



LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA

Proyecto Final

Análisis de las marcas y patrones de deformación producidos por proyectiles de una pistola semiautomática calibre 9 mm en gelatina balística casera.

Tesista:

Téc. Valentina Fernández Croce, DNI:39.128.056

Director:

Lic. Adrián Leiva

Co-Director:

Lic. Joaquín Martínez Jancarik

Oro Verde. E.R., 2026

Agradecimientos

A mis directores de tesis, por su acompañamiento, orientación y paciencia hasta el final de este proceso. Su guía fue fundamental para el desarrollo y la concreción de este trabajo.

A mis profesores, que con su enseñanza y dedicación contribuyeron a mi formación profesional a lo largo de la carrera.

A la universidad pública, gratuita y de calidad, que hizo posible este recorrido. Sin ella, este futuro no sería imaginable. Es una institución que abre puertas, cumple sueños y merece ser valorada y defendida.

A mi familia, por brindarme la oportunidad de estudiar, por acompañarme incondicionalmente y por haberme permitido volar fuera del nido para construir mi propio camino. Su apoyo fue el sostén fundamental durante todos estos años.

A mis amigos de siempre, por sostenerme en los momentos difíciles y por recordarme que no tenía que poder con todo sola.

A los amigos que la facultad me regaló, quienes se convirtieron en un gran soporte académico y humano a lo largo de esta etapa.

A Jorge, mi angelito gatuno, compañero silencioso de incontables horas de estudio, presente en cada resumen, cada trabajo práctico y cada preparación de examen, siempre fiel y constante.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	5
Introducción	7
Objetivos.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos	10
Justificación	11
Marco Teórico.....	13
Capítulo I: Criminalística. Generalidades: concepto, objeto y finalidad	13
Algunas disciplinas que constituyen a la Criminalística	14
Principios de la Criminalística	14
Capítulo II: Balística. Generalidades	16
Balística: definición.....	16
Balística de efectos.....	16
Balística forense	17
Armas: definición	20
Pistola semiautomática	21
El cartucho de las armas de fuego	22

Cartuchos modernos	24
Clasificación de los cartuchos	24
El calibre de las armas de fuego	25
Capítulo III: La gelatina balística.	28
Antecedentes de la investigación	31
Marco Metodológico	40
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
Elaboración de los bloques de gelatina balística	43
Resultados.....	52
Orificio de entrada.....	52
Orificio de salida	59
Análisis y discusión de resultados	63
Conclusiones.....	67
Bibliografía	69

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar las características de los orificios de entrada y salida que dejan a su paso proyectiles disparados desde un arma de fuego calibre 9×19 mm sobre gelatina balística de fabricación casera, también denominada artesanal. Para ello, se elaboraron bloques de gelatina utilizando una mezcla de agua, gelatina sin sabor y glicerina pura, una combinación que permite simular la densidad y consistencia del tejido blando humano, asegurando además que los bloques mantuvieran su estructura tras el desmolde y resistieran el impacto balístico.

La metodología utilizada combinó un enfoque descriptivo y experimental, realizando disparos a diferentes distancias (boca de jarro, 10 cm, 5 m y 10 m) con un arma de fuego tipo pistola semiautomática marca BERSA, calibre 9×19 mm. Se documentaron un total de 28 disparos, registrando mediante fotografías las características del orificio de entrada y de salida, como así también, la presencia de tatuaje balístico y/o zona de ahumamiento.

Los resultados obtenidos indican que las características morfológicas de los orificios de entrada y salida varían en función de la distancia de disparo, evidenciándose diferencias en su forma, tamaño y en la presencia de residuos de combustión.

Estos hallazgos aportan nuevos antecedentes al estudio de la balística forense, proporcionando datos experimentales sobre el comportamiento de los proyectiles en un medio que simula la densidad del tejido humano.

Palabras clave: balística forense, gelatina balística casera, orificios de entrada y salida, Criminalística.

Introducción

El presente trabajo se desarrolla en el marco de la balística, definida por Guzmán (2000) de la siguiente forma:

La balística ha sido definida como la ciencia que estudia el alcance y la dirección de los proyectiles, o del movimiento de ellos. Su estudio comprende desde que el proyectil se encuentra en reposo dentro del arma, pasando por su desplazamiento dentro del tubo cañón, su recorrido por el aire, hasta su impacto en el blanco y los efectos producidos hasta llegar nuevamente al estado de reposo. (p. 231)

En este estudio, el eje central se orienta al análisis de la gelatina balística, un medio ampliamente aceptado para simular tejidos blandos humanos en ensayos experimentales y evaluar el comportamiento de los proyectiles. En este sentido, diversos autores señalan que este material reproduce de manera aproximada las características del tejido blando, permitiendo analizar el comportamiento de los proyectiles en condiciones controladas (De Solís Galindo, 2017; Herraiz et al., 2020). Asimismo, su desarrollo y aplicación en el campo de la balística de la herida se vincula con los aportes de Martin Fackler, quien impulsó el uso de materiales que simulan tejidos humanos para el estudio experimental del trauma balístico (Herraiz et al., 2020).

Sin embargo, su acceso resulta limitado, ya que se trata de productos de fabricación específica, con tiempos de envío prolongados, restricciones en su distribución internacional y una vida útil reducida que dificulta su

conservación y reutilización (Ballistic Dummy Lab, s. f.). Estas limitaciones han impulsado el desarrollo de alternativas artesanales que, si bien son cada vez más frecuentes, suelen mencionarse de manera secundaria en los estudios, sin profundizar en su desempeño ni en los efectos balísticos producidos por el paso del proyectil.

A pesar del uso extendido de la gelatina balística como medio de prueba, existen limitaciones en la bibliografía en relación con la caracterización de los efectos que produce el paso de un proyectil, especialmente en gelatina de fabricación artesanal. En este contexto, su utilización continúa siendo una herramienta relevante en el ámbito de la balística forense, ya que permite analizar el comportamiento del proyectil y los efectos generados en un medio homogéneo (Vanzetti, 2009).

A partir de esta vacante, el presente trabajo consiste en una investigación descriptiva y experimental, centrada en la elaboración de gelatina balística casera, con el objetivo de evaluar su utilidad como medio de simulación y registrar los efectos observables del impacto de proyectiles disparados desde un arma de fuego tipo pistola semiautomática calibre 9×19 mm. La información obtenida podría resultar valiosa en contextos forenses, educativos y reconstructivos, especialmente ante la imposibilidad de acceder a gelatina balística comercial.

De este modo, se pretende aportar nuevos antecedentes investigativos que profundicen en el uso de la gelatina balística de fabricación casera como recurso alternativo, económico y reproducible, capaz de brindar datos

relevantes para el análisis del trayecto balístico y los efectos terminales de proyectiles.

A partir de lo expuesto, se busca responder el siguiente interrogante:
¿Cómo varían las características morfológicas de los orificios de entrada y de los orificios de salida producidos por proyectiles calibre 9×19 mm en bloques de gelatina balística de fabricación casera en función de la distancia de disparo?

Objetivos

Objetivo General

Analizar la variación de las características morfológicas de los orificios de entrada y salida producidos por proyectiles calibre 9×19 mm en bloques de gelatina balística casera, en función de la distancia de disparo.

Objetivos Específicos

- Describir las características morfológicas de los orificios de entrada y salida producidos por los proyectiles en bloques de gelatina balística casera.
- Analizar las variaciones de dichas características en función de la distancia de disparo.
- Evaluar la integridad y comportamiento del bloque de gelatina balística casera tras el impacto de los proyectiles.

Justificación

El estudio del comportamiento de proyectiles es esencial para la reconstrucción de hechos que involucran el uso de armas de fuego. En este sentido, la balística forense se apoya en diversos medios experimentales que permiten analizar el trayecto, el impacto y los efectos terminales de los disparos. Uno de los elementos más utilizados con este fin es la gelatina balística, debido a su capacidad para simular tejidos blandos humanos. No obstante, el acceso a la gelatina balística profesional se encuentra restringido por su escasa disponibilidad local, el alto costo de importación y su limitada vida útil, lo que representa una barrera tanto para la investigación como para la formación académica.

Ante esta dificultad, surgieron alternativas de fabricación casera que, si bien han sido empleadas en distintas pruebas, no suelen ser objeto de estudio específico. La mayoría de los trabajos existentes se centran en los efectos del proyectil, relegando a un segundo plano la caracterización del comportamiento de la gelatina balística casera como medio de simulación. En este trabajo, en cambio, no solo se observan los efectos producidos por proyectiles sobre este medio, sino que se evalúa su utilidad experimental a partir del análisis de la morfología de los orificios de entrada y salida en distintas distancias de disparo.

En este contexto, la presente investigación se centra en la elaboración de bloques de gelatina balística casera y en el análisis de los efectos producidos por proyectiles disparados con una pistola semiautomática calibre

9 × 19 mm. La observación de los orificios de entrada y salida, así como de las características propias de las diferentes distancias de disparo ejecutadas en la investigación, permite evaluar si este medio alternativo conserva las propiedades necesarias para ser utilizado con fines periciales, didácticos o experimentales.

El principal aporte de este trabajo radica en validar una metodología accesible, replicable y de bajo costo para la simulación de tejido blando, útil en escenarios donde no se cuente con gelatina profesional. Además, los datos recolectados podrán contribuir al desarrollo de patrones interpretativos que faciliten futuras investigaciones o prácticas periciales vinculadas al análisis de trayectorias y lesiones producidas por armas de fuego.

Marco Teórico

Capítulo I: Criminalística. Generalidades: concepto, objeto y finalidad

La definición de criminalística ha variado con el transcurso del tiempo, presentando modificaciones según el área de aplicación de la misma. En este sentido, Montiel Sosa (2003) sostiene:

La criminalística es una ciencia penal natural que, mediante la aplicación de sus conocimientos, metodología y tecnología al estudio de las evidencias materiales, descubre y verifica científicamente la existencia de un hecho presuntamente delictuoso y al o a los presuntos responsables aportando las pruebas a los órganos que procuran y administran justicia. De la definición también se deduce que el objeto de estudio de la Criminalística general es el estudio de las evidencias materiales o indicios que se utilizan y que se producen en la comisión de hechos. Ese estudio de las evidencias materiales en la investigación criminalística, tanto en el campo de los hechos, como en el laboratorio, llevan a un objetivo general perfectamente definido y circunscrito a cinco tareas básicas e importantes:

- 1) Investigar técnicamente y demostrar científicamente, la existencia de un hecho en particular probablemente delictuoso.
- 2) Determinar los fenómenos y reconstruir el mecanismo del hecho, señalando los instrumentos u objetos de ejecución, sus manifestaciones y las maniobras que se pusieron en juego para realizarlo.
- 3) Aportar evidencias o coordinar técnicas o sistemas para la identificación de la víctima, si existiese.

4) Aportar evidencias para la identificación del o los presuntos autores y coautores.

5) Aportar las pruebas materiales con estudios técnicos y científicos para probar el grado de participación del o de los presuntos autores y demás involucrados. (pp. 37-38)

Algunas disciplinas que constituyen a la Criminalística

La criminalística se constituye como una disciplina de carácter interdisciplinario, nutrida principalmente por las ciencias naturales como la química, la física y la biología, así como por diversas artes y oficios que contribuyen a la resolución técnica de las investigaciones criminales. En este sentido, Montiel Sosa (2003) señala que su desarrollo histórico ha permitido la consolidación de distintas disciplinas específicas, tales como la criminalística de campo, la balística forense, la documentoscopia, la fotografía forense y las técnicas de laboratorio, entre otras.

Asimismo, el autor destaca que estas disciplinas aplican métodos y técnicas provenientes de diversas ramas científicas para el análisis cualitativo, cuantitativo y comparativo de las evidencias físicas generadas en hechos presuntamente delictuosos. De este modo, la criminalística se apoya en herramientas provenientes de la física, la química y la biología, así como en disciplinas auxiliares, lo que refuerza su carácter científico y aplicado (pp. 43–44).

Principios de la Criminalística

La criminalística se fundamenta en una serie de principios científicos que orientan el análisis de los hechos y la interpretación de las evidencias materiales. En este sentido, Montiel Sosa (2000) establece que la disciplina se

apoya en siete principios básicos que permiten explicar la dinámica de los hechos delictivos.

En primer lugar, el principio de uso indica que en todo hecho intervienen agentes de naturaleza mecánica, física, química o biológica. En relación con ello, el principio de producción sostiene que la utilización de estos agentes genera necesariamente indicios o evidencias materiales.

Por su parte, el principio de intercambio, formulado por Edmond Locard, establece que durante el hecho se produce una transferencia de indicios entre el autor, la víctima y el lugar de los hechos. A su vez, el principio de correspondencia de características se basa en que los agentes vulnerantes dejan impresas sus características en los elementos con los que interactúan, lo que permite su identificación.

En cuanto al principio de reconstrucción de los hechos, este señala que el análisis conjunto de los indicios permite establecer la secuencia de los acontecimientos. Complementariamente, el principio de probabilidad indica que dicha reconstrucción se realiza en términos de grados de certeza, ya que no es posible afirmar con absoluta exactitud cómo ocurrieron los hechos.

Finalmente, el principio de certeza establece que, mediante la aplicación de métodos científicos adecuados, es posible arribar a conclusiones confiables sobre la existencia y procedencia de los indicios analizados (Montiel Sosa, 2003, pp. 23–24).

Capítulo II: Balística. Generalidades

Balística: definición

Guzmán (2000) sostiene:

El término balística proviene del latín ballista, especie de catapulta, del griego ballein (arrojar), siglo XVII, arte de lanzar proyectiles. Ha sido definida como la ciencia que estudia el alcance y la dirección de los proyectiles, o del movimiento de ellos. Obviamente estamos en presencia de una rama de la física aplicada, que se ocupa del movimiento de los proyectiles en general. La acepción de la palabra balística incluye cualquier elemento o cuerpo que pueda ser lanzado al aire o que caiga libremente por acción de la gravedad, como flechas, piedras u otros objetos. (p. 231)

Albarracín (1971) la define como “ciencia y arte que estudia integralmente las armas de fuego, el alcance y dirección de los proyectiles que disparan y los efectos que producen”. (p.181)

Balística de efectos

Moreno González (1986) señala que la balística de efectos “estudia los daños producidos por el proyectil sobre el objeto apuntado u otro que el azar determine”. (p. 20)

En esta línea, Guzmán (2000) indica que la balística de efectos, también denominada balística terminal, se encarga de estudiar las consecuencias que produce el proyectil al impactar en un blanco, ya sea una persona, un animal o una estructura física, así como su comportamiento hasta alcanzar su posición final de reposo. (p. 265)

Asimismo, Cibrián Vidrio (2007) define a la balística de efectos como “la disciplina que se orienta en la reconstrucción gráfica de las trayectorias que siguen los proyectiles que impactaron sobre cualquier estructura, así como el análisis de los daños y consecuencias ocasionadas por los proyectiles disparados”. (p. 416)

En función de lo expuesto, la balística de efectos se centra en el estudio de las consecuencias que produce el proyectil al impactar sobre un blanco, abarcando tanto las características del impacto como los fenómenos que se generan a partir de la interacción entre el proyectil y la superficie afectada. Este enfoque resulta fundamental para la interpretación de los daños producidos y el análisis del comportamiento del proyectil en el contexto de la balística forense.

Balística forense

En este sentido, Cibrián Vidrio (2007) define la balística forense como una rama especializada de la criminalística orientada al estudio integral de las armas de fuego, del alcance y la dirección de los proyectiles, así como de los efectos que estos producen. En otras palabras, se encarga de analizar el comportamiento de los proyectiles y de examinar las trazas vinculadas al uso de armas de fuego en hechos presuntamente delictivos (p. 291).

En este marco, el objetivo principal de la balística forense consiste en establecer la relación y procedencia de los indicios balísticos hallados en la escena, reconstruir las trayectorias de los proyectiles y analizar las consecuencias generadas por los mismos, con el fin de contribuir al esclarecimiento de los hechos mediante la aplicación de los

conocimientos de la balística interior, exterior y de efectos. Asimismo, dentro de esta disciplina se distinguen dos tipos principales de tratamiento de los indicios: los exámenes físicos y las pruebas químicas. Los primeros se orientan al análisis perceptivo e interpretativo mediante el uso de instrumental óptico y de medición, mientras que las segundas implican el empleo de sustancias y técnicas que generan reacciones posteriormente interpretadas por los peritos (pp. 291–292).

En la presente investigación se emplean principalmente exámenes físicos, orientados al análisis morfológico de los orificios de entrada y salida producidos por los proyectiles.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente considerar los conceptos que describen los fenómenos producidos por el impacto de un proyectil sobre el cuerpo humano, a fin de comprender los efectos balísticos asociados. En este sentido, se distinguen la cavidad permanente, entendida como el hueco definitivo dejado por el proyectil en su trayecto a través de la estructura impactada, y la cavidad temporal, que corresponde al desplazamiento transitorio de los tejidos producto del efecto hidrostático generado por la energía cinética liberada (Cibrián Vidrio, 2007, p. 424).

En relación con las lesiones producidas por proyectiles de arma de fuego, el orificio de entrada presenta características generales y especiales determinadas por la acción mecánica del proyectil al penetrar la piel. Las características generales comprenden el orificio propiamente dicho, el anillo de enjugamiento y el anillo de contusión. El diámetro del orificio puede ser igual, mayor o menor que el calibre del proyectil, dependiendo de factores como la forma, velocidad y ángulo de impacto, así como de las propiedades del tejido comprometido. Asimismo, su morfología puede variar

según la forma de penetración, presentándose generalmente circular en impactos perpendiculares, alargada en impactos tangenciales o semilunar en penetraciones oblicuas, pudiendo incluso producirse el ingreso a través de cavidades naturales del cuerpo (pp. 431–432).

Entre los elementos característicos del orificio de entrada se destaca el anillo de enjugamiento, que se presenta como un ribete oscuro formado por residuos de pólvora y lubricantes transportados por el proyectil, los cuales se depositan en la piel al momento del impacto. Su ausencia puede explicarse cuando el proyectil atraviesa previamente prendas de vestir (p. 432).

Por otra parte, las características especiales del orificio de entrada dependen principalmente de la distancia de disparo. En este sentido, pueden distinguirse diferentes tipos: el disparo de contacto laxo, donde la boca del cañón establece un contacto leve con la piel; el disparo a corta distancia, en el que la proximidad impide la dispersión de los residuos de disparo, observándose zonas de tatuaje y ahumamiento; el disparo a distancia intermedia, donde existe una dispersión parcial de los residuos; y el disparo a larga distancia, caracterizado por la ausencia de estos, evidenciándose únicamente los efectos mecánicos del proyectil (pp. 431–438).

Finalmente, el orificio de salida presenta, en términos generales, una dimensión mayor que el de entrada, dependiendo del calibre y la forma del proyectil. Se caracteriza por bordes evertidos y por la ausencia de anillo de enjugamiento, anillo de contusión y signos de tatuaje o ahumamiento, debido a que el impacto inicial se produce en la superficie opuesta. No obstante, en determinados casos puede presentar un tamaño menor o similar al orificio de entrada, lo cual depende del ángulo de ingreso y egreso del

proyectil, de la densidad de los tejidos atravesados y de la eventual deformación o conservación de la energía cinética del mismo (pp. 439–440).

Armas: definición

Guzmán (2000) señala que el término arma ha sido definido como “instrumento, medio o máquina destinados a atacar o a defenderse”, definición que permite considerar como tal a cualquier objeto que, en determinadas circunstancias, potencie la fuerza humana o que, según el uso que se le otorgue, adquiera tal carácter, como por ejemplo un palo, una piedra o un martillo. No obstante, en un sentido más específico, el autor indica que el término se emplea para referirse a aquellos elementos que han sido concebidos con la finalidad de atacar o defenderse (p. 329).

En la presente investigación, resultan de interés las armas clasificadas como armas de fuego. Según el artículo 3 del Decreto 395/75, reglamentario de la Ley Nacional de Armas y Explosivos N. ° 20.429, se consideran armas de fuego aquellas que utilizan la energía de los gases producidos por la deflagración de la pólvora para lanzar un proyectil a distancia.

Asimismo, el citado decreto establece distintas clasificaciones dentro de las armas de fuego, entre las cuales se destacan el arma semiautomática, definida como aquella en la que es necesario accionar el disparador para cada disparo, realizándose el ciclo de carga y descarga de manera automática sin intervención del tirador, siendo este sistema el más utilizado en las pistolas modernas; y la pistola, entendida como un arma de puño, de uno o dos cañones de ánima rayada, cuya recámara se encuentra alineada

permanentemente con el cañón, pudiendo ser de carga tiro a tiro, de repetición o semiautomática (Decreto 395/75, 1975).

Pistola semiautomática

Desde el punto de vista de la investigación criminal, Guzmán (2000, p. 339) señala que las armas de fuego más frecuentemente utilizadas en hechos de violencia, tanto contra personas como contra bienes, como inmuebles o vehículos, son el revólver, la pistola, la escopeta, el pistolón y las armas de acción neumática o de gas comprimido. En función de ello, en el presente trabajo se emplea un arma de fuego tipo pistola semiautomática calibre 9×19 mm.

En términos generales, la pistola semiautomática se caracteriza por requerir una mínima intervención mecánica por parte del tirador, limitada al desplazamiento inicial de la corredera, siendo suficientes las sucesivas presiones sobre la cola del disparador para efectuar los disparos. Asimismo, el funcionamiento del arma permite que los cartuchos alojados en el cargador se desplacen hacia la recámara aprovechando la presión de los gases generados por la deflagración de la pólvora, produciéndose simultáneamente la expulsión de las vainas servidas.

En cuanto a su mecanismo de disparo, estas armas pueden ser de simple acción, cuando requieren el montaje manual del martillo o mediante el accionamiento de la corredera, o de doble acción, cuando el disparo se produce directamente al accionar la cola del disparador, siempre que exista un

cartucho en la recámara. El martillo puede presentarse de forma visible o bien estar oculto dentro del sistema de disparo, mientras que el percutor suele ser de tipo flotante.

Por otra parte, el dispositivo destinado a alojar los cartuchos se denomina estuche cargador cuando es extraíble, o almacén cargador cuando forma parte fija del arma. Desde el punto de vista estructural, la pistola semiautomática se compone, en términos generales, de diversas piezas fundamentales, entre las que se destacan la armadura, la corredera, el retén de corredera, el cañón, el extractor y el cargador. Cada uno de estos elementos cumple funciones específicas dentro del ciclo de disparo, permitiendo la alimentación, percusión, extracción y expulsión de los cartuchos (Guzmán, 2000, p. 340).

Finalmente, respecto de su funcionamiento, una vez accionada la cola del disparador, el martillo impacta sobre el percutor, el cual golpea la cápsula fulminante del cartucho, produciendo la ignición de la pólvora y, en consecuencia, el disparo (Guzmán, 2000, p. 340).

El cartucho de las armas de fuego

Moreno (1986) define al cartucho como “la pieza completa con que se carga toda arma de fuego. Habitualmente se reserva el nombre de cartucho para el correspondiente a proyectiles múltiples. En cambio, se usa el nombre de casquillo para el correspondiente al proyectil único o bala” (p.25).

Por otro lado, Cibrián Vidrio (2007) determina al cartucho como “un

cilindro de cartón, de metal o de lienzo, que contiene una cantidad determinada de material propulsor y que conforma una carga completa para un arma de fuego” (pp.97-98).

Asimismo, el autor explica que el término cartucho proviene del vocablo italiano cartoccio, derivado del latín carta, cuyo significado es papel, y que los primeros cartuchos, utilizados hacia fines del siglo XVIII, estaban elaborados en papel y contenían únicamente la carga de pólvora, incorporándose posteriormente el proyectil (Cibrián Vidrio, 2007, p. 98).

En relación con su evolución histórica, se señala que en Europa comenzaron a emplearse cartuchos de papel que contenían la pólvora y el proyectil envueltos en un rollo, los cuales eran atados o sellados y engrasados para facilitar la carga y proteger el contenido de la humedad (Cibrián Vidrio, 2007, p. 99). Asimismo, se destaca que las primeras balas esféricas presentaban limitaciones en su alcance y precisión, situación que se vio parcialmente superada con los avances introducidos por Claudio Minie, quien diseñó un proyectil cilíndrico ojival con base hueca que permitía una mejor adaptación al ánima rayada del cañón.

En 1799, Edward C. Howard descubrió la mezcla fulminante, que podía hacer explosión o prenderse al ser golpeada, innovación a la que no se le encontró aplicación hasta que en 1807 Alexander Forsyth inventó la llave de percusión. Solo faltaba que alguien encontrara cómo unir el fulminante al cartucho y diseñara un sistema a retrocarga (Cibrián Vidrio, 2007, p. 100).

Finalmente, entre 1840 y 1865 se desarrollaron distintos tipos de

cartuchos de papel, como los de envoltura combustible, los cuales utilizaban materiales tratados para su combustión, así como sistemas de ignición independientes. Entre ellos se destaca el cartucho francés Chassepot, que llevaba la cápsula iniciadora en el centro de un disco de cartón, que constituye el culote o base del cartucho. En este cartucho ya se puede observar una gran semejanza con los actuales, con excepción de la presencia del casquillo metálico (Cibrián Vidrio, 2007, pp. 102–103).

Cartuchos modernos

Cibrián Vidrio (2007) señala que en el año 1857, a partir de las características del cartucho Flobert, los armeros Horace Smith y Daniel B. Wesson introdujeron al mercado un revólver denominado modelo n° 1, recalibrado para el cartucho .22 Short, considerado el primer cartucho moderno. Este incorporaba una pequeña cantidad de pólvora negra, lo que incrementaba su potencia, y presentaba un proyectil de forma ojival en lugar del esférico tradicional (p. 107).

En este proceso evolutivo, hacia 1850, Samuel Colt Morse y Hiram Berdan desarrollaron los primeros cartuchos de fuego central, caracterizados por un casquillo metálico que contenía en el centro del culote una cápsula con la mezcla fulminante (Cibrián Vidrio, 2007, p. 108).

Clasificación de los cartuchos

La clasificación de los cartuchos puede realizarse según distintos criterios. En este sentido, Cibrián Vidrio (2007) propone su organización en función de diversas características.

En primer lugar, según la cantidad de proyectiles que contienen, se identifican los cartuchos de proyectil único, los cuales poseen un solo proyectil montado en su estructura. Estos cartuchos se asocian principalmente con armas de ánima rayada, tales como revólveres, pistolas y fusiles (Cibrián Vidrio, 2007, p. 112).

Por otra parte, atendiendo a la forma de iniciar la deflagración de la pólvora, se distinguen los cartuchos de fuego o percusión central. En este sentido, el autor señala que estos cartuchos presentan el fulminante o pistón en el centro del culote del casquillo y que “para ser disparados únicamente se requiere que el percutor del arma impacte con suficiente violencia sobre la cápsula que contiene la mezcla, para que ésta se aplaste y produzca la llamarada iniciadora de la combustión de la carga de pólvora” (Cibrián Vidrio, 2007, p. 113). Asimismo, indica que los cartuchos de fuego central constituyen la mayor parte de la munición utilizada tanto en armas cortas como largas, con excepción de los cartuchos calibre .22.

El calibre de las armas de fuego

Guzmán (2000) señala que “el calibre es la característica más relevante y distintiva de las armas de fuego que emplean un tubo cañón para proyectar la munición” (p.375).

En este sentido, el autor retoma la definición de la Real Academia Española, que entiende el calibre como “diámetro interior de las armas de fuego; diámetro de un proyectil o de un alambre; diámetro interior de muchos objetos huecos, como tubos, conductos, cañerías, etc.” (Guzmán, 2000, p.

375).

En el campo de la balística, el calibre se entiende como el diámetro del ánima del cañón, es decir, el espacio interno comprendido entre la recámara y la boca de fuego. Por extensión, también se utiliza para referirse al diámetro del proyectil, el cual presenta una dimensión ligeramente superior al del cañón, lo que le permite ajustarse a las estrías al ser impulsado, sellando el espacio interno e impidiendo la fuga de gases durante el disparo (Guzmán, 2000, p. 376).

En la denominación de los cartuchos, el calibre puede tener un carácter referencial y no coincidir exactamente con la medida real. En términos generales, en el ámbito de la balística representa una dimensión vinculada al diámetro del ánima del cañón y, por extensión, al del proyectil, aunque estas medidas pueden presentar variaciones según las características de los cartuchos (Ferreyro, 2011, p. 89).

En este sentido, se distingue entre calibre real y calibre nominal. El primero se define como la distancia entre dos puntos opuestos en el interior del cañón, pudiendo medirse entre campos o macizos diametralmente opuestos. Por su parte, el calibre nominal corresponde a una denominación asignada que no necesariamente refleja una medida exacta, sino que responde a criterios establecidos por los fabricantes o a características particulares del cartucho. Asimismo, Ferreyro (2011) introduce el concepto de calibre real multidimensional, el cual contempla otras variables además del diámetro, como el peso de la pólvora, la velocidad inicial del proyectil o la longitud de la vaina (p. 90).

Por otra parte, la determinación del calibre en armas de ánima rayada se realiza mediante distintos sistemas de medición. De acuerdo con Cibrián Vidrio (2007), el

sistema europeo se basa en el sistema métrico decimal y expresa el calibre en milímetros, combinando generalmente el diámetro del proyectil con la longitud del casquillo, como en el caso del 9×19 mm, donde el primer valor indica el diámetro aproximado de la bala y el segundo la longitud del casquillo (pp. 67–68).

En contraste, el sistema anglosajón o americano utiliza fracciones de pulgada para expresar el calibre. Este sistema tiene su origen en la nomenclatura de los antiguos cartuchos de pólvora negra, en los cuales la denominación se componía de tres valores: el primero indicaba el calibre nominal de la bala en centésimas de pulgada, el segundo el peso de la carga de pólvora y el tercero el peso del proyectil, ambos expresados en granos. Las variaciones en estos parámetros dieron lugar a una amplia diversidad de denominaciones, haciendo que cada cartucho posea características particulares (Cibrián Vidrio, 2007, pp. 70–73).

Finalmente, considerando la gran variedad de calibres existentes, el presente trabajo se centrará en el análisis de proyectiles calibre 9×19 mm, empleando cartuchos provistos por la Dirección General de Fabricaciones Militares.

Capítulo III: La gelatina balística.

Durante muchos años, las pruebas balísticas se realizaron sobre tejidos animales con el objetivo de comparar sus efectos con los producidos en el cuerpo humano. Sin embargo, las dificultades asociadas a la descomposición del material biológico, así como la necesidad de repetir los ensayos en condiciones controladas, impulsaron el desarrollo de un material sintético capaz de simular el comportamiento de los tejidos blandos. En este contexto, surgió la gelatina balística, la cual fue desarrollada y perfeccionada, entre otros investigadores, por Martin Fackler dentro del campo de la balística de heridas (Herraiz & Vázquez de Prada, 2020).

En la década de 1960, el Dr. Martin Fackler inició investigaciones empleando materiales poliméricos, como la gelatina, con el objetivo de desarrollar un medio que reprodujera las características de los tejidos humanos. Si bien logró una aproximación significativa, en su formulación propuso el uso de un 10 % m/m de colágeno, mientras que otros autores sugieren concentraciones cercanas al 20 % m/m bajo diferentes condiciones de temperatura. Estas variaciones en la proporción de colágeno influyen directamente en las propiedades del material: a bajas concentraciones se obtiene un medio con dureza adecuada, pero térmicamente inestable, mientras que un mayor contenido de colágeno genera una estructura más estable debido al mayor entrecruzamiento molecular, aunque con mayor rigidez y fragilidad frente a la fractura (Gómez Schrader, 2018, p. 7).

La gelatina balística puede definirse como un medio compuesto por

una solución de gelatina en agua, cuyas propiedades permiten simular de manera aproximada la densidad y viscosidad del tejido muscular humano y animal. Su utilización como material estandarizado posibilita el análisis del comportamiento terminal de la munición disparada por armas de fuego. Si bien no reproduce la complejidad estructural del cuerpo humano, como la presencia de piel, huesos u otros tejidos diferenciados, constituye una aproximación válida del tejido blando, ofreciendo resultados comparables en estudios balísticos (De Solis Galindo, 2017, p. 36).

Asimismo, la gelatina balística ha sido utilizada durante más de cuatro décadas como una herramienta fundamental en investigaciones forenses, debido a su capacidad para simular de manera aproximada tejidos blandos y elásticos, constituyéndose como una alternativa viable al uso de animales en ciertos ensayos. Entre sus principales ventajas se encuentra la posibilidad de observar fenómenos internos producidos por el paso del proyectil, tales como la formación de la cavidad permanente, la alteración del tejido y la trayectoria de la bala, lo que facilita la recuperación del proyectil y el análisis del perfil de la herida. No obstante, presenta limitaciones relevantes, ya que se trata de un medio homogéneo, a diferencia del cuerpo humano, que es heterogéneo y presenta variaciones en densidad y composición, especialmente en estructuras como huesos y órganos densos. A esto se suma que los bloques de gelatina suelen ser de un solo uso, lo que incrementa los costos y dificulta la repetición de ensayos (Vanzetti, 2009).

En la actualidad, la obtención de gelatina balística comercial presenta

ciertas limitaciones, principalmente debido a que su producción y comercialización se realiza en el exterior, lo que implica costos elevados en relación con la moneda local. Entre las principales empresas proveedoras se destaca Ballistic Dummy Lab, con sede en Estados Unidos, especializada en la fabricación de réplicas humanas hiperrealistas destinadas a diversas aplicaciones profesionales, tales como pruebas balísticas y entrenamiento. Esta empresa ha desarrollado maniqués de gel balístico con alta precisión, capaces de imitar la densidad, resistencia y respuesta del tejido humano frente a situaciones traumáticas. No obstante, su fórmula presenta una vida útil limitada, entre tres y cuatro semanas desde su envío, recomendándose su utilización dentro de las dos a tres semanas posteriores a la recepción, lo que constituye una desventaja adicional desde el punto de vista logístico (Ballistic Dummy Lab, s.f.).

Antecedentes de la investigación

Durante la revisión de antecedentes, se identificó un artículo técnico presentado en el XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, llevado a cabo en el año 2020 en la Universidad Politécnica de Madrid. Este trabajo resultó de especial interés debido a que sus autores desarrollaron un gel balístico de elaboración propia, cuya formulación fue modificada progresivamente en función de los requerimientos experimentales. Si bien dicha formulación no fue replicada en la presente investigación, la metodología aplicada presenta similitudes, particularmente en lo relativo a la fabricación casera del medio balístico.

En este sentido, Gorjón et al. (2020) evaluaron las propiedades de un gel balístico casero y ecológico mediante la realización de diversos ensayos orientados a analizar su resistencia al impacto, a la compresión y a la tracción, consideradas variables fundamentales para sus aplicaciones. Para ello, elaboraron tres variantes del material: en primer lugar, una formulación base; posteriormente, una versión con la adición de goma arábiga; y, finalmente, una tercera variante a la que se incorporaron fécula de maíz y pegamento casero, con el objetivo de optimizar sus propiedades, dado que las combinaciones iniciales no alcanzaban los resultados esperados.

Entre los principales resultados, se observó que la variante que incorporaba fécula de maíz y pegamento presentó el mejor desempeño frente a impactos. En cuanto a la resistencia a la compresión, la formulación base alcanzó valores cercanos a 5 kg/cm², mientras que la adición de goma arábiga

produjo una disminución significativa de dicha propiedad. Por el contrario, la incorporación de fécula de maíz y pegamento generó un incremento considerable tanto en la resistencia a la compresión como en la tracción. En consecuencia, los autores concluyeron que esta última variante resultó la más adecuada desde el punto de vista mecánico y funcional.

Otro antecedente relevante corresponde al trabajo técnico elaborado por De Castro (2021), publicado en la plataforma ResearchGate, en el cual se analizó el comportamiento balístico comparativo entre armas cortas de fuego y armas traumáticas, empleando bloques de gelatina balística tipo A preparados conforme a los estándares del FBI. Este estudio resulta relevante tanto por el tipo de proyectil utilizado (calibre 9 mm) como por la similitud en la metodología de elaboración de los bloques de gel.

De Castro (2021) examinó el uso creciente de armas traumáticas en Colombia, particularmente como alternativa de defensa personal frente a las restricciones legales para la portación de armas de fuego. En este contexto, determinó que un arma traumática alcanza aproximadamente el 7 % de la energía de disparo de un arma de fuego corta calibre 9 mm, lo que permite dimensionar la diferencia en términos de potencial lesivo.

Para la verificación experimental, el autor elaboró dos bloques de gelatina balística siguiendo los estándares del FBI, utilizando una proporción del 10 % en masa de gelatina tipo A disuelta en agua (1457 g de agua y 162 g de gelatina). El procedimiento consistió en calentar el agua hasta los 45 °C y, una vez retirada la fuente de calor, incorporar la gelatina de manera gradual

con agitación constante para evitar la formación de grumos. Posteriormente, la mezcla fue vertida en envases previamente acondicionados, enfriada durante una hora a temperatura ambiente y refrigerada por un período de 10 horas a 4 °C. Como resultado, se obtuvieron dos bloques de gel balístico de dimensiones $7 \times 7 \times 16$ cm y $7 \times 7 \times 7$ cm.

Las pruebas balísticas se llevaron a cabo utilizando una pistola IWI Jericho 941 FBL con munición letal 9 mm NATO FMJ de 124 grains (fabricación Indumil), así como armas traumáticas (Ekol Gediz y Kuzey 19) que emplearon munición de las marcas Ozkursan y Rubber Ball, respectivamente. Los disparos se efectuaron a una distancia de 3 metros, con los bloques ubicados a una altura de 1,50 metros sobre el nivel del suelo.

Finalmente, el autor concluyó que los impactos producidos por armas traumáticas, dirigidos al centro de masa, generan lesiones de baja letalidad, lo que las posiciona como una alternativa menos letal para la defensa personal. En contraste, los proyectiles disparados por armas de fuego calibre 9 mm presentan una energía de impacto significativamente superior, con un potencial de daño considerablemente mayor al extrapolar sus efectos al cuerpo humano.

En relación con antecedentes académicos nacionales, se destaca la tesis titulada Estudio de impactos de proyectiles 9 mm en gel balístico con telón interpuesto, elaborada por Losado y Sánchez (2021) en la Universidad FASTA, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Este trabajo resulta relevante para la presente investigación, ya que emplea gelatina balística

como medio experimental y analiza el comportamiento de proyectiles calibre 9 mm disparados desde una pistola semiautomática, con especial énfasis en los orificios de entrada y salida.

Losado y Sánchez (2021) tuvieron como objetivo determinar, mediante prácticas experimentales, si el impacto de un proyectil de arma de fuego sobre un bloque de gel balístico al 10 %, que contenía en su interior huesos de cordero en simulación de la cavidad abdominal, presentaba variaciones al interponer distintos materiales entre el arma y el blanco. Asimismo, analizaron no solo el comportamiento del proyectil, sino también los daños producidos tanto en el gel balístico como en los materiales utilizados como telones interpuestos, entre los que se incluyeron madera, chapa y vidrio (parabrisas). Además, evaluaron el comportamiento de proyectiles de un mismo calibre con diferentes tipos de punta.

El experimento fue llevado a cabo en el Tiro Federal Argentino de Necochea. En una primera instancia, realizaron cuatro disparos sin la interposición de materiales, con el fin de establecer el comportamiento base de cada tipo de munición. Posteriormente, colocaron los distintos telones interpuestos delante del bloque de gel balístico y, detrás de este, dispusieron diez bloques de madera para facilitar la recuperación de los proyectiles y su posterior análisis. A continuación, efectuaron cuatro disparos por cada uno de los materiales seleccionados, siguiendo el orden de madera, chapa y vidrio. Tras cada impacto, observaron los orificios de entrada y salida en la gelatina, evaluaron la posible fragmentación de los huesos y del gel, así como la

formación de la cavidad temporal generada por el paso del proyectil. Finalmente, realizaron un análisis macroscópico del estado de los proyectiles recuperados.

Las autoras concluyeron que la interposición de materiales reduce la capacidad de daño del proyectil al impactar en el plano corporal. En particular, determinaron que la madera fue el material que presentó mayor capacidad de absorción de la energía del proyectil, seguido por el vidrio y, en último lugar, la chapa. Asimismo, observaron que el tipo de punta influye en el comportamiento del proyectil con las distintas superficies.

Desde una perspectiva complementaria, se identificó un artículo técnico publicado en la revista Minerva. Saber, arte y técnica, editada por la Universidad de la Policía Federal Argentina (IUPFA). El trabajo, elaborado por Anca y Millar (2025), titulado Distancias de seguridad para el uso de cartuchos AT y estruendo en escopetas policiales en función anti-tumulto, tuvo como objetivo determinar si mantener la distancia de seguridad establecida por los fabricantes de munición de baja letalidad (utilizada por fuerzas de seguridad en contextos de control de disturbios) evitaría la producción de lesiones graves en las personas impactadas.

En el estudio se emplearon cartuchos de estruendo y cartuchos anti-tumulto (AT), efectuando mediciones de dispersión, penetración y velocidad de las postas (en el caso de los cartuchos AT), con el fin de calcular su energía cinética. Para los ensayos con cartuchos de estruendo, los disparos se realizaron sobre retazos de tela de algodón montados sobre cartones de 1 mm

de espesor. En cambio, para analizar la penetración de las postas de los cartuchos AT, se utilizaron bloques de gelatina balística en dos configuraciones: sin ningún material interpuesto y con una capa textil cubriendo la superficie del bloque.

Los autores describen la preparación de la gelatina balística siguiendo el protocolo propuesto por el FBI, especificando las proporciones de los componentes utilizados, aunque sin detallar el tipo de molde ni el tiempo de refrigeración previo a su uso. Los disparos se realizaron a una distancia de 10 metros.

En ambas configuraciones se observaron orificios de entrada con bordes netos y levemente evertidos, trayectorias internas de tipo lineal sin evidencia de cavidad temporaria, y proyectiles que no presentaron deformación ni pérdida de masa. En el caso del disparo con funda textil, se detectaron restos de fibras en el canal de ingreso, aunque la profundidad de penetración no presentó diferencias significativas respecto de los ensayos sin material interpuesto.

Si bien el estudio se orienta al análisis de municiones de baja letalidad y no a proyectiles convencionales como los considerados en la presente investigación, resulta pertinente debido al empleo de bloques de gelatina balística como medio de análisis del comportamiento del impacto. En este sentido, su inclusión amplía el panorama de antecedentes sobre la utilización del gel balístico en investigaciones experimentales desarrolladas en Argentina y refuerza su valor como modelo de simulación de tejido blando.

Finalmente, se consideró el trabajo de Ferrari Menghini (2022), titulado Morfología de los proyectiles. Su incidencia en heridas por arma neumática de tipo PCP, desarrollado en la Universidad FASTA. El estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de la morfología de los proyectiles utilizados en rifles neumáticos PCP en la producción de heridas, considerando distintos tipos de munición y evaluando su comportamiento balístico en medios experimentales.

Para ello, el autor elaboró gelatina balística casera a partir de una receta modificada del protocolo del FBI. La preparación incluyó gelatina sin sabor, agua y glicerina líquida, obteniéndose una mezcla al 15 %, la cual fue moldeada en bloques rectangulares. Estos bloques fueron sometidos a disparos con distintos tipos de balines (punta redonda, plana, hueca y tipo slug) a distancias de 10 y 20 metros. Asimismo, se realizaron ensayos sobre una cabeza de cerdo, utilizada como modelo biológico complementario.

Entre las variables analizadas se incluyeron la forma y dimensiones de las cavidades generadas en los bloques, el grado de penetración, la deformación de los proyectiles y los efectos producidos en tejidos análogos a los humanos. Los resultados evidenciaron que la gelatina balística casera constituye un medio eficaz para la visualización de los efectos del impacto, permitiendo identificar patrones característicos en función del tipo de munición empleada. Del mismo modo, se observaron correspondencias relevantes entre los resultados obtenidos en gelatina y en tejido porcino, lo que refuerza su utilidad como medio experimental en el estudio de heridas por

projectiles.

Este antecedente resulta de particular relevancia para la presente investigación, dado que adopta un enfoque experimental similar, incorpora gelatina balística de elaboración casera y se orienta al análisis de trayectorias y efectos de proyectiles en medios blandos. Si bien se centra en armas neumáticas y no en armas de fuego, aporta elementos metodológicos y comparativos de interés para el abordaje del fenómeno estudiado.

Además de su valor metodológico y experimental, cabe destacar que tanto el estudio realizado por Losado y Sánchez (2021), como el trabajo de Ferrari Menghini (2022) y el de Anca y Millar (2025) fueron desarrollados en instituciones académicas argentinas, lo que refuerza la pertinencia y aplicabilidad local del uso de gelatina balística como medio experimental. Esta coincidencia territorial con el presente trabajo permite enmarcar la investigación dentro de una línea de interés creciente en el ámbito nacional, enfocada en validar métodos accesibles para el análisis del comportamiento de proyectiles.

En conjunto, los antecedentes seleccionados evidencian la diversidad de enfoques aplicados al estudio de los efectos balísticos en gelatina, desde el análisis del rendimiento de municiones no letales hasta la exploración de armas traumáticas o neumáticas, con distintas configuraciones experimentales. Todos ellos coinciden en señalar la utilidad del gel balístico (comercial o casero) como una herramienta eficaz para la simulación de tejidos blandos, facilitando el estudio del impacto, la penetración y las

trayectorias de proyectiles.

Esta revisión de antecedentes no sólo respalda la elección metodológica de emplear gelatina balística de fabricación casera, sino que también revela la necesidad de profundizar en su caracterización, especialmente en lo que respecta a los efectos morfológicos que producen proyectiles de arma de fuego real sobre este tipo de medio. En este contexto, la presente investigación se incorpora al cuerpo de investigaciones existentes desde un enfoque experimental y descriptivo, analizando las características observables en los orificios de entrada y salida producidos por proyectiles calibre 9x19 mm sobre gelatina balística de fabricación casera.

Marco Metodológico

La metodología adoptada en el presente trabajo responde a la necesidad de analizar, con rigurosidad y claridad, los efectos producidos por impactos de proyectiles calibre 9 mm en bloques de gelatina balística casera. Para ello, se ha recurrido a un diseño que combina dos enfoques metodológicos: descriptivo y experimental, permitiendo abordar el fenómeno desde diferentes perspectivas complementarias.

En primer lugar, el estudio se enmarca dentro de un enfoque descriptivo, ya que, según Hernández Sampieri et al. (2022), este tipo de investigación tiene como propósito detallar las características de un fenómeno tal como se presenta, sin intervenir en sus condiciones naturales. Desde esta perspectiva, el trabajo busca describir con precisión las manifestaciones visibles que dejan los proyectiles sobre el bloque de gelatina, tales como los orificios de entrada y salida, la presencia de tatuaje balístico, zona de ahumamiento, permitiendo reconocer patrones según la distancia del disparo.

En segundo término, se aplica un enfoque experimental, entendido como aquel que implica la manipulación intencional de una o más variables independientes para observar sus efectos sobre variables dependientes, en condiciones controladas (Hernández Sampieri et al., 2022). En este caso, la variable independiente estuvo constituida por la distancia de disparo, mientras que las variables dependientes correspondieron a las alteraciones físicas observadas en los bloques de gelatina balística, tales como la forma y dimensiones de los orificios de entrada y salida, así como la presencia de

residuos visibles. Las pruebas se realizaron bajo condiciones previamente establecidas, manteniéndose constantes el tipo de arma, el tipo de munición, la cantidad de disparos por distancia y el entorno de ensayo.

A partir de los enfoques adoptados, se definió también la modalidad metodológica del estudio, la cual se corresponde con una investigación de campo y experimental.

En primer lugar, la modalidad de campo implica que los datos fueron recolectados fuera de un laboratorio tradicional, permitiendo la observación directa del fenómeno en condiciones reales, aunque organizadas específicamente para el desarrollo del estudio (Tamayo y Tamayo, 2004). En este sentido, los disparos se efectuaron en un espacio previamente acondicionado, respetando las medidas de seguridad correspondientes, donde se dispusieron los bloques de gelatina balística y se registraron los efectos del impacto en el momento de su ocurrencia.

Por otro lado, se trata también de una investigación de carácter experimental, ya que se diseñó y ejecutó un procedimiento que implicó la manipulación deliberada de una variable (la distancia de disparo) con el fin de observar su incidencia sobre determinadas características del impacto. Este diseño permitió establecer relaciones entre las condiciones del disparo y los efectos físicos producidos en los bloques de gelatina, garantizando además la posibilidad de replicar el procedimiento bajo condiciones similares.

En cuanto a la estrategia general de la investigación, esta se orienta a la recolección sistemática de datos empíricos obtenidos a partir de la

observación directa y el registro de los resultados experimentales. Dicha estrategia permitió identificar regularidades y diferencias en las características de los impactos según la distancia de disparo, contribuyendo a una comprensión más precisa del fenómeno analizado.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el registro y análisis de los resultados obtenidos, se emplearon técnicas de observación directa y análisis morfológico de los efectos producidos por los impactos de los proyectiles en los bloques de gelatina balística.

Las observaciones fueron documentadas mediante registros fotográficos tomados inmediatamente después de cada disparo, lo que permitió conservar evidencia visual de las características de los orificios de entrada y salida, así como de otros efectos asociados al impacto.

Para la medición de las dimensiones de los orificios, se utilizó el software DigiMizer, una herramienta de análisis de imágenes que permite obtener mediciones precisas a partir de fotografías digitalizadas. Este programa posibilita determinar distancias, diámetros y proporciones sobre imágenes previamente calibradas, resultando adecuado para el análisis de estructuras morfológicas como las generadas por impactos balísticos.

La utilización de este instrumento respondió a la necesidad de obtener mediciones objetivas de los orificios, dado que al momento de la realización de los ensayos no se contaba con instrumentos de medición directa, tales como calibre o regla milimetrada. No obstante, el empleo de imágenes

calibradas y su posterior análisis mediante software permitió obtener datos confiables y comparables entre los distintos casos analizados.

Elaboración de los bloques de gelatina balística

En este contexto, se decidió emplear bloques de gelatina balística fabricados de forma casera como superficie de impacto, debido a su capacidad para simular la densidad del tejido humano y por tratarse de un recurso accesible y reproducible. Esta elección metodológica responde a la necesidad de contar con un medio experimental que, sin recurrir a materiales comerciales de difícil obtención, permita observar con claridad los efectos del impacto balístico.

Antes de detallar el proceso de fabricación, resulta pertinente explicar los elementos utilizados para su elaboración. Dado que la gelatina sin sabor constituye el componente principal, se requiere agua para su disolución. Asimismo, con el objetivo de otorgar a la preparación las propiedades físicas necesarias, especialmente en términos de elasticidad y firmeza, se incorporó glicerina pura como aditivo estabilizante.

La elección de la glicerina se fundamentó en su fácil acceso en el mercado local y su bajo costo, así como en los resultados obtenidos en pruebas preliminares, donde permitió lograr bloques con adecuada consistencia y estabilidad estructural, capaces de conservar su forma antes y después de los impactos. Esta decisión se encuentra en concordancia con antecedentes investigativos en los que se han utilizado distintos aditivos para mejorar las propiedades del bloque de gelatina balística, con resultados

variables.

Para la elaboración de los bloques, se emplearon envases de tipo tetra brik reutilizados, previamente higienizados, originalmente destinados a bebidas comerciales. Su utilización permitió disponer de moldes de dimensiones uniformes, constituyendo además una alternativa accesible y de bajo costo.

Los envases utilizados presentaban dimensiones aproximadas de 7 cm de ancho por 20 cm de largo, obteniéndose, una vez desmoldados, bloques de gelatina balística de aproximadamente 7 cm de ancho por 15 cm de largo.

En primer lugar, se retiró la cara superior del envase y se reforzó su estructura mediante cinta adhesiva, tanto en los bordes como en la zona central, a fin de evitar deformaciones al momento de verter la preparación caliente. La elección de este material se justifica por el revestimiento interior de aluminio que poseen estas cajas, lo cual facilita el proceso de desmolde: una vez solidificada la preparación, basta con realizar un corte en el envase para liberar el bloque sin dificultad.

Seguidamente, se colocó una olla con un litro de agua sobre una fuente de calor hasta alcanzar el punto de ebullición. En ese momento, se añadieron 10 mililitros de glicerina pura mediante una jeringa descartable y se mezcló cuidadosamente.



Figura 1.

Vertido de glicerina pura en la mezcla durante su preparación.

Fuente: elaboración propia

Una vez que la mezcla alcanzó nuevamente una temperatura elevada, se redujo la intensidad de la fuente de calor y se incorporaron, de forma paulatina, 100 g de gelatina sin sabor, agitando de manera constante hasta lograr su completa disolución y la eliminación de grumos.



Figura 2

Vertido de gelatina sin sabor en la preparación.

Fuente: elaboración propia.



Figura 3

Filtrado de la mezcla para eliminar grumos no disueltos.

Fuente: elaboración propia.

Finalizada esta etapa, la preparación fue retirada del fuego y vertida cuidadosamente en el molde previamente acondicionado.



Figura 4

Vertido de la mezcla en el molde.

Fuente: elaboración propia.

Se dejó reposar la preparación a temperatura ambiente y, posteriormente, se la colocó en refrigeración durante al menos cuatro horas, a fin de lograr la solidificación completa del bloque. No obstante, todos los moldes permanecieron refrigerados aproximadamente veinte horas, dado que fueron preparados el día previo a la toma de muestras y retirados únicamente al momento de su traslado al lugar del experimento, garantizando así su adecuada solidez y estabilidad estructural.

En cuanto al armamento, se utilizó una pistola semiautomática marca Bersa, modelo Thunder 9, calibre 9 mm, con un tubo cañón de 110 mm de longitud. La elección de esta arma respondió, por un lado, a criterios de disponibilidad, ya que pertenecía al instructor de tiro encargado de realizar las pruebas, y por otro, a su relevancia en el ámbito criminalístico. Asimismo, el calibre 9 mm constituye uno de los más frecuentes en hechos delictivos en el

país, tanto por su amplia circulación como por su poder de detención.



Figura 5

Pistola semiautomática Bersa Thunder 9, calibre 9 mm.

Fuente: elaboración propia

Para la realización de las pruebas, se emplearon 28 cartuchos calibre 9 mm provistos por la Dirección General de Fabricaciones Militares, con proyectiles de 147 grains y punta ojival truncada.

Las distancias de disparo fueron establecidas de forma arbitraria, siendo las seleccionadas: disparo a boca de jarro (es decir, con la boca del cañón ceñida al bloque), a 5 centímetros, a 5 metros y a 10 metros. Dichas distancias fueron medidas y delimitadas mediante cinta métrica. Para cada una de ellas se efectuaron siete disparos, procurando mantener en todos los casos una posición perpendicular constante entre el eje del cañón del arma y la superficie del blanco, con el fin de reducir posibles variaciones en la

trayectoria del proyectil.



Figura 6

Cartuchos calibre 9 mm (vista de conjunto).



Figura 7

Base de los cartuchos calibre 9 mm con identificación de características.

Fuente: elaboración propia



Figura 8

Vista superior de los cartuchos calibre 9 mm.

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en las instalaciones del Tiro Federal Argentino de la ciudad de Paraná. Los bloques de gelatina balística fueron preparados el día previo a la prueba, con el objetivo de conservar sus propiedades físicas, dado que estaban compuestos por materiales orgánicos susceptibles al deterioro, como la gelatina sin sabor y la glicerina.

Para su traslado, los 28 bloques fueron acondicionados dentro de una caja de cartón, permaneciendo en sus respectivos moldes de tetra brik, lo que

permitió evitar deformaciones o daños estructurales durante el transporte.

Una vez en el lugar de ensayo, se seleccionó un sector adecuado para la disposición del material. Las condiciones climáticas eran óptimas, con una temperatura ambiente favorable para la preservación de los bloques. Se dispuso una mesa como superficie de apoyo, sobre la cual se colocó una caja con el fin de proporcionar altura y facilitar la alineación con el eje del arma.



Figura 9

Disposición del bloque de gelatina balística sobre la superficie de apoyo, alineado con el eje del arma.

Fuente: elaboración propia.

Cada bloque era retirado cuidadosamente de su molde mediante un corte lateral con cuchillo y se colocaba sobre un rectángulo de cartón dispuesto horizontalmente. Esta orientación permitía que la cara cuadrada del bloque quedara expuesta para recibir el impacto de manera perpendicular.



Figura 10

Instructor de tiro apuntando hacia la cara frontal del bloque de gelatina balística durante el ensayo.

Fuente: elaboración propia.

Durante la ejecución de las pruebas, el tirador adoptó una posición perpendicular al blanco, de modo que el eje del cañón del arma y el bloque de gelatina balística se mantuvieran alineados. Las distancias de disparo se definieron de manera arbitraria, con el fin de evaluar diferencias en las características del impacto según la cercanía o lejanía del proyectil. Inicialmente se contempló una distancia de 5 centímetros; sin embargo, al advertir su similitud con la prueba de boca de jarro, se decidió extenderla a 10 centímetros para obtener una mayor diferenciación entre las muestras.

Las cuatro distancias finalmente establecidas fueron: disparo a boca de jarro (es decir, con la boca del cañón en contacto directo con el bloque), a

10 centímetros, a 5 metros y a 10 metros. Estas distancias fueron medidas con cinta métrica y, para cada una de ellas, se efectuaron siete disparos, utilizando un bloque de gelatina distinto para cada impacto, lo que totalizó 28 muestras. Cabe señalar que, en la distancia de 10 metros, sólo en dos oportunidades el proyectil logró impactar el blanco, debido a las dificultades propias del control de precisión en una distancia mayor sin instrumental de apoyo.

Tras cada disparo, se procedió de manera inmediata al registro fotográfico del bloque, documentando las características observables tanto en la cara de entrada como en la cara de salida. Esta documentación visual permitió conservar evidencia de los efectos generados por el proyectil en el momento del impacto, considerando la posible alteración del material con el paso del tiempo. Las imágenes obtenidas constituyeron la fuente principal para el posterior análisis de los resultados.

Una vez concluidas las pruebas experimentales, los bloques de gelatina balística casera utilizados durante la toma de muestras fueron descartados, debido a la imposibilidad de mantenerlos en un ambiente refrigerado, condición necesaria para evitar su degradación.

Resultados

Para esta etapa de análisis, se recurrió al material fotográfico obtenido durante las pruebas experimentales, a fin de examinar las particularidades generadas por el paso del proyectil a través del medio gelatinoso. El estudio se centró en dos zonas específicas de cada bloque de gelatina balística: la cara incidente y la cara saliente. El orden de análisis respetó la secuencia cronológica de ejecución de los disparos, comenzando por los realizados a boca de jarro y finalizando con los efectuados a una distancia de 10 metros. Este enfoque permitió identificar y comparar las variaciones en las marcas y patrones de deformación según la distancia del disparo.

Orificio de entrada

Primera distancia: boca de jarro. A pesar de la cercanía del disparo, el proyectil logra penetrar el bloque de gelatina balística sin que éste se deforme o pierda su estructura, lo cual permite observar con claridad las características generadas por el impacto. La perforación se presenta con aspecto estrellado, propio de un orificio producido por contacto laxo, es decir, cuando existe un ligero espacio entre la boca del cañón y el bloque de gelatina. Esta distancia mínima permite el depósito de residuos de combustión, como el negro de humo, alrededor del orificio de entrada. En virtud de lo anterior, puede observarse la presencia de la zona de tatuaje, conformada por los granos de pólvora no combustionados que se incrustan en la superficie del bloque de gelatina balística. Asimismo, se identifica la zona de ahumamiento, correspondiente al área donde se depositan los residuos del negro de humo.

Cabe mencionar que, debido a la energía cinética del proyectil al impactar el bloque de gelatina balística, éste fue desplazado y cayó al suelo, motivo por el cual en la imagen que se presenta a continuación puede observarse la presencia de restos de pasto adheridos a su superficie.



Figura 11

Orificio de entrada en bloque de gelatina balística con presencia de tatuaje y ahumamiento, correspondiente a un disparo a boca de jarro.

Fuente: elaboración propia.

A fin de obtener una medición precisa del orificio de entrada, se utilizó el programa Digimizer, que permite analizar imágenes con herramientas de medición milimétrica. El orificio presentó un eje mayor de 9,1 mm (línea verde) y un eje menor de 8,1 mm (línea turquesa), lo cual permite estimar un calibre compatible con un proyectil de 9 mm, teniendo en cuenta que las

variaciones en los ejes pueden deberse a deformaciones del medio o a la orientación del impacto.

La línea amarilla que también se observa en la imagen corresponde al ancho del bloque de gelatina balística, el cual mide 7 cm.

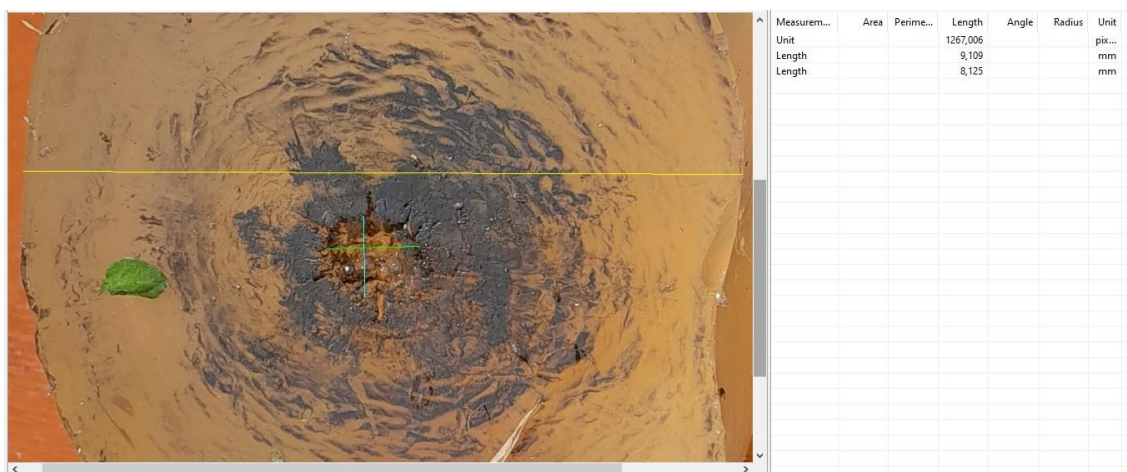


Figura 12

Medición del diámetro del orificio de entrada en bloque de gelatina balística, correspondiente a un disparo a boca de jarro, realizada mediante el software DigiMizer.

Fuente: elaboración propia.

Segunda distancia: 10 cm. En esta instancia, el proyectil logra penetrar el bloque de gelatina balística sin que éste se deforme ni pierda su estructura, lo que permite continuar con el análisis de las características producidas por el impacto. El orificio de entrada presenta una forma predominantemente circular, con la presencia de líneas sutiles alrededor del mismo que evidencian un leve patrón estrellado. Se observa, aunque en menor proporción que en el disparo a boca de jarro, la presencia de la zona de tatuaje, conformada por partículas de pólvora no combustionadas incrustadas en la superficie del bloque, y, en menor medida, la zona de ahumamiento correspondiente al depósito de residuos de negro de humo en el área circundante al orificio.



Figura 13

Orificio de entrada en bloque de gelatina balística correspondiente a un disparo efectuado a 10 cm de la boca del cañón.

Fuente: elaboración propia.

A fin de cuantificar las dimensiones del orificio, se recurrió al programa Digimizer. El eje mayor del orificio de entrada fue de 4,9 mm (línea verde) y el eje menor de 4,5 mm (línea turquesa). Ambos valores resultan menores al calibre nominal del proyectil utilizado (9 mm).

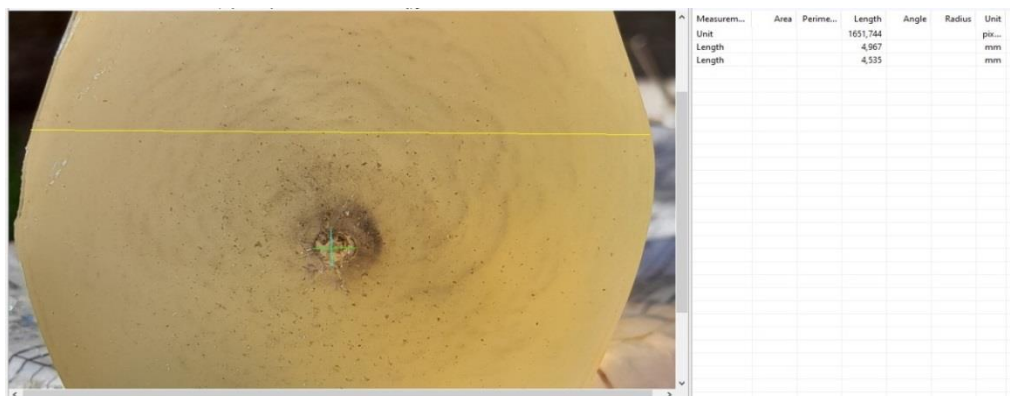


Figura 14

Medición del diámetro del orificio de entrada en bloque de gelatina balística, correspondiente a un disparo efectuado a 10 cm de distancia, realizada mediante el software DigiMizer.

Fuente: elaboración propia.

Tercera distancia: 5 m. El proyectil logra penetrar el bloque de gelatina balística sin provocar su deformación, conservando el blanco todas sus características estructurales luego del impacto. El orificio de entrada presenta una forma circular bien definida. En el sector superior derecho del orificio se observa una rasgadura que se repite de forma constante en todos los ejemplares, ubicándose en la misma posición y con una forma similar. Asimismo, en el borde inferior del orificio puede observarse, de manera muy tenue, una coloración oscura producto de la deposición de residuos de pólvora. No obstante, a esta distancia ya no se evidencia la presencia de la zona de tatuaje ni de la zona de ahumamiento, lo cual resulta coherente con el aumento de la distancia entre el arma y el blanco.



Figura 15

Orificio de entrada en bloque de gelatina balística correspondiente a un disparo efectuado a 5 m de la boca del cañón.

Fuente: elaboración propia.

Measurem...	Area	Perime...	Length	Angle	Radius	Unit
Unit			1341,704			pix...
Length			4,007			mm
Length			3,922			mm

Medición del diámetro del orificio de entrada en bloque de gelatina balística, correspondiente a un disparo efectuado a 5 m de distancia, realizada mediante el software DigiMizer.

Cuarta distancia: 10 m. En esta oportunidad el proyectil alcanzó el blanco en dos oportunidades. En ambos casos, el proyectil logró penetrar el bloque de gelatina balística, el cual conservó su estructura sin evidenciar deformaciones. El orificio de entrada presenta una forma circular bien definida. Al tratarse de disparos efectuados a mayor distancia, se observan principalmente los efectos mecánicos propios del proyectil al perforar el blanco, sin manifestaciones visibles de residuos de pólvora ni marcas adicionales asociadas a la cercanía del disparo.

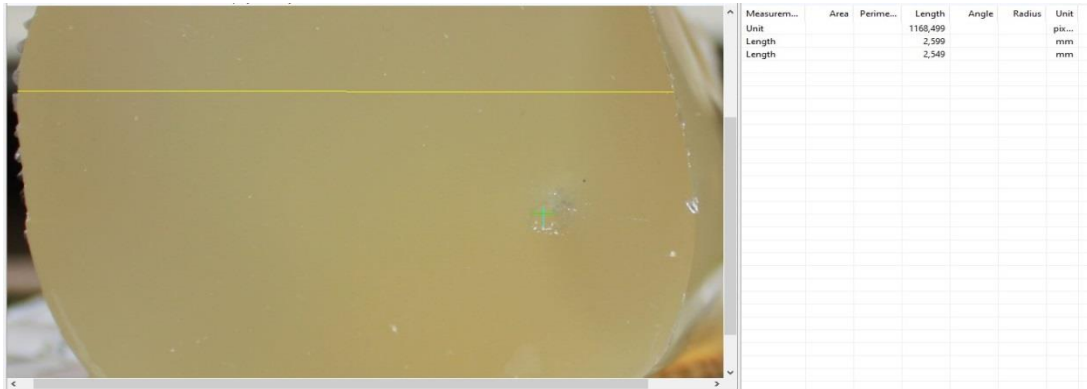


Figura 17

Orificio de entrada en bloque de gelatina balística correspondiente a un disparo efectuado a 10 m de la boca del cañón.

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de obtener las dimensiones precisas del orificio de entrada, se utilizaron herramientas del programa Digimizer, especializado en el análisis de imágenes. Como resultado, se registró un eje mayor de 2,6 mm (representado por la línea verde) y un eje menor de 2,5 mm (línea turquesa). Estas mediciones evidencian que el orificio de entrada presenta un tamaño inferior al calibre del proyectil utilizado en la prueba.

**Figura 18**

Medición del diámetro del orificio de entrada en bloque de gelatina balística, correspondiente a un disparo efectuado a 10 m de distancia, realizada mediante el software DigiMizer.

Fuente: elaboración propia

Orificio de salida

Primera distancia: boca de jarro. El orificio de salida presenta un eje mayor de 4,4 mm, representado por la línea verde, y un eje menor de 3,8 mm, señalado con la línea turquesa. Estas medidas fueron realizadas mediante el programa Digimizer. En su parte media superior se observa una coloración oscura, que podría corresponder a residuos de negro de humo depositados en la superficie del bloque de gelatina balística.

**Figura 19**

Mediciones del orificio de salida en el bloque de gelatina balística tras un disparo efectuado a boca de jarro, obtenidas mediante el programa DigiMizer.

Fuente: elaboración propia.

Segunda distancia: 10 cm. El orificio de salida presenta una forma circular irregular, con un eje mayor de 3,4 mm (representado por la línea verde) y un eje menor de 2,5 mm (indicado con la línea turquesa), según las mediciones realizadas mediante el programa Digimizer. Estas dimensiones resultan menores que las obtenidas en el orificio de entrada correspondiente a esta misma distancia, lo cual es coherente con el comportamiento balístico observado. Además, se advierte la presencia de residuos de negro de humo en la zona media y superior del orificio, aunque en menor proporción que en el disparo efectuado a boca de jarro.

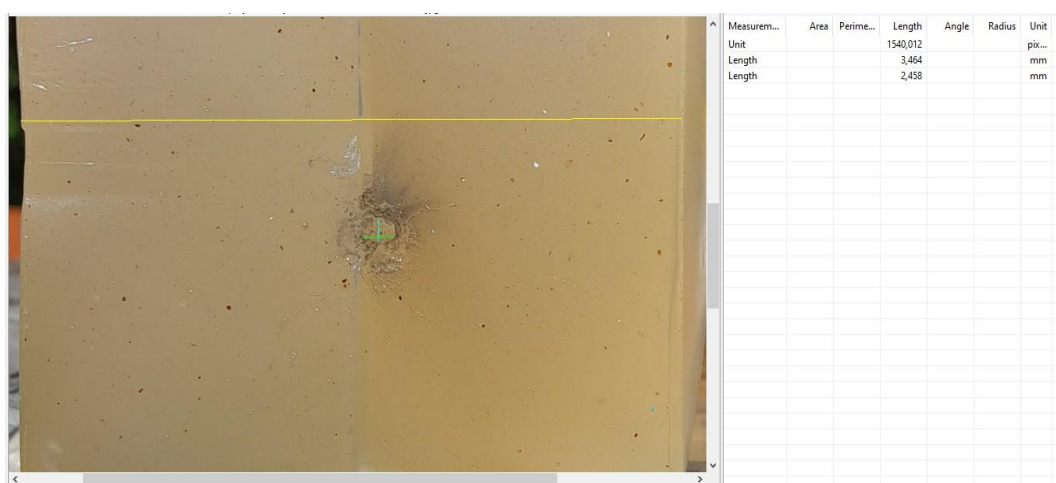


Figura 20

Orificio de salida en el bloque de gelatina balística tras un disparo efectuado a 10 cm de distancia, con mediciones obtenidas mediante el programa DigiMizer.

Fuente: elaboración propia.

Tercera distancia: 5 m. El orificio de salida presenta un tamaño considerablemente menor al de entrada correspondiente a esta misma distancia. Las mediciones realizadas mediante el programa Digimizer arrojaron un eje mayor de 1,4 mm (línea verde) y un eje menor de 1,2 mm

(línea turquesa). A diferencia de distancias más cortas, en este caso no se observan características adicionales asociadas a la distancia del disparo, como la presencia de residuos de negro de humo, lo cual resulta coherente con la mayor separación entre el arma y el blanco.



Figura 21

Orificio de salida en el bloque de gelatina balística tras un disparo efectuado a 5 m de distancia, con mediciones obtenidas mediante el programa DigiMizer.

Fuente: elaboración propia.

Cuarta distancia, a 10 m: el orificio de salida se presenta en dimensiones muy pequeñas, lo que dificulta su identificación y medición precisa. A diferencia de las distancias más próximas, no se observan características distintivas como la presencia de negro de humo ni otras alteraciones visibles en la superficie del bloque. El impacto conserva un aspecto uniforme, sin evidencias de deformación o expansión significativa en los bordes de orificio.



Figura 22

Orificio de salida en el bloque de gelatina balística tras un disparo efectuado a 10 m de distancia; se resalta con un círculo la ubicación del orificio, de tamaño reducido y sin rasgos distintivos.

Fuente: elaboración propia.

Análisis y discusión de resultados

El análisis de los orificios de entrada en los bloques de gelatina balística casera permitió identificar variaciones morfológicas asociadas principalmente a la distancia de disparo. Si bien en todos los casos el proyectil logró penetrar el medio sin ocasionar deformación visible del bloque (lo cual indica que el material mantuvo la consistencia necesaria para su uso experimental), se registraron diferencias significativas en cuanto a tamaño, forma y presencia de residuos de combustión.

Las mediciones de los orificios se realizaron mediante el programa DigiMizer, lo que permitió determinar con precisión los diámetros de los ejes mayor y menor en cada impacto, expresados en milímetros.

En la primera distancia (boca de jarro), el orificio de entrada presentó una morfología estrellada, acompañada de tatuaje balístico y zona de ahumamiento bien definidos. El eje mayor midió 9 mm y el menor 8 mm. La marcada presencia de residuos y la deformación de los bordes permiten inferir una transferencia térmica y mecánica elevada, compatible con disparos a muy corta distancia, donde los gases de la deflagración ingresan junto con el proyectil.

En la segunda distancia (10 cm), se observó tatuaje balístico y ahumamiento, aunque en menor intensidad respecto del caso anterior. La morfología del orificio se presentó circular en la mayoría de los ejemplares, mientras que algunos mantuvieron contornos parcialmente estrellados. Las dimensiones fueron menores (5 mm × 4,5 mm), lo que indica una menor

influencia de los gases expulsados y una disminución de la deformación inicial del tejido simulado.

A 5 metros, la ausencia de tatuaje y ahumamiento confirma que los residuos de combustión ya no alcanzan el blanco. El orificio, de morfología circular, midió 4 mm x 3,8 mm y presentó un leve oscurecimiento en los bordes, probablemente debido al depósito residual de micropartículas aún presentes en la trayectoria del disparo. En esta distancia, el impacto se corresponde con una acción mecánica directa del proyectil, sin efectos térmicos ni gaseosos asociados.

Finalmente, a 10 metros, la penetración del proyectil se produjo sin rastros de tatuaje ni ahumamiento, y con un orificio de entrada pequeño (2,6 mm × 2,5 mm), de forma circular. La ausencia total de residuos y la reducción en el diámetro del orificio se relacionan con la disminución de la energía cinética en función de la distancia recorrida.

En conjunto, los resultados evidencian una disminución progresiva en el tamaño de los orificios de entrada, así como en la presencia de residuos de combustión, a medida que aumenta la distancia de disparo, observándose además una transición desde morfologías irregulares o estrelladas hacia formas predominantemente circulares.

Tabla 1. Características del orificio de entrada según distancia de disparo					
Distancia de disparo	Preservación del bloque	Tatuaje balístico/ahumamiento	Forma del O.E	Dimensiones	Observaciones
Boca de jarro	No presenta deformación	Presente, muy evidente	Estrellada	9 mm / 8 mm	Ingreso de gases = mayor deformación
10 cm	No presenta deformación	Presente, menos intenso	Circular, en su mayoría	5 mm / 4,5 mm	Menor aporte de gases = reducción de la deformación
5 m	No presenta deformación	Ausente	Circular	4 mm / 3,8 mm	Bordes levemente oscurecidos por residuos mínimos
10 m	No presenta deformación	Ausente	Circular, pequeño	2,6 mm / 2,5 mm	Menor transferencia de energía

Nota. O.E.= Orificio de entrada.

Luego del análisis de los orificios de entrada, se procedió a examinar los orificios de salida producidos en los mismos bloques de gelatina balística. En este caso, también se observaron variaciones asociadas a la distancia de disparo, especialmente en lo relativo al tamaño del orificio y a la presencia o ausencia de residuos de combustión.

En la primera distancia (boca de jarro), el orificio de salida presentó residuos de negro de humo visibles principalmente en la zona media y superior. La forma fue circular irregular, con un eje mayor de 4,4 mm y un eje menor de 3,8 mm.

En la segunda distancia (10 cm), se registró aún presencia de negro de humo, aunque en menor cantidad que en la distancia anterior. La forma

continuó siendo circular irregular, con un eje mayor de 3,4 mm y un eje menor de 2,5 mm.

A 5 metros, no se observaron restos de negro de humo. El orificio mantuvo la forma circular irregular, aunque con dimensiones notablemente menores (1,4 mm $\times$ 1,2 mm), lo que podría asociarse a una menor transferencia de energía del proyectil al atravesar el medio.

Finalmente, a 10 metros, el orificio de salida no presentó residuos y su tamaño fue reducido, lo que dificultó su medición con precisión. Sin embargo, se constató la perforación del bloque sin deformación estructural.

Estos resultados permiten establecer un comportamiento consistente en los orificios de salida, caracterizado por la reducción progresiva de sus dimensiones y la ausencia de residuos de combustión a medida que aumenta la distancia de disparo. A diferencia de los orificios de entrada, no se observaron variaciones morfológicas significativas en su forma, manteniéndose predominantemente irregular en todos los casos.

Tabla 2. Características del orificio de salida según distancia de disparo				
Distancia	Presencia de negro de humo	Forma del O.S	Dimensiones	Observaciones
Boca de jarro	Si, zona media y superior	Circular irregular	4,4 mm / 3,8 mm	Impacto nítido, visible a simple vista
10 cm	Sí, pero en menor medida	Circular irregular	3,4 mm / 2,5 mm	Disminuye el depósito de residuos
5 m	No	Circular irregular	1,4 mm / 1,2 mm	Bordes limpios, perforación pequeña
10 m	No	Circular irregular	-	Orificio muy reducido

Nota. O.S = Orificio de salida.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron confirmar que la gelatina balística de fabricación casera elaborada en el presente estudio mantuvo su estructura tras el desmolde y durante el impacto balístico, cumpliendo adecuadamente la función de simular tejido blando. Asimismo, fue posible describir de manera diferenciada las características de los orificios de entrada y salida producidos por proyectiles calibre 9×19 mm, observándose variaciones morfológicas asociadas principalmente a la distancia de disparo.

En distancias cortas, los orificios de entrada presentaron mayor diámetro, forma estrellada y presencia de tatuaje balístico y ahumamiento, mientras que, a mayores distancias, la forma tendió a ser circular, con una disminución progresiva de sus dimensiones y la desaparición de residuos de disparo. Este comportamiento se vincula con la menor concentración de gases generados durante la deflagración de la pólvora y por la reducción de la cantidad de gases que acompañan al proyectil a medida que aumenta la distancia entre la boca del arma y el blanco. De manera similar, los orificios de salida se redujeron progresivamente en tamaño y perdieron rastros de negro de humo conforme aumentó la distancia de disparo.

Los resultados obtenidos permitieron establecer patrones comparativos útiles para la estimación de la distancia de disparo en contextos experimentales. En este sentido, la gelatina balística casera se presenta como una alternativa accesible, replicable y de bajo costo para el estudio del comportamiento de proyectiles en medios blandos.

No obstante, cabe señalar que el descarte de los bloques tras la finalización de los ensayos impidió evaluar su comportamiento a lo largo del tiempo. En este sentido, futuras líneas de investigación podrían orientarse al análisis de la durabilidad de la gelatina balística de fabricación casera, sometiéndola a distintas condiciones de temperatura y almacenamiento, con el fin de determinar su vida útil y la estabilidad de sus propiedades físicas.

Asimismo, resultaría pertinente ampliar el estudio mediante la utilización de distintos tipos de munición y la incorporación de nuevas distancias de disparo, lo que permitiría profundizar en el análisis comparativo de los efectos balísticos observados y reforzar los patrones identificados en la presente investigación.

Bibliografía

- Albarracín, R. (1971). *Manual de criminalística*. Editorial Policial.
- Anca, M. M., & Millar, A. E. (2025). Distancias de seguridad para el uso de escopetas policiales en función anti-tumulto. *Minerva. Saber, arte y técnica*, 1(9).
- <https://ojs.editorialiupfa.com/index.php/minerva/article/view/226>
- Ballistic Dummy Lab. (s. f.). *Ballistic blocks*.
- <https://ballisticdummylab.com/>
- Cibrián Vidrio, O. (2004). *Balística técnica y forense*. Ediciones La Rocca.
- De Castro, C. A. (2021). *Comparación técnica de armas cortas de fuego y armas traumáticas*. Escuela Colombiana de Tiro Táctico y Deportivo.
- <https://www.researchgate.net/profile/CarlosDeCastro5/publication/355425167/Comparacion-tecnica-de-armas-cortas-de-fuego-y-armas-traumaticas.pdf>
- De Solís Galindo, R. (2017). *Modelización y estudio de impactos de proyectiles de expansión sobre placas balísticas* [Trabajo de grado, Universidad Carlos III de Madrid].
- https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28894/TFG_Rafael_DeSolis_Galindo_2018.pdf
- Decreto 395/75. (1975). *Reglamentación de la Ley Nacional de Armas y Explosivos N.º 20.429*. Argentina.
- <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-395-1975-38821/actualizacion>

Ferreyro, M. F. (2011). *Manual de balística* (2.^a ed.). Editorial B de F.

Ferrari Menghini, B. (2022). *Morfología de los proyectiles: Su incidencia en heridas por arma neumática de tipo PCP* [Trabajo final de grado, Universidad FASTA].

<http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/687>

Gómez Scharder, N. (2018). *Descripción de nanocomposites de grafeno y colágeno como simulante de trauma en tejidos orgánicos* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes].

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39134/u820992.pdf>

Gorjón, I., Herraiz, E., Lucía, M., & Vázquez de Prada, B. (2020). Gel balístico. *Ingenia Materiales*, (2), 27–31.

https://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/4430

Guzmán, C. (2000). *Manual de criminalística*. Edición La Rocca.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2022). *Metodología de la investigación*. (5.^a ed.).

Losardo, M. B., & Sánchez, O. (2021). *Estudio de impactos de proyectiles 9 mm en gel balístico con telón interpuesto* [Tesis de licenciatura, Universidad FASTA, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales].

<http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/343>

Montiel Sosa, J. (2000). *Manual de criminalística 2*. Editorial Limusa.

Montiel Sosa, J. (2003). *Manual de criminalística 1*. Editorial Limusa.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*:

Incluye evaluación y administración de proyectos de investigación.

Limusa.

Vanzetti, O. E. (2009, 28 de mayo). *Los tests balísticos en medios de pruebas artificiales y su relación con la balística médico-legal. Segunda parte.*

Full Aventura.

https://www.fullaventura.com/los-test-balisticos-en-medios-de-prueba-artificiales-y-su-relacion-con-la-balistica-medico-legal-2-parte_0_638.php