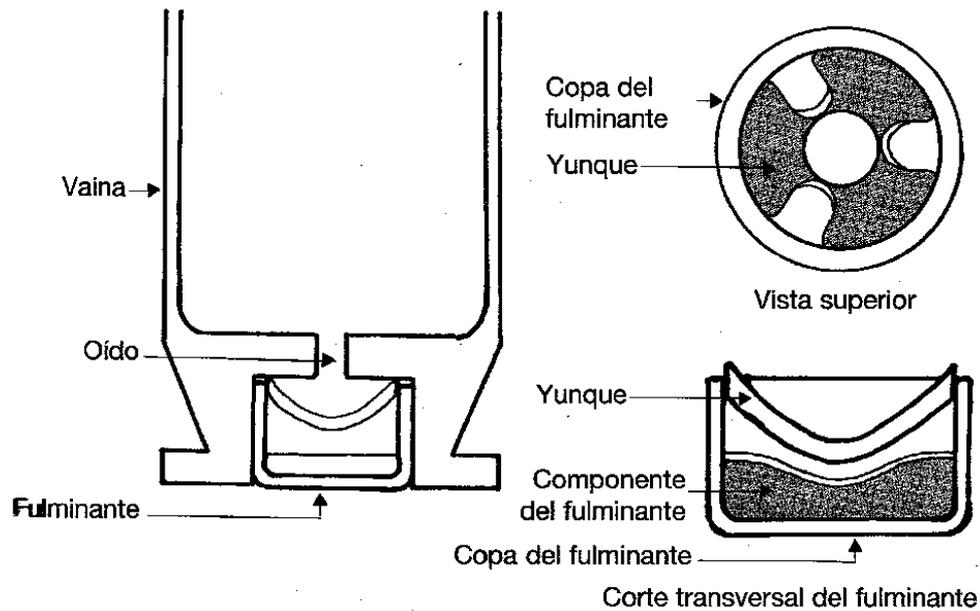
- **De fuego anular o periférico:** Cartuchos que tienen la particularidad de presentar la mezcla fulminante en la periferia o reborde del culote de la vaina.

Un ejemplo es el calibre .22 LR, Corto, Largo y Magnum. Estas armas que emplean estos cartuchos efectúan la percusión sobre la pestaña de la vaina, actuando como yunque el plano metálico del ingreso a la recámara del cañón. Además, este reborde también es de utilidad para conseguir una correcta posición del cartucho en la recámara y facilitar su extracción.

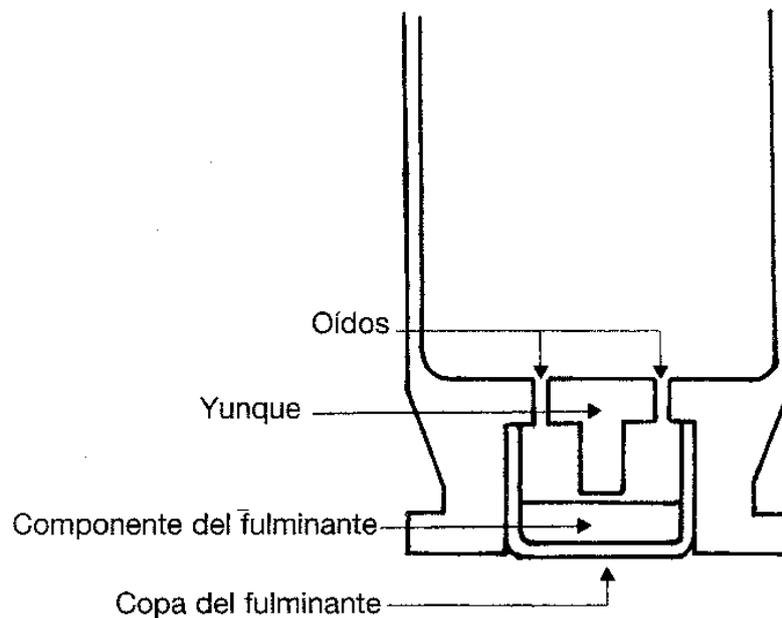
- De fuego o percusión central: Estos cartuchos presentan fulminante en el centro del culote de la vaina. Para ser disparados se requiere que el percutor impacte sobre la cápsula fulminante, para que ésta inicie la combustión de la pólvora. Un ejemplo de este tipo de percusión es el .45 ACP.

Para los cartuchos de fuego central se presentan dos tipos de vainas que utilizan diferentes fulminantes denominadas Berdan y Boxer. La diferencia consiste en que las vainas que utilizan el fulminante tipo Berdan, creado en Estados Unidos, presentan dos orificios de destello, conocidos como oídos, donde en el centro de su culote se encuentra una protuberancia formada por el mismo metal, denominado yunque, que funciona como tope de impacto, necesaria para provocar el aplastamiento de la cápsula metálica que contiene la mezcla fulminante, originando así el inicio del fuego que generará la deflagración de la pólvora.

Por otra parte, el sistema Boxer, inventado en Inglaterra, presenta un solo oído, y es el fulminante el que cuenta con una pieza metálica en su interior (yunque) que sirve como tope para producir el aplastamiento de la cápsula del pistón, reaccionando en consecuencia la mezcla fulminante.



Di Maio, Vicent J.M. (2007). *Heridas por Arma de fuego*. Argentina. Ediciones La Rocca.
Fulminante tipo Boxer. [Figura 7].



Di Maio, Vicent J.M. (2007). *Heridas por Arma de fuego*. Argentina. Ediciones La Rocca.
Fulminante tipo Berdan. [Figura 8].

Pólvoras:

La pólvora es el propulsor que proporciona velocidad al proyectil presentándose en gránulos de diferentes formas y tamaños. Cualquiera sea el estado físico de esta

sustancia es susceptible de transformarse en estado gaseoso, con desprendimiento de calor, cuya expansión se acompaña de efectos mecánicos por altas presiones.

Las pólvoras se dividen en mecánicas, correspondiendo a las pólvoras negras o *semi-smokeless* y químicas, siendo las pólvoras sin humo o *smokeless*.

Pólvora negra:

La pólvora negra es el primer explosivo y el más antiguo, compuesto por nitrato de potasio (75%) conformando el comburente de la sustancia, mientras que el combustible es el carbón vegetal (15%) siendo el que aporta mayor cantidad de energía y el azufre (10%) que tiene la función de conservar y regular la combustión y mejorar la homogeneidad de la mezcla.

Debido a las grandes desventajas de esta pólvora como la gran cantidad de residuos corrosivos, su higroscopicidad y las bajas velocidades iniciales que desarrollaban los proyectiles limitando su alcance, en la actualidad esta pólvora ya no es utilizada, reemplazándose por la pólvora sin humo que será nombrada a continuación.

Pólvora sin humo:

Pólvora considerada como un explosivo bajo ya que arde a velocidades de centímetros por segundo, a diferencia de los explosivos altos, que reaccionan de manera instantánea. Estas pólvoras modernas son consideradas propelentes sólidos que consisten en compuestos químicos diseñados para arder en condiciones controladas para impulsar un proyectil a grandes velocidades.

Estos compuestos están conformados de nitrocelulosa y pueden ser, de base simple de nitrocelulosa, de base doble consistente en una combinación de nitrocelulosa y nitroglicerina y de base múltiple, triple base o tribásica conformada por nitrocelulosa, nitroglicerina y nitroguanidina.

Estos propelentes presentan numerosas ventajas como la producción escasa de humo, la exigua proporción de residuos sólidos, menor higroscopicidad y presentan un similar rendimiento que la pólvora negra con 1/3 de su volumen.

Balas:

El término bala significa “lanzar”, por lo tanto, se la puede definir como todo elemento de diversas formas o tamaños que se utilizan para cargar y disparar en las armas de fuego.

Está compuesta generalmente de plomo endurecido con antimonio y una camisa de cobre y zinc, pudiendo estar blindada o no.

Inicialmente las balas eran esféricas, luego fueron transformándose para ser más efectivas, produciéndose en diferentes formas como en cilindro cónico empleadas en carabinas, cilindro ojival donde el radio de la ojiva se mide en calibres y son más conocidos como “nariz redondeada”, de punta aguda (*Spitzer*) conformadas por una base plana, tronca o tronco-cónica, de punta plana (*Flat*) de plomo o encamisadas y balas de punta alargada (*Spire Point*).

Balas de plomo:

El plomo es un metal blando, por lo que no es muy conveniente para las balas, debiendo alearse con otros metales como el estaño o el antimonio e inclusive con ambos para aumentar su dureza.

Para pistolas, se emplea una aleación conocida como linotipia o de metal fundido, que consiste en plomo (86%), estaño (3%) y antimonio (11%), con la finalidad de reducir el empujamiento, que provoca corrosión en los cañones de las armas.

También se observan balas de plomo con chapas latonadas o cobrizas, que dan un aspecto de proyectil blindado comúnmente encontrándose en los cartuchos de fuego anular de los calibres .22 Corto¹² y L.R.

Por otra parte, se encuentran las balas ojivales de plomo, que presentan en su base un sello de bronce como Gas Check, cuya función es de resistir el empuje de los gases propulsores, evitando que el plomo se ablande por las altas temperaturas.

Balas encamisadas:

El término encamisado o blindado se les proporciona a las balas con núcleo recubierto con otro metal de mayor dureza. Estas balas dejan menores residuos de

¹² Cartucho de percusión anular para revólver, desarrollado en 1857 para el primer revólver de Smith & Wesson. Fue el primer cartucho metálico estadounidense.

plomo sobre las paredes del ánima del cañón. Esta munición se las denomina “cartucho de guerra” que en inglés se las conoce como “*Full Metal Jacket*” o con su abreviatura FMJ y es de importancia mencionar que estas municiones surgen a partir de la necesidad de aumentar la dureza y resistencia de las mismas.

El encamisado puede ser de acero, latón, estaño, cobre, cuproníquel, entre otros.

Balas semi-encamisadas:

También conocidas como de punta blanda, consiste de una bala con un núcleo de aleación de plomo recubierto de latón, quedando 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, aumentando su diámetro.

Existen numerosos tipos de balas que no fueron mencionadas, describiéndose solo alguna de ellas, que serán de interés para comprender algunas de sus variedades.

A continuación, serán descritos los cartuchos de las armas que se utilizarán en la presente investigación.

Cartucho de fuego anular .22 Long Rifle:

El .22 Long Rifle o 5,6 x 15 mm R¹³ en sistema métrico es un cartucho de percusión anular, es decir, que el detonador está en el interior del anillo de la vaina, utilizado en pistola y carabina¹⁴, creado en Estados Unidos por la compañía americana de armas y herramientas J. Stevens, e introducido en 1887. Originalmente usaba pólvora negra, pero a comienzos del siglo XX se utilizó con pólvora sin humo. En ese mismo año se buscaba un cartucho más potente que el .22 Long utilizado hasta el momento. Luego, en 1880 se desarrolló el .22 Extra Long¹⁵, que posteriormente se combinó con la vaina del .22 Long para crear el .22 Long Rifle.

El primer cartucho HV (Alta Velocidad) se dató en 1930 y su fabricante fue Remington.

¹³ “R” en referencia a “Rimmed” con reborde o pestaña el culote de la vaina.

¹⁴ La carabina es un arma larga o de hombro de cañón estriado, con características similares a las del fusil, cuyo cañón no sobrepasa los 560 mm. de longitud.

¹⁵ Otra variante del calibre .22 lanzado en 1871, creado para superar en rendimiento al .22 Long.

Emplea la misma vaina que el calibre .22 Long. La diferencia consiste en que el .22 LR utiliza una bala más pesada, aunque en comparación con otras municiones, se las considera como balas de reducido peso y con una velocidad inicial de los 350 metros/segundo.

Por poseer un bajo costo económico, poco retroceso y buena precisión es un cartucho de tiro deportivo muy popular.

Para defensa personal normalmente se utilizan versiones de punta expansiva para aumentar el poder de detención, ya que este poder es escaso en estos cartuchos.



Historias de las armas de fuego. (2009). *El calibre .22 LR, ese gran desconocido*. [Figura 9]. Recuperada de: <https://historiadelasarmasdefuego.blogspot.com/2009/07/el-calibre-22lr-ese-gran-desconocido.html>

Cartucho de fuego central .45 ACP:

Cartucho creado por John M. Browning, conocido también como .45 ACP (*Automatic Colt Pistol*), .45 auto o 11,43 x 23 mm introducido en 1905 para la pistola semiautomática Colt modelo 1911, que fue utilizada como reglamentaria por las fuerzas armadas de los Estados Unidos.

Este cartucho presenta un gran poder de detención gracias a los 11,45 mm de diámetro de su proyectil y por la elevada capacidad de su vaina. La pistola para la que se diseñó, resultó robusta y tan fiable que se fabricaron millones de ejemplares, utilizándose en las dos guerras mundiales.

El calibre 11,25 x 23 mm es la nomenclatura con la que también se denomina este cartucho en Argentina y Noruega. La diferencia con el calibre 11,45 x 23 mm es

que el primero mide el calibre entre los campos de las estrías del cañón, mientras que el segundo lo hace entre los fondos de las mismas, fenómeno explicado anteriormente en el apartado de calibres de armas.

La carga militar estándar se realiza con un proyectil blindado de 13,8 gramos que presenta una velocidad de salida de 260,604 metros por segundo. También cabe mencionar que se encuentran disponibles cartuchos semiencañados, de punta hueca o perforada.



Gundigest. (2014). *Greatest Cartridges: The Indispensable .45 ACP*. [Figura 10].

Recuperada de: <https://gundigest.com/gear-ammo/reloading/greatest-cartridges-indispensable-45-acp>

En consideración a los dos cartuchos descriptos, se procede a la explicación de los fenómenos que actúan en la balística. Uno de ellos, es la velocidad de los proyectiles siendo un elemento de estudio esencial de la balística exterior y presentando una relación con la potencia de los cartuchos disparados por armas con características específicas.

Según las velocidades que desplazan los proyectiles se encuentran aquellos que se desplazan por debajo de la velocidad del sonido, denominados subsónicos, los que realizan un desplazamiento en promedio a la misma velocidad del sonido, siendo los sónicos y aquellos que viajan por encima del mismo, denominados supersónicos.

Se sabe que la temperatura en el ambiente presenta un efecto sobre la velocidad del sonido, siendo de 331 metros por segundo (m/seg) a la temperatura de 0°C, lo que

equivale a 1,92 km/hora y por cada grado centígrado de elevación de la temperatura, la velocidad del sonido en el aire aumenta a razón de 61 centímetros por segundos.

A continuación, se presenta una tabla sobre las velocidades y energías cinéticas¹⁶ aproximadas que desarrollan los proyectiles utilizados en la investigación. Esta información fue publicada por uno de los fabricantes de cartuchos de los Estados Unidos para tener conocimientos sobre el poder de impacto de cada uno de los calibres expuestos. Es de importancia constatar, que estos factores pueden variar en circunstancias como las condiciones físicas de los cañones y las variedades de tipos de balas que se encuentran para un mismo calibre.

Calibre nominal	Peso de la bala	Velocidad inicial en metros por segundo	Energía inicial en kilómetros.
.22 LR.	40 Granos.	377 m/s.	19 km.
.45 ACP.	230 Granos.	257 m/s.	50 km.

Tabla 1. *Velocidades y energías cinéticas de cartuchos .22 Long Rifle y .45 ACP.* Cibrián Vidrio, O. (2007). *Balística Técnica y Forense.* Buenos Aires. Argentina. Ediciones La Rocca.

Con todo lo anteriormente expuesto se puede observar que de acuerdo a la velocidad en las que se desplazan los proyectiles, tanto el .22 LR y .45 ACP son subsónicos, es decir que viajan por debajo de la velocidad del sonido.

Balística de efectos:

Como su nombre lo indica, este sector de la balística se enfoca en el estudio de los efectos que producen los proyectiles al impactar en un objetivo ya sea, provocando

¹⁶ La energía cinética de un cuerpo es un escalar y es aquella energía que posee dicho cuerpo debido a su movimiento relativo. Es el trabajo necesario para acelerar un cuerpo con una masa determinada en Kg, desde el reposo hasta la velocidad indicada, siendo el cuadrado de su velocidad en metros por segundo.

daños en las cosas materiales o lesiones en las personas. Como también estudia los ángulos de incidencia, la penetración y/o perforación de los proyectiles, el trayecto dentro de los cuerpos, las distancias de los disparos y el estudio de los efectos de las puntas que impactaron en el cuerpo o en alguna superficie.

Como una de las ramas más importantes de la criminalística, es fundamental el estudio minucioso de los efectos que producen los proyectiles en los cuerpos, como también en los materiales que impacta, para poder así auxiliarse de otras ciencias o disciplinas como la medicina legal, para complementar el estudio.

En la presente etapa de la balística, siendo significativa en el trabajo de investigación, se realizará hincapié en el poder de penetración y en los efectos que los proyectiles generan en el cuerpo de una persona como en los objetos, más precisamente en los elementos interpuestos, denominados blancos intermedios.

Para comenzar, se define al poder de penetración como la capacidad que tiene un proyectil para perforar cuerpos u otras estructuras. Si éstos perforan por completo un material o un cuerpo determinado, se puede decir que se está ante la presencia de una munición con capacidad de penetración. Al producir un impacto lo suficientemente fuerte como para una estructura sea sometida a una deformación por contracción, esta superficie deformada emitirá fragmentos a cierta velocidad. De ser posible, la presencia de estas fracciones de materiales en el interior del objetivo, se produjo un fenómeno de utilidad en este trabajo y es el denominado efecto *spalling*, el cual se explicará con detalle más adelante.

El pasaje de un proyectil a través de un objeto intermedio, mencionados como “blancos intermedios” por Di Maio en su obra “Heridas por Arma de fuego”, antes de golpear a la víctima, se produce de manera frecuente con alteración de la apariencia de las heridas causadas.

Al atravesar dicho objeto, se pueden emitir fragmentos del elemento hacia delante. Si la víctima está en aproximación, estos restos pueden quedar impregnados en su ropa o en su cuerpo. Además, por la gran velocidad y energía que conlleva el

proyectil, estas partículas salen despedidas bruscamente y dañarán a la persona dejándole marcas de pseudotatuajes¹⁷ o de graneado en la piel.

El movimiento giroscópico¹⁸ que estabiliza al proyectil a medida que se desplaza a través del aire resulta insuficiente para estabilizarlo cuando atraviesa un objeto sólido. Debido a esto, la desviación de la línea regular de vuelo por rotación alrededor del eje vertical del proyectil se acentúa y puede balancearse. A esto, se le suma que el proyectil puede deformarse en su pasaje a través del objeto por el que traspasa. Esto genera una herida de entrada atípica en la víctima, produciéndose usualmente una perforación más grande e irregular, con márgenes desgarrados. El anillo de abrasión de su alrededor será también irregular y más amplio. Este consiste en un margen de epidermis plana y abrasionada por la fricción del proyectil, color rojizo-marrón alrededor del orificio de entrada. Este efecto se produce cuando la punta en contacto con la piel, frota los bordes del orificio, mientras que a la vez la destroza.

Cabe destacar, que este fenómeno no necesariamente se presenta en todas las heridas de entrada, pudiendo no manifestarse dependiendo de factores como, la naturaleza del proyectil o de la ubicación de la lesión.

El pasaje de una punta semiblandada a través de un blanco intermedio, puede generar la separación del núcleo y del blindaje del proyectil. El núcleo, por ser de mayor masa puede continuar su trayectoria original por una corta distancia, reteniendo la velocidad de impacto, en consecuencia, puede penetrar en la víctima. Por otro lado, el blindaje debido a su menor peso, pierde velocidad y se desprende usualmente, con un determinado ángulo del recorrido del núcleo. Si el blindaje incide sobre la víctima, puede rebotar como penetrar. A menudo, penetran ambas partes, presentando dos heridas de entrada en la víctima siendo ambas generadas por un mismo proyectil.

Esto es de importancia debido a que no solo la interposición de un telón en la trayectoria de un proyectil de arma de fuego, puede generarle daños por la proyección de fragmentos al cuerpo de una persona, sino que también se puede producir esta separación del núcleo con el blindaje del proyectil, ante el impacto en un material más

¹⁷ Abrasiones en la piel producidas por el impacto de fragmentos que no son propios de la deflagración de la pólvora del arma de fuego, sino que son de un material extraño.

¹⁸ Cuando un cuerpo con simetría de rotación, como un proyectil, gira alrededor de su propio eje, para mantener su trayectoria estable.

duro. Lo que daría como resultado diferentes efectos en la piel de la víctima, de diferentes elementos extraños que deben ser analizados minuciosamente para evitar errores.

Uno de los casos investigados por el autor Thornton, mencionado en la obra de Di maio Vicent J.M, hace referencia a un hecho producido con un proyectil semiblandado que fue disparado a través de una puerta de madera, que, al atravesarla, la camisa y el núcleo del proyectil, se separaron produciendo un fragmento de la camisa de 0,96 gramos, que penetró en el cerebro de una mujer.

Estas heridas producidas por materiales extraños, son diferentes a las generadas por partículas que no combustionaron en la deflagración de la pólvora, que se denomina tatuaje de pólvora, donde se produce a una distancia intermedia por la expulsión de los granos no combustibles junto con el proyectil produciendo dicho efecto.

Este fenómeno antemortem, es decir que la persona estaba viva al momento del disparo, consiste en numerosas lesiones de color rojizo-marrón a naranja-rojo alrededor de la herida de entrada. Distinguiéndose de la coloración gris o amarillo de las heridas producidas después de la muerte de la persona.

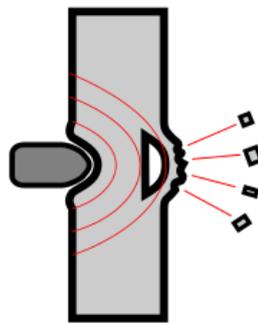
Estas marcas se producen por el impacto de los granos de pólvora sobre la piel, no siendo consideradas como quemaduras de pólvora sino más bien, abrasiones o excoriaciones puntuales que tienen la característica particular de que no se pueden borrar, permaneciendo en la piel.

Por otra parte, si el material no es pólvora, pero las abrasiones producen una apariencia idéntica a aquella producida con ésta, estamos ante un pseudotatuaje. Esto se da en casos como, por ejemplo, un proyectil atraviesa una lámina de vidrio, el graneado que se produce en la piel de la víctima tiende a ser escaso, más grande e irregular, con grandes variaciones en el tamaño, comparado con las marcas del tatuaje de pólvora. Estos fragmentos de vidrio usualmente se encuentran incrustados en la piel o adheridos a la ropa. El examen del proyectil recuperado, con microscopio de

disección¹⁹, puede revelar restos minúsculos de vidrio encastrados en la punta. Estas marcas del pseudotatuaje también pueden deberse a los fragmentos del proyectil.

Las heridas denominadas por este autor como pseudotatuajes son a menudo, más grandes, más irregulares y se encuentran más esparcidas que los tatuajes de pólvora. Donde también, se encontrarán incrustados los restos de materiales provenientes de los objetos interpuestos o aquellos que resultan de la separación del núcleo y el blindaje del proyectil.

Para finalizar, se define al tema central del presente trabajo y es el efecto *spalling*, considerado como un fenómeno físico que consiste en la formación de fragmentos producto de la ruptura de un material sólido que se proyecta en forma de astillas o en inglés "*Spall*", lo que provoca daños en las personas.



Wiki tanks. (2022). Spalling. [Figura 11]. Recuperada de:

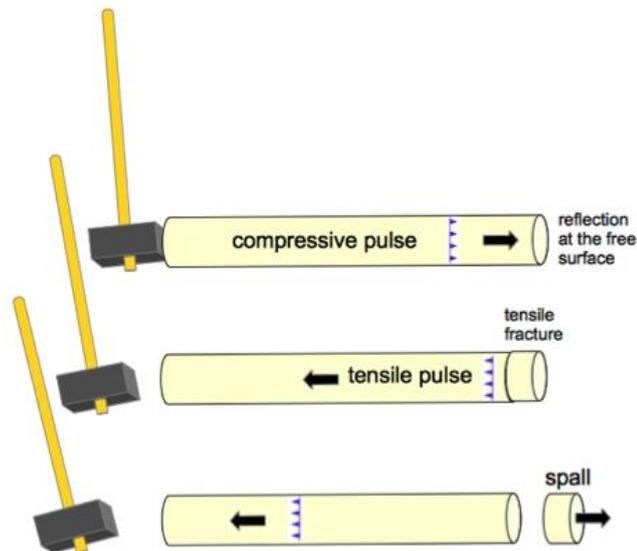
<https://wikitanks.com/index.php?title=Spalling>

Este fenómeno, también es utilizado tanto en la física nuclear en la que se produce un suceso similar, donde un núcleo pesado emite un gran número de neutrones al ser golpeado por una partícula altamente energética, como también en física planetaria, que consiste en el análisis de los impactos meteoríticos en una superficie planetaria. Este efecto de espalación, conocido en español, puede ser producido por diversos mecanismos, como la corrosión, la meteorización, la

¹⁹ Tipo de microscopio que permite hacer estudios de objetos y especímenes. Su magnificación va desde cerca de 5x hasta más de 60x de aumento. Usan luz reflejada sobre la superficie del objeto bajo estudio (en lugar de luz transmitida a través de la muestra, como es el caso del microscopio compuesto).

cavitación, la presión de rodadura excesiva (como en un rodamiento de bolas) o incluso como el resultado del impacto de un proyectil.

Si la magnitud de esta tensión excede la fuerza de tensión del material sometido, se producirá la dispersión de los fragmentos con una velocidad de hasta un tercio de la velocidad de la onda de choque sobre el material.



Espalación por impacto: de la megaescala a la microescala. (2014). *Diagrama de la espalación en sólidos por efecto de la deformación dinámica*. [Figura 12]. Recuperada de:

http://estructuras-de-impacto.impact-structures.com/?page_id=2563

Hipótesis:

El efecto *spalling* se produce en todos los elementos planteados en esta investigación, es decir, el impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición previa de diferentes materiales en su trayectoria (telones interpuestos), genera la fragmentación y proyección de los restos hacia el objetivo ocasionando daños.

Metodología de investigación:

La presente investigación fue sometida a la experimentación, la cual se realizó en una propiedad privada ubicada en un campo de producción familiar allegada a la investigadora. Se menciona que los elementos que se requerían para la experiencia fueron recolectados días anteriores a la fecha en la que se llevó a cabo la misma. Para su realización, se utilizaron dos armas de fuego de calibres diferentes, el .22 LR y el .45 ACP. Con estas armas se efectuaron disparos que impactaron en primer lugar, en cada uno de los materiales elegidos, que corresponden a telones interpuestos al blanco. Estos son:

- Madera.
- Placa de madera aglomerada.
- Ladrillo hueco.
- Yeso.
- Vidrio de sílice (común).

La selección de estos elementos se realizó de acuerdo con los encontrados comúnmente en los hechos delictivos, donde los sucesos por armas de fuego son los más eventuales, siendo ocurrentes en interiores que contengan paredes, muebles u objetos con los componentes nombrados anteriormente. Éstos, al ser atravesados por proyectiles, pueden generar el efecto *spalling*, es decir, el desprendimiento del cuerpo emitiendo los fragmentos, producto del impacto.

Los materiales escogidos se colocaron en un banco de carpintero, que se ajusta mediante un sistema de morsa de acuerdo a los grosores de cada elemento para que queden bien sujetos y no se muevan ante los impactos de los proyectiles.

Considerando que se cuenta con dos armas de fuego, y con cinco materiales, se calculan diez disparos, con cada calibre y en cada elemento. A su vez, se tomaron tres distancias diferentes entre dichos telones interpuestos y el blanco, por lo que se efectuó un total de 15 disparos con un arma y 15 con la otra arma de fuego.

Los disparos fueron efectuados por la investigadora en una posición perpendicular a los telones. La distancia de disparo con respecto a los elementos intervinientes, consistieron en tres metros, para que los proyectiles no pierdan velocidad ni energía y puedan perforar los materiales seleccionados, provocando una

mayor fragmentación y dispersión. Por otro lado, estos telones tenían diferentes distancias con el objetivo, que consiste en una pantalla de papel para poder observar la proyección del efecto *spalling*. Primeramente, se sometió al telón con respecto al objetivo de papel a una distancia de 30 cm, luego a 60 cm y, por último, a 150 cm. Estas medidas fueron consideradas debido a que dicho fenómeno ocurre en distancias relativamente cortas.

Las pantallas de papel consistieron en un total de 30 cartulinas de 63,5 cm de largo x 35 cm de ancho. Se utilizaron seis láminas de color negro para observar la dispersión del polvo blanco del yeso, y las demás cartulinas son de color blanco para generar contraste con los otros materiales. Para fijarlas, se pegaron con cinta adhesiva de papel sobre un tablero de madera que actuaba de respaldo.

Se deja asentado que, para la ejecución de la experiencia de manera segura, se realizó un curso de tiro federal que se focaliza en la defensa y prevención ante la utilización de armas de fuego, efectuado por la alumna, en el Tiro Federal de Mar del Plata. Además, se constata que la investigadora cuenta con credencial que acredita la condición de legítimo usuario de armas de fuego en la categoría de uso civil condicional.

Se dispone con todos los instrumentos y medios de seguridad como de conciencia, tanto de la persona que efectuará los disparos y del sitio, que fue resguardado y protegido para realizar de manera segura y eficaz la investigación.

El lugar donde se realizaron los disparos se encontraba aislado, la zona posterior al blanco fue restringida con neumáticos de caucho y bolsones rellenos de arena, para que los proyectiles impacten sobre estos y no continúen su trayectoria de manera indeseada.



Sitio donde se efectuaron los disparos, protegido con neumáticos de caucho y bolsones rellenos de arena, los cuales se encuentran detrás del tablero de madera. En éste, se colocaron las pantallas de papel.

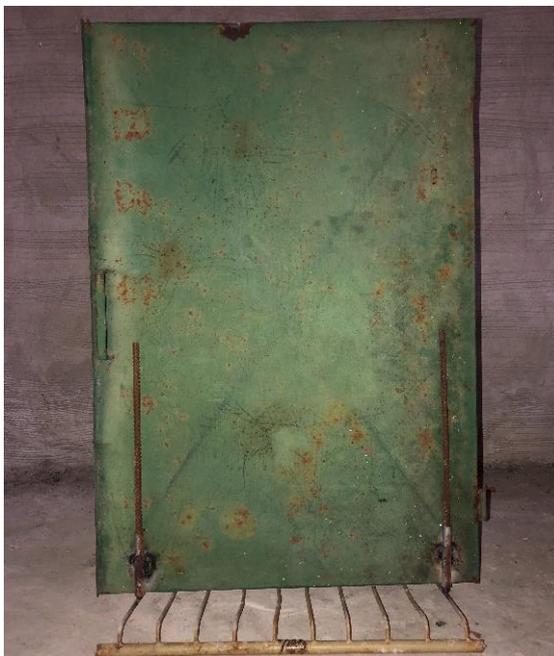
También se observa la mesa de carpintero que sostendrá a los telones.

[Figura 13]. Fuente: Elaboración propia.

Para la seguridad del usuario se utilizó protección audiovisual consistente en gafas y protector auditivo. A su vez, se colocó delante de la tiradora, a modo de escudo, una chapa de acero, para brindar una mayor prevención ante posibles rebotes de los proyectiles.



Protección audiovisual para la seguridad del usuario al efectuar los disparos con armas de fuego. [Figura 14]. Fuente: Elaboración propia.



Chapa de acero que se utilizó como escudo. [Figura 15]. Fuente: Elaboración propia.

Es de importancia mencionar que las armas de fuego utilizadas fueron facilitadas por un familiar de la alumna, que ostenta la titularidad registrada como usuario legítimo de arma de fuego.

En cuanto a la selección de las armas de fuego, se tuvo en cuenta aquellas armas clasificadas como cortas o de puño, como lo son las pistolas semiautomáticas.

Los calibres escogidos son los más comúnmente utilizados por el ser humano para defensa del hogar como lo es el calibre .45 ACP y el calibre .22 LR muy utilizado para el tiro deportivo o la caza menor, debido a sus prestaciones como armas ligeras, de pequeño tamaño y escaso retroceso.

Se utilizaron estos calibres de diferentes poderes de penetración para observar las diferencias que presentan ante el impacto en las diferentes superficies planteadas.

El calibre .22 LR presenta menor poder de detención, pero esto no implica una menor efectividad, debido a su elevada capacidad de penetración. En cambio, el calibre .45 ACP, tiene un gran poder de parada debido al diámetro de su proyectil y por la capacidad de su vaina.

Se utilizó un arma de fuego de tipo pistola semiautomática calibre .45 ACP (Automatic Colt Pistol), marca HECKLER & KOCH de la firma Oberndorf/Neckar, modelo P9S, fabricada en Alemania.



Arma marca HECKLER & KOCH, calibre .45 ACP, modelo P9S. [Figura 16]. Fuente:
Elaboración propia.

La munición utilizada en esta pistola, es calibre 11,25 x 23 mm²⁰ producida por la fábrica Fray Luis Beltrán (Dep. San Lorenzo, Provincia Santa Fe, Argentina) el fabricante es de la fábrica Militar de cartuchos "San Lorenzo". Se trata de una vaina de latón militar, de fuego central, con una bala cilíndrica-ogival cobreada. La misma no es expansiva²¹. El culote de la vaina presenta un marcaje que expresa: "F.M.C."S.L" // 1955 //" que corresponde a la fábrica del cartucho.



Cartucho calibre .45 ACP. Fuente: Elaboración propia. [Figura 17].



Culote de vaina .45 ACP. Fuente: Elaboración propia. [Figura 18].

²⁰ Nomenclatura con la que también se denomina al cartucho .45 ACP en Argentina desarrollado por J. M. Browning en 1905 para la pistola M1911.

²¹ Tipo de munición que presenta una oquedad en la punta, diseñada para expandirse en el impacto, aumentando el diámetro para generar más daño, ceder más energía e incapacitar más rápido a la presa que se desea abatir.

También se utilizó una pistola semiautomática calibre .22 LR (Long Riffle), marca Bersa producida por la empresa Bersa S.A en la fábrica de Ramos Mejía, Industria Argentina, modelo 26.



Arma marca Bersa, calibre .22 LR, modelo .26. [Figura 19]. Fuente: Elaboración propia.

La munición que se utilizó en esta pistola consiste en un calibre .22 LR o 5,6 x 15 mm R de fuego anular, producida por la fábrica FM (Dirección General de Fabricaciones Militares) Fray Luis Beltrán, provincia de Santa Fe, Argentina. Es una vaina de latón con bala de plomo descubierto. La ojiva presenta forma cilíndrica-ojival. Esta munición tampoco es expansiva. El culote de la vaina expresa las siglas "FM" correspondiente a la fábrica de producción ya mencionada.



Cartucho calibre .22 LR. Fuente: Elaboración propia. [Figura 20].



Culote de vaina .22 LR. Fuente: Elaboración propia. [Figura 21].

Ya descrita la metodología de investigación para llevar a cabo la experimentación se procede a mencionar a modo de síntesis los insumos que se necesitaron para su realización:



- (02) Dos armas de fuego, pistola semiautomática calibre .22 LR y pistola semiautomática calibre .45 ACP.
- Municiones para efectuar los disparos.
- (06) Seis maderas.
- (06) Seis placas de madera aglomerada.
- (06) Seis ladrillos huecos.
- (06) Seis placas de yeso.
- (06) Seis vidrios de sílice (comunes).
- Cámaras para registrar los resultados obtenidos.
- (30) Treinta cartulinas como pantallas de papel que representan el blanco, donde se observa el efecto producido.
- Tabla de madera que será utilizada como respaldo para pegar las cartulinas (pantallas de papel).
- Cinta adhesiva de papel y lápiz.
- Mesa para sostener a los materiales (telones interpuestos).
- Elementos de seguridad para el usuario como protección visual, auditiva y un escudo para proteger el resto del cuerpo ante posibles rebotes de los proyectiles.
- Elementos de protección del lugar como bolsones de arena y neumáticos.

Experimentación:

Se dio comienzo a la investigación el 2 de julio del año 2023, consintiendo en una jornada de 8 horas en una propiedad privada, que consiste en un galpón cerrado, en construcción, ubicado en un campo de producción familiar en el partido de General Alvarado.

Una vez ya preparado el sitio con todos los medios de seguridad como de protección necesarios y contando con la iluminación adecuada para poder documentar de manera eficiente con registros fotográficos y filmicos el efecto *spalling*, se procede a dar comienzo la experiencia. La misma, será dividida y explicada en tres etapas de acuerdo a las distancias establecidas entre los telones interpuestos y el blanco de papel para una mayor organización y comprensión.

Se deja asentado, que la distancia entre la boca del arma de fuego y el telón interpuesto es siempre de tres metros, en todas las fases en las que se divide la investigación.

Se comienza con la etapa número uno, que consiste en una distancia de 30 cm entre los materiales interpuestos con respecto al objetivo.

Se coloca una cartulina de color blanco pegada con cinta adhesiva de papel al tablero de madera que cumple la función de respaldo. Con un lápiz de grafito se escribe el calibre utilizado, el material que se interpone y la distancia de este último con respecto al objetivo, para mantener una organización en las láminas. En la primera cartulina se anotó “Calibre .22 – Madera – 30 cm”. Correspondiendo al primer material utilizado que es una madera saligna²² de ½ pulgada, la cual es colocada en el mortero para que esté sostenida por éste.

Se procedió a realizar el disparo, en primer lugar, con la pistola calibre .22 LR, efectuado por la investigadora, ubicada detrás del escudo de acero, el cual cumplía la función de brindar protección.

Con los anteojos de seguridad como los protectores auditivos colocados, se encendieron las cámaras para documentar la prueba.

La investigadora ordena que se desaloje la zona, y que los colaboradores se coloquen su protección auditiva y visual. Una vez confirmada la zona libre para disparar, se procede con la pronunciación de “fuego libre” para advertir que se producirá el disparo. La tiradora apuntando hacia el blanco, cargó el arma de fuego con un solo cartucho del calibre correspondiente, tira de la corredera hacia atrás para que se cargue el cartucho en la recámara del arma y al presionar la cola disparadora se produjo el disparo del arma de fuego. El cual se efectuó de manera perpendicular al telón que es en este caso, la madera, generando el primer impacto del proyectil y detrás de ésta, se encontraba el tablero con la pantalla de papel, que representa al blanco, produciendo un segundo impacto.

Posteriormente, se quitó el cargador de la pistola y se revisó que no quede munición en la recámara para comprobar que el arma se encontraba descargada, proporcionando la condición de seguridad y acto seguido, se dio la voz de “alto el fuego”.

Se procede a quitar la cartulina, que contiene el efecto *spalling* y es guardada cuidadosamente en un folio transparente, de manera individual para evitar pérdidas o transferencias de las partículas del material, producto de la fragmentación. Luego, es

²² Madera de eucalipto.

colocada una nueva cartulina con cinta adhesiva de papel en el tablero, identificada con una nueva descripción “Calibre .45 – Madera – 30 cm”.

Se quitó la madera del mortero y se reemplazó por una nueva para realizar el siguiente disparo, esta vez con la pistola calibre .45 ACP. Se repiten las mismas medidas de seguridad y ante la pronunciación de “fuego libre” se efectuó el disparo del arma de fuego nuevamente. Luego, como en el disparo anterior, se quitó el cargador de la pistola y se revisó que no quede munición en la recámara comprobando que el arma se encuentra descargada, proporcionando así, la condición de seguridad y dando la voz de “alto el fuego”.

Así es como se realizó la experimentación con cada uno de los materiales y calibres. Siguiendo el siguiente orden: madera, placa madera aglomerada, ladrillo hueco, yeso y vidrio. Primero con la pistola calibre .22 LR y en segundo lugar con la pistola calibre .45 ACP.

El segundo material utilizado es una placa de madera aglomerada de $\frac{1}{2}$ pulgada, que fue colocada en el mortero para la realización del primer disparo con la pistola calibre .22 LR, y una segunda placa de madera para el disparo con el otro calibre de arma de fuego.

En tercer lugar, se utilizaron ladrillos huecos simples que están formados por un solo orificio o cámara, debido a que se esperaba la perforación de ambos calibres de armas de fuego en el material, generando una mayor fragmentación y dispersión. En la experiencia los dos calibres de armas de fuego lograron el resultado de generar el efecto *spalling*.

Luego, se continuó con placa de yeso de 9 mm de grosor y como se mencionó anteriormente, se utilizó pantallas de papel de color negro para observar e identificar mejor la dispersión del material debido a su naturaleza de color blanco.

Como último telón interpuesto se utilizaron los vidrios de sílice de 3 mm de grosor.

Se deja asentado que en los disparos con la pistola semiautomática calibre .45 ACP debido a la munición empleada con blindaje de latón, se buscaron y recolectaron los proyectiles para observar y registrar si se fragmentaron tras el impacto y por la perforación de los telones interpuestos. Algunos proyectiles se encontraron incrustados en las bolsas de arena y otros en la superficie por la que se camina. Se menciona que se encontraron deformados en mayor o menor medida, de acuerdo a

las diferentes superficies en las que impactaron, pero no se produjo la separación del núcleo de plomo con el blindaje de latón en ninguno de los casos de esta investigación.

Información de suma importancia para tener en cuenta a la hora de producirse el efecto *spalling*, considerando que solo se produjo por la espalación de los telones interpuestos debido al impacto del disparo, proyectando restos de éstos al blanco, y descartando la dispersión de fragmentos de metal de los proyectiles.



Proyectiles recuperados de los disparos producidos con la pistola calibre .45 ACP, donde se puede observar que no se presenta la fragmentación del blindaje del latón con el núcleo de plomo. [Figura 22]. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentarán los registros fotográficos obtenidos en el momento en que se produce el efecto *spalling*, producto de la fragmentación de los telones interpuestos, como también, el resultado del fenómeno plasmado en las pantallas de papel, las cuales, se deben interpretar como blancos del disparo por arma de fuego, pudiendo ser, por ejemplo, una persona.

Las imágenes que se presentan en esta experiencia son capturadas en el instante en el que el proyectil impacta el elemento y produce el *spalling*, esto se logró pausando el video que grabó toda la secuencia del disparo en el momento específico del fenómeno y convirtiéndolo en una fotografía plasmando lo que se desea observar. Se documentó de esta manera la investigación, debido a que era la forma más eficaz y segura para registrar este efecto.

Debido al modo de obtener las ilustraciones, se advierte que las imágenes no presentan gran calidad y se observan en movimiento debido a la velocidad del disparo. De igual manera, se trató de perfeccionar con la edición lo mejor posible estos inconvenientes.

Etapas 1:

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Preparación previa al primer disparo, donde se observa la pantalla de papel color blanco, madera como telón interpuesto y una distancia entre éste con el blanco de 30 cm.

[Figura 23]. Fuente: Elaboración propia.



Momento en el que se produce el efecto *spalling*, con un disparo de arma de fuego calibre. 22 LR, a una distancia de 30 cm entre la madera (telón interpuesto), y el blanco de papel.

[Figuras 24 y 25]. Fuente: Elaboración propia.

Los círculos amarillos remarcan los fragmentos de madera que son dispersados por la partición del material ante el impacto por el proyectil de arma de fuego, generando así el efecto *spalling* que consiste en la proyección en forma de astillas, provocando daños en las personas, que, en este caso, son representadas por las pantallas de papel.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Fragmentos de madera dispersados por la ruptura del material ante el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP, generando el efecto *spalling*. [Figura 26]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera aglomerada.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Momento en el que se produce el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en la madera aglomerada. Se puede observar la nube de dispersión con dirección a la pantalla de papel. [Figura 27]. Fuente: Elaboración propia.



Fragmentos de madera aglomerada señalizados con círculos, dispersados por la ruptura del material ante el impacto por proyectil de arma de fuego, generando el efecto *spalling*. [Figura 28]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera aglomerada.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Momento en el que se produce el impacto por el proyectil de arma de fuego en la madera aglomerada, produciendo el efecto *spalling*. Se puede observar la nube de dispersión que se dirige hacia la pantalla de papel. [Figura 29]. Fuente: Elaboración propia.



Fragmentos de madera dispersados por la ruptura del material ante el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP, generando el efecto *spalling*. [Figura 30]. Fuente: Elaboración propia.



Pantalla de papel con *spalling* producido por el impacto de proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en madera aglomerada, a una distancia de 30 cm del telón interpuesto.

[Figura 31]. Fuente: Elaboración propia.

A simple vista, se puede observar en la pantalla de papel como la fragmentación de la madera aglomerada generó una gran ruptura de la superficie. También se presentan grandes astillas de madera incrustadas en la cartulina que simularía ser el cuerpo de una persona.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Ladrillo hueco.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Momento del impacto por proyectil en el telón interpuesto, generando la dispersión del material en forma de nube de polvo rojizo y proyectando fragmentos de ladrillo. [Figura 32].

Fuente: Elaboración propia.



Otra imagen obtenida de un distinto ángulo fotográfico del fenómeno de espalación en el ladrillo hueco con una pistola calibre .22 LR. [Figuras 33 y 34]. Fuente: Elaboración propia.



Efecto *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 35]. Fuente: Elaboración propia.

En el resultado plasmado en la figura anterior, se puede observar la dispersión de los fragmentos de ladrillo que fueron proyectados generando la ruptura de la pantalla de papel y la coloración rojiza característica del polvo del material.

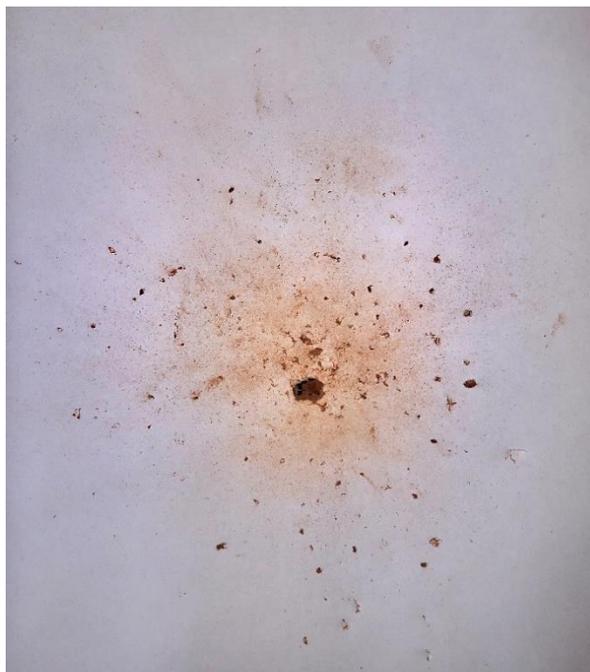
- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Ladrillo hueco.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Momento del impacto del proyectil en el telón interpuesto con una gran dispersión del material en forma de nube de polvo. [Figuras 36 y 37]. Fuente: Elaboración propia.



Proyección de restos de material de gran tamaño hacia el blanco, con dispersión de polvo rojizo característico. [Figuras 38 y 39]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado del fenómeno plasmado en la pantalla de papel. [Figura 40]. Fuente: Elaboración propia.

Se presentan varios fragmentos de ladrillos incrustados en la lámina como también una gran cantidad de polvo rojizo alrededor del orificio de entrada del proyectil de arma de fuego que se puede observar en la parte central de la pantalla de papel.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Yeso.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Momento del impacto por el proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en el material, generando la dispersión del yeso en forma de nube de polvo blanco. [Figuras 41 y 42].

Fuente: Elaboración propia.



Resultado plasmado en la pantalla de papel, donde se observa la dispersión de polvo blanco característica del yeso. [Figura 43]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Yeso.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Momento del impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en el material, generando la dispersión del yeso en forma de nube de polvo blanco. [Figura 44]. Fuente: Elaboración propia.



Dispersión del polvo de yeso, con una gran cantidad alojada alrededor del orificio de entrada del proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 45]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Vidrio.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Momento del impacto del proyectil en el telón interpuesto correspondiente al vidrio de sílice. [Figura 46]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado del efecto *spalling* producido por vidrio, a una distancia de 30 cm entre éste material y el blanco, con un disparo de arma de fuego calibre. 22 LR. [Figura 47]. Fuente: Elaboración propia.

Como se ve reflejado en la lámina, se presentan numerosas esquirlas de vidrio incrustadas en la pantalla de papel.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Vidrio.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Momento del impacto por proyectil en el telón interpuesto, generando la dispersión de las esquirlas de vidrio. [Figuras 48 y 49]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado del efecto *spalling* producido por vidrio, a una distancia de 30 cm entre éste material y el blanco, con un disparo de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 50]. Fuente: Elaboración propia.

En la imagen anterior, se presentan esquirlas de vidrio incrustadas en la pantalla de papel y un orificio de entrada por proyectil de arma de fuego, el cual se caracteriza por presentar polvo de hollín en sus bordes debido al paso del proyectil.

Con este último material y calibre de arma de fuego se da por finalizada la primera fase de la experiencia para dar comienzo a la siguiente.

En la segunda etapa, se procede a continuar con la misma metodología y con todos los pasos realizados anteriormente para asegurar la organización, es decir, se mantiene el orden en el que se efectuaron los disparos, con los calibres correspondientes, comenzando con el arma de fuego calibre .22 LR y continuando con el arma de fuego calibre .45 ACP. También se continúa con el orden de los materiales, como madera, madera aglomerada, ladrillo, yeso y en último lugar, el vidrio.

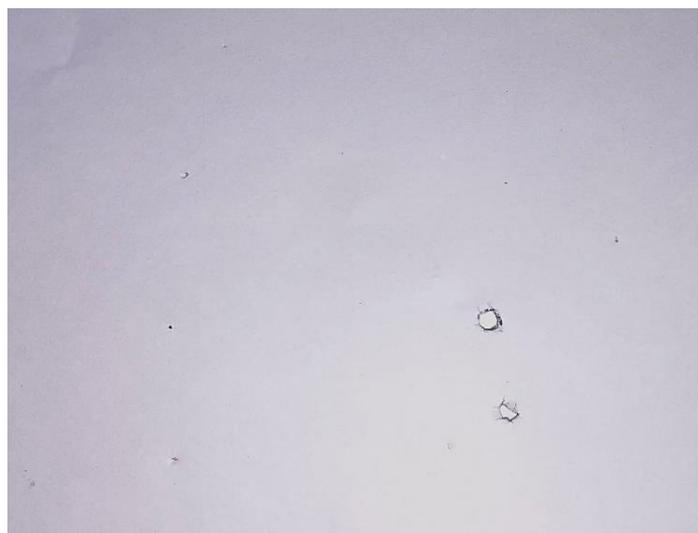
La única diferencia en esta etapa es que se tomará una distancia de 60 cm entre el elemento interpuesto y la pantalla de papel.

Etapa 2:

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Fragmentos de madera dispersados por la ruptura del material ante el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR, generando el efecto *spalling*. [Figura 51]. Fuente: Elaboración propia.

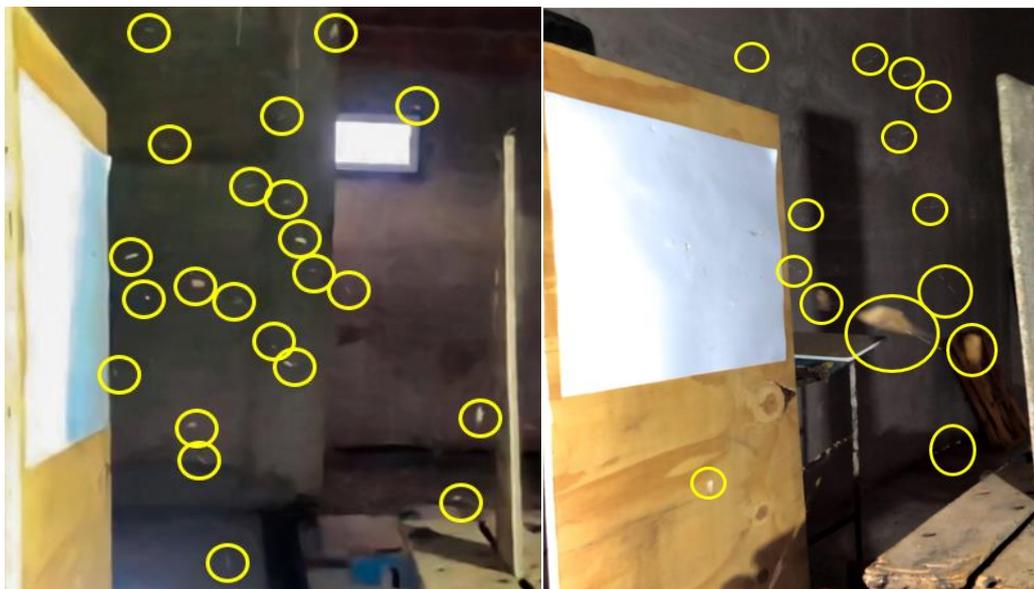


Resultado del efecto *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 52]. Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en la imagen anterior se puede apreciar a simple vista el orificio de entrada del proyectil de arma de fuego, el cual se observa con una forma circular y con bordes regulares, ubicado en el sector derecho. Por debajo de

éste se encuentra un impacto de considerable tamaño producido por la fragmentación del material. A su vez, se presentan en el resto de la lámina varios impactos, pero de menor penetración y tamaño.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Fragmentos de madera dispersados por la ruptura del material ante el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP de arma de fuego. Imágenes con dos perspectivas fotográficas diferentes del momento en el que se produce el fenómeno. [Figuras 53 y 54].

Fuente: Elaboración propia.



Efecto *spalling* representado en la pantalla de papel, donde se aprecian a simple vista las astillas de madera incrustadas. [Figura 55]. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la pantalla de papel, se encuentran dispersados fragmentos de madera incrustados, alojándose alrededor del orificio de entrada del proyectil por arma de fuego, el cual se ubica en la zona central de la lámina.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera aglomerada.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.

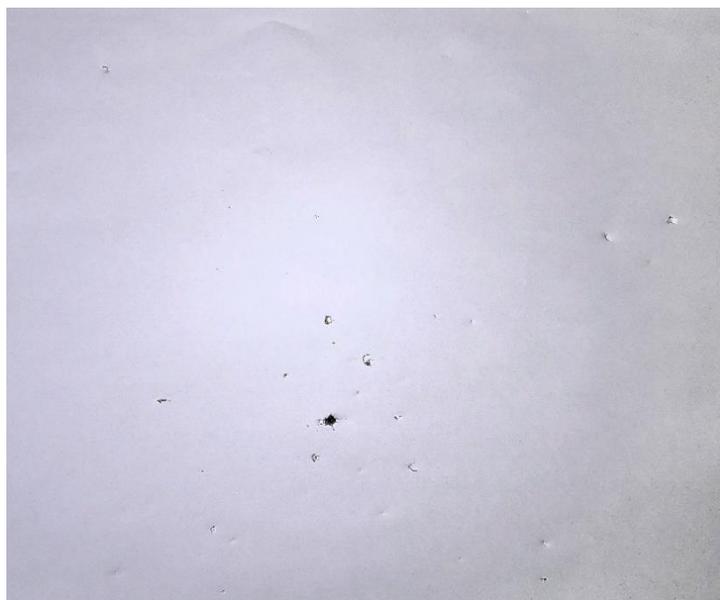


Momento del impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en el material, generando la proyección de la madera aglomerada con dirección al objetivo. [Figuras 56 y 57]. Fuente: Elaboración propia.



Otra imagen obtenida de un distinto ángulo fotográfico donde se aprecia la proyección de las astillas de madera aglomerada tras el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR.

[Figura 58]. Fuente: Elaboración propia.



Representación del efecto *spalling* producido por el impacto de proyectil de arma de fuego calibre .22 LR, a una distancia de 60 cm entre la madera aglomerada y el blanco. [Figura 59]. Fuente: Elaboración propia.

En el resultado obtenido en la pantalla de papel se observa cómo se dispersaron los fragmentos de la madera aglomerada generando diferentes impactos e incrustaciones de estos en la lámina.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera aglomerada.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Momento del impacto del proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en la madera aglomerada, provocando una gran proyección de astillas al blanco. [Figuras 60 y 61].

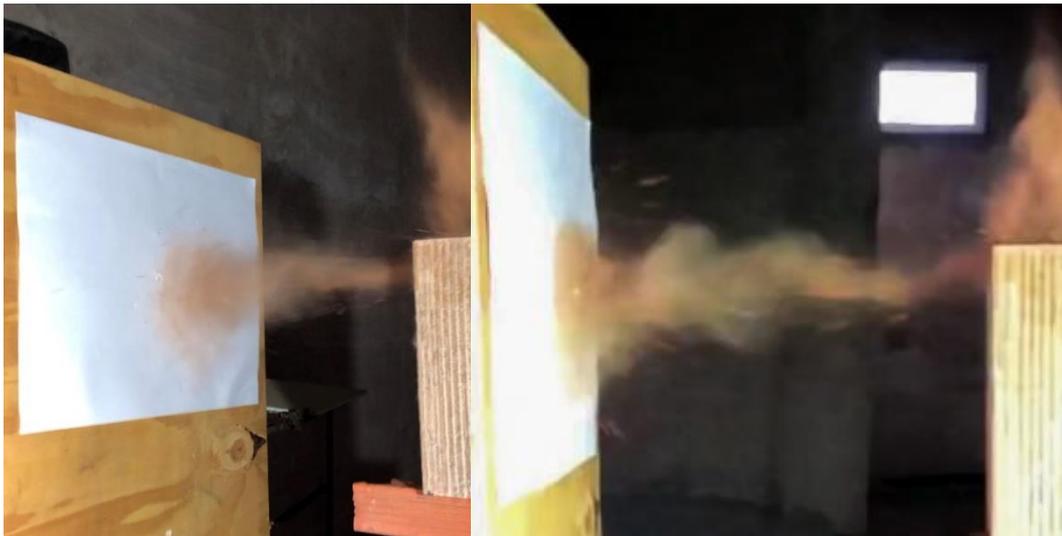
Fuente: Elaboración propia.



Spalling plasmado en la pantalla de papel, producido por un impacto de proyectil por arma de fuego calibre .45 ACP en un telón interpuesto correspondiente a una madera aglomerada con una distancia entre ésta con el blanco de 60 cm. [Figura 62]. Fuente: Elaboración propia.

En este resultado también se observa una gran dispersión del efecto *spalling* proyectado en la pantalla de papel en forma de impactos de diversos tamaños alrededor del orificio de entrada del proyectil de arma de fuego, el cual se observa de manera pronunciada, con forma ovoide en el centro derecho de la lámina.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Ladrillo hueco.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Momento del impacto en el telón interpuesto. [Figuras 63 y 64]. Fuente: Elaboración propia.



Spalling de ladrillo producido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR.

Se pueden apreciar los grandes fragmentos del material que son proyectados hacia el blanco [Figuras 65 y 66]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado del *spalling* plasmado en la pantalla de papel. [Figura 67]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Ladrillo hueco.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Spalling en forma de nube de polvo rojizo tras el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figuras 68 y 69]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado del *spalling* representado en la pantalla de papel, donde se puede apreciar fragmentos del ladrillo incrustados. [Figura 70]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Yeso.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Diferentes ángulos fotográficos que plasman el momento del impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en el material, generando la proyección del yeso en forma de nube de polvo blanco característica. [Figuras 71, 72 y 73]. Fuente: Elaboración propia.



Pantalla de papel con el resultado de la dispersión de polvo blanco producido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR, con un yeso de telón interpuesto. [Figura 74].

Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Yeso.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Momento del impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en el yeso. [Figuras 75 y 76]. Fuente: Elaboración propia.

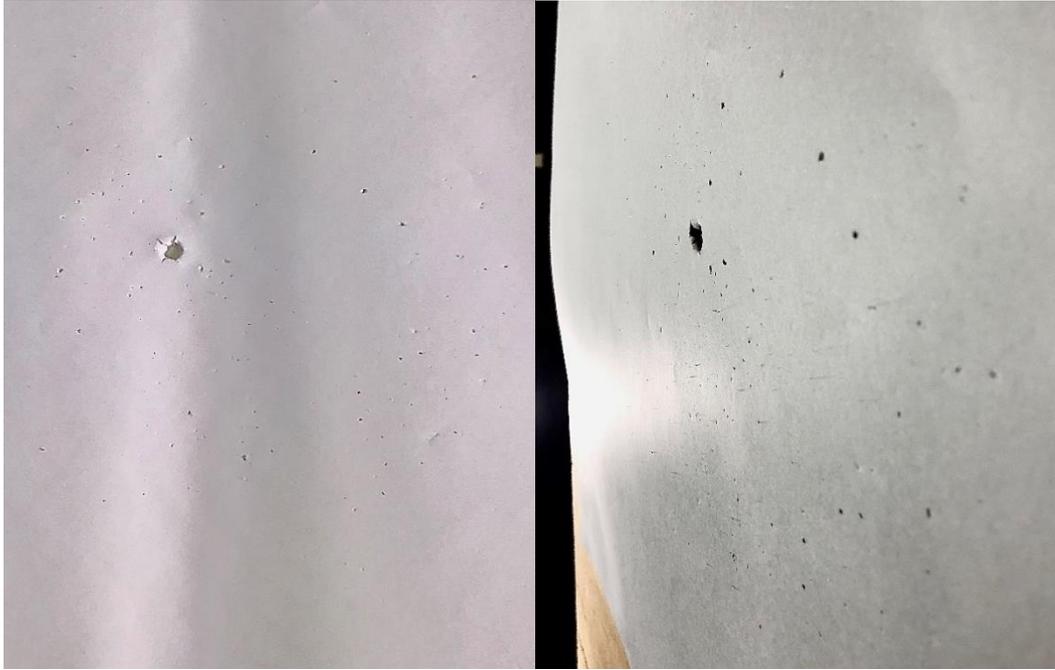


Polvo de yeso en la pantalla de papel. [Figura 77]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Vidrio.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Imágenes desde diferentes ángulos fotográficos del momento del impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en el material, generando la dispersión y proyección del vidrio en forma de esquirlas. [Figuras 78 y 79]. Fuente: Elaboración propia.

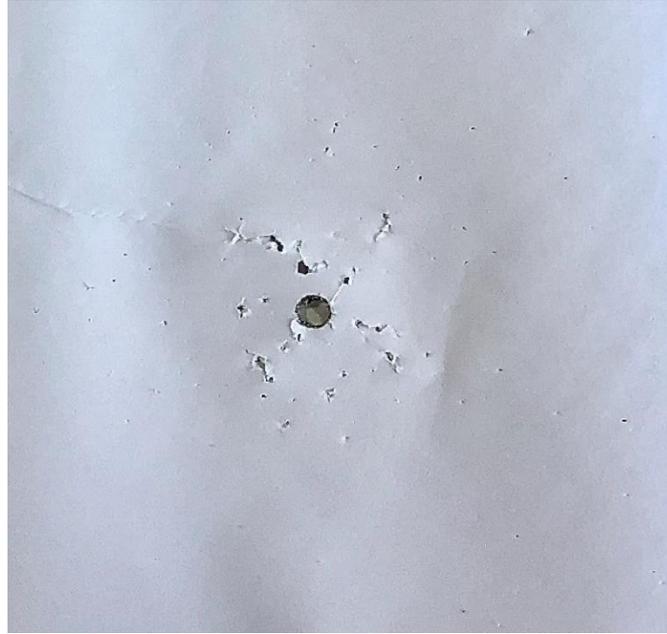


Dos imágenes donde se observan las esquirlas de vidrio incrustadas en la pantalla de papel.
[Figuras 80 y 81]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Vidrio.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Proyección de esquirlas de vidrio producto del impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 82]. Fuente: Elaboración propia.



Orificio de entrada del proyectil de arma de fuego en el centro y alrededor del mismo se observan esquirlas de vidrio producidas por el efecto *spalling*. [Figura: 83]. Fuente:
Elaboración propia.

Por último, se realizó la tercera etapa en la cual se colocaron los materiales interpuestos con respecto al objetivo a una distancia de 150 cm.

Se deja asentado que se continuó con el orden de la metodología explicada para continuar con la estructura de la experiencia.

Etapa 3:

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Madera sometida a la experiencia, con una distancia de 150 cm y con un disparo de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 84]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido en la pantalla de papel. [Figura 85]. Fuente: Elaboración propia.

A simple vista, no se observan fragmentos de madera en el objetivo tras el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR, a una distancia de 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



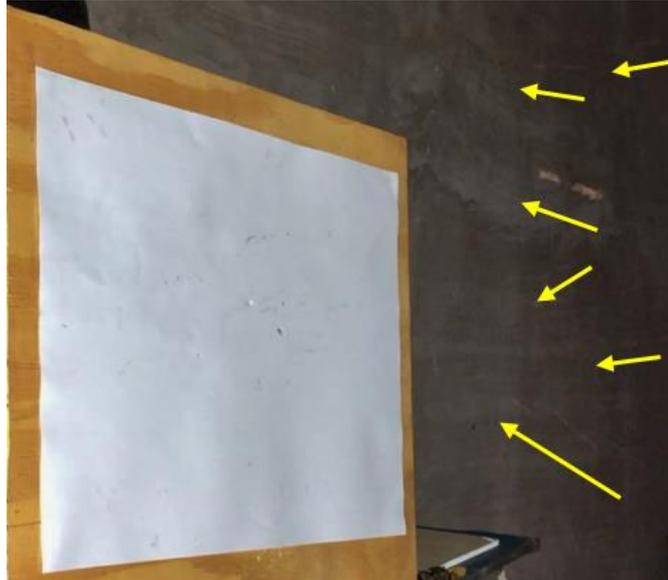
Proyección de fragmentos de madera por el impacto de proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 86]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado del efecto *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 87]. Fuente: Elaboración propia.

Ante el impacto de proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP se puede observar a simple vista en la pantalla de papel que se produjo un solo orificio por un fragmento de madera, ubicado en la zona inferior derecha con respecto al orificio de entrada del proyectil que se observa en la parte central del papel.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera aglomerada.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Proyección de fragmentos de madera aglomerada. Se señala con flechas la dirección que estas partículas realizan hacia el blanco de papel [Figura 88]. Fuente: Elaboración propia.



Efecto *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 89]. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, se puede apreciar en la zona superior izquierda un gran orificio por el impacto de un fragmento de madera aglomerada quedando incrustado en el papel. Luego se observan dos orificios de menor medida y penetración en el sector superior e inferior izquierdo con respecto al orificio de entrada del proyectil que se ubica en el centro de la lámina.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Madera aglomerada.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



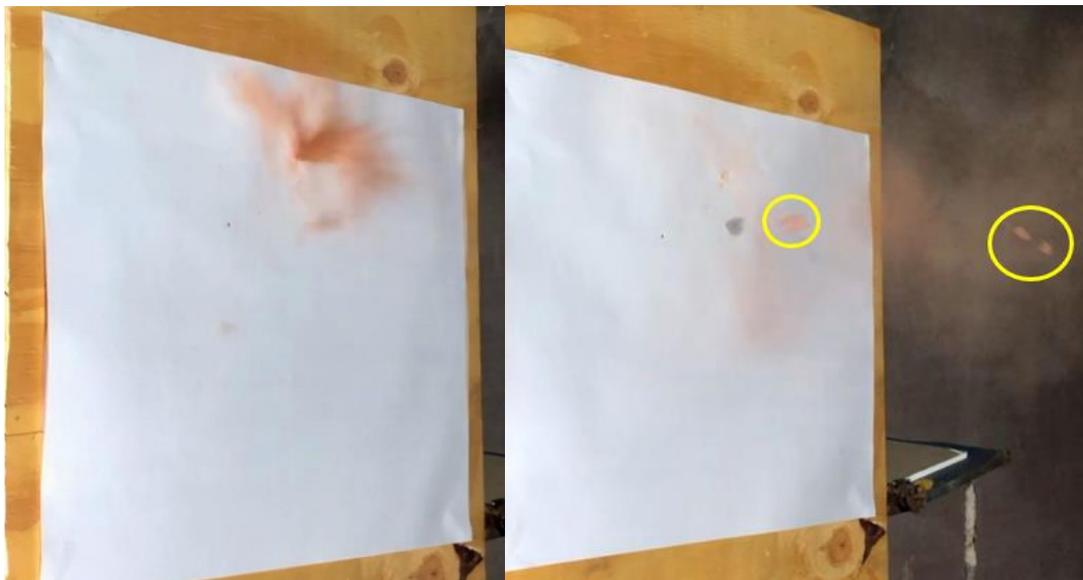
Proyección de fragmentos de madera aglomerada. Se señala con flechas la dirección que estas partículas realizan hacia el blanco de papel. [Figura 90]. Fuente: Elaboración propia.



Efecto *spalling* representado en la pantalla de papel. [Figura 91]. Fuente: Elaboración propia.

Tomando como referencia al orificio de entrada del proyectil de arma de fuego, ubicado en la zona central de la lámina, se observan orificios de tamaños relativamente pequeños y de escasa profundidad sin lograr penetrar el papel, producidos por impactos de fragmentos de madera aglomerada.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Ladrillo hueco.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Proyección del efecto *spalling* hacia el objetivo. [Figuras 92 y 93]. Fuente: Elaboración propia.

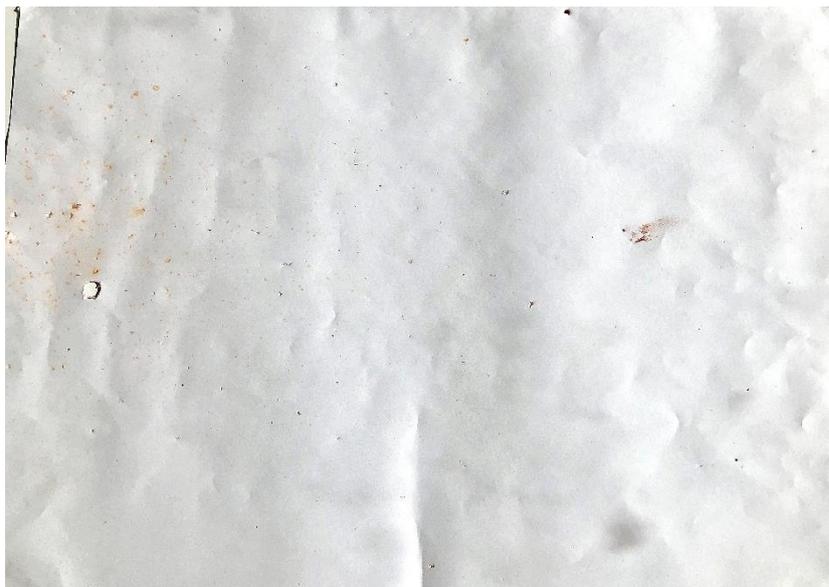


Resultado del *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 94]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Ladrillo hueco.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Efecto *spalling* producido por el impacto de proyectil de arma de fuego proyectando hacia la pantalla de papel grandes fragmentos de material. [Figuras 95 y 96]. Fuente: Elaboración propia.

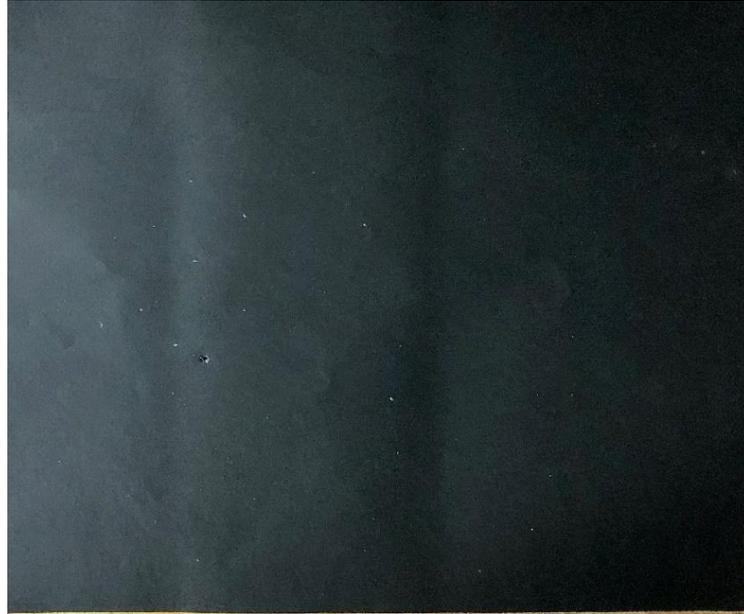


Resultado del efecto *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 97]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Yeso.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Dispersión de polvo de yeso producido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 98]. Fuente: Elaboración Propia.

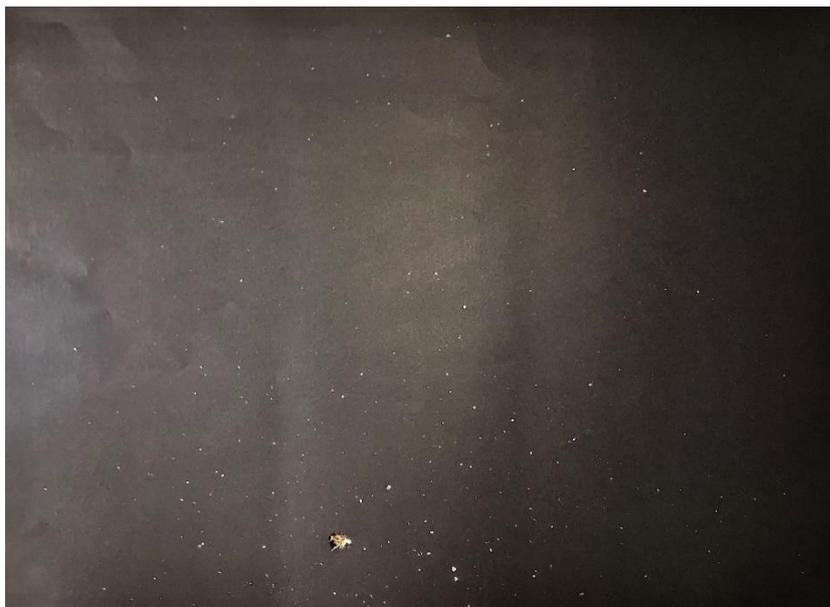


Resultado obtenido en la pantalla de papel. [Figura 99]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Yeso.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.

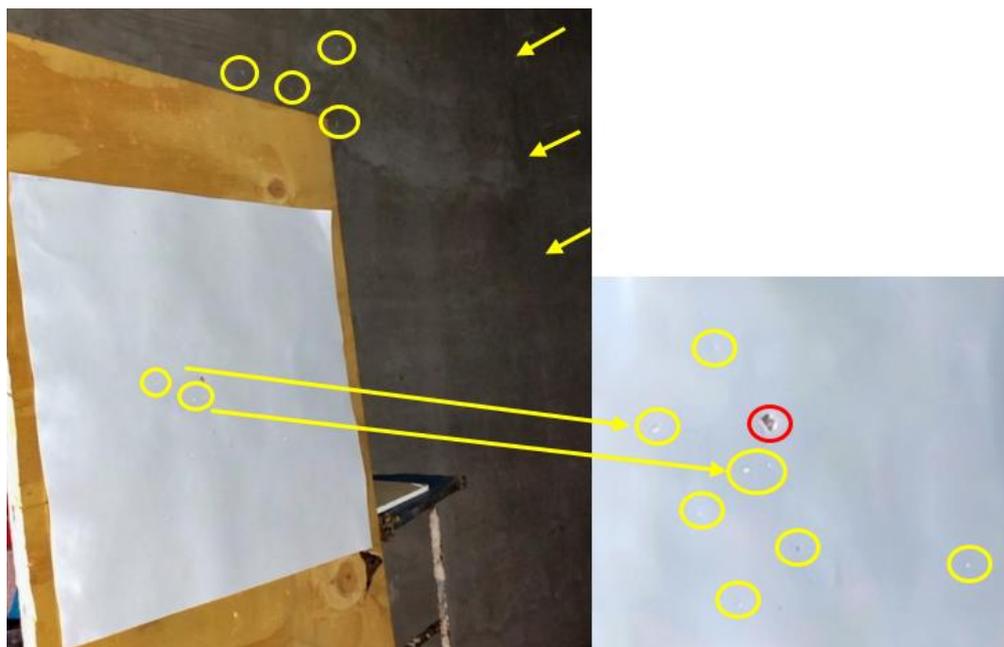


Proyección de polvo de yeso. [Figura 100]. Fuente: Elaboración Propia.



Dispersión del polvo de yeso en la pantalla de papel color negra. [Figura 101]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Vidrio.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .22 LR.



Proyección de esquirlas de vidrio a 150 cm de distancia del telón interpuesto con respecto al objetivo. Se puede observar como las esquirlas se encuentran incrustadas en la pantalla de papel, remarcadas con redondeles amarillos para una mejor visualización. [Figura 102].

Fuente: Elaboración propia.



Resultado del efecto *spalling* representado en la pantalla de papel. [Figura 103]. Fuente:
Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco de papel.
- **Telón interpuesto:** Vidrio.
- **Arma de fuego utilizada:** Pistola semiautomática calibre .45 ACP.



Proyección de esquirlas de vidrio. [Figura 104]. Fuente: Elaboración propia.



Efecto *spalling* en la pantalla de papel. [Figura 105]. Fuente: Elaboración propia.

Una vez dada por finalizada la experimentación, en un sitio adecuado, con buena iluminación, se observaron de manera minuciosa cada una de las pantallas de papel con los resultados obtenidos. Con una lupa cuenta hilos²³ a escala, 8X de aumento con un diámetro de 22 mm y lente de policarbonato, se observaron los restos de fragmentos incrustados en las láminas.

Se señalaron con marcador indeleble estos impactos producidos por el efecto *spalling* como los fragmentos incrustados en el papel para distinguirlos con facilidad y fueron fijados mediante un plastificado de las láminas, con cinta scotch transparente para evitar que se transfieran, rompan o se alteren estas partículas. Además, se tuvo en cuenta que las esquirlas de vidrio que se encontraban incrustadas podían ser peligrosas al tacto por lo que debía ser vital fijarlas en el papel.

²³ Instrumento óptico con aumento diseñado para contabilizar los hilos que componen una trama de tejido, de ahí su nombre, también utilizada para observar detalles de pequeñas dimensiones, siendo de gran utilidad por los peritos criminalistas.

Variables de investigación:

Ante la hipótesis de la presente investigación, se desprenden las siguientes variables de acuerdo a su relación de dependencia.

Como variable independiente se encuentran en primer lugar, los disparos producidos con las dos armas de fuego utilizadas (calibre .22 LR y .45 ACP), debido a los diferentes poderes de parada y características que éstos calibres de pistola presentan. Los disparos fueron efectuados por la investigadora determinando el cambio en los fenómenos que se observaron en la variable dependiente.

En segundo lugar, se considera como otra variable independiente, a la naturaleza de los materiales que se interponen en la trayectoria de los proyectiles, antes de impactar al blanco. Estos telones condicionan la producción del efecto *spalling* en el objetivo analizado.

Por último, se menciona como tercera variable independiente a las diferentes distancias en las que se colocó el telón interpuesto con respecto al blanco.

En cuanto a la variable dependiente, se menciona al efecto *spalling* proyectado en el blanco, fenómeno que se observa y mide ante la acción de las variables independientes que lo condicionan, consistiendo en los calibres utilizados, la naturaleza de los materiales interpuestos y las distancias en las que se produce el fenómeno.

No se presentan en este trabajo, variables intervinientes que distorsionen los resultados investigados.

Análisis de datos:

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos en la investigación. El mismo consiste en el análisis del efecto *spalling* que se evidenció en las pantallas de papel que representan al objetivo, lo que responde a la interrogativa de si existe la posibilidad de que se produzca este fenómeno en los casos planteados. Demostrando con certeza que se logró el suceso que se esperaba observar en las láminas, a excepción de los casos donde el telón interpuesto fue el yeso, ya que, ante los impactos por proyectiles de armas de fuego en el material, debido a su naturaleza, se produce la proyección del cuerpo en forma de polvo blanco y en cuanto a la definición del fenómeno de espalación, como se mencionó anteriormente, el efecto *spalling* es un suceso físico que consiste en la formación de fragmentos producto de la ruptura de un material sólido que se proyecta en forma de astillas provocando daños en las personas que se encuentran ante este telón.

Como se observa en las láminas, el primer impacto por proyectil de arma de fuego en el yeso, genera la dispersión del polvo, pero no proyecta astillas ni fragmentos sólidos, por lo que, no logra perforar las pantallas de papel lo que no ocasionaría daños. Igualmente, no se descarta la posibilidad de que quede adherida esta sustancia blanca en las superficies como se demuestra en esta experiencia.

Además, para comparar estadísticamente cómo se comporta este fenómeno en los diferentes materiales planteados con las variaciones de las distancias y los dos calibres de arma de fuego, el yeso no se puede cotejar con los otros elementos, debido a su propia naturaleza de polvo y la ausencia de penetración o perforación de las partículas de este material en el blanco.

En la siguiente tabla se explican las características de este fenómeno observables en cada resultado de manera concisa y breve, exponiendo cómo se presentan los orificios o impactos producto de la fragmentación del material interpuesto, generando la proyección de restos de estos cuerpos hacia el blanco de papel, también se menciona la cantidad de *spalling*, la dispersión de las partículas, la penetración de estos impactos en la lámina, si lograron perforar o no el objetivo y si se encontraron restos de fragmentos incrustados en las pantallas de papel. La comparación que se realiza en la investigación es con respecto al efecto producido entre los dos calibres de arma de fuego, teniendo en cuenta que para el cotejo se



debe realizar entre los mismos materiales y lo que varía es la distancia del telón interpuesto con el blanco. Confronte que se demostrará más adelante analizando de manera más detallada cada caso en particular.

Distancias del material interpuesto con respecto al blanco	Materiales o telones interpuestos	Efecto <i>spalling</i> y características observadas	
		Calibre .22 LR.	Calibre .45 ACP.
30 cm	Madera	Si se produjo el fenómeno; con orificios producto del impacto de escasa penetración, dispersados y se observan astillas de pequeño tamaño incrustadas en la lámina.	Si se produjo el fenómeno; con menor cantidad de orificios a comparación con el calibre anterior, y una menor dispersión de impactos, estando éstos más agrupados. Se observan orificios que perforaron la lámina dejando algunas astillas de pequeño tamaño incrustadas.
	Madera aglomerada	Si se produjo el efecto; con gran cantidad de orificios y se observa la presencia de varias astillas incrustadas que perforaron el papel.	Si se produjo; en menor cantidad con respecto al calibre anterior, pero con una mayor dimensión de los orificios y se observa la presencia de astillas que perforaron el blanco.
	Ladrillo	Si se produjo; con escasa dispersión, pero con gran penetración de impactos y se observan fragmentos de ladrillo incrustados, como	Si se produjo el fenómeno; con mayor dispersión, gran penetración y se observan fragmentos de ladrillo que perforaron la lámina.



		también la adherencia del polvo rojizo en la pantalla.	También se aprecia una gran adherencia del polvo rojizo.
	Yeso	De acuerdo a la definición del <i>spalling</i> , no se produjo el fenómeno debido a la naturaleza del material; pero se puede decir que se generó una proyección en forma de polvo blanco, con dispersión alrededor del orificio de entrada del proyectil y se observa la presencia de una partícula de yeso de tamaño considerable adherida a la pantalla.	Tampoco se produjo el efecto; pero analizando la dispersión del polvo blanco se adhirieron en la pantalla una gran cantidad de éstas partículas alrededor del orificio de entrada del proyectil.
	Vidrio	Si se produjo; con poca dispersión, encontrándose agrupados alrededor del orificio de entrada del proyectil. Se observan esquirlas incrustadas en el blanco.	Si se produjo; con más dispersión. En cuanto a los impactos se diferencia del calibre anterior por presentar una reducida cantidad de éstos. Se observan esquirlas incrustadas en la lámina.
	Madera	Si se produjo; pero en menor cantidad. Se presenta una gran dispersión de los orificios producidos, con escasa penetración y se observan dos perforaciones.	Si se produjo; con mayor cantidad de orificios a comparación con el calibre anterior, gran dispersión, perforaciones y presencia de astillas incrustadas en el papel.
		Si se produjo el efecto; con orificios dispersados y se	Si se produjo; con más cantidad de orificios con respecto al calibre anterior pero, con una mayor



60 cm	Madera aglomerada	observa la presencia de varias astillas que perforaron el blanco.	dimensión de los impactos y se observa la presencia de astillas que perforaron la lámina.
	Ladrillo	Si se produjo; con dispersión, penetración y perforación de impactos. Se observan fragmentos de ladrillo incrustados y adherencia de polvo rojizo en el papel.	Si se produjo; con mayor dispersión y penetración de impactos. Se observan fragmentos de ladrillo incrustados, como una gran adherencia de polvo rojizo en la lámina.
	Yeso	No se produjo el fenómeno de espalación; pero se observan las partículas de polvo con gran dispersión y separación.	No se produjo; pero se observa una gran dispersión del polvo adherido en el papel, estando más concentrado alrededor del orificio de entrada del proyectil.
	Vidrio	Si se produjo el efecto; en mayor cantidad y dispersión que con el otro calibre. Se aprecian esquirlas de vidrio incrustadas en la pantalla.	Si se produjo; pero en menor cantidad con respecto al otro calibre de arma de fuego. Se presentan esquirlas del material incrustadas en el papel.
	Madera	Si se produjo; con solo dos orificios que no lograron perforar la lámina. No se observan astillas incrustadas.	Si se produjo, con solo seis orificios. Se observa la presencia de una astilla adherida al papel y un impacto que penetró pero no logró perforar la lámina.
		Si se produjo el efecto; con solo cinco impactos ubicados	Si se produjo; con una cantidad de orificios similar al calibre anterior, siendo

150 cm	Madera aglomerada	hacia la izquierda del orificio de entrada del proyectil, con penetración y se observa la presencia de una astilla incrustada.	relativamente poca con respecto a las otras distancias. Se observa una gran dispersión de los impactos, con escasa penetración y se encuentran pequeñas astillas.
	Ladrillo	Si se produjo el fenómeno; con dispersión alrededor del orificio de entrada del proyectil y penetración escasa. Se observa la presencia de fragmentos adheridos en el blanco.	Si se produjo; con una gran dispersión, pero escasa penetración. Se observan fragmentos del material adheridos al papel.
	Yeso	No se produjo el efecto; se observa de igual manera, las partículas de polvo muy dispersadas, sin concentración alrededor del orificio de entrada del proyectil.	No se produjo el <i>spalling</i> ; pero se presenta en forma de polvo blanco, muy dispersado.
	Vidrio	Si se produjo el fenómeno en menor cantidad; pero con mayor dispersión. Se observa la presencia de esquirlas de vidrio incrustadas.	Si se produjo; con mayor cantidad a diferencia del otro calibre, dispersión e incrustación de esquirlas de vidrio.

Tabla 2. Registro de la presencia del efecto *spalling* y sus características, con los respectivos calibres que se utilizaron, las diferentes distancias y con la interposición de los materiales que intervienen en la trayectoria de los proyectiles.

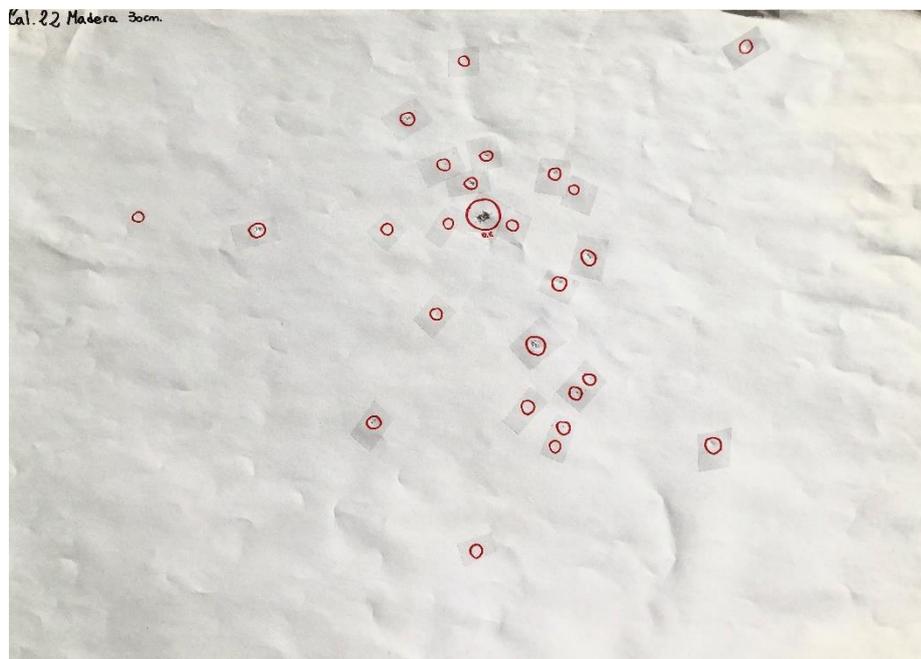
A continuación, se presentarán los resultados obtenidos en cada pantalla de papel para demostrar el efecto *spalling*. Los impactos generados por este fenómeno fueron señalados con marcador indeleble para una mejor identificación.

Estos impactos producidos por la proyección de los materiales pueden variar en cuanto a la profundidad de los orificios y si presentan o no restos de fragmentos incrustados, como ya se describió anteriormente en cada caso particular.

También se remarcó con color rojo y con la designación de "O.E" indicando el orificio de entrada por proyectil de arma de fuego. Éstos fueron identificados debido a las características propias que generan los proyectiles al impactar un blanco como lo es un ser vivo. Se caracteriza por la presencia de hollín alrededor de la abertura por el depósito de las partículas de deflagración de la pólvora, una morfología circular uniforme y con bordes invertidos. De igual manera, estas propiedades no son generales y varían por diferentes factores, pero se logró identificarlos por las características presentadas como también, por las videograbaciones realizadas y fueron tomados como punto de referencia para el análisis de datos.

Material que actúa como telón interpuesto: Madera.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

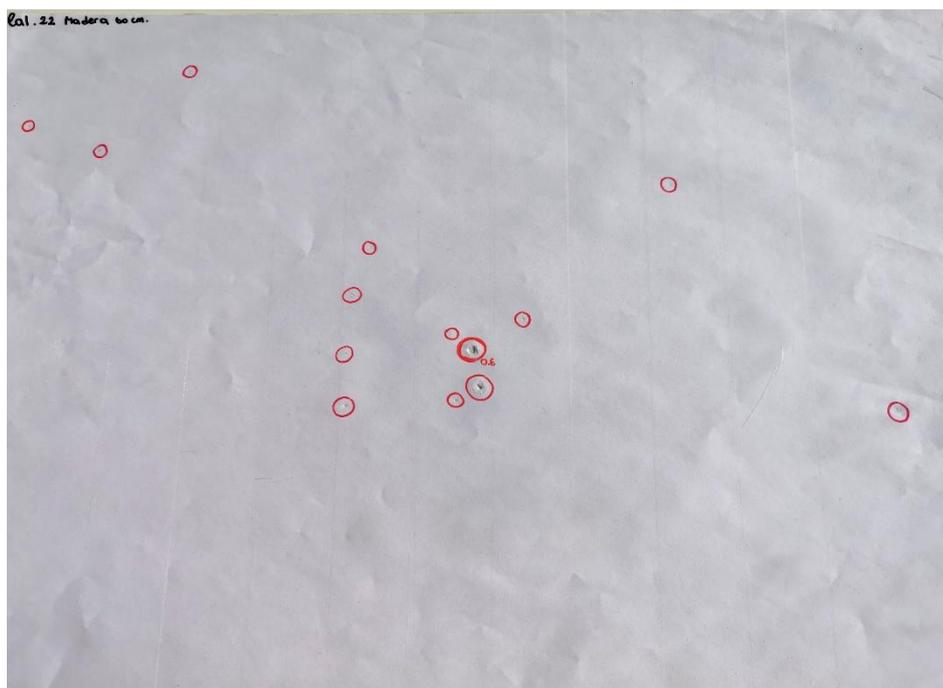


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 106]. Fuente: Elaboración propia.

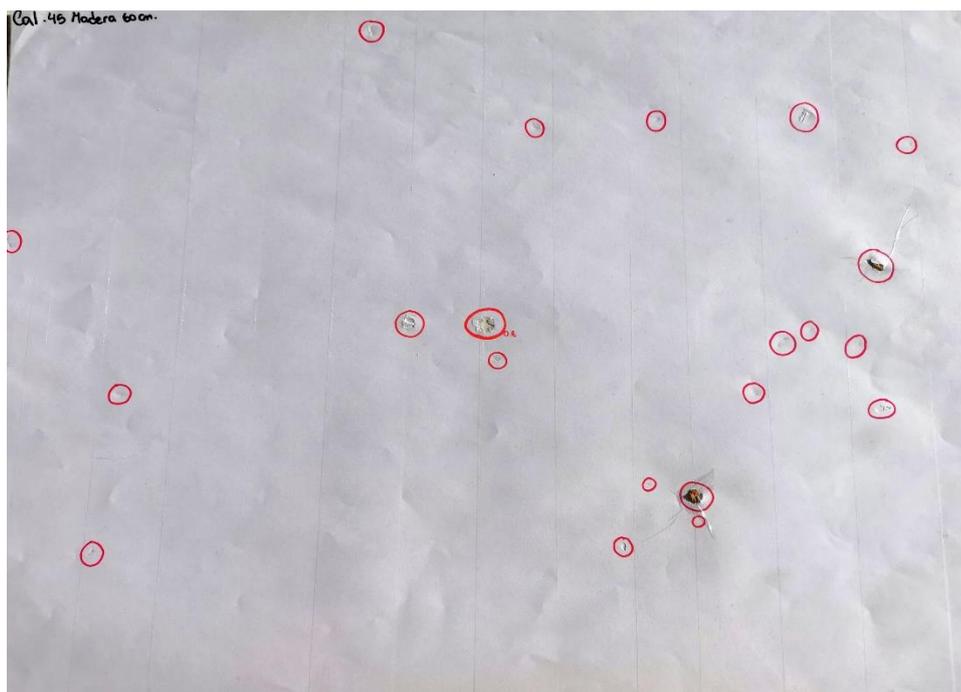


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 107]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 108]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 109]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 110]. Fuente: Elaboración propia.



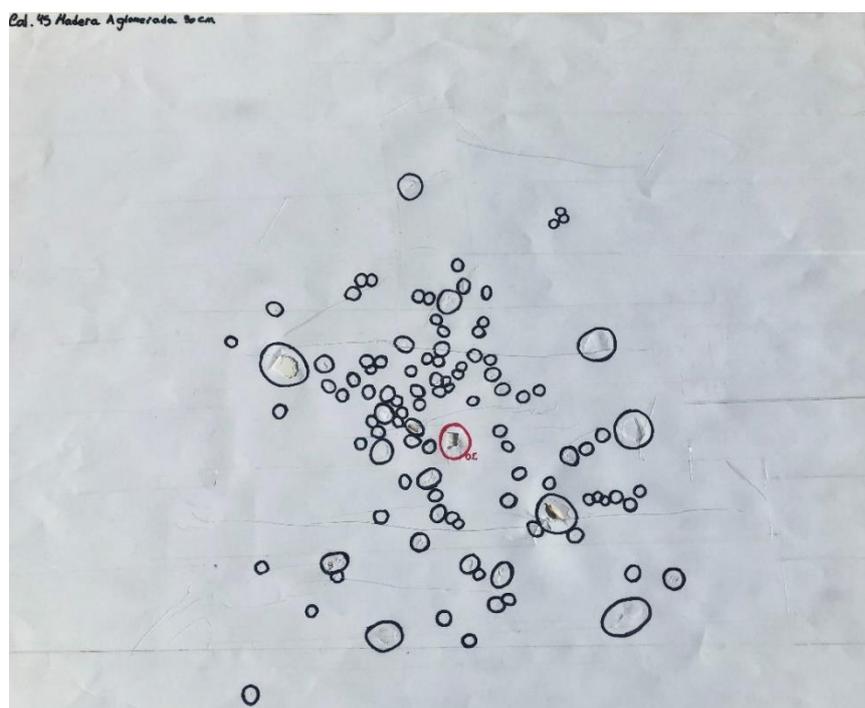
Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 111]. Fuente: Elaboración propia.

Material que actúa como telón interpuesto: Madera aglomerada.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

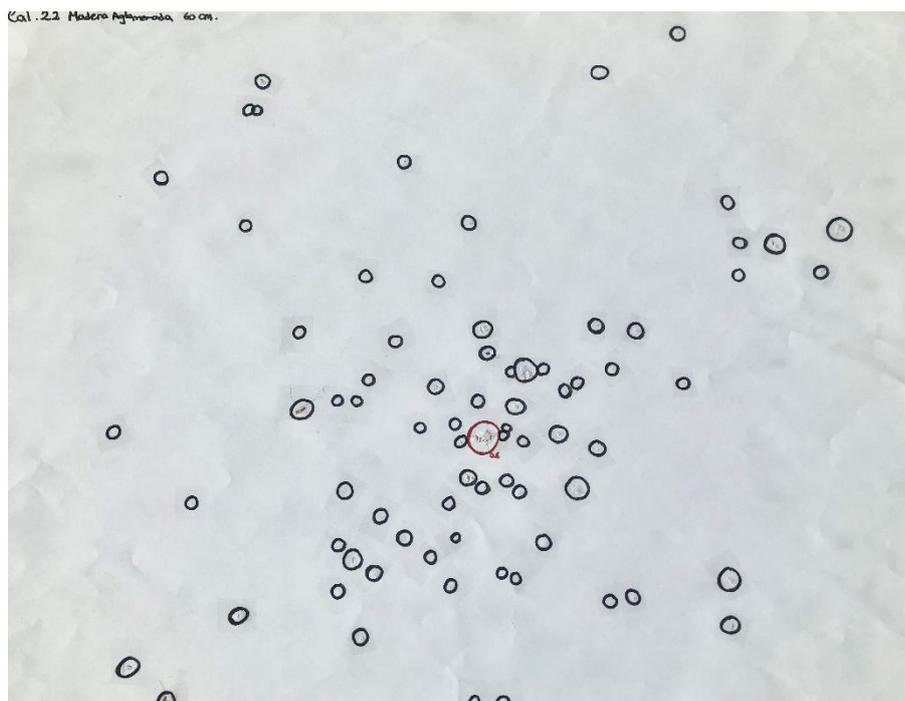


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 112]. Fuente: Elaboración propia.

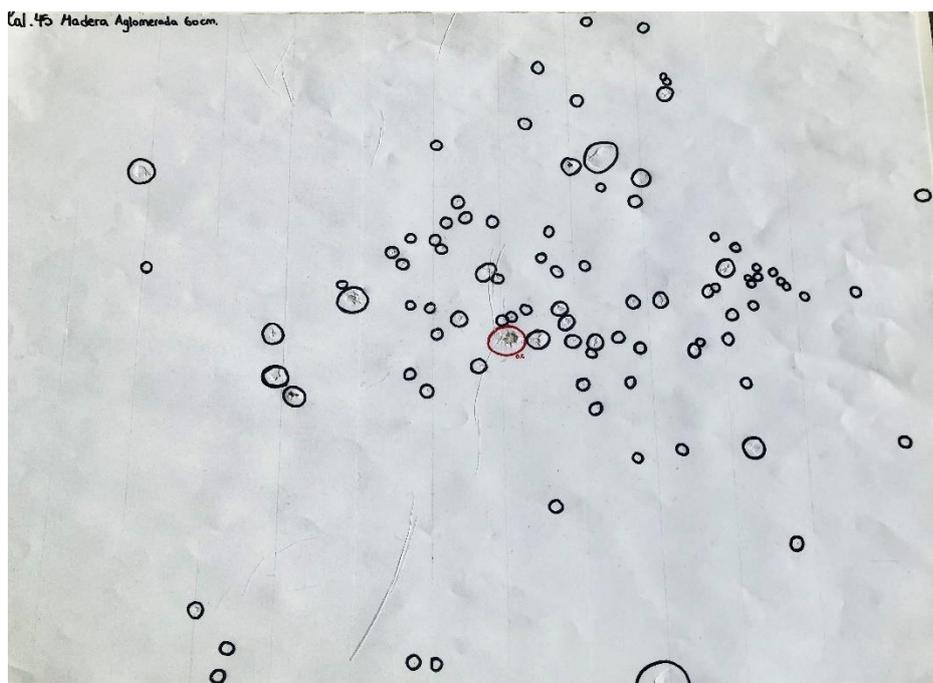


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 113]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

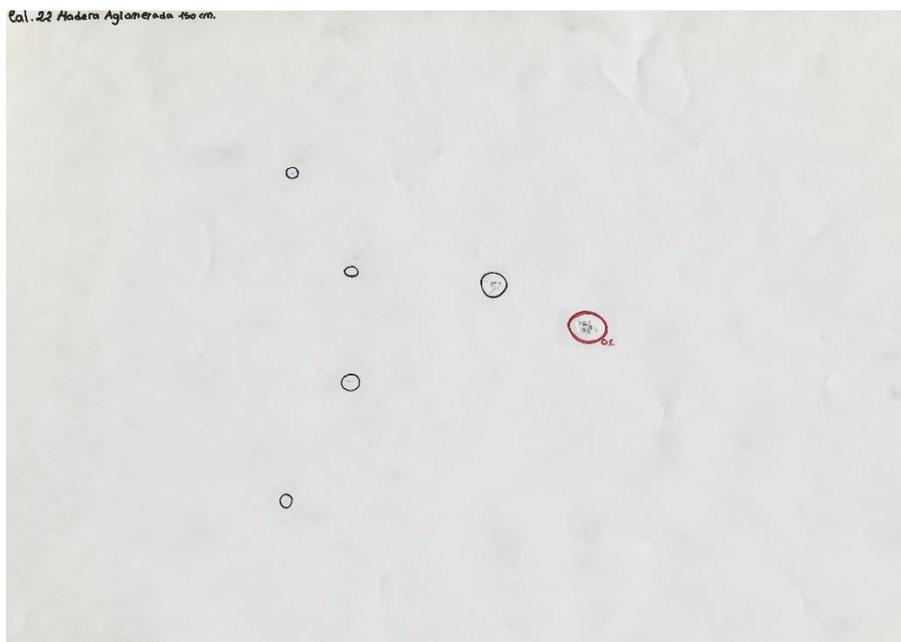


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 114]. Fuente: Elaboración propia.

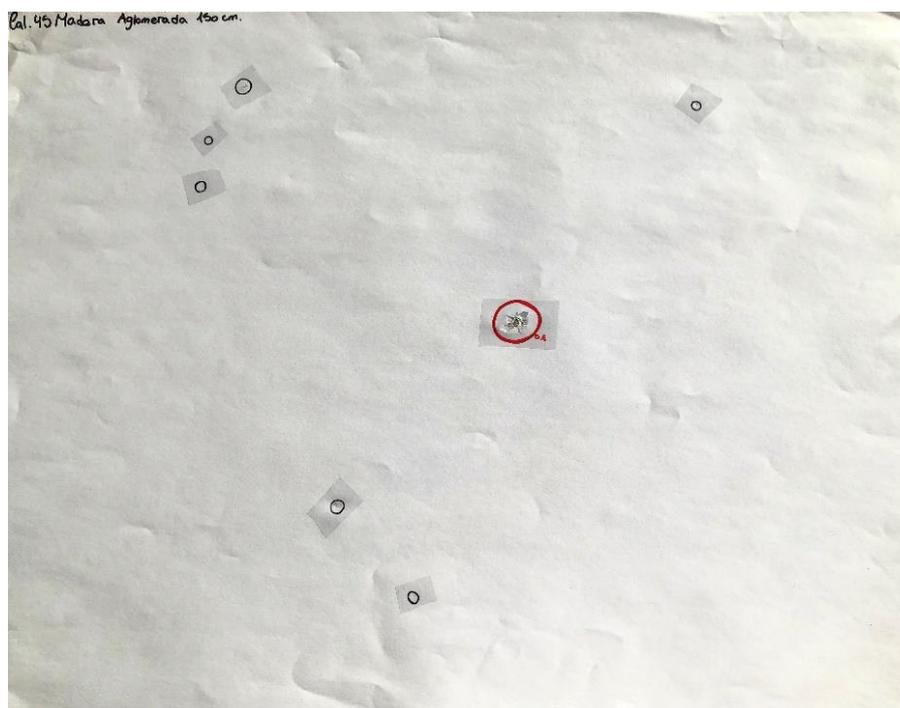


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 115]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 116]. Fuente: Elaboración propia.



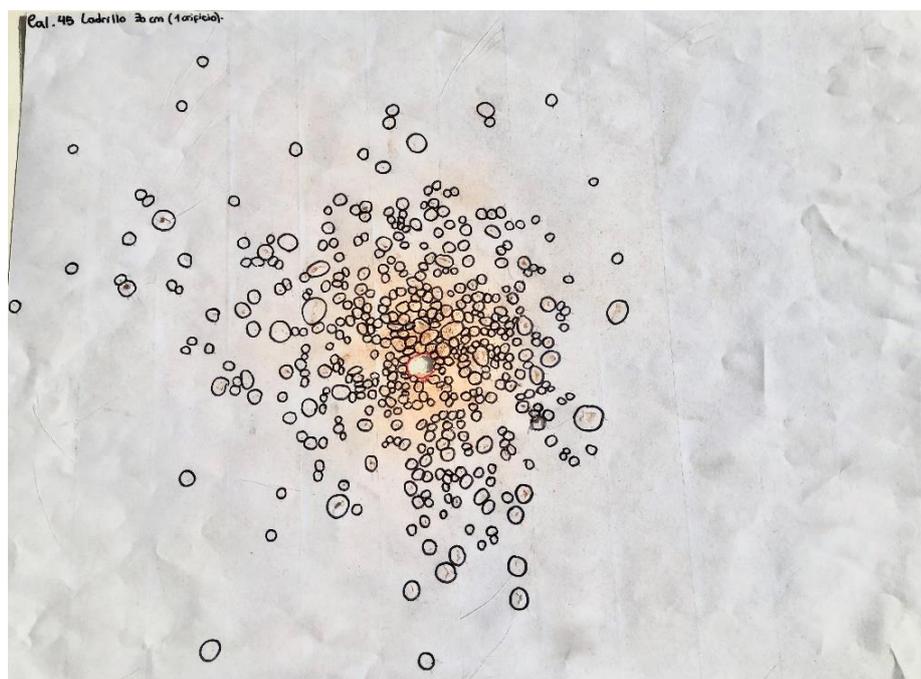
Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 117]. Fuente: Elaboración propia.

Material que actúa como telón interpuesto: Ladrillo hueco.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

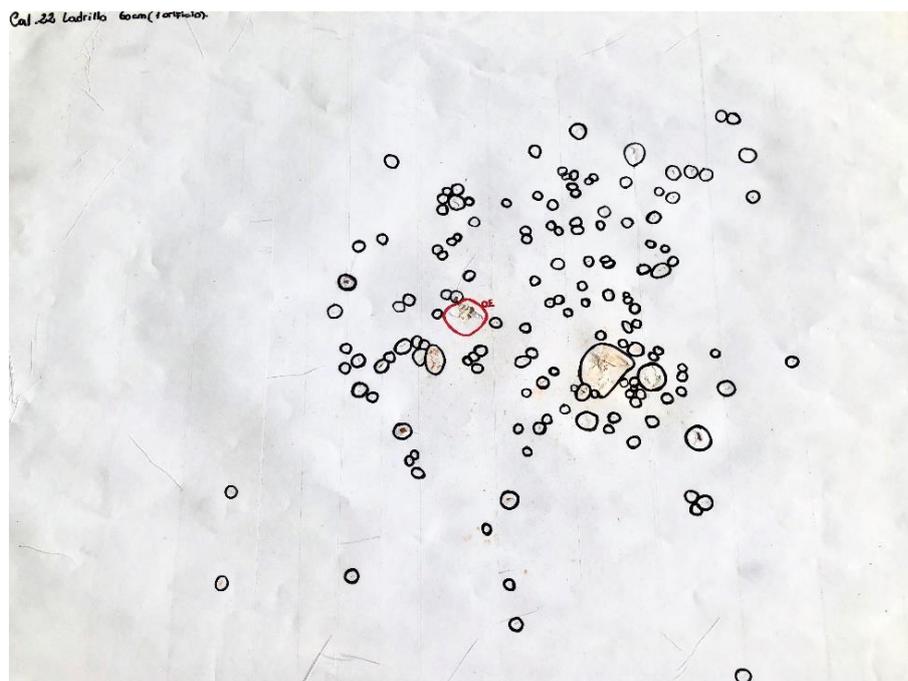


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 118]. Fuente: Elaboración propia.

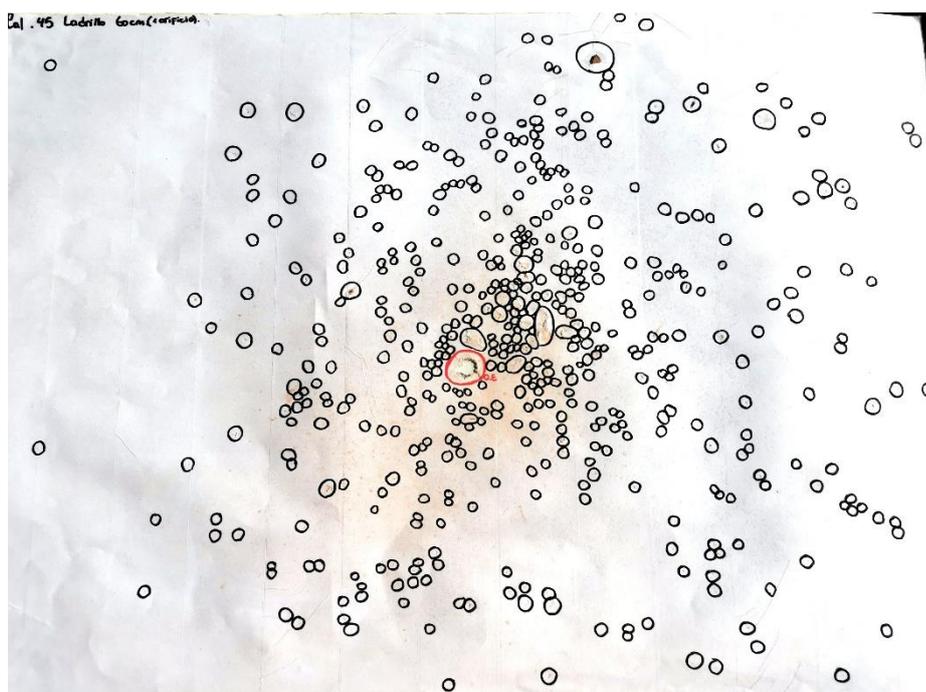


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 119]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

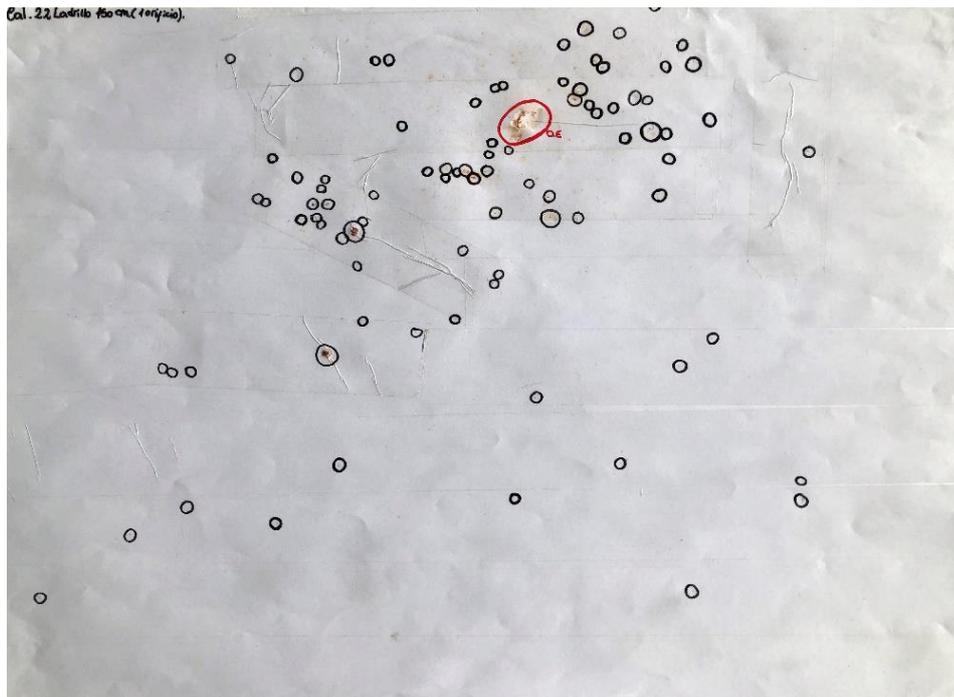


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 120]. Fuente: Elaboración propia.

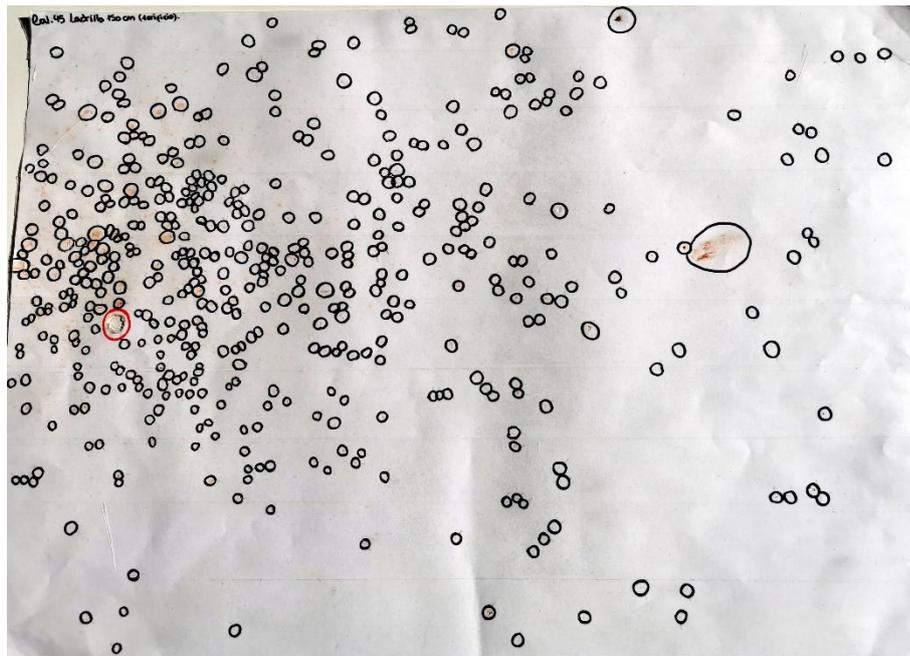


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 121]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 122]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 123]. Fuente: Elaboración propia.

Material que actúa como telón interpuesto: Vidrio.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

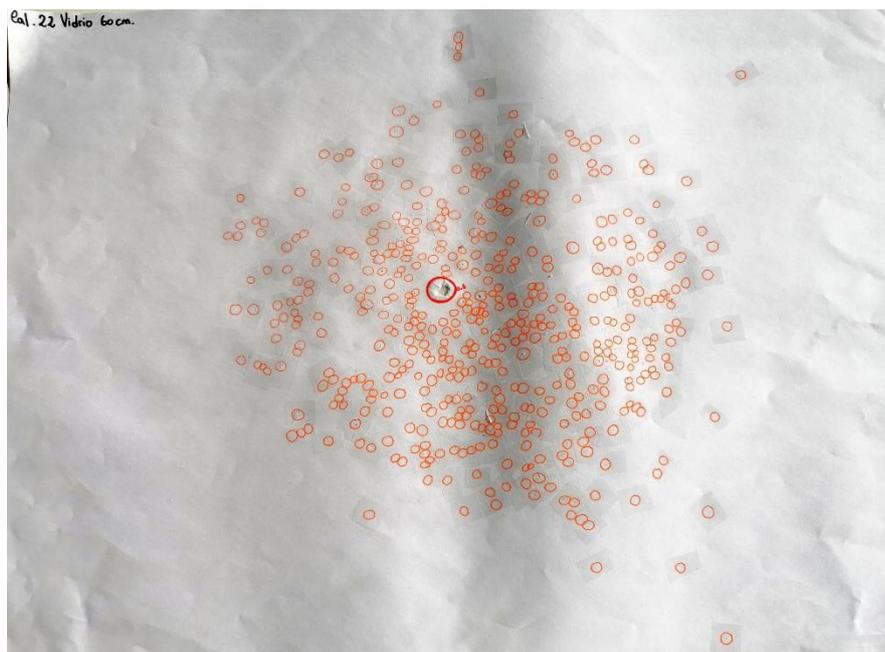


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 124]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 125]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco.

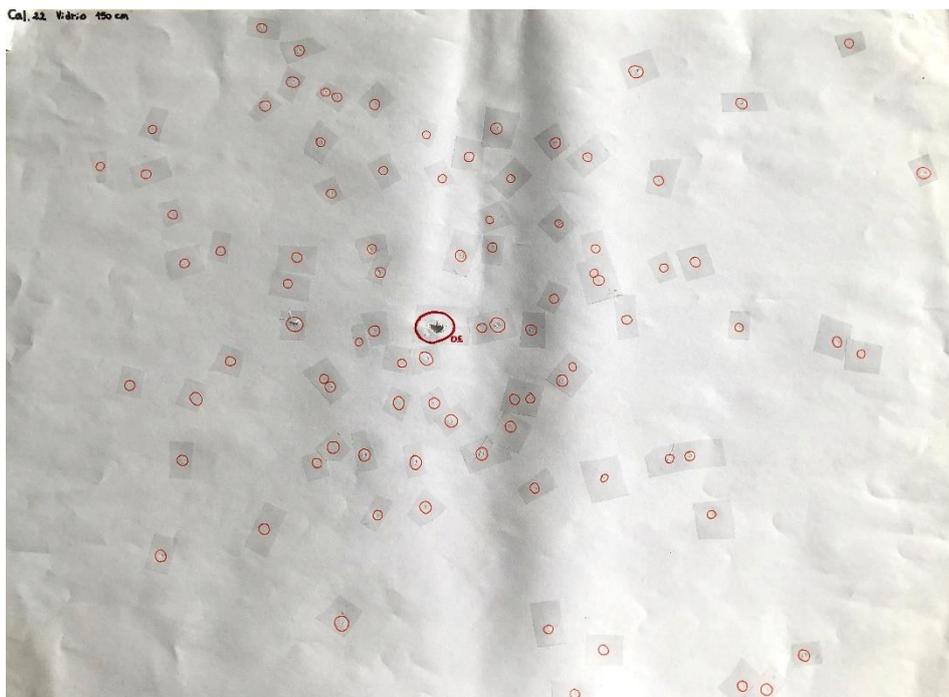


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 126]. Fuente: Elaboración propia.

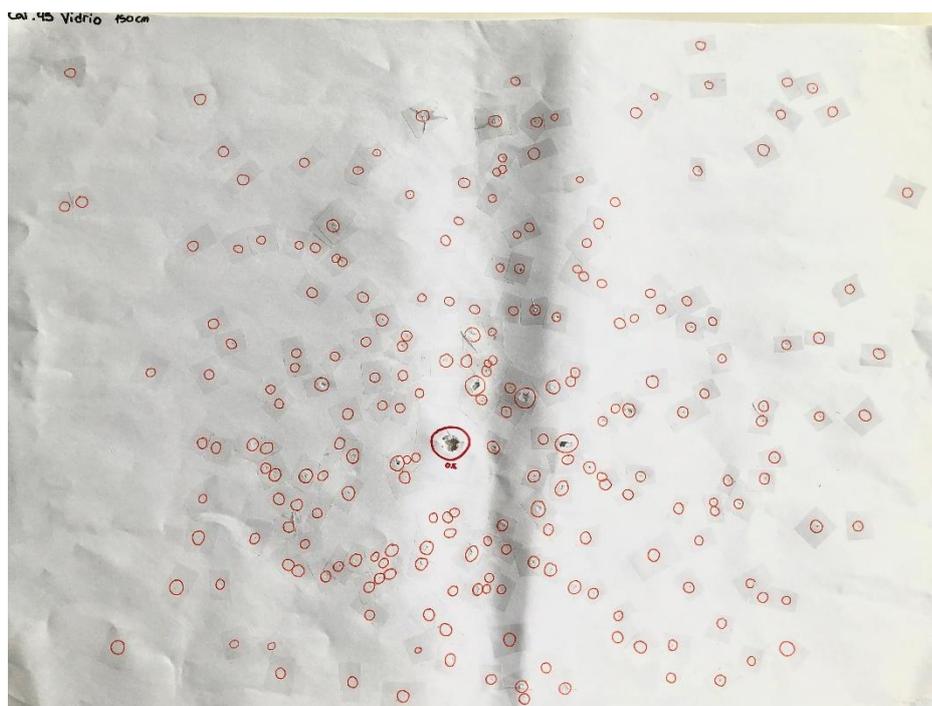


Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 127]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. [Figura 128]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP. [Figura 129]. Fuente: Elaboración propia.

Si bien no se generó el efecto *spalling* en el siguiente telón interpuesto, se presentan las pantallas de papel para observar como quedaron las partículas de polvo adheridas en el blanco.

Material que actúa como telón interpuesto: yeso.

- **Distancia:** 30 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en yeso.

[Figura 130]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en yeso.

[Figura 131]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 60 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en yeso.

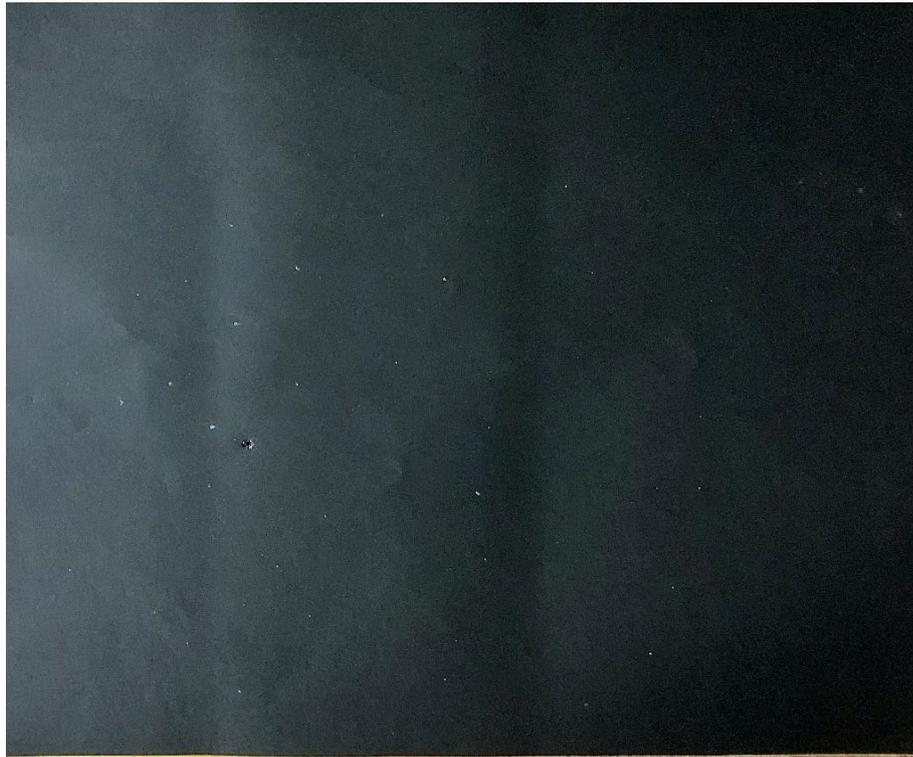
[Figura 132]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en yeso.

[Figura 133]. Fuente: Elaboración propia.

- **Distancia:** 150 cm entre el telón interpuesto y el blanco.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en yeso.

[Figura 134]. Fuente: Elaboración propia.



Resultado obtenido por el impacto por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en yeso.

[Figura 135]. Fuente: Elaboración propia.

Para analizar los datos obtenidos en esta investigación se contabilizaron cada uno de los impactos de las láminas de manera individual y se midió la distancia que tenían con respecto al orificio de entrada del proyectil de arma de fuego señalados con marcador rojo. Estas medidas fueron anotadas y se trasladaron a Microsoft Excel para calcular la distancia media de la dispersión del efecto *spalling* producido en cada pantalla de papel. Luego, las distancias promedio que se obtuvieron fueron agrupadas de acuerdo al material interpuesto empleado. En las tablas se puede observar las diferencias del promedio de dispersión del fenómeno que se observaron en cada calibre de arma de fuego utilizado y a cada distancia en la que se colocó el telón interpuesto.

Es de importancia resaltar que el promedio o la media es el valor que representa al conjunto que, en este caso es una cantidad de impactos producidos por la dispersión del fenómeno.

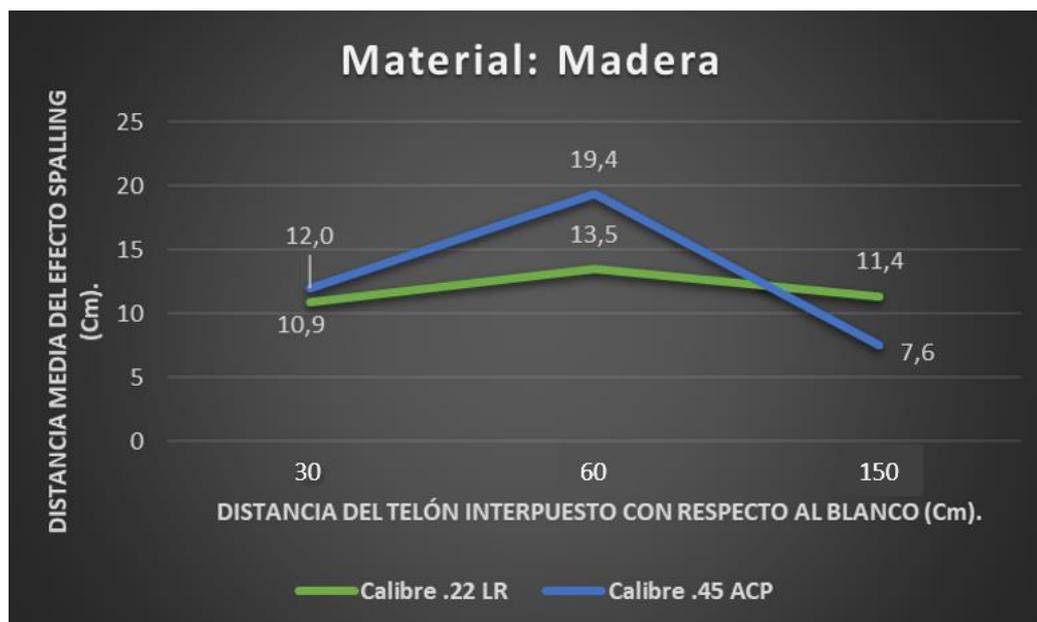
Estos datos fueron representados en tablas y gráficos para una mayor ilustración del análisis de este efecto en cada elemento en particular.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de las distancias medias calculadas en cada una de las láminas. En primer lugar y manteniendo el orden de los telones interpuestos en esta investigación se exhiben los que fueron producidos en la madera.

Material: Madera		
Distancia del telón interpuesto con respecto al blanco en centímetros	Distancia media de dispersión del efecto <i>spalling</i> en centímetros	
	Calibre .22 LR	Calibre .45 ACP
30	10,9	12,0
60	13,5	19,4
150	11,4	7,6

Tabla 3. Distancias promedio de dispersión del efecto *spalling* producidos con cada calibre de arma de fuego y en cada distancia del telón interpuesto correspondiente a la madera con respecto al blanco.

Los datos expuestos anteriormente fueron representados en un gráfico para una mejor visualización y comprensión de los promedios de dispersión del efecto *spalling* ante el impacto previo en el telón de madera.



[Figura 136]. Relación entre la distancia media de dispersión del efecto *spalling* y la distancia del telón interpuesto con respecto al blanco, analizando la variación con los dos calibres de arma fuego utilizados.

El gráfico muestra la distancia promedio de dispersión del efecto *spalling* que se produjo en las pantallas de papel o blancos (eje vertical) donde el telón interpuesto fue la madera y cómo se comporta esta dispersión en las diferentes distancias establecidas entre el material que se interpone en la trayectoria del proyectil y la lámina (eje horizontal) con los dos calibres de arma de fuego empleados.

Como se mencionó anteriormente, el promedio o la media es un valor que representa un conjunto de datos como lo son las distancias en las que se dispersaron los fragmentos producto del fenómeno de espalación ante el impacto por proyectil de arma de fuego, tomando como punto de referencia el orificio de entrada del proyectil. Ante la sumatoria de todas las distancias de dispersión de cada fragmento en el blanco, se dividió por el total de impactos producidos, obteniéndose así, la distancia media.

En este análisis el valor promedio de dispersión del efecto *spalling* producido por el impacto de proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en 30 cm de distancia entre la madera (telón interpuesto) y el blanco, fue de 10,9 cm. En cambio, en el disparo por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP, el valor promedio de dispersión del fenómeno a la misma distancia y con el mismo telón fue de 12,0 cm. Ante estos datos se observa que en el caso del disparo con el calibre .45 ACP, se generó una mayor

dispersión de efecto *spalling* que con el otro calibre empleado, aunque no existe una gran diferencia de valores.

Siguiendo con el análisis, se puede observar que en 60 cm la tendencia²⁴ continúa, existiendo un mayor promedio de dispersión del fenómeno en el disparo con el calibre .45 ACP que en el .22 LR. Pero se puede apreciar una significativa divergencia²⁵ de dispersión entre los dos calibres a comparación de las otras distancias establecidas.

A 150 cm, se observa que los comportamientos de los calibres se invierten, donde el disparo con el .22 LR que generaba una menor dispersión con respecto a la otra arma de fuego en las distancias anteriores, en este caso, produce una mayor dispersión del *spalling*. Por lo que se establece que no se continúa con la tendencia, debido a este punto de inflexión en esta distancia.

Por último, se puede decir que a medida que aumenta la distancia del telón interpuesto los disparos producidos con el arma de fuego calibre .22 LR generan una dispersión que se comporta con una cierta estabilidad²⁶, debido a que no se presenta una gran variación de los resultados. En cambio, con los disparos producidos con el calibre .45 ACP los valores se comportan de manera más inestable²⁷, debido a que cambian abruptamente los datos.

²⁴ La tendencia en un gráfico estadístico se refiere a la dirección general de los valores, indica si los éstos aumentan, disminuyen o permanecen constantes a medida que aumenta la distancia del telón con el blanco. Esto ayuda a identificar cambios significativos en el comportamiento de una variable.

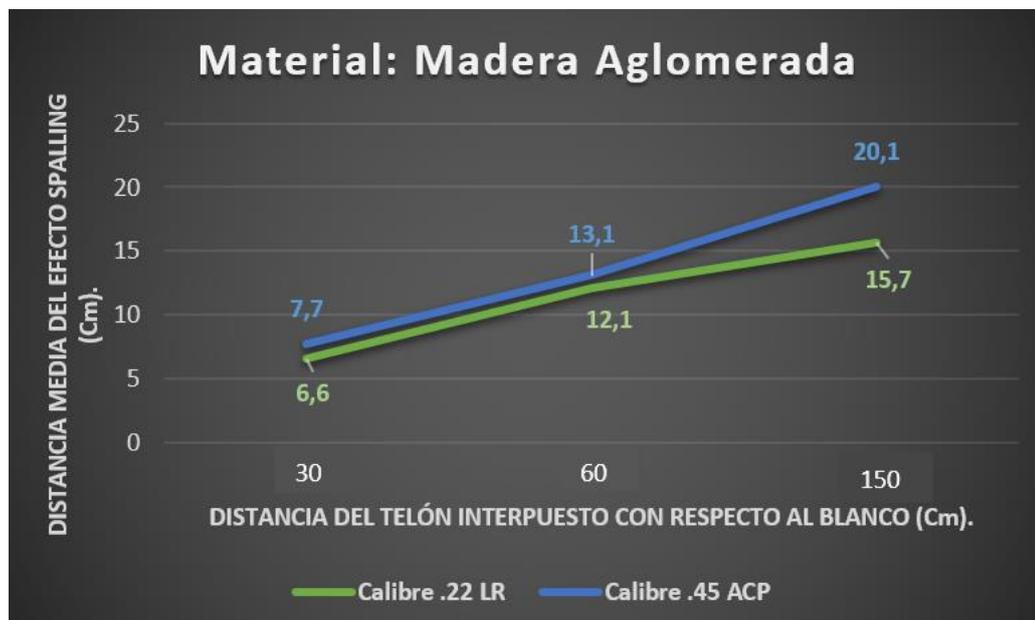
²⁵ Separación de las dos líneas del gráfico.

²⁶ La estabilidad se refiere a que se mantienen los valores, no existiendo un cambio muy significativo de los resultados.

²⁷ Lo opuesto a la estabilidad, mostrando resultados que cambian significativamente los valores.

Material: Placa de madera aglomerada		
Distancia del telón interpuesto con respecto al blanco en centímetros	Distancia media de dispersión del efecto <i>spalling</i> en centímetros	
	Calibre .22 LR	Calibre .45 ACP
30	6,6	7,7
60	12,1	13,1
150	15,7	20,1

Tabla 4. Distancias promedio de dispersión del efecto *spalling* producidos con cada calibre de arma de fuego y en cada distancia del telón interpuesto correspondiente a la madera aglomerada con respecto al blanco.



[Figura 137]. Relación entre la distancia media de dispersión del efecto *spalling* y la distancia del telón interpuesto con respecto al blanco, analizando la variación con los dos calibres de arma fuego utilizados.

Analizando esta gráfica se puede observar que en el caso del disparo por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en 30 cm de distancia, se generó más dispersión de efecto *spalling* que con el otro calibre empleado, aunque no existe una gran diferencia de valores, estando relativamente iguales. Pero se puede establecer que, aun así, el calibre .45 ACP genera más dispersión que el .22 LR.



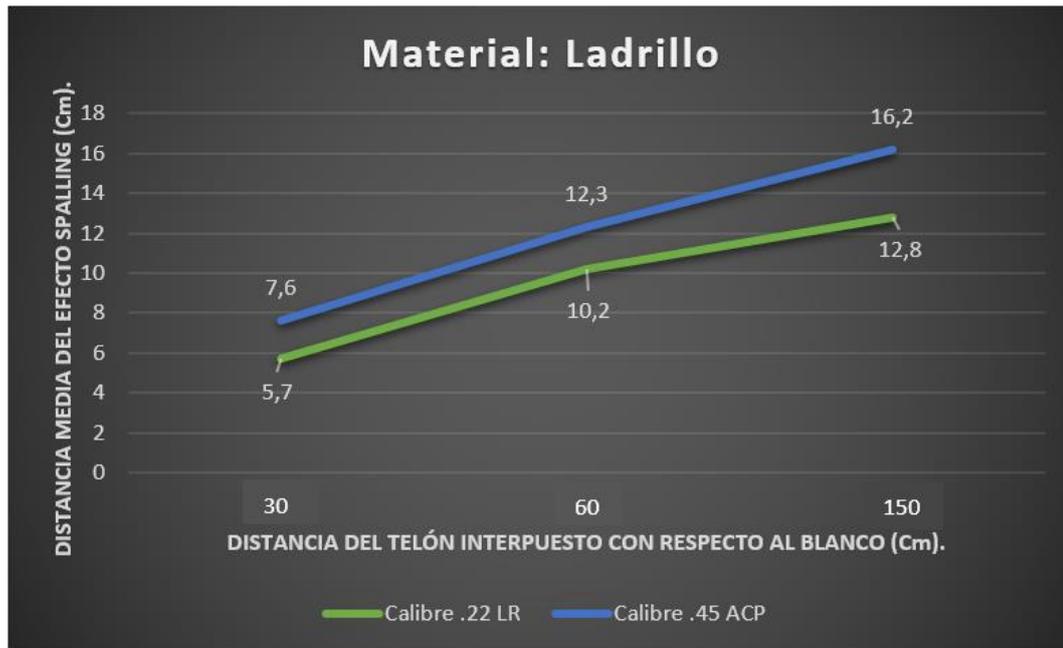
En 60 cm la tendencia continúa, teniendo un mayor promedio de dispersión del efecto de espalación en el disparo con el calibre .45 ACP que en el .22 LR, y se mantiene la poca diferencia entre estos valores.

A 150 cm, se mantiene la tendencia, pero con una mayor divergencia entre los calibres utilizados.

Se puede observar que a medida que aumenta la distancia del telón interpuesto ambos calibres de armas de fuego generan una dispersión del fenómeno que se comporta de manera inestable debido a que se presenta una gran variación de los resultados en cada distancia establecida.

Material: Ladrillo		
Distancia del telón interpuesto con respecto al blanco en centímetros	Distancia media de dispersión del efecto <i>spalling</i> en centímetros	
	Calibre .22 LR	Calibre .45 ACP
30	5,7	7,6
60	10,2	12,3
150	12,8	16,2

Tabla 5. Distancias promedio de dispersión del efecto *spalling* producidos con cada calibre de arma de fuego y en cada distancia del telón interpuesto correspondiente al ladrillo con respecto al blanco.



[Figura 138]. Relación entre la distancia media de dispersión del efecto *spalling* y la distancia del telón interpuesto con respecto al blanco, analizando la variación con los dos calibres de arma fuego utilizados.

Se observa que en el caso del disparo por proyectil de arma de fuego calibre .45 ACP en 30 cm de distancia entre el ladrillo y el blanco, se generó más dispersión de efecto *spalling* que con el otro calibre empleado.

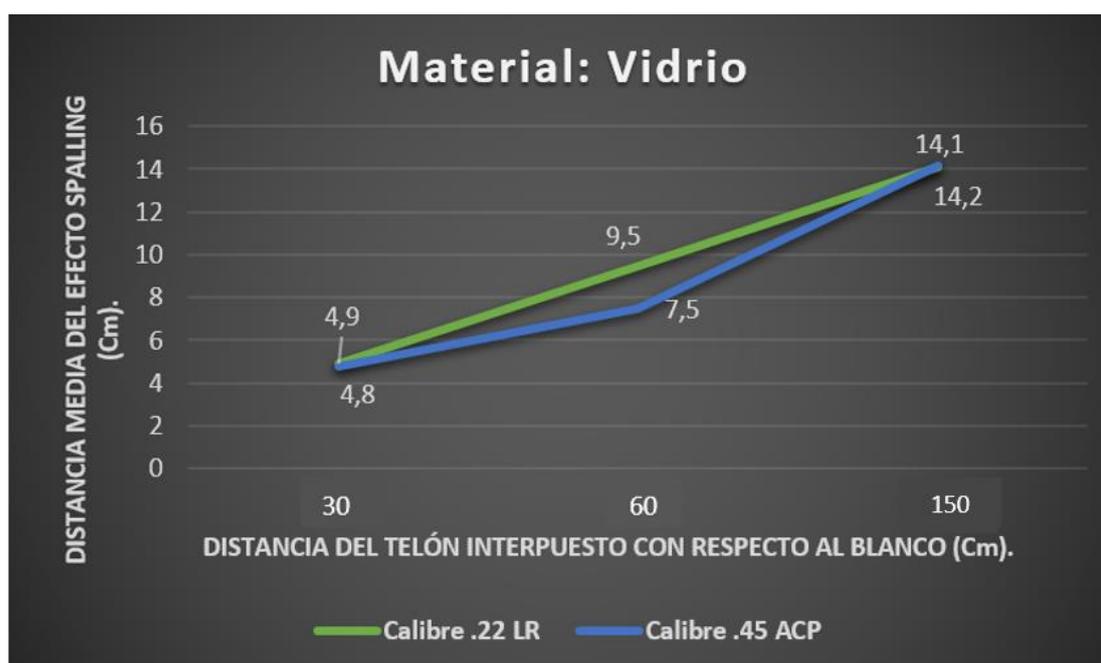
En 60 cm la tendencia continúa, teniendo un mayor promedio de dispersión del efecto de espalación en el disparo con el calibre .45 ACP que en el .22 LR.

A 150 cm, se mantiene la tendencia, pero con una mayor divergencia entre los calibres utilizados.

En este gráfico también se determina que, al aumentar la distancia del telón interpuesto con los disparos producidos con ambas armas de fuego de diferentes calibres, se produce la dispersión del fenómeno con un comportamiento inestable debido a que se presenta una gran variación de los resultados en cada distancia establecida.

Material: Vidrio		
Distancia del telón interpuesto con respecto al blanco en centímetros	Distancia media de dispersión del efecto <i>spalling</i> en centímetros	
	Calibre .22 LR	Calibre .45 ACP
30	4,9	4,8
60	9,5	7,5
150	14,1	14,2

Tabla 6. Distancias promedio de dispersión del efecto *spalling* producidos con cada calibre de arma de fuego y en cada distancia del telón interpuesto correspondiente al vidrio con respecto al blanco.



[Figura 139]. Relación entre la distancia media de dispersión del efecto *spalling* y la distancia del telón interpuesto con respecto al blanco, analizando la variación con los dos calibres de arma fuego utilizados.

En esta gráfica se observa que en el disparo por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR en 30 cm de distancia se generó más dispersión de efecto *spalling* que con el otro calibre empleado, aunque no existe una gran diferencia de valores, estando relativamente iguales.

A 60 cm la tendencia en ambos calibres continúa, teniendo un mayor promedio de dispersión del efecto de espalación en el disparo con el calibre .22 LR que en el calibre .45 ACP. Pero a diferencia de la anterior distancia establecida, en 60 cm, se puede apreciar una divergencia de dispersión entre los dos calibres

En 150 cm, se observa que los comportamientos de los calibres se invierten, donde el disparo con el calibre .22 LR que generaba una mayor dispersión con respecto al otro calibre en los puntos anteriores, en este caso, produce una menor distancia de dispersión del *spalling*. Por lo que se establece que no se continúa con la tendencia, debido a este punto de inflexión. Se deja asentado que de igual manera estamos ante un análisis de valores relativamente iguales en los que varían los decimales.

Se finaliza este análisis determinando que, a medida que aumenta la distancia del telón interpuesto ambos calibres de armas de fuego generan una dispersión del fenómeno que se comporta de manera inestable debido a que se presenta una gran variación de los resultados en cada distancia establecida.

Una vez ya expuestos los resultados de las distancias promedio de dispersión del fenómeno en cada material, se pueden comparar los datos y observar en cuál de los materiales planteados se presenta una mayor y una menor dispersión.

Distancias promedio de dispersión del efecto <i>spalling</i> :						
Distancia del telón interpuesto con el blanco	30 cm		60 cm		150 cm	
Calibres de armas de fuego	.22 LR	.45 ACP	.22 LR	.45 ACP	.22 LR	.45 ACP
Madera	10,9	12,0	13,5	19,4	11,4	7,6
Madera aglomerada	6,6	7,7	12,1	13,1	15,7	20,1
Ladrillo	5,7	7,6	10,2	12,3	12,8	16,2
Vidrio	4,9	4,8	9,5	7,5	14,9	14,2

Tabla 7. Valores de distancias promedio de dispersión del efecto *spalling* obtenidos en cada pantalla de papel. Los valores de mayor y menor dispersión de cada calibre se encuentran remarcados con color.

Ante los valores expuestos, se puede determinar que el material que generó una mayor dispersión del efecto *spalling* fue la madera aglomerada en los disparos producidos con los dos calibres de arma de fuego a 150 cm de distancia del telón con respecto al blanco. Siendo mayor la dispersión con el calibre .45 ACP (20,1 cm de distancia media), que con el .22 LR (15,7 cm).

En cambio, el vidrio, fue el que generó una menor dispersión del fenómeno en los disparos con ambos calibres de arma de fuego a 30 cm de distancia. Se puede mencionar que la dispersión fue mayor, con el calibre .22 LR (4,9 cm de distancia media), aunque en realidad son valores relativamente iguales.

Además, se puede determinar observando de manera general los datos obtenidos en la tabla, que, a 150 cm de distancia del telón con respecto al blanco, en los materiales como la madera aglomerada, el ladrillo y en el vidrio, se obtuvieron grandes valores de distancia media de dispersión y en ambos calibres de arma de fuego. La excepción fue el telón de madera donde se generó un mayor valor de dispersión a 60 cm de distancia, con los dos calibres utilizados.

Los datos de resultados menores en general, se produjeron a 30 cm de distancia en todos los materiales empleados, a excepción del caso del telón de madera, en 150 cm y con el calibre .45 ACP que generó una menor dispersión del *spalling* (7,6 cm de distancia media).

Otros datos de interés para detallar en esta investigación son la cantidad total de *spalling* producidos en cada lámina, donde se contabilizó cada uno de los impactos generados por este fenómeno y se expusieron los resultados totales en tablas para una mejor interpretación de los mismos.

Estos resultados fueron agrupados de acuerdo al material interpuesto empleado, diferenciando el total de fragmentos que impactaron el blanco con cada calibre de arma de fuego y a cada distancia en la que se colocó el material que se interpone en la trayectoria del proyectil.

Cantidad total de <i>spalling</i> :						
Distancia del telón interpuesto con el blanco	30 cm		60 cm		150 cm	
Calibres de armas de fuego	.22 LR	.45 ACP	.22 LR	.45 ACP	.22 LR	.45 ACP
Madera	25	20	13	20	2	6
Madera aglomerada	172	103	76	93	5	6
Ladrillo	123	448	146	501	86	471
Vidrio	592	292	488	235	89	228

Tabla 8. Cantidad de impactos producto del *spalling* obtenidos en cada pantalla de papel.

Los datos de mayor y menor cantidad de impactos se encuentran resaltados con color.

La mayor cantidad de impactos producto de la proyección de fragmentos del fenómeno fue en el vidrio a una distancia de 30 cm, con un total de 592 impactos generados con el disparo por proyectil de arma de fuego calibre .22 LR. Le sigue el calibre .45 ACP con un total de 501 impactos en el ladrillo a una distancia de 60 cm.

En cuanto a la menor cantidad de impactos producidos, se encuentra el disparo efectuado con el calibre .22 LR en madera, con un total de solo dos impactos a 150

cm de distancia del telón con respecto al blanco. Luego con el otro calibre de arma de fuego, se produjeron seis impactos en la madera y otros seis impactos en la placa de madera aglomerada, a la misma distancia.

Se puede concluir con las dos tablas exhibidas, que a una distancia de 150 cm se produce una mayor dispersión del fenómeno, pero una menor cantidad de impactos en el blanco, en cambio, ante una menor dispersión del efecto *spalling* se puede observar una mayor cantidad de impactos en el objetivo.

Discusión de resultados:

Los datos obtenidos en el análisis de la presente investigación ofrecen coherencia y reafirman lo expuesto en el marco teórico, debido a que se pudo demostrar mediante la experimentación que, ante los impactos por proyectiles de armas de fuego de diferentes calibres, se produce el efecto *spalling* al impactar primero en los telones interpuestos de diferentes materiales como lo son la madera, placa de madera aglomerada, ladrillo y vidrio, proyectando fragmentos por la ruptura de estos elementos en forma de astillas provocando daños en el blanco debido a la gran energía con la que se impulsan, penetrando y hasta perforando el objetivo. Éste último es impactado por el proyectil que, luego de atravesar al telón, continúa su trayectoria, y genera un segundo impacto en el blanco.

El único caso de excepción en este trabajo fue el telón de yeso, el cual si bien se fragmentó por el paso del proyectil de arma de fuego tanto del calibre .22 LR y del calibre .45 ACP, generando una dispersión en forma de nube de polvo blanco, no estaría dentro de la definición del fenómeno de espalación debido a que no genera astillas que ocasionen daños en las personas debido a la escasa penetración. Por lo que se determina que, en el telón interpuesto correspondiente al yeso, no se produce el efecto *spalling* por la consistencia y naturaleza del material. De igual manera, no se descarta la posibilidad de encontrar restos de este elemento en forma de polvo adheridos en la piel o en las prendas de una persona, como quedó demostrado en las láminas de papel que simulaban ser cuerpos. Dato de valor para una investigación pericial ya que se puede determinar qué telón se interpuso en la trayectoria de un proyectil en un suceso criminal con estas condiciones.

De acuerdo a lo expuesto por Di Maio, en su bibliografía "Heridas por armas de fuego", define como graneo o pseudotatuaje, a los daños producidos por materiales extraños como los efectuados por el efecto *spalling*, y también por el pasaje de una punta semiblindada a través de un blanco intermedio, generando la separación del núcleo y del blindaje del proyectil, causando estas heridas en la piel de una víctima. Circunstancia que debe ser considerada y realizar un análisis meticuloso para evitar errores a la hora de determinar lo que generó esos daños.

En esta investigación para confirmar si los efectos observados en las pantallas de papel fueron propios de los blancos intermedios, producto del *spalling* o podrían

haber sido generados por la separación del núcleo y el blindaje del proyectil ante el impacto en el material, se buscaron y recolectaron los proyectiles del calibre .45 ACP, los cuales tenían balas blindadas para observar y registrar si se fragmentaron.

Se pudo determinar que en ninguno de los proyectiles se presenta la separación del plomo y del blindaje de latón, lo que lleva a concluir que los efectos producidos son del fenómeno de espalación ante el impacto en blancos intermedios.

Conclusiones:

En virtud de los resultados obtenidos en esta investigación se han derivado las siguientes conclusiones fundamentales.

Principalmente, se destaca que los hallazgos más relevantes obtenidos en este trabajo es con respecto a la hipótesis que expresaba que “el efecto *spalling* se produce en todos los elementos planteados en esta investigación, es decir, el impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición previa de diferentes materiales en su trayectoria (telones interpuestos), genera la fragmentación y proyección de los restos hacia el objetivo ocasionando daños”. Donde se esperaba que ambos proyectiles de armas de fuego (calibre .22 LR y el .45 ACP) tengan la energía suficiente para perforar los telones empleados en las tres distancias establecidas y se produzca este fenómeno.

La hipótesis de esta investigación es refutada debido a que, se produjo el efecto mencionado en la mayoría de los telones empleados como en la madera, la placa de madera aglomerada, el ladrillo y el vidrio, pero no se produjo en el telón de yeso.

Si bien los dos proyectiles de diferentes calibres perforaron el yeso en las tres distancias establecidas produciendo la fragmentación y dispersión del material. A diferencia de los otros telones, este suceso se generó en forma de polvo blanco y no se proyectaron partículas sólidas, debido a la naturaleza y consistencia de este material lo que no produce daños en el objetivo. Por esta razón este caso en particular no se ajusta a la definición del fenómeno descrita en el marco teórico.

Los objetivos principales propuestos se cumplieron de manera parcial, ya que, en primer lugar, se logró establecer lo que ocurre en un impacto por proyectil de arma de fuego en un blanco, con la interposición de los telones en su trayectoria y se determinó que se produce el fenómeno de espalación en todas las distancias establecidas con los dos calibres de armas de fuego y en los elementos propuestos, a excepción de como ya se mencionó, en el telón de yeso.

En cuanto a los objetivos específicos que se expondrán para recordar cómo fueron establecidos al comienzo del estudio de este trabajo, proponían lo siguiente:

En primer lugar, se menciona al primer objetivo, que planteaba poder determinar si era posible que se produzca el efecto *spalling*, al impactar contra las superficies planteadas, el cual ya se constató anteriormente.

El segundo objetivo proponía analizar con cuál de los dos calibres utilizados en la experiencia (.22 LR y .45 ACP) se produce más efecto de espalación. Con respecto a este apartado se pudo comprobar mediante un exhaustivo análisis que el calibre que generó la mayor cantidad de *spalling*, es decir, el que generó más impactos de fragmentos producto de la ruptura y proyección del material, en el blanco, fue el calibre .22 LR con una cantidad de 592 impactos, donde el telón interpuesto fue el vidrio a una distancia de 30 cm entre éste material y el blanco. Resultados que se pueden observar con más detalle en el análisis de esta investigación.

Ahora bien, si se analiza de manera general y tomando las distancias entre el telón y el blanco, se puede decir que, a 30 cm, se generó más espalación con el calibre .22 LR en todos los materiales, menos en el ladrillo donde hubo más impactos de fragmentos con el otro calibre.

En cambio, en las distancias de 60 y 150 cm, el arma de fuego que mayor efecto *spalling* generó fue con la pistola calibre .45 ACP en todos los materiales.

Ante la repuesta de este objetivo específico planteado, es de importancia mencionar en el contexto de la balística, que ambos calibres de armas de fuego, por más que presentan diferentes capacidades de penetración como de poderes de parada, ambos tuvieron la energía suficiente para perforar los materiales planteados, en las distintas distancias propuestas y hasta lograron un segundo impacto en el blanco, generando el orificio de entrada del proyectil en las pantallas de papel.

Como tercer objetivo, se planteó analizar la variación de las distancias en la que se encuentra el blanco, con respecto al elemento interpuesto, donde se puede mencionar que, ante el estudio de los resultados obtenidos en la experimentación, se observa una mayor dispersión del fenómeno de espalación a medida que se aleja el telón del blanco. Pero al aumentar esta distancia, menor es la cantidad de impactos producto de este efecto.

Por último, se propuso obtener datos proporcionales de los impactos del *spalling* producidos en el blanco. Se han derivado los siguientes valores relevantes que de

manera resumida se mencionarán destacando los hallazgos fundamentales del minucioso estudio realizado en la presente investigación.

- El material que generó una mayor dispersión del efecto *spalling* fue la placa de madera aglomerada con el calibre .45 ACP a 150 cm de distancia entre el telón y el objetivo.
- El material que generó una menor dispersión del *spalling*, fue el vidrio con el calibre .45 ACP a 30 cm de distancia.
- El material que generó mayor *spalling* fue el vidrio con el calibre .22 LR a 30 cm de distancia.
- El material que generó menos *spalling* fue la madera con el calibre .22 LR a 150 cm de distancia.

Es relevante aclarar que al mencionar la dispersión del fenómeno se debe entender a ésta como la acción que se genera al dividir o partir el material en varios fragmentos. Esto fue medido y calculado obteniendo la distancia media o el promedio de dispersión que representan al conjunto de impactos producidos por este suceso.

Al hablar de cantidad de *spalling*, se refiere a cada uno de los impactos producidos por las partículas sólidas del elemento proyectadas al blanco, tras el impacto por proyectil de arma de fuego.

A modo de cierre, es de importancia mencionar que esta investigación proporciona una base sólida para futuros estudios en el campo de la balística, específicamente en la balística de efectos, debido a la gran cantidad de materiales como de calibres de armas de fuego existentes, pudiendo obtenerse diversos resultados. También se puede realizar una continuación de este trabajo, determinando hasta que distancia no se observan en el objetivo restos de este fenómeno, incorporando nuevos conocimientos en la investigación criminalística.

En resumen, las conclusiones presentadas muestran la importancia en la rama de la balística terminal o de efectos, que, mediante un análisis meticuloso en el cuerpo de una persona, que sufrió de un disparo de arma de fuego, en el que el proyectil se encontró con un objeto intermedio en su trayectoria y al atravesarlo, produjo la fragmentación del elemento y la dispersión de partículas sólidas hacia el sujeto, se

puede determinar el material que actuó como telón debido al efecto *spalling* que queda adherido o incrustado en el blanco.

Como se observó en este estudio, los restos del telón pueden impactar en el blanco, incluso penetrarlo y generar grandes daños. Los hallazgos de la presente investigación contribuyen significativamente a comprender como se comportan los materiales como la madera, la placa de madera aglomerada, el ladrillo, el vidrio y el yeso, ante el impacto por proyectiles de los dos calibres de armas de fuego comúnmente utilizados por el ser humano para defensa del hogar y con diferentes capacidades de penetración como lo son el .45 ACP y el .22 LR.

Bibliografía:

Libros:

- Cibrián Vidrio, O. (2007). *Balística Técnica y Forense*. Buenos Aires. Argentina. Ediciones La Rocca.
- Di Maio, Vicent J.M. (2007). *Heridas por Arma de fuego*. Argentina. Ediciones La Rocca.
- Guzmán C, A. (2000). *Manual de Criminalística*. Buenos Aires. Argentina. Ediciones La Rocca.
- Silveyra J, O. (2008). *Investigación Científica del delito, Armas y Crímenes*. Buenos Aires, Argentina. Ediciones La Rocca.

Artículos científicos, tesis y páginas Web:

- Colegio Jurista. (2021). *Introducción a la balística de efectos*. Recuperado de: <https://www.colegiojurista.com/blog/art/introduccion-a-la-balistica-de-efectos/>
- *Espalación por impacto: de la megaescala a la microescala*. (2014). Recuperado de: http://estructuras-de-impacto.impact-structures.com/?page_id=2563.
- RENAR Registro Nacional de Armas, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2001). *Manual de Identificación y Rastreo de Armas de Fuego M.I.R.A.F.* Recuperado de: <http://www.anmac.gob.ar/pdf/2012MIRAF.pdf>.