

# Morfología de los proyectiles

Su incidencia en heridas por arma neumática de tipo PCP

**Universidad:** Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomás de Aquino

**Facultad:** Ciencias Jurídicas

**Carrera:** Licenciatura en Criminalística

**Autor:** Bruno Ferrari Menghini

**Docentes:** Hernán Gacio, Eugenia Huinchulef, Paula Jessurum

**Tutores:** Licenciado Leandro Martín Gómez

**Tipo de Trabajo:** Trabajo Final

**Año:** 2022, junio





## Agradecimientos

Para la realización del presente trabajo fue necesario contar con diversidad de materiales, espacio físico y asesoramiento técnico, todo lo cual fue brindado de manera desinteresada por varias personas. Por ello, es justo reconocer que me encuentro en total gratitud, entre otros, con:

El señor Diego Quevedo, integrante de la Policía Local de San Andrés de Giles, quien me brindó acceso irrestricto a las instalaciones del Tiro Federal.

El señor Ricardo Izeta, quien proveyó el dispositivo cronógrafo Chrony, así como su experiencia en tiro con armas neumáticas.

A mi padre, el señor Mauricio Ferrari Menghini, quien colaboró tanto en el despliegue y en la ejecución de las experimentaciones en el terreno, como en asesoramiento y apoyo en el levantado de datos.



## Dedicatoria

Para mi queridísima familia y a mi amada pareja.



## Índice

<b>Resumen</b> .....	7
<b>Abstract</b> .....	9
<b>Análisis acerca de la elección del tema y su delimitación</b> .....	11
<b>Pregunta y objetivos de la investigación</b> .....	15
<b>Materiales utilizados</b> .....	17
<b>Descripción general del trabajo realizado</b> .....	22
<b>Marco teórico</b> .....	25
Introducción.....	25
Armas de aire comprimido.....	27
<i>Definiciones</i> .....	27
<i>Variantes y modelos</i> .....	33
<i>Subtipo de armas neumáticas precargadas (P.C.P.)</i> .....	38
<i>Municiones</i> .....	41
Conceptos de análisis balístico externo.....	46
Conceptos de análisis balístico de efectos.....	49
<i>Piel y tejido humano</i> .....	49
<i>Gel balístico</i> .....	52
<i>Piel y tejido porcino</i> .....	55
Herramientas de trabajo.....	57
<b>Hipótesis</b> .....	59
<b>Metodología de investigación</b> .....	60
Experimentaciones.....	68
<b>Análisis de datos y discusión de resultados</b> .....	75



Exámenes Balísticos Internos y de la munición .....	75
Exámenes para Distancia de 10 Metros.....	78
<i>Resultados Balísticos Exteriores</i> .....	78
<i>Resultados Balísticos de Efectos</i> .....	82
Exámenes para Distancia de 20 Metros.....	86
<i>Resultados Balísticos Externos: Gel Balístico</i> .....	86
<i>Resultados Balísticos de Efectos: Gel Balístico</i> .....	89
<i>Resultados Balísticos Externos: Cabeza Porcina</i> .....	92
<i>Resultados Balísticos de Efectos: Cabeza Porcina</i> .....	94
<b>Conclusiones</b> .....	104
<b>Bibliografía Consultada</b> .....	111
<b>Anexo Fotográfico</b> .....	116
Materiales Utilizados .....	116
Resultados a diez (10) metros: Gel Balístico .....	118
<i>Proyectil punta redonda</i> .....	118
<i>Proyectil de punta hueca</i> .....	121
<i>Proyectil de punta plana</i> .....	124
<i>Proyectil tipo slug</i> .....	127
Resultados a 20 metros: Gel Balístico .....	130
<i>Proyectil punta redonda</i> .....	130
<i>Proyectil punta hueca</i> .....	133
<i>Proyectil punta plana</i> .....	136
<i>Proyectil de tipo slug</i> .....	139
Resultados a 20 metros: Cabeza Porcina .....	142
<i>Proyectil punta redonda</i> .....	142



---

<i>Proyectil punta hueca</i> .....	145
<i>Proyectil punta plana</i> .....	148
<i>Proyectil tipo slug</i> .....	151



## Resumen

Al día de hoy, existe una concepción común en varias partes del mundo que consideran a las armas de aire comprimido como dispositivos de entrenamiento u hasta “juguetes”, en desconocimiento de las elevadas potencias que estas son capaces de alcanzar para sus proyectiles con el advenimiento de nuevas tecnologías. Siendo distintos de la munición para armas de fuego, existe una acotada disponibilidad de bibliografía referente a la interacción entre el cuerpo humano y los balines para arma neumática expedidos por un modelo de gran potencia, como pueden ser los más actuales, en la modalidad P.C.P.<sup>1</sup> Siendo que ya se han visto casos analizados sobre heridas por arma de aire de quiebre, un modelo básico y por lo general menos potente, el problema a tratar para este trabajo es la capacidad que tendrían los proyectiles de las armas de aire del tipo más nuevo y potente en el mercado, las de aire Pre Comprimido (o P.C.P. por sus siglas en inglés) según sus características, de generar heridas iguales o más graves que aquellas observadas en armas de fuego cortas en la región craneal y clavicular, al ser estas partes anatómicas, según relevaron varios estudios, las más vulnerables del cuerpo a razón de un disparo, luego infiriendo si estas podrían llegar a resultar letales para un ser humano. Con esto en mente, se establecieron parámetros de medición característicos para la munición para así categorizarla. Teniéndose estos primeros datos, se determinaron las velocidades y potencias que un arma de aire tipo P.C.P. les proporcionaría a los balines disparados a las distancias de diez (10) y 20 metros, para posteriormente dilucidar el grado de incidencia que tendría en base a estos datos, sobre los blancos utilizados. Se usaron como objetivos, para tener materiales representativos de la piel y el tejido humano, a una tanda de bloques de gelatina balística, junto con una cabeza de cerdo adulto para poder alcanzar la meta de comparar la morfología de las heridas en ambos blancos y así extrapolarlas a un ser humano. Se espera comprobar si los rasgos distintivos entre los proyectiles impulsados a las elevadas velocidades que puede otorgar un arma de este tipo, afectan distintivamente para cada modelo de balín al tejido porcino y los bloques de gel. Afín a ello, posterior al análisis teórico existente sobre los temas a tratar, se procede a obtener una lista de materiales idóneos para una experimentación fáctica en un polígono de tiro donde se dispararía con

<sup>1</sup> Sigla en idioma inglés, referente a las palabras Pre Charged Pneumatic, traducido al español como precargada neumática, para armas de aire.



una serie de balines de cuatro (4) tipos distintos, medidos los mismos previamente para conocer sus propiedades; respecto de los objetivos utilizados, se dispusieron bloques de gel balístico a las distancias de diez (10) y 20 metros, y una cabeza de cerdo a 20 metros de la boca del cañón del arma. Si bien los resultados para las pruebas a diez (10) metros no mostraron variedad de efectos para las características distintivas de los balines debido a las altas velocidades que llevaban, se confirma de la realización de estas pruebas, que efectivamente los factores propios a los proyectiles, para las potencias manejadas a la distancia de 20 metros, son capaces de alterar el resultado en la herida que provocan tanto en el gel balístico como en el cuerpo porcino, lo que por extrapolación indicaría un comportamiento similar en el cuerpo humano, donde las heridas vistas en el porcino podrían equipararse con unas de índole letal para el hombre en las regiones tratadas.

**Palabras claves:** Projectiles. Arma de aire comprimido. P.C.P. Impacto. Cavidad.  
Herida





## **Abstract**

Nowadays, there is a common conception in several parts of the world that consider airguns as training devices or even "toys", unaware of the high powers that these are capable of reaching for their projectiles with the advent of new technologies. Being different from the ammunition for firearms, there is a limited availability of bibliography referring to the interaction between the human body and the pellets for pneumatic weapons issued by a high power model, such as the most current ones, in the P.C.P. modality. Since we have already seen cases analyzed on wounds caused by break-action airguns, a basic and generally less powerful model, the problem to be dealt with in this work is the capacity of the projectiles of the newest and most powerful type of airguns on the market, the Pre-Compressed Air (or P.C.P.), according to their characteristics, to generate wounds equal or more serious than those observed in short firearms in the cranial and clavicular region, as these anatomical parts, according to several studies, are the most vulnerable parts of the body to a gunshot, then inferring whether these could become lethal to a human being. With this in mind, characteristic measurement parameters were established for the ammunition in order to categorize it. Having these data, the velocities and powers that a P.C.P. type air gun would provide to the pellets fired at distances of ten (10) and 20 meters were determined, to later elucidate the degree of incidence that it would have on the targets used based on these data. In order to have representative materials of the skin and human tissue, a batch of ballistic gelatin blocks were used as targets, together with an adult pig's head in order to achieve the goal of comparing the morphology of the wounds in both targets and thus extrapolate them to a human being. It is expected to verify that the distinctive features between the projectiles propelled at the high velocities that a weapon of this type can provide affect distinctively for each model of pellet the porcine tissue and the gel blocks. In this regard, after the existing theoretical analysis on the subjects to be dealt with, a list of suitable materials is obtained for a factual experimentation in a shooting range where a series of four (4) different types of pellets would be shot, which would first be measured to know their properties in depth, on blocks of ballistic gel at distances of ten (10) and 20 meters, and on a pig's head at 20 meters from the muzzle of the gun. Although the results for the tests at ten (10) meters did not show a variety of effects for the distinctive characteristics of the pellets due to the high velocities they carried, it is confirmed from the performance of these tests, that indeed the



factors specific to the projectiles, for the powers handled at a distance of 20 meters, are capable of altering the result in the wound they cause both in the ballistic gel and in the porcine body, which by extrapolation would indicate a similar behavior in the human body, where the wounds seen in the porcine body could be compared with those of a lethal nature for man in the treated regions.

**Keywords:** Projectiles. Air gun. P.C.P. Impact. Cavity. Wound.



## **Análisis acerca de la elección del tema y su delimitación**

Habiendo sido tanto en el pasado como hoy en día objeto de estudio recurrente de varios institutos y organizaciones de defensa y seguridad alrededor del mundo, se ha definido a las variaciones en la munición empleada por armas de fuego como causal de alteraciones en el rango de incidencia en blancos como la piel humana. El estudio de la relación entre los caracteres morfológicos de la munición, junto al conocimiento del arma que los dispara, con los daños que estos en conjunto pueden causar, ayuda a comprender mejor la magnitud, los cuidados, y los requisitos, que deberían acarrear los procedimientos balísticos y médico-legales a la hora de peritar sobre heridas causadas por este tipo de armas.

Factores como la forma de la punta, su densidad, los materiales que lo componen, y la velocidad impuesta sobre estos influyen en el resultado que se plasmará sobre un objetivo, siendo un ejemplo, la diferencia entre un proyectil punta hueca, que se deformará al impactar, y uno de punta cónica, que mostrará en resultados mayor índice de penetración. Ahora bien, siendo que las armas de aire comprimido, en su mayoría, no alcanzan a otorgarle a sus proyectiles velocidades equiparables a las que dan sus contrapartes de fuego, se ha dispuesto de estas como dispositivos para entrenamiento de puntería, entretenimiento y control de plagas, considerándoselas poco peligrosas e incapaces de generar heridas de gravedad en humanos. No obstante, con esta caracterización de las armas neumáticas y el avance de las nuevas tecnologías, se termina por dar una omisión respecto de los más nuevos tipos de armas de aire, las de categoría Pre Charged Pneumatic, o PCP, capaces de igualar en velocidad otorgada a un proyectil, a algunas armas de fuego de calibre chico. Hasta hoy, el conocimiento en el campo de los rifles PCP queda reservado a armeros, tiradores aficionados y otras minorías, teniéndose poca consideración popular por el potencial de los mismos. Por ejemplo, el rifle PCP "Airforce Condor", alcanza una velocidad de 314.25 m/s en boca de cañón, para el calibre 5.5 de tipo de punta redonda con un peso de 2.01 gramos (Lozano Sánchez, 2015, pág. 63, tabla 10) pudiendo superar a algunos cartuchos de un arma de fuego calibre .22 Ir. y se consigue sin ninguna regulación hasta el día de la fecha en nuestro país.



Las armas de fuego se presentan en la actualidad, como instrumentos de común ocurrencia dentro de las tasas de análisis de factores causales de incidentes con resultados mortales para las personas. Si bien se conoce la alta letalidad normal de estas al momento de operarse contra seres vivos, ya sea de manera intencional o no, generalmente se maneja menor cantidad de información respecto de la categoría armas de tipo neumático, aquellas que, por medio de la utilización de un sistema de compresión, le otorga energía a un proyectil mediante la presión del aire o un gas previamente comprimido. Un menor índice de ocurrencia de incidentes de trascendencia donde se vean involucradas este último tipo de armas, se traduce en una falta de conocimiento a nivel general sobre el poder que poseen, disminuyendo aún más al referirse a la subcategoría P.C.P. A esto se le suma la tradicional asociación popular en nuestro país de las mismas como elementos de bajo riesgo.

Como consecuencia de lo antes mencionado, los registros encontrados que abarcan el tema en cuestión a analizar mostraron ser escasos. Partiendo de las inferencias hechas sobre la bibliografía consultada, se encontró la cuestión de que, tanto a nivel nacional como internacional, se presenta una carencia en lo que respecta al análisis heridas por armas neumáticas de sistema P.C.P. En cambio, existen varios casos en los que heridas causadas por otros sistemas de este tipo de armas, aquellas de acción por pistón o resorte, se han visto involucradas en accidentes que resultaron en la hospitalización o muerte de una persona. Bajo consideración de que el primer tipo de arma mencionado, si bien comparte la manera de impulsar sus proyectiles con los otros dos tipos, es capaz de alcanzar velocidades en boca de cañón comparables a las que puede adquirir un proyectil de arma de fuego corta de calibre bajo, y conociéndose al tipo de munición utilizada en un arma de fuego como factor variable en la producción de heridas, se traspola este concepto para el desarrollo del trabajo. Sabiendo de antemano que en el ámbito de las armas de fuego existen multitud de estudios sobre la letalidad de las distintas municiones, suscita a la curiosidad la ausencia de análisis sobre casos ocurridos con participación de armas neumáticas tipo P.C.P.

No obstante, si se encuentran en la bibliografía mayor variedad de estudios en casos en los que se han utilizado rifles de aire comprimido del tipo a resorte o pistón. En estos, ha sido señalada su focalización sobre partes específicas de lo que se busca comprobar en el presente trabajo; algunos han estudiado el campo de la lesionología y otros el de la balística externa. Algunos autores e investigadores han tratado la temática de heridas ocurridas



principalmente en grupos sociales jóvenes, como niños, comúnmente oscilando entre las edades de 8 a 14 años, y adolescentes registrándose casos de incidentes por personas con edades de entre 15 y 19 años (Sotelo Cruz et al, 1998) (De Cou et al, 2000) (Botchway et al, 2017) (Dumencic et al, 2020), ni aquellos que han hablado de la incidencia de la munición de estos rifles dentro del cuerpo humano, haciendo una consideración radical por la región ocular y torácica, donde parecieran resultar la mayor cantidad de accidentes con este tipo de armas (Dalgic et al, 2010) (Wightman et al, 2013). El punto de inflexión que da origen a este trabajo reside en la notable variación existente entre las fuerzas que son capaces de producir las armas neumáticas de tipo PCP en comparación a sus contrapartes de diseño a pistón o resorte.

Surge así el móvil que impulsa esta investigación. Se sustentará en tratar de brindar un aporte al nivel de conocimiento sobre la potencial letalidad de este tipo de armas y los proyectiles compatibles con estas, en el ámbito nacional, ya que, debido a la baja ocurrencia de eventos de este tipo, el análisis de los factores que en ellos intervienen y las consecuencias sobre el cuerpo humano no han sido objeto asiduo de estudio en nuestro país.

En general, se han registrado casos aislados<sup>23 456</sup> en distintas provincias argentinas sobre muertes por armas de aire en su mayoría de sistema a pistón o palanca, dejando un hiato respecto a la categoría de tipo PCP, que suelen manejar potencias mayores. Con esto

<sup>2</sup> Fuentes: El Litoral (2012, noviembre 20). *Un chico de 12 años murió por un disparo de un rifle de aire comprimido.*

Recuperado de [https://www.ellitoral.com/sucesos/chico-12-anos-murio-disparo-rifle-aire-comprimido\\_0\\_F9XEdkQx6N.html](https://www.ellitoral.com/sucesos/chico-12-anos-murio-disparo-rifle-aire-comprimido_0_F9XEdkQx6N.html)

<sup>3</sup> La Capital (2017, marzo 30). *Cuatro adolescentes asesinan a otro con un rifle de aire comprimido.*

Recuperado de <https://www.lacapital.com.ar/informacion-gral/cuatro-adolescentes-asesinan-otro-un-rifle-aire-comprimido-n1366922.html>

<sup>4</sup> Clarín (2020, junio 23). *El "tirador" de Olivos habría disparado su arma de aire comprimido desde un edificio.*

Recuperado de [https://www.clarin.com/zonales/tirador-olivos-disparado-arma-aire-comprimido-edificio\\_0\\_nKYP-KXRH.html](https://www.clarin.com/zonales/tirador-olivos-disparado-arma-aire-comprimido-edificio_0_nKYP-KXRH.html)

<sup>5</sup> Perfil (2022, enero 28). *Nenes de 13 años cazaban pajaritos, a uno se le escapó un balinazo y mató a su amigo.*

Recuperado de <https://www.perfil.com/noticias/actualidad/chapuy-nenes-13-anos-cazaban-pajaritos-a-uno-se-le-escapo-un-balinazo-y-mato-a-su-amigo.phtml>

<sup>6</sup> Infocielo (2022, mayo 29). *Discutió con el hijo y lo baleó con un rifle de aire comprimido: la herida le provocó la muerte.*

Recuperado de <https://infocielo.com/marcos-paz/discutio-el-hijo-y-lo-baleo-un-rifle-aire-comprimido-la-herida-le-provoco-la-muerte-n115831>



en mente, se tiene el objetivo de orientar, informar, y expandir el campo de conocimiento respecto a situaciones factibles en el marco de hechos que involucren un arma de aire tipo PCP, y la capacidad de daño de sus variadas municiones sobre las regiones propuestas del cuerpo humano, en base al tipo de proyectil utilizado. Por ello, dentro del campo de investigación de la balística y la medicina forense, se buscará determinar la probabilidad de que se produzcan heridas que potencialmente podrían ser catalogadas como “graves”.





## **Pregunta y objetivos de la investigación**

Se formula entonces, a raíz de los planteos formulados, la pregunta que la investigación busca responder, cuestionándose:

15

**¿Cuál es la influencia de la forma y peso de diferentes tipos de proyectil utilizados en un arma neumática tipo PCP, en la capacidad de generar una herida que pueda presentar un cuadro grave o gravísimo, sobre la región craneal y clavicular del cuerpo humano?**

A fin de encontrar una solución al cuestionamiento, se formula como objetivo general del trabajo, aquel de:

**Determinar la influencia de la morfología de los proyectiles en la capacidad de un arma neumática tipo PCP de causar heridas en la región craneal y clavicular del cuerpo humano, a distancias de 10 y 20 metros.**

De este se desprenden, a modo de estructurar de manera lógica y apropiada los lineamientos del estudio, objetivos específicos necesarios para dar una resolución final sobre el objetivo general, los cuales se enuncian como:

- 1)** Establecer parámetros de medición característicos para las armas y balines a utilizar (forma, tipo de punta, peso, coeficiente balístico, material, etc.).
  
- 2)** Determinar velocidades, potencia de salida en boca de fuego, y de impacto de los balines elegidos para el trabajo, en las distancias seleccionadas.



3) Determinar el grado de incidencia de los proyectiles percutidos sobre los blancos fabricados.

4) Releva, describir y comparar la morfología de las heridas en base a los balines empleados.





## **Materiales utilizados**

Para darse de manera efectiva la realización de este trabajo, se tuvo a disposición una serie de variados materiales con el objeto de permitir la experimentación. Se cuentan así, como herramientas y dispositivos precisados, y sus respectivos métodos de obtención:

17

En primer lugar, y como base de todo el estudio, a un rifle de aire comprimido de tipo PCP, categorizándose a detalle como un modelo AT44-10, de la marca fabricante de armas de fuego y aire turca, "HATSAN Arms Company", suministrado por mano directa del investigador, habiendo sido comprado en el año 2016 en el local especializado en armas de aire, pesca y caza "SWAT POINT", ubicado en Av. Juan B. Justo al 9700, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



*Rifle de aire comprimido tipo P.C.P. de la marca Hatsan, modelo AT44-10, en calibre 5.5, modelo a ser utilizado para la realización del trabajo. Imágenes recuperadas de: <https://www.triestina.com.ar/producto/caza-y-tiro/aire-y-co2/rifles-y-carabinas/rifle-hatsan-at-44-s10-pcp-cal-5-5/>*

Se hizo obtención de municiones para utilizar con el rifle, en variedad de formas, todas en el calibre para el que está diseñada el arma en cuestión, 5.5 milímetros, similar en diámetro a un proyectil .22 de pistola. Respecto de las características que diferencian a las municiones conseguidas, se enuncian a estas como:



- Proyectiles de punta plana: “Gold Medal”, de la marca argentina “Shilba”



Imagen ilustrativa de la munición de punta plana utilizada en el trabajo.  
Imagen recuperada de: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-746140056-balines-shilba-gold-medal-55-x-250u-punta-plana-para-blanco\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-746140056-balines-shilba-gold-medal-55-x-250u-punta-plana-para-blanco_JM)

- Proyectiles de punta redonda: “Field Target Trophy”, de la marca alemana “Haendler & Natermann Sport” (H&N)



Imagen ilustrativa de la munición de punta redonda empleada en la realización de las pruebas. Imagen recuperada de: <https://www.hn-sport.de/es/air-gun-hunting-target-shooting/field-target-trophy-22>

- Proyectiles de punta hueca: “Barracuda Hunter”, de la marca alemana “Haendler & Natermann Sport” (H&N)



Imagen ilustrativa de la munición punta hueca empleada. Imagen recuperada de: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-855750746-balines-hn-baracuda-hunter-550-x200-unidades-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-855750746-balines-hn-baracuda-hunter-550-x200-unidades-_JM)



- Projectiles slug: "G-Hammer Energy", de la marca española "Gamo Outdoor"



*Imagen ilustrativa de los proyectiles de tipo slug utilizados durante el trabajo.  
Imagen recuperada de: [https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-475921574-balines-gamo-g-hammer-balas-55mm-pistola-aire-co2-200u-\\_JM#&gid=1&pid=1](https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-475921574-balines-gamo-g-hammer-balas-55mm-pistola-aire-co2-200u-_JM#&gid=1&pid=1)*

Estas municiones, en todos sus modelos, fueron compradas en el año 2021, siendo los primeros tres tipos suministradas por "SWAT POINT", ubicado en Av. Juan B. Justo al 9700, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y el último por el local de venta de insumos para pesca y camping "Heraldo Armas", ubicado en la calle San Martín al 3386, en la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires.

Gracias a la asistencia del tirador deportivo Ricardo Izeta, llegó a manos del investigador un cronógrafo modelo Chrony F-1, de la marca canadiense "Shooting Chrony Inc.", afín a la determinación de velocidades producidas por el rifle en los proyectiles.



*Imagen ilustrativa de cronógrafo balístico "Chrony F-1", mismo modelo utilizado para la realización de las experimentaciones. Imagen recuperada de:  
[https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-754367943-cronografo-chrony-f1-medidor-de-velocidad-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-754367943-cronografo-chrony-f1-medidor-de-velocidad-_JM)*



De fabricación casera, se obtuvieron señaladores y medidores de distancia a utilizarse posteriormente en el campo de tiro. Siendo los medidores, a mencionar, regla y cinta métrica, previamente en posesión del investigador, y los señaladores, manufacturados personalmente con papel plastificado y estacas de madera procesadas en la maderera “Méndez”, ubicada en la calle Maipú a la altura 3080, de la localidad de San Andrés de Giles, provincia de Buenos Aires.

Habiéndose conseguido el permiso, y gracias a la cooperación de la Comisaría de Policía de la localidad de San Andrés de Giles, se dispuso como campo de tiro donde realizar la experimentación al polígono designado para fuerzas de policía, del Tiro Federal de San Andrés de Giles, ubicado entre las calles Pérez Ovides y Malvinas Argentinas

Para tener una recreación símil de la zona del cráneo y la clavícula de un ser humano, se hizo adquisición de piezas cárnicas porcinas, parecidas en características mecánicas a la piel humana. Para ello se realizó la compra de una cabeza de cerdo adulto preservada en un congelador, el día viernes 7 de enero del corriente año 2022, en el Frigorífico “Costanzo”, ubicado en la calle Rawson, a la altura 783, de la localidad de San Andrés de Giles, provincia de Buenos Aires. (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 1 a 9*)

Se realizaron una totalidad de ocho panes de gelatina balística al 15%, para tener registros previos del grado de incidencia que tendrían los proyectiles empleados sobre el cuerpo humano. Estos se fabricaron de forma casera por el investigador, utilizándose en su fórmula:

- Glicerina pura, obtenida de la farmacia “Carnevale”, localizada en la calle Rivadavia al 676, de la localidad de San Andrés de Giles, provincia de Buenos Aires.
- Gelatina sin sabor, conseguida en el bazar gastronómico “Las Granas”, encontrado sobre la calle 25 de mayo, altura 969, de la localidad de San Andrés de Giles, provincia de Buenos Aires.
- Agua corriente

Como soporte portador de la mezcla, se emplearon cartones de jugo de un litro de capacidad, y para el preparado se empleó una olla de acero en un horno ordinario, siendo incorporados los elementos mediante dosificador de 10 mililitros, y batidos con cucharón de madera.



*Gelatina sin sabor y glicerina utilizadas para la creación de los bloques de gel.*



## **Descripción general del trabajo realizado**

Habiendo sido dispuesta la serie de pasos a seguir para la realización del trabajo, se comenzó por definir a todos los conceptos respectivos a materiales utilizados y dar una explicación o razón de por que fueron empleados a costa de otros símiles. Se inicia tratando con el tópico que son las armas de aire en general, se reúnen definiciones de expertos en la materia de balística y legislaciones de alrededor del mundo cuando se las trata en ellas, para terminar de abarcar el tema dando una definición propia de lo que son, y podrían ser consideradas, armas de aire neumáticas. Se continua con la categorización de estas armas según subtipos dados por sus distintos sistemas de propulsión para los proyectiles, donde se expresan tres tipos: aquellas de sistema por resorte o muelle, las de funcionamiento por CO<sub>2</sub>, y aquellas de sistema neumático precargado, haciéndose un celoso hincapié en este ultimo tipo, pilar fundamental de la investigación, debido a la notable diferencia de potencias que puede otorgarle a sus municiones al ser expulsadas por la boca del cañón en comparación a los anteriores tipos. Se explica a fondo el principio de funcionamiento de este tipo de armas, para proceder con la variable independiente principal del trabajo, las municiones y sus distintas formas. Aquí se muestran y analizan las formas de munición empleada en las experimentaciones, dando algunas concepciones generales sobre los conceptos que respectan a estas y las particularizan a una de otra. Posterior a esto, se abarca a los proyectiles desde un plano meramente balístico, donde se desarrolla sobre las características físicas que afectan a estos en su trayectoria por el espacio, y que luego se traducirán en la comisión de un daño o herida. A continuación de un desglose sobre las distintas áreas de la balística, se hace un desarrollo más pormenorizado sobre los tópicos que trata la balística de efectos, explicando el porqué de la idoneidad tanto del gel balístico como de la carne de cerdo como sustitutos símiles a la piel humana, en cuanto a sus propiedades físicas y constitución. Dentro de estas se detalla el método de fabricación para el gel balístico a modo de seguir una metodología científica preexistente. Se finaliza el tratado teórico con una redacción sobre aquellos materiales considerados imprescindibles para la recolección de datos en pruebas balísticas en sus tres ramas (balística interior, exterior, y de efectos o terminal), aplicados a esta experimentación particular.



Dándose por concretada la explicación y definición de conceptos, se da paso al desarrollo sobre lo que fue la experimentación en sí, donde se trata la metodología por la cual se realizaron las pruebas. En estas, se explican los medios y se justifica la obtención de todos los materiales que fueron necesarios, dando detalles sobre los distintos modelos para cada cosa y los lugares donde se consiguieron. En primera instancia se busca la posesión de los elementos de medición y los principales objetos del estudio, que serían el rifle de aire y sus municiones, preparándose todo para movilizarse posteriormente hacia la localidad de San Andrés de Giles, en la provincia de Buenos Aires. Es en esta segunda fase del trabajo donde se hace prestación de una zona del polígono de tiro local gracias a la asistencia de la policía de la comunidad, para luego enfocarse en recolectar los restantes insumos de medición, con hincapié en el medidor de velocidades en boca de cañón del rifle, el cronógrafo. A continuación, se confeccionaron dos elementos de soporte para los que serían los blancos a recibir los disparos, un par de estacas manufacturadas en una maderera local, con plataforma plástica de adición casera. Una vez teniéndose todo el material afín a facilitar y relevar información sobre los disparos, el próximo paso fue el de fabricar el gel balístico y obtener la pieza porcina. Siguiéndose la receta designada para formular gelatina balística dada por el F.B.I. (Citada por Nicholas et al, 2004, pág. 20) con unas ligeras modificaciones respecto a la concentración de ingredientes, se obtuvieron ocho (8) bloques rectangulares de gel. Tiempo después, al otro día, se hizo obtención de una cabeza de cerdo en un frigorífico local, y ya teniendo todo lo necesario, al día siguiente se realizaron los experimentos. En estos, se acondicionó el sector del polígono habilitado, y se realizaron disparos contra los bloques de gel balístico con cada una de las municiones escogidas, a distancias de diez (10) y 20 metros, relevando resultados sobre las mediciones de velocidad, anchura de la cavidad temporal causada en el gel, entre otras cuestiones. Día siguiente, se siguió el mismo proceso, pero esta vez con la finalidad de propinarle disparos a la pieza de carne animal, luego registrando los resultados y haciendo una exploración por la pieza con posterioridad para tener datos lesionológicos y de efectos de los proyectiles. Con esto listo, se limpió el área de trabajo y se pasó a formular conclusiones respecto de los datos hallados, contrastándolos con los datos de la teoría previamente citada.

Se pasó a constatar a los datos con los resultados, tratando de hallar patrones de comportamiento entre las heridas vistas para los valores de los balines y sus velocidades. Se encuentra que, a ambas distancias, para todos los casos en gel balístico las municiones



perforaron a la gelatina, con la particularidad de, a la distancia de 20 metros, producir dentro de esta, efectos relativos a sus propiedades de diseño, por ejemplo viéndose en el bloque impactado por la munición de punta hueca la cavidad permanente más ancha de todas, a razón de la expansión del proyectil, o para las balas slug, un efecto netamente perforante para el bloque contra el que dio, debido a su elevado índice de masa y punta cónica. En lo inherente a los efectos de la munición sobre los geles a diez (10) metros, todos mostraron una sobre penetración en la que las cavidades de cada uno de ellos se parecían al punto de no poder distinguirse diferencias sustanciales. Al considerarse los resultados tomados del cerdo, se encontraron en las heridas similitudes con los efectos previos tratados para los bloques de gelatina a 20 metros, distancia que compartían con el cuerpo porcino. Se estudia sobre como cada balín pudo generar las cavidades observadas y se distinguen particularidades que surgieron para cada uno, así individualizándolos. Posteriormente se desarrolla sobre los datos tratados en conformidad con la teoría presente en el marco del trabajo, en los que se encuentra que la gran mayoría de estudiosos concuerda en cuanto a expresión de resultados con aquellos vistos en el trabajo propio. Cerrando la discusión, se concluye el trabajo habiéndose obtenido una confirmación de la hipótesis anteriormente planteada, se encuentra que lo esperado se da como tal para los experimentos hechos a 20 metros, siendo inferidos para la de diez (10) metros debido a la sobre perforación y por ende ausencia de rasgos característicos en los trayectos de la munición sobre los bloques de gel. Se determina entonces, que, de ser una de las regiones del cuerpo analizadas en el estudio, impactadas por municiones para arma de aire, siendo esta de tipo P.C.P. y por ende transmitiéndole una velocidad de impacto de al menos 210.1 m/s, a una distancia de entre diez (10) y 20 metros, las heridas provocadas por estas muy probablemente tendrían características compatibles con cuadros lesionológicos gravísimos.





## Marco teórico

### Introducción

Las armas de aire comprimido, encontradas en la historia de la humanidad datando tan atrás como hasta el año 1580 (Fuentes Mallozi, 2008) (Guzmán, 2018) han sido objeto de prestación para todo tipo de usos, como se le asignó al ejército austriaco para luchar contra los franceses durante las guerras napoleónicas de 1799 a 1803 (Di Maio, 1999), para la cacería en todos los rincones del mundo y el tiro de práctica, olímpico y de entretenimiento en la actualidad, entre otros. En la usanza general es común hallar a este tipo de armas categorizadas como de baja potencia, o con insuficiente capacidad de transmisión de energía a un proyectil como para penetrar tejidos como la piel (Heard, 2013), pero con los avances dados hasta la actualidad, se llegan a presentar en el mercado civil de hoy en día, armas de aire con mucha mayor potencia que el clásico rifle a quiebre, dispositivos capaces de causar severos daños físicos y hasta la muerte (Di Maio, 1999). Las modalidades a las que ha quedado reservado el empleo de estas armas han determinado la carencia dentro del ámbito forense de estudios relativos a las nuevas tecnologías que se incorporan dentro del “tiro con aire”, en cuestión particular, los más actuales rifles de aire neumáticos del subtipo “*Pre-Charged Pneumatic*”. Los registros encontrados que abarcan el tema de las heridas provocadas por estas armas en particular, con inclinación por el análisis de los proyectiles que las provocan, mostraron ser escasos. No obstante, una variedad de estudios ha sido señalada respecto de su focalización sobre tópicos desglosados de lo que aquí se apuntó a comprobar.



*Rifle de aire austro-húngaro Girandoni, una muestra de la potencial letalidad de las armas neumáticas, fue empleado por las tropas austrohúngaras en la Guerra Austro-turca. Imagen recuperada de:  
<https://warfarehistorynetwork.com/2016/12/13/lewis-and-clarks-girandoni-air-rifle/>*



Aquellos estudios e investigaciones previamente vistas han sido seleccionados para su incorporación conceptual y fáctica dentro de este trabajo gracias a sus aportes en materia de balística, en sus tres ramas (Di Maio, 1999) (Heard, 2013) (Guzmán, 2018), física (Rodríguez Navarrete et al, 2013) (Lozano Sánchez, 2015), y lesionología (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001) (Botchway et al, 2017), denotándose que, si bien estos en su mayoría no mantienen afinidad con el tópico particular del trabajo propio, ayudan a orientar la investigación por medio de tablas y registros sobre la resistencia mecánica de los tejidos, y la morfología recogida de las heridas dadas por proyectiles de armas de aire comprimido, además de permitir, mediante el conteo de casos, apreciar si esto influye en la producción de hechos que involucren a dichas armas. Pormenorizando sobre los temas abarcados por distintos autores alrededor del mundo en sus postulados, se encuentra la posibilidad de definir, en lo que al estado de la cuestión respecta, la visión ofrecida por estos profesionales al tratar respecto de las armas de aire comprimido en el ámbito científico que abarca sus países. No son pocos los investigadores que han tratado la temática de los rifles de aire comprimido respecto de su valor dentro del campo de la lesionología, con particular desarrollo dentro de grupos sociales jóvenes, como niños menores de 15 años (De Cou et al, 2000) (Dumencic et al, 2020) y adolescentes de entre 16 y 18 años de edad (Sotelo Cruz, 1998), ni aquellos que han hablado de la incidencia de la munición de estos rifles dentro del cuerpo humano, haciendo una consideración radical por la región ocular y torácica, donde parecieran resultar la mayor cantidad de accidentes con este tipo de armas (Sotelo Cruz, 1998).



## Armas de aire comprimido

### *Definiciones*

Una vez interpretadas, se ha visto que las posturas respecto al manejo de las armas de aire comprimido varían según al estudioso al que uno se busque remitir, observándose también una serie de cualidades similares entre estas. En una primera instancia, una corriente de autores, oriundos en su mayoría de la Europa Oriental, plantean sus análisis a partir de casos particulares con afinidad hacia menores en edad pediátrica, cuya área de impacto se extiende, entre casos, desde el cráneo hasta la región torácica del cuerpo, explicando el recorrido del proyectil dentro de este desde el ámbito médico-legal y centrándose en la potencial capacidad de las armas de aire comprimido de poder generar lesiones de tipo letal. Estos científicos, hacen mención en varios de sus estudios sobre la situación cultural que se ve en sus países, comentando sobre la pobre regulación que ejerce el estado sobre estas, y como se consideran “juguetes” entre la población más joven (Sotelo Cruz, 1998) (De Cou et al, 2000) (Fuentes Mallozi, 2008) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) (Isik et al, 2016) (Dumencic et al, 2020).

Dentro de otro grupo de estudiosos del otro lado del globo, siendo en su mayoría latinoamericanos, se recolecta información sobre distintos hechos dados en variedad de espacios, lugares, y situaciones, tomando un enfoque estadístico sobre la incidencia de este tipo de armas entre personas de edad pediátrica. Aquí se encontró un factor en común entre todos los trabajos vistos, explicado por la recurrente laguna en la legislación de los países de donde provienen los estudios. Un claro ejemplo de esta situación siendo lo acontecido en Croacia, donde, luego de haberse reforzado sus leyes respecto de la posesión de armas de fuego en el año 2012, la población hizo provecho de la escasa regulación sobre las de tipo neumática para seguir teniendo un arma. (Dumencic et al, 2020, pág. 1)

Esta cuestión se ve ligada a la situación en la que se encuentran hasta el día de hoy tanto en el ámbito legal como el social las armas neumáticas, las cuales se aprecian como artefactos de índole recreativo, deportivo, de instrucción para tiradores novatos, y hasta “juguetes”, hecho por el cual la adquisición de toda su variedad de modelos no presenta regulaciones tan estrictas como lo es en el caso de las armas de fuego. Este objeto común



para casi todas las posturas se complementa con las legislaciones respecto de las armas neumáticas recogidas del libro de Heard (2013) en varios países del mundo, pudiéndose ver que, en la gran mayoría de estos, las armas neumáticas no precisan de documentación pertinente para su obtención, pudiendo decirse que no son objeto de regulación legal (Rodríguez-Navarrete et al, 2015). Se puede, además, dilucidar esto dando como ejemplo la ausencia de estudios relevados de accidentes o delitos ocurridos en Reino Unido, donde, justamente, los rifles neumáticos esta reglados por ley para que todo aquel que supere en velocidad de boca de cañón 16,2 Joules de energía, requiera la tramitación de una licencia de legitimo usuario para armas de fuego. Otra región geográfica donde surge reiteradas veces el análisis de casos, como la alerta por emergencias involucrando armas de este tipo, es en la zona Balcánica, donde varios países fueron o siguen hasta el día de hoy azotados por guerras civiles o contra el terrorismo; en estos, no es de extrañar que tanto menores como adultos mayores tengan un fácil acceso a material bélico, y aún más sencillo a armas de aire (Dumencic et al, 2020, pág. 1)

Trabajos realizados por organismos como la Universidad de Abertay, Escocia (Davidson et al, 2011) (Wightman et al, 2013), la Universidad del Egeo, Turquía (Dalgic et al, 2010), o “*The Chartered Society of Forensic Sciences*”, Inglaterra, entre otros, concuerdan entre sus estudios, con que las heridas causadas con este tipo de armas en las regiones dispuestas para estudio en esta investigación, tienen tendencia a ser de índole mortal en víctimas jóvenes, oscilando entre los 14 y 20 años de edad. Se determinó que el elemento vulnerante para una víctima por impacto de arma de aire comprimido no consistía de manera primaria en la herida, sino el paso del proyectil dentro del cuerpo, siendo que su tamaño, forma y composición le facilitan el transporte por vías normales de flujo de elementos vitales como lo son la sangre y el oxígeno.

En su artículo, considerando los efectos por heridas por arma de fuego en el viscerocráneo, Stuehmer (2009) sugiere que la distancia de fuego es uno de los factores cruciales en la determinación del grado de incidencia de una herida por arma en el cuerpo humano (Citado por Davidson et al, 2010, pág. 197). En consideración de esto, habiéndose visto casi la totalidad de los hechos observados con catalogación pertinente a “accidentes”, ocurridos en distancias relativamente cortas (entre 5 y 10 metros), surge en cuestión el vacío que queda respecto de hechos intencionales, dificultando un análisis general de estos,



que podrían presentar distancias y presiones similares a las que se utilizaron durante el transcurso de este trabajo.

A su vez, si bien existieron casos en adultos impactados por armas de aire, registrados por estudiosos como objeto de estudio, el número no llega a equipararse a la suma relevada en casos que involucran a menores, llevando a tomar un enfoque afín al primer tipo de casos dentro de este estudio. Esto se debe a la falta de investigación en esta área, siendo conocido que el sistema óseo sigue en desarrollo durante la edad pediátrica (Dalgic et al, 2010), haciéndolo más débil ante una posible incidencia, en contraparte con el de un adulto ya formado. La reiterada casuística enfocada al área torácica, craneal y ocular dentro de estos casos (Sotelo Cruz, 1998) también fue de notación al momento de delimitarse un sistema como objeto de estudio propio. Teniéndose en cuenta la baja resistencia mecánica que reviste al sector ocular, pudiendo ser penetrado por un proyectil a una velocidad aproximada mayor a los 40 metros por segundo (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 54), y la región torácica como un entorno sumamente variable, puesto de los distintos grados de elasticidad y densidad de cada tejido alojado dentro de esta, junto a la posibilidad de que un proyectil impacte sobre las costillas, penetrables aproximadamente a partir de velocidades mayores entre los 100 metros por segundo (Dalgic et al, 2010, pág. 473) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 54), fragmentándose y causando daños mayores, se encuentra que los primeros casos tienden a ser iguales, y los segundos conllevan particularidades que los hacen únicos. A razón de esto se presentó como cuestión de estudio para el presente trabajo la región craneal, como un entremedio para las dos áreas antes mencionadas. En esta, una vez superada la resistencia de la barrera dérmica y la ósea, el análisis de lesiones se torna más sencillo al quedar el cerebro y demás tejidos aledaños expuestos a la energía remanente de un proyectil. Al ser encontrados en esta región mayoritariamente órganos con muy poca elasticidad, estos pueden ser dañados fácilmente (Magaña Sánchez et al, 2011, pág. 52), razón por la cual las heridas a computar podrían ser graves sin la necesidad de que una munición lleve consigo altos niveles de energía. Ahora, si bien el cráneo adulto ofrece una mayor protección que el de un infante contra cualquier tipo de agresión, la posibilidad de darse una penetración y daño consecuente por una herida de proyectil, ha aumentado conforme nuevos tipos de armas de aire comprimido de mayor potencia son lanzadas al mercado en la actualidad (Dalgic et al, 2010).



A motivos de este trabajo, se comenzará dando la definición de lo que es un arma de aire comprimido. En primera instancia, se encontró en la legislación nacional una ausencia de descripción certera para lo que son este tipo de armas, siendo la referencia más aproximada en la materia la Ley 24.703 (1996), que habla sobre aquellas

*“Replicas o imitaciones de armas cuando su funcionamiento sea producido por un mecanismo automático o semiautomático accionado a gas comprimido”<sup>7</sup>*

y su respectiva prohibición de venta en jugueterías, lo que resulto poco útil para este trabajo, y en parte explica la razón por la que resulta tan sencillo obtener armas neumáticas en el país.

En contraste con otro país hispanohablante esta vez ubicado en Europa, como es el caso de España, donde el tiro y la cacería se han presentado como objeto de cultura a través de los años, se recuperó de su legislación una concepción de las armas de aire comprimido como

*“Armas accionadas por aire u otro gas comprimido, sean lisas o rayadas, siempre que la energía cinética del proyectil en boca exceda de 24,2 julios”<sup>8</sup>*

(según Ley Orgánica 1/1992, Real Decreto 137/1993, 29/01/1993), reguladas por ley para ser obtenidas previo tramite de autorización, y siendo consideradas por debajo de este potencial cinético como armas de venta libre para cualquier persona de más de 14 años de edad (Heard, 2013). Se denota la mención particular de la cantidad máxima de energía que pueden manejar los proyectiles en este país, puesto de que se interpreta que una potencia mayor a la indicada seria comparable a la de un arma de fuego, dando así esta figura una indicación del poder que llevaría un proyectil al salir por la boca del cañón y una idea del potencial para causar heridas que conlleva.

En referencia a este último factor mencionado, y aludiendo a este como uno de los principales países referentes en lo que trata a armas neumáticas, Reino Unido considera a las pistolas de aire que generen más de 8.1 julios y a los rifles de este mismo tipo que generen más de 16.2 julios de energía como armas de fuego, por lo que se solicita a los

<sup>7</sup> Honorable Congreso de la Nación Argentina. **Normativa Nacional Ley 24.703. REPLICAS DE ARMAS.** Argentina. 1996

<sup>8</sup> Ministerio del Interior. **Ley Orgánica 1/1992 Real Decreto 137/1993 “de 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Armas”, artículo 3°.** España. 1993



usuarios la posesión de una “*Firearms Certificate*” (FAC) o “Certificado para armas de fuego” (Heard, 2013) (Dangerous Air Weapons Rules, 1969). Se presenta bajo su designación legal a las armas de aire comprimido como

*“cualquier rifle, arma o pistola de aire que no entre en la sección 5(1) (...)”*<sup>9</sup>

(según Firearms Act, 1968), explicándose en esta aquellas características que hacen a la prohibición de un arma, de las cuales se recoge,

*“(af) cualquier rifle, arma o pistola de aire comprimido que utilice, o esté diseñado o adaptado para su uso con, un sistema de carga de gas autónomo”*.<sup>10</sup>

Por otro lado, según lo expresado por el Doctor y experto en medicina y balística forense, Vincent Di Maio,

*“Un rifle de aire es un arma que utiliza la fuerza expansiva del aire comprimido o gas para propulsar un proyectil por un cañón estriado”*<sup>11</sup>

(Di Maio, 1999, pág. 293), explicando junto a esto la errónea concepción que suele darse entre un arma de aire comprimido y un rifle de este mismo tipo, siendo este último caracterizado por su cañón estriado, mientras que la otra designación se puede dar a armas cuyo cañón no presente estrías.

Otros autores como Brian J. Heard, consideran a estas armas como

*“todas aquellas que utilizan aire o algún tipo de gas comprimido para darle energía al proyectil que disparan”*<sup>12</sup>

, denotando la existencia de armas de aire de alta potencia, que podrían “fácilmente matar a un ser humano” y otras de baja potencia, que no juntarían la energía como para penetrar la piel (Heard, 2013, pág. 25).

También se registró la concepción que les da Carlos A. Guzmán, expofesor y asesor del Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina (I.U.P.F.A.), como

<sup>9</sup> Parlamento del Reino Unido. **Firearms Act 1968, Section 5**. Reino Unido (1968).

<sup>10</sup> Parlamento del Reino Unido. **STATUTORY INSTRUMENTS 1969 No. 47 ARMS AND AMMUNITION The Firearms (Dangerous Air Weapons) Rules 1969**. Reino Unido (1969).

<sup>11</sup> Di Maio, J.M.V. **“Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques”** Florida. Estados Unidos: Editorial CRC Press, 1999, Segunda Edición. Pág. 293

<sup>12</sup> Heard, J.B. **“Forensic Ballistics in Court: Interpretation and Presentation of Firearms Evidence”**. Estados Unidos: Editorial Wiley-Blackwell, 2013 Primera Edición. Pág. 25



*“aquellas que utilizan un mecanismo a base de aire comprimido o gas para propulsar un proyectil a distancia”<sup>13</sup>*

(Guzmán, 2018, pág. 65).

En noción de este trabajo, y basándose en lo anteriormente visto, se designó a las armas de aire comprimido, como todo aquel dispositivo que, mediante la utilización de un mecanismo de compresión, utilice la fuerza y presión expansiva del aire o de un gas pre comprimido para transmitirle energía cinética a un proyectil.

<sup>13</sup> Guzmán, A.C. **“Tratado de Balística, Su aplicación a la Criminalística: Introducción a la balística. Historia, definiciones y descripciones de armas y municiones”**. Buenos Aires. Argentina: Editorial B de F. 2018. Pág. 65





## *Variantes y modelos*

Adentrándose en el mundo de lo que son las armas de aire comprimido, se puede apreciar que existe, como ya se ha dejado ver por las definiciones dadas por autores anteriormente, distintas variantes según el gas en particular que estas emplean para disparar, el método de carga y el mecanismo que libera el gas a presión. Estas características otorgan a todos los tipos de armas de aire propiedades distintas que pueden afectar en los resultados de un estudio balístico interno, externo, y de impacto de estas. Aun así, todas comparten el mismo principio de funcionamiento, donde, por expansión de un gas por el confinado espacio del cañón la presión interna se incrementa hasta ser capaz de impulsar al proyectil fuera del ánima. Se dice que es el nivel de la carga usada la que determinará la cantidad de gas que se forma, la consecuente presión generada, y deviniendo de ello, la velocidad del proyectil para estas armas (Davidson et al, 2010, pág. 195). Por ello, es de vital importancia saber las diferencias entre sus variados tipos, modos de operación, potencias alcanzables y el modelo de proyectil que sean capaces de disparar si se pretende hacer un análisis serio sobre esta especie de armas, o presentar evidencias fundamentadas bajo rigor científico ante un tribunal (Heard, 2013), puesto de que son los pilares conceptuales sobre los que se podría determinar la severidad del daño causado por un impacto (Davidson et al, 2010). No se pueden hacer inferencias directas sobre la letalidad de un arma de aire sin antes estar al tanto de todos factores que a esta incumban. Un claro ejemplo sería el de comparar una pistola de aire a carga de CO<sub>2</sub> con un rifle de aire de carga a resorte con municiones de tipo slug o uno de carga PCP con balines de punta chata. En este escenario la pistola proyecta balines esféricos de menos de 8mm de largo y de ancho (comúnmente llamados BB o "Ball Bearing"), con un peso rondando los siete (7) y ocho (8) grains (0.45 y 0.50 gramos respectivamente) para el calibre cuatro y medio (4.5), y entre ocho y medio (8.5) y 11.8 (0.55 y 0.78 gramos respectivamente) para el de cinco y medio (5.5) mm, aproximadamente (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), con potencias que apenas podrían llegar a dañar a una persona de impactar en el ojo (Botchway et al, 2017). El rifle a resorte otorga mayores potencias que su predecesora, y el modelo PCP en general, lo sobrepasa por amplios cuerpos, debido a la opción que poseen estos modelos de poder regular la presión liberada en cada disparo. Por las razones mencionadas, algunos autores han dado clasificaciones para estos tipos de arma según



distintas características. Por un lado, dejando de lado la mecánica de funcionamiento de estas, las armas neumáticas pueden ser categorizadas según las velocidades que puedan alcanzar sus proyectiles, definiéndoselas así a aquellas de baja velocidad, que alcanzan velocidades no mayores de 400 FPS; de media, con velocidades de 400 a 800 FPS, y de alta, entre 800 y 1,600 FPS (Fuentes Mallozi, 2008) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015)<sup>14</sup>. Por otro lado, la nomenclatura más común dada por expertos cita a estas según la forma de impulsar al balín, es decir, el mecanismo de disparo del arma.

Se encuentran así:

• **Armas de aire a resorte o muelle:** El modelo más económico y generalizado que se encuentra en el mercado, consiste de un sistema por el cual el aire que propulsa a la munición es recogido por medio del quiebre del cañón del arma mediante acción manual, que, para permitir esta operación, será de tipo basculante. Al doblarse el cañón aproximadamente 100°, se comprime un muelle unido a un pistón dentro de una cámara de compresión, ubicada detrás del cañón, así amartillando al dispositivo mediante un pequeño doblez en un costado del pistón, que será retenido por el fiador del arma. Esta acción permite a su vez acceder a la recámara, pudiéndose introducir un balín en el arma, como en las escopetas de caza clásicas. Una vez levantado el cañón a su posición original y realizada la suficiente presión sobre la cola disparadora, el fiador liberará al pistón permitiendo al resorte descomprimirse, llevando a este hacia adelante y comprimiendo así violentamente todo el aire en la cámara, que será transmitido al proyectil. Existen también modelos de cañón fijo, en las que el muelle se comprime por medio de una palanca situada comúnmente bajo la parte inferior del cañón cuyo funcionamiento es idéntico. Y otros donde el resorte cuenta con un pistón preconstruído con una cámara llena de aire o nitrógeno presurizado, que sufre de una mayor presión al comprimirse el resorte, a estas variaciones comúnmente se las conoce como "Pistón a gas".

<sup>14</sup> En los textos de los autores mencionados que dan estas definiciones respecto de la graduación de rifles neumáticos según su potencia, se encuentra un típico error dentro de esta área, al cruzar valores en los sistemas de unidades utilizados. En sus respectivos textos, y basados en referencias, ellos mencionan la escala de velocidades con la unidad de metros sobre segundo, cuando en realidad se deberían interpretar los valores en pies por segundo (FPS)



*Rifle de aire a resorte marca Gamo, modelo Replay X Maxim. Se puede apreciar el sistema de quiebre del cañón que carga el aire. Imagen recuperada de:  
<https://codisur.com.ar/producto/rifle-aire-comprimido-gamo-replay-x-maxxim-nitro-piston/>*

• **Armas de aire de CO<sub>2</sub>:** Aquellas que utilizan como método de propulsión para sus proyectiles al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en estado gaseoso. Comúnmente almacenado en cilindros descartables que se comercializan ya cargados o en depósitos mucho más grandes en tamaño en armas de competencia y de uso recreativo (paintball), el dióxido viene en pequeñas cantidades en estado líquido, y se evapora al ser expulsado de su contenedor debido a las variaciones de temperatura que se dan con el medio, propulsando por este proceso de expansión al proyectil. Al ser que no fluctúan otros valores, la presión que el CO<sub>2</sub> en forma de gas transmita a los proyectiles como energía se mantendrá exacta, con el único percance de que esta, estando a temperatura ambiente, no llega a alcanzar presiones superiores a los 6 o 7 megapascales (del pascal, unidad de medida de presión del Sistema Internacional de Unidades, Se define como la presión que ejerce una fuerza de un newton sobre una superficie de un metro cuadrado normal a la misma), apenas un tercio de lo que puede conseguirse con armas neumáticas (20 megapascales) (Heard, 2013).



*Rifle de aire CO2 de la marca Umarex, modelo Ruger 10/22, junto con sus característicos frascos descartables de gas CO2. Imagen recuperada de: [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-870721553-rifle-aire-ruger-1022-umarex-10-tiros-45-co2-75-joules-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-870721553-rifle-aire-ruger-1022-umarex-10-tiros-45-co2-75-joules-_JM)*

• **Armas de aire neumáticas precargadas:** De una mayor complejidad mecánica, son aquellas que requieren de la acción de bombeos múltiples para alojar aire a presión en una cámara. A diferencia del modelo a quiebre antes mencionado, donde la presión de aire es constante, dado que un solo bombeo asegura siempre la misma cantidad de aire (Guzmán, 2018), en estas armas la potencia del disparo estará dada por la cantidad de bombeos realizados hasta obtener la máxima capacidad de presión que permita la cámara del arma en cuestión (Guzmán, 2018). Existen tres subcategorías dentro de la clasificación de las armas neumáticas precargadas, afines al sistema por el cual obtienen el aire que proporcionara energía a los proyectiles. En primer lugar, aquellas que requieren de múltiples accionares de palanca, variando entre 2 y 10 (Heard, 2013) (Guzmán, 2018) para cargar suficiente aire en el arma como para que la presión interna sea capaz de impulsar a la munición fuera del cañón, son conocidas como “Multi Bombeo”. Lo que llevan de especial estas es la posibilidad de regular a gusto personal la potencia que será transmitida a los proyectiles, a partir de la elección de cuanto aire se le cargará mediante un numero determinados bombeos. Por otro lado, están aquellas armas que reciben el aire en su totalidad con el esfuerzo de un solo accionar de palanca, teniendo compartimientos para comprimir el aire de tamaños más pequeños, sacrificando parte de la potencia que ofrecen sus contrapartes de múltiples bombeos por tiempos de carga más cortos, suelen ser vistas en la actualidad en armas de competición, debido a su poco peso y maniobrabilidad. Finalmente se encuentra el tercer tipo de arma neumática, las “Pre-Charged Pneumatic” (P.C.P. por sus siglas en ingles). Siendo este modelo el más actual, se compone por



aquellas armas cuyo método de carga de aire es dado por medio de un contenedor de aire pre presurizado, comúnmente siendo botellas, garrafas, o tubos, que pueden o no ser separables del dispositivo. Los depósitos de almacenamiento de aire pueden ser llenados mediante un tanque de buceo, o una bomba de mano de alta presión (un inflador), lo que le permite al tirador, mediante un regulador de presión, manejar potencias variables entre altas y bajas. Cuando se dispara, el aire pre comprimido es liberado mediante una válvula al presionar la cola del disparador, impulsando el balín que bloquea la cámara de aire.



*Rifle de aire tipo P.C.P. de la marca Hatsan, modelo Nova 5.5. Se distingue de los otros modelos el gran almacén de aire que posee por debajo del cañón. Imagen recuperada de:*

*<https://polskatrader.com/producto/rifle-de-aire-comprimido-hatsan-pcp-nova-5-5-mm/>*



### *Subtipo de armas neumáticas precargadas (P.C.P.)*

En un enfoque más pormenorizado de las armas de aire, es de vital importancia hacer distinción por sobre todos los tipos mencionados de aquellas armas neumáticas de tipo P.C.P., siendo estas una pieza matriz en la comisión de este trabajo.

Dentro del mundo de las armas de aire comprimido, las de aire Pre-Comprimido son las que ofrecen la mayor potencia, además de incorporar en algunos modelos, características como la capacidad de multi-disparo o la regulación de potencia (Lozano Sánchez, 2015). El aumento en la precisión y el alcance que ofrecen al ser capaces estas de lograr mayores potencias no debe verse únicamente como una mejora sustancial, puesto de que conlleva como contra que armas de aire lleguen a ser igual de poderosas, y, por ende, peligrosas, que las de fuego, (De Cou et al, 2000, pág. 785) produciendo velocidades en boca de cañón para sus proyectiles que serían capaces de penetrar tejidos humanos (Botchway et al, 2017).

La diferencia sustancial entre potencias manejadas por armas tipo P.C.P. y otras categorías de armas de aire radica en su mecánica de funcionamiento, haciéndose hincapié en el depósito almacén de aire. Este componente es diseñado para resistir presiones de aire mucho mayores a las que podría tener el compartimiento de un rifle de aire a quiebre, requiriéndose de una válvula que controle la salida del aire para evitar accidentes como la liberación súbita de todo el contenido del almacén, la cual es incorporada generalmente a la salida del depósito. Esta disposición permite la descarga de una cierta cantidad de este gas comprimido al accionar el disparador, siendo de vital importancia que se encuentre perfectamente acoplada a la recámara, proporcionando el sellado del puerto de transferencia entre el depósito y el inicio del cañón, y transfiriendo la mayor cantidad de energía al proyectil (Lozano Sánchez, 2015).

A fin de que se pueda mantener una repetibilidad entre disparos debido a la pérdida de presión en el depósito después de cada uno, estas válvulas cuentan con presiones de tarado<sup>15</sup>, específicas con las cuales operan, produciendo que el tiempo de apertura de la válvula incremente en proporción a la menor resistencia que ofrece el aire comprimido en el interior del depósito sobre esta. Se traduce este efecto en una mayor cantidad de aire a

<sup>15</sup> Este valor particular se denomina para la presión a la cual se abrirá la válvula.



menor presión circulando por la válvula hacia el puerto de transferencia, lo que a su vez provoca que, en el tipo de rifles en cuestión, de no instalársele a la válvula de disparo un aditamento conocido como regulador, el pico de velocidades de salida en boca de cañón para la munición será visto entre los primeros disparos. Existe también la posibilidad de incrementar la presión tarada de la válvula de tal forma que con ello se alcance un proporcional aumento de potencia del arma (Lozano Sánchez, 2015).

Pero si bien es este sistema de válvulas el que permite otorgarle la energía al proyectil y lo caracteriza de los demás tipos, sin las demás piezas componentes del arma no se podría hablar de un arma en sí, sino más bien de un mero tanque de aire. Las principales partes encontradas en la mayoría de armas de esta categoría no se alejan mucho de la estructura básica de las de cualquier otro tipo, mencionándose entre ellas el mecanismo disparador, compuesto por la cola disparadora y un fiador; el de amartillado, provisto de un cerrojo y un martillo, una recámara donde se dispondrá de la munición y un cañón, comúnmente alojado en el recibidor, que se une con el alojamiento de la válvula dejando una especie de recámara interior también conocida como puerto de transferencia, ya mencionado en el apartado previo. Es posible agregársele a la válvula de disparo una precámara de aire comprimido conocida como regulador, con la finalidad de mantener el mismo nivel de presión luego de cada disparo, siempre que la presión en el tanque sea la mínima establecida para el mismo (Lozano Sánchez, 2015). Este artefacto funciona mediante la mantención en su interior una presión constante de acuerdo a la que esté tarada. Al darse el accionar de la válvula de disparo, se libera el aire en el interior del regulador, haciendo que el arma ofrezca velocidades muy similares para un rango concreto de presión el depósito de aire. La finalidad de preservar a esta dentro un determinado rango le otorga a la munición velocidades de salida consistentes entre disparo y disparo, siendo que, de variar mucho la presión, decaería notablemente la velocidad con la que sale expulsado el proyectil. El lapso de valores de presión en los que los proyectiles mantienen velocidades similares es conocido como "sweet spot", o "punto dulce", del rifle (Lozano Sánchez, 2015, pág. 23).

El funcionamiento de estas armas durante el ciclo de carga y descarga, a sabiendas de lo anteriormente mencionado, se explica partiendo desde el amartillado, cuando el martillo es desplazado hacia atrás por acción del cerrojo hasta que el fiador queda bloqueado. La distancia desde la posición de reposo a la posición de armado es conocida



como la carrera. Al accionarse el disparador, el martillo es liberado y golpea al final de su recorrido a la recámara, la cual a su vez impacta contra un vástago presente en la válvula que la desplaza respecto de su asiento y permite el flujo de aire. El volumen de aire liberado se moviliza entonces hacia el puerto de transferencia y de allí a la recamara donde se encuentra el proyectil, impulsándolo por el cañón hacia afuera del arma.



Piezas componentes del sistema de disparo de un rifle P.C.P. Imagen recuperada de:  
<https://airenlaces.blogspot.com/2013/11/rifles-de-aire-pcp.html>





## *Municiones*

No se puede adjudicar la característica precisión de las armas aquí tratadas únicamente a su sistema de carga o de disparo, o a sus diseños livianos, sino que, al igual que en otras, es determinante el tipo de balines que utilizemos (Guzmán, 2018).

A sabiendas de los métodos de funcionamiento de las armas de aire, y en consideración de la que será la variable independiente en este trabajo, el siguiente factor sobre el cual es necesario interiorizarse, son las municiones que estos pueden emplear en la actualidad, y es que existe una variedad de balines tan larga como la de necesidades que pueda tener un tirador. En primer lugar, una munición óptima para armas de aire comprimido debería entrar y encajar perfectamente en la recámara, así evitando la fuga de gases en caso de existir huecos, o un desgaste innecesario del cañón de ser muy ancho para este. Siguiendo con este razonamiento, tendría que poder expandir su cola por la presión del aire, de tal manera que funcione como sello entre el aire comprimido que lo impulsa y la boca del cañón, y asegurando así que esta tome adecuadamente las estrías del ánima para proporcionarle un correcto balance al salir del arma (Guzmán, 2018).

Encontrándose desde simples cilindros compuestos de plomo, de cabeza plana para la práctica de tiro al blanco hasta complejos proyectiles que mezclan aleaciones de metal con injertos plásticos para asistir en la penetración de animales de caza, al día de hoy se desarrollan un sinnúmero de tipos distintos de proyectiles para estas armas. Si lo que se busca es comprender en su totalidad el patrón de una herida, es necesario examinar los factores que componen a estas municiones (Davidson et al, 2010), puesto que, de acuerdo con la forma de la punta y la falda, podrán variar la penetración, expansión, y la resistencia aerodinámica de estas sobre un objetivo. Las clasificaciones que se pueden dar para los balines de armas de aire siguiendo este lineamiento son según su calibre, forma de su cola o falda, y forma de su punta (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), y se pueden mencionar entre los más prolíferos:



• **Según su calibre:**

- .177" o 4.5 mm.: Siendo uno de los más pequeños, este ofrece las más altas velocidades en salida de boca del cañón para una determinada cantidad de energía neumática (Guzmán, 2018). Se le prefiere para las prácticas de tiro y la caza de plagas pequeñas, puesto de que toman una trayectoria más lineal que otros calibres más pesados como el .22" (Heard, 2013).

42

- .22" o 5.5 mm.: Teniendo una ganancia considerable en peso y tamaño comparado al calibre antes mencionado, se les permite a estos balines transportar más energía. Según el peso que se le dé en su fabricación a este tipo de munición (que puede llegar hasta los 32.4 granos, equivalente a 2.1 gramos) un arma de aire con suficiente carga sería capaz de transmitirles a estos una potencia mayor a los 65 julios (Rodríguez-Navarrete et al, 2015).

- .25" o 6,35 mm.: Este es el calibre para armas de aire de mayor tamaño disponible de manera común en el mercado (Heard, 2013). Por su elevado peso, es recomendado, y se suele encontrar únicamente, en armas neumáticas de alta potencia, cuya dedicación tiende a la de la cacería de animales de tamaño medio. Se lo reconoce por tener la mayor capacidad de retención de energía de todos los calibres de uso común, lo que se traduce en un impacto mucho más potente, explicando así su uso en la "*Medium Game Hunt*".



Diseño digital de la diferencia de diámetro entre distintos calibres. Imagen recuperada de:

<https://www.armasac.com.ar/foro2/viewtopic.php?f=59&t=16297>



• Según su cola o falda:

- Postas: También denominados como “slugs” o “cilíndricos”, tienen la peculiaridad de presentar el cuerpo y la cola del proyectil como un cilindro macizo. La función de este tipo de munición es la de transferir mayores cantidades de energía sobre un objetivo, aumentándose el peso del balín por medio del engrosado y la forma distintiva del cuerpo de estos.

43

- Con falda: Conocidas popularmente como “*skirted pellets*”, este diseño es el más visto y utilizado en la fabricación de municiones de aire. Su función principal la de expandirse por efecto del paso del aire comprimido en el cañón con el fin de sellarlo, de tal manera de que no se desperdicie aire, al escaparse este por un reborde libre entre el cañón y el balín.



Del lado izquierdo, una imagen representativa de un proyectil de arma de aire con cuerpo con falda. En el lado derecho, una munición de cuerpo macizo tipo posta.  
Imágenes recuperadas de: <https://hardairmagazine.com/reviews/shooting-fx-slugs-and-pellets-in-an-impact/>



• **Según su punta:**

- Balines de punta redonda: Conocidos también como “esféricos”, “domed”, o “round nose”, este tipo de munición es de las más antiguas fabricadas para rifles de aire junto con las de tipo esférico. Compuestos completamente de plomo, son de poco peso y de uso multipropósito, siendo comúnmente utilizados para prácticas de tiro al blanco, ahuyentar alimañas, y caza menor (principalmente para aves pequeñas). Su parte superior o punta del proyectil es casi o totalmente esférica, mientras que el cuerpo y la cola suelen tomar una forma cónica, con similitudes a la de una mitad de un reloj de arena (Di Maio, 1999, pág. 294).

- Balines cónicos: Para uso multipropósito, se caracterizan por tener un refuerzo en la parte superior en forma de semiesfera o cono. Si bien su cuerpo está compuesto de la misma manera que los balines de punta redonda, el componente y grosor de la semiesfera reforzada es diferente, ajustándose al uso que se le desee dar a la munición. A pesar de encontrarse mucho para tiro a siluetas (“Field Target”), existen modelos de caza con puntas completamente macizas.

- Balines Spitz: Proveniente del vocablo alemán para “punta” o “puntiagudo”, la munición de este tipo se caracteriza por poseer una parte delantera completamente cónica, simulando la punta de una flecha. Nacieron bajo la premisa de que la punta cónica les proporcionaría un mejor índice de penetración en la caza de animales, ámbito en el que se encuentran mayoritariamente estos proyectiles. Pueden aparecer fabricados en plomo, o con recubrimiento de cobre para ampliar aún más la penetración de estos al impactar en un blanco como podría ser la piel de una liebre.

- Balines de punta hueca: Denominados en el hábito general como “hollow point”, funcionan como sus contrapartes en armas de fuego. Este tipo de munición dispone de una zona hueca en su parte delantera que está diseñada como punto de ruptura artificial en el



momento del choque contra un cuerpo blando (Guzmán, 2018), y suele encontrarse formada por aleaciones de metal para otorgarle mayor resistencia a la penetración. La deformación que se da sobre el objetivo de tipo controlada, y su objetivo es el de lograr un alto índice de expansión. (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 54)

- Balines de punta plana: Referidos también como “wadcutter pellets”, estos poseen una parte delantera totalmente alisada. Hechos en su totalidad de plomo, son de uso único para la práctica de tiro al blanco (aunque se los puede utilizar para ahuyentar alimañas, mas no se conviene), puesto de que la confección de sus puntas es ideal para cortar un hoyo en un blanco que puede ser de cartón o papel madera.



De izquierda a derecha, imágenes referenciales de proyectiles de punta redonda, punta cónica tipo slug, punta Spitz, punta hueca y punta plana. Imágenes recuperadas de: <https://www.armasac.com.ar/foro2/viewtopic.php?f=59&t=16297>



## Conceptos de análisis balístico externo

Una vez que son expulsados de la boca del cañón de un arma, los factores que afectan a los proyectiles hasta impactar sobre un blanco son objeto de estudio de la balística externa, los cuales, aunque no sea muy ocurrente, pueden llegar a ser de mucha relevancia como evidencia en una investigación. Interesándose este trabajo en encontrar relaciones entre distintos tipos de municiones y las heridas que estas puedan provocar, se hará omisión de detalle sobre los factores que no intervengan de manera primordial sobre los estudios, como por ejemplo es el caso del alcance máximo, y la acción del viento sobre los proyectiles.

Los dos principales factores que afectan al desempeño de una munición al abandonar el cañón son la resistencia del aire en su punta y el efecto gravitacional de la Tierra. Como resultado de estas fuerzas, la bala seguirá una trayectoria de tipo parabólica (Heard, 2013). Gracias a la física, el camino que toma un proyectil puede ser predeterminado mediante fórmulas, de saberse un grupo de caracteres referentes a la velocidad, forma, peso y densidad de la munición, y siendo un producto de ese análisis el valor de energía que se pierde durante este recorrido. El siguiente paso para la balística es el de encontrar la relación entre este último factor y los daños provocados sobre el objetivo final donde impacte la bala, nutriéndose del previo conocimiento de todos los datos ya recolectados. Se mencionan entonces como aquellos parámetros que afectan al desplazamiento de una munición por el espacio y su consecuente pérdida de energía a:

- **Coefficiente Balístico:** Entendido como la medida expresada por un valor numérico que describe la capacidad que tiene un proyectil para superar la resistencia del aire en vuelo. La eficiencia aerodinámica que se obtiene parte de un sistema comparativo, donde el valor de un coeficiente será menor o igual a uno (1) en relación con el estándar de un proyectil modelo (Guzmán, 2018, pág. 45). La munición norma se origina en el “proyectil C” definido por la siderúrgica de armamentos alemana Krupp en 1881 para armas de fuego (Guzmán, 2018). Posteriormente sería instaurado como la primera munición de referencia, con el nombre “G1”. Existen modelos de comparación desde el “G1” hasta el “G7”, surgiendo acorde a los avances en el diseño de municiones a través de los años; por su



lado, para balines de arma de aire, se designó como referente al modelo “GA”, un proyectil de punta redonda y cuerpo con falda tipo “diávolo”. Cuando se lo registra con un valor bajo, se entiende que la munición sufre de una pérdida de velocidad mayor durante su recorrido, y por consecuencia transmite menos energía al blanco impactado (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Es resultado de un cálculo matemático del cual derivan otros dos factores influyentes sobre la desaceleración de una bala, siendo estos:

- *Densidad Seccional*: Definida como la proporción entre el diámetro o calibre y el peso de una munición, es la masa de una bala dividida por el área que cubre. Se representa como el cociente entre el peso y el diámetro elevado al cuadrado. Estando el valor del peso directamente relacionado con el potencial de una bala para transportar energía, y siendo las secciones<sup>16</sup> de esta aquello que provoca su resistencia con el aire, se puede usar la densidad seccional para estimar y comparar el nivel de penetración entre proyectiles, además de su comportamiento al transportarse por el aire (Guzmán, 2018).

- *Factor de Forma*: Se conoce como tal a la relación que existe entre la forma de un proyectil y la resistencia que el aire ejercerá sobre este. La presión ejercida por el aire sobre la punta de una bala causa resistencia, cosa que, de manera gradual, va reduciendo la velocidad del proyectil. El nivel de resistencia ejercido por el aire se verá alterado en base a la forma de la munición utilizada, teniendo, por ejemplo, menos resistencia del aire una bala de punta cónica si la comparamos con una de punta plana (Heard, 2013, pág. 125).

• **Velocidad de salida en boca de cañón**: Respecto a proyectiles, se interpreta a este valor de velocidad como aquel que poseen estos al momento de salir del extremo del cañón de un arma. En el caso de las municiones no autopropulsadas, siendo su contraparte los misiles, alcanzan su velocidad más alta al salir por la boca del cañón y cae constantemente debido a la resistencia del aire que influye sobre el proyectil. Es uno de los factores principales de análisis para las últimas dos ramas de la balística, puesto de que, a mayor velocidad de salida, mayor será la energía cinética con la que este cargue, y por consecuencia mayor será la disipación de esta en contacto con tejidos (Davidson et al, 2010). En las armas de fuego convencionales, este factor se determina en base a la cantidad y calidad de propulsor, la masa del proyectil y la longitud del cañón, pero siendo

<sup>16</sup> El diámetro de un proyectil.



que para este trabajo se estudian armas de aire, la calidad del propulsor es ignorada y su cantidad trasladada al concepto de presión. En base a las velocidades registradas respecto de su capacidad de viajar por debajo o sobre la velocidad del sonido se puede calificar a la munición como subsónica, transónica o supersónica.

• **Energía en boca de cañón:** También conocida como “Muzzle Energy”, es probablemente la propiedad más importante cuando se habla de balística externa y de efectos (Heard, 2013, pág. 134). Se trata de la energía cinética que carga el proyectil al ser expulsado por el ánima de un arma. Esta figura, sin considerar factores como la aerodinámica y la gravedad, permite dar indicaciones sobre el poder o potencial destructivo de los proyectiles, el cual luego se puede anexar al estudio lesionológico de un objetivo. El valor de este factor se encuentra ligado al anteriormente mencionado junto con la masa de la bala a estudiar, siendo la energía proporcional a la masa y proporcional al cuadrado de la velocidad. Siendo que la energía no puede ser creada ni destruida, esta puede ser predicha a sabiendas de la velocidad que lleva un proyectil, permitiendo inferir con qué cantidad impactará sobre tejido humano y el potencial de este para causar daño (Davidson et al, 2010, pág. 196). Es además de vital importancia entre las consideraciones legales de varios países del mundo a la hora de determinar si un arma de aire comprimido entra o no dentro de sus regulaciones (Heard, 2013), como ya se ha mencionado al principio de este marco.

• **Momentum:** Como concepto prestado de la física, el momento se refiere a la cantidad de movimiento de un objeto respecto de su masa, y se calcula multiplicando estos dos valores. La propiedad que más interesa dentro del ámbito balístico para este factor es la de que se conserva después de una colisión, tal que, si dos o más objetos colisionaran entre sí, la cantidad de movimiento total de ambos se mantendrá igual a la que era antes del choque. Se puede emplear para obtener aproximaciones sobre algunos valores como el retroceso de un arma en relación a su munición, o la velocidad final de una bala en el momento de impacto. Por esta razón, se lo estudia en las tres ramas de la balística, centrándose este trabajo en su aplicación dentro de la rama de efectos del disparo.





## Conceptos de análisis balístico de efectos

Entendida como el estudio de los efectos provocados por un proyectil al impactar sobre un material sólido o líquido, la balística de efectos es la siguiente herramienta y rama de la disciplina de la balística de la que se utilizarán conceptos para la comisión de esta investigación. Aunque analizada en conjunto, se puede subdividir a esta área según el foco que se quiera hacer sobre el impacto, siendo para la capacidad que tiene una munición de penetrar distintos materiales el “potencial de penetración”, y, para el interés en los efectos que transmitirá un proyectil en movimiento sobre tejido vivo, la “balística de heridas” o “wound ballistics” (Di Maio, 1999, pág. 71) (Heard, 2013). Si bien ambos conceptos están ligados, es de vital importancia tener una clara concepción de estos para su aplicación en materia penal a la hora de interpretar un caso donde se presenta un fallecido, habiéndose visto ya legislaciones como la de Reino Unido, donde definen a un arma como letal según su capacidad de causar heridas penetrantes sobre la piel, sin ahondar sobre características influyentes en este resultado, como la edad, estado físico y región afectada en la víctima, o la forma del proyectil utilizado. (Heard, 2013, pág. 137)

### *Piel y tejido humano*

Otro es el caso de la balística de heridas, donde se profundiza sobre los efectos que produce un proyectil desde que incide en un blanco hasta que se detiene, para tejidos y órganos vivos, principalmente en seres humanos. En primer lugar, se dice que una bala, para ser capaz de generar daños significantes sobre un ser vivo, deberá perforar su primera barrera de protección, siendo esta la piel (Di Maio, 1999). Esta se diferencia de los demás tejidos del cuerpo al ser capaz de soportar una mayor cantidad de energía, traducida en velocidades de impacto superiores, antes de ser perforada. Se hace de vital importancia entonces, tener conocimiento de la velocidad mínima capaz de efectuar una perforación en el tejido dérmico, para motivos de este trabajo, como también para peritajes forenses donde se vean involucradas armas de aire. Habiendo una abundante cantidad de material académico referente a estudios encaminados a este resultado en municiones para armas de fuego, se recogió data del que fuese el más apropiado en relación a los parámetros puestos



para este trabajo, siendo así apreciadas las conclusiones de un estudio de Di Maio (1999) donde proyectiles de arma de aire comprimido de calibre .22 estilo “skirted” con un peso promedio de 16,5gr. perforaron inicialmente la piel de una cintura humana a una velocidad de 75 m/s, volviéndose este efecto consistente a partir de los 87 m/s y más (Di Maio, 1999, pág. 274). Otros autores mencionan también, que la resistencia mecánica de este tejido puede ser vencida habiéndose superado una velocidad aproximada al impacto de entre 55 (Dalgic et al, 2010) y 75 metros por segundo (Wightman et al, 2013) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) (Isik et al, 2016) en base a la munición utilizada, encontrándose en acuerdo con lo tratado por Di Maio. Los tejidos en general tienen una susceptibilidad a sufrir lesiones que les es propia de cada uno de ellos, en tanto y cuanto sea el grado de densidad y elasticidad que posean, variando con estos el nivel de deformación causado por el impacto de un proyectil y su efecto de cavitación (Davidson et al, 2010). Se explica así que, entre mayor sea la densidad del tejido, mayor será el grado de lesión y a mayor elasticidad, menor lesión (Magaña Sánchez et al, 2011, pág. 52). La resistencia superior de la piel en particular, es debida al elevado grado de elasticidad que posee, estando compuesta por colágenos y fibras de elastina, dos componentes sumamente elásticos que le permiten estirarse hasta cierto punto sin sufrir daños graves. Una vez que un proyectil impacta a este tejido, la piel se estira hasta que se vence su ya mencionada resistencia, al punto de romperse, dejando paso a la munición, que ingresa dentro del cuerpo continuando con su trayecto mientras se encuentra con variedad de tejidos, órganos y huesos que disipan la energía portante de la munición. Este último proceso importa un recambio energético entre la bala y los órganos con los que se topa, conocido como fenómeno de cavitación, constituido por la formación de dos cavidades, una cavidad permanente que es causada por el efecto del proyectil cruzando tejidos por efecto directo, y una temporal producida por el desplazamiento tisular secundario a la onda de expansión producida por el proyectil (Magaña Sánchez et al, 2011). No se puede dejar de lado la incidencia de la munición en si dentro de este campo, como prueba Di Maio (1999) al examinar distintas velocidades de penetración de la piel según el calibre y peso de cada bala, siendo que el comportamiento propio de estas también afectará al daño causado. El calibre de los proyectiles, y por correlación también de un arma, han de determinar el tamaño de los orificios de entrada y de salida, junto con el ancho de la antes mencionada cavidad permanente. A pesar de esto, no deberían ser tomados más allá de un nivel referencial a la hora de un análisis lesionológico sobre las dimensiones mínimas de la munición, puesto de estas son capaces de causar orificios de entrada de mayor tamaño que



el propio (Davidson et al, 2010, pág. 196). Ya ha sido tratado el grado de penetración según qué órganos pueda encontrarse, pero es necesario también considerar la fragmentación de una munición que puede resultar en múltiples proyectiles, cada uno con menor energía, pero causando un patrón de daños más severo. Esto puede ocurrir porque el balín se fragmenta al impactar con material duro como el hueso, o por ser diseñado con una punta o material designado particularmente para esta acción. El diseño y composición de los proyectiles son dos factores importantes a la hora de tratar con la transferencia de energía entre estos y un cuerpo, y, si bien el tipo a utilizar depende del contexto, en general se puede unificar a estos en dos grandes grupos, los que fueron diseñados para fragmentarse al impacto, y los que se fabricaron para deformarse lo mínimo posible (Davidson et al, 2010). De no darse la fragmentación, la bala puede deformarse y/o tomar una forma similar a la de un hongo<sup>17</sup>, producto del aplanamiento de esta, y cavitando una forma de mayor anchura dentro del cuerpo (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2010) (Wightman et al, 2013). Una posibilidad final, particularmente con armas de mayor potencia como son las armas de fuego, es la fragmentación ósea, y si bien esto puede ocurrir, es mucho menos probable a darse en disparos con armas de aire.

Los dos factores que se tienen en consideración en el análisis del proceso de perforación de la piel para el trabajo en cuestión, son el anteriormente tratado momentum y la energía cinética que carga la munición. Existiendo otros como lo son el “stopping power” o poder de detención, y el nivel de shock traumático recibido por el objetivo, estos no serán considerados como relevantes para la comisión de este trabajo, puesto de que se centran en el carácter incapacitante de las municiones y no en su capacidad para provocar heridas. Al penetrar efectivamente la barrera dérmica, siempre y cuando el proyectil aun conserve energía, aplasta y tritura el tejido que se encuentra en su camino, estirando parte de este hacia “afuera” de manera radial a su trayectoria produciendo una cavidad temporal con un periodo de vida de unos 5 a 10 milisegundos, considerablemente más grande que el diámetro de la bala (Di Maio, 1999, pág. 71), repitiéndose este efecto cíclicamente hasta que la energía cinética es disipada en su totalidad (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001, pág. 268). La naturaleza temporal de esta cavidad es resultado de la elasticidad natural del tejido animal, que le permite recuperar su forma original una vez pasada toda la energía

<sup>17</sup> A este fenómeno se lo conoce dentro del área de la balística como “mushrooming”, donde la punta toma una forma semicircular parecida en figura a la cabeza de un hongo.



cinética del proyectil (Heard, 2013), pero no siendo así en el caso de la cavidad permanente efecto del recorrido destructivo de la bala por el cuerpo. Las dimensiones de esta se verán determinados por la morfología de los proyectiles, la elasticidad del área impactada y la presencia de huesos u órganos, y otras estructuras<sup>18</sup>. Es por esta razón que cada impacto de proyectil sobre el cuerpo humano siempre varía en sus resultados, siendo que el cuerpo no se encuentra compuesto de manera uniforme por materiales de una única densidad, encontrándose huecos, bolsones con fluidos, huesos y material cartilaginoso, siendo así el factor del lugar de impacto de la bala, de vital relevancia para el análisis balístico de las heridas. Si un órgano como el cerebro o el corazón fuesen impactados por un proyectil a distancias bajas, la muerte podría ocurrir a pesar del bajo nivel de energía cinética liberado (Manzano-Trovamala Figueroa, 2001, pág. 268). Estas consideraciones han llevado a la búsqueda de algún material capaz de simular de manera aproximada las características físicas y elásticas del tejido humano en general, y siendo las pruebas sobre animales y cadáveres humanos algo controversial, se terminó creando a la que sería llamada como gelatina balística, calibrada para emular la resistencia de la musculatura humana.

### *Gel balístico*

Una de las principales ventajas de la gelatina balística, es la de su bajo y sencillo coste de producción, pudiéndose fabricar bloques de una calidad idónea para trabajos científicos de manera casera, siempre y cuando se siga un procedimiento adecuado. Esta tiene la particularidad de poder simular a los tejidos vivos blandos de un ser humano, equiparándose tanto en viscosidad y densidad, dándose resultados similares ante el impacto y trayecto de un proyectil por ellos (Heard, 2013, pág. 146), pero a su vez, sin poseer la estructura tisular de estos (Nicholas et al, 2004). Con esto en mente, se considera que los bloques de gelatina preparados correctamente mantienen una composición de tipo homogénea, mientras que los humanos vivos, entre arterias, venas, músculos y demás, poseen un cuerpo de naturaleza heterogénea. (Nicholas et al, 2004). Diferencias en la densidad y composición del tejido humano, como los huesos y los órganos densos como el hígado, plantean problemas para el

<sup>18</sup> Se pueden también efectuar análisis sobre el comportamiento de la munición sobre la piel previo contacto con ropa, injertos quirúrgicos, o hasta planchas de madera.



modelo de gelatina. Ahora, si bien es cierto que esta complicación plantea que los bloques fabricados no podrían ser capaces de dar resultados idénticos a los que se registran sobre tejido vivo, no es necesario que el compuesto posea exactamente las mismas propiedades biomecánicas que el órgano a estudiar, siempre que los resultados puedan medirse y extrapolarse o escalarse adecuadamente para reflejar lo que sucede en un tejido vivo (Jussila, 2004). Siendo que, para la comisión de este trabajo no se planea registrar heridas sobre más que dos tejidos, la piel y, de darse el caso, el cerebro siempre que un proyectil perfora por completo el cráneo y se haga paso hacia este último, la problemática anteriormente mencionada no se hará efectiva sobre los resultados a recoger. También se debe mencionar la practicidad que tiene el experimentar con gelatina como emulador de tejido en la investigación balística de efectos, siendo que el modelo fabricado proporciona una visualización de los eventos ocurridos al impactar la munición, incluida la trayectoria del proyectil y la interacción entre este y el tejido (Nicholas et al, 2004). Los perfiles de los bloques permiten observar la penetración de la bala, su deformación y fragmentación a lo largo del camino, así como la destrucción del tejido a causa del aplastamiento, que forma la cavidad permanente, como del estiramiento, causal de la cavidad temporal. El proyectil puede ser fácilmente recuperado, lo que hace que este modelo sea ideal para la medicina forense, y la visualización del perfil de la herida ha demostrado ser una herramienta para el tratamiento de heridas (Nicholas et al, 2004).

Se considera entonces que, un buen compuesto de gelatina, emulando tejido vivo, debería de contar con las siguientes cualidades (Jussila, 2004):

- Similitud en la desaceleración del proyectil entre el bloque y el tejido vivo para el que se ha validado la gelatina;
- Similitud en el comportamiento de deformación del proyectil;
- Similitud en la disipación de energía cinética;
- Capacidad de medición de la disipación de energía cinética con una precisión razonable;
- Extrapolación del diámetro de la cavidad temporal;
- Comportamiento elástico similar al tejido vivo para la observación y medición de la formación de cavidades temporales y compresión tisular;
- Extrapolación del diámetro de la cavidad permanente; y
- Reproducibilidad





En son de esta investigación, se busca cumplir con todas las normas factibles de comprobación, a la hora de fabricar bloques de gel, puesto de que se complicaría, ante la ausencia de instrumental de tomografía computada, registrar el diámetro de la cavidad temporal dentro del cuerpo porcino. Sin embargo, se ha cuestionado la credibilidad de los informes científicos asociados con el uso de gelatina debido a que no existen normas acordadas para prepararla (Jussila, 2004). Es por ello, que el investigador se referirá al método más apropiado para las condiciones puestas para los experimentos a realizar, siendo este, una versión ligeramente modificada para este trabajo, del medio de preparación empleado por el “*Federal Bureau of Investigations*” norteamericano (F.B.I.) (Nicholas et al, 2004, pág. 20). Este, cita que se deberá:

- Pesar dos (2) libras. (900 gramos) de gelatina en polvo y dejar a un lado.
- Pesar 18 libras. (8165 gramos) de agua caliente a 60 °C (140 °F) en un balde de plástico. (El FBI utiliza una báscula que pesa con una aproximación de 0,01 lb).
- Añadir 2,5 ml. de antiespumante al agua caliente.
- Agregar aproximadamente 0,5 ml. de aceite de canela al agua caliente (evita el crecimiento de hongos).
- Mientras, con un taladro a batería con una paleta mezcladora adjunta, mezclar el agua hasta el punto de formar un remolino, pero sin introducir aire en la mezcla.
- Mientras se mezcla el agua, agregar lentamente la gelatina en polvo.
- Verter la mezcla en un molde limpio.
- Dejar reposar a temperatura ambiente durante aproximadamente 4 horas.
- Escribir la fecha en un pequeño cuadrado de cartón y colocarlo encima de la mezcla.
- Colocar la fuente con la mezcla en el refrigerador a 4 °C (39,2 °F).
- Dejar curar durante 36 horas (Los bloques más grandes requieren un mayor tiempo de curado, por ejemplo, un bloque de 80 libras (36 kilogramos) requiere 96 horas para curar).



*Imagen de un bloque de gel balístico al momento del impacto por múltiples proyectiles, nótese como se preservan las cavidades y, al momento de tomarse la fotografía, se observa una representación de la cavidad temporal provocada. Imagen recuperada de:  
<https://www.armas.es/peligros-de-la-sobrepeneracion-en-la-municion-policial>*

### *Piel y tejido porcino*

El otro factor a tener en cuenta, siendo severamente baja la disponibilidad de muestras de tejido humano recién extirpados para la investigación biofísica y biomecánica que involucra la piel, incluida la investigación de marcas por heridas por arma de fuego, mordeduras, la cicatrización de estas y las pruebas transcutáneas de dispositivos de micro agujas (Ranamukhaarachchi et al, 2016), es el desafío que esto plantea para los avances tecnológicos en muchas disciplinas, siendo el campo de la balística de efectos uno de los más afectados. Ahora, la piel es un órgano complejo, integrado y dinámico que tiene muchas funciones distintas según el animal del que se trate; esta puede ser vista como un órgano endocrino, cuyas diferencias al cambiar entre especies afectaran de manera drástica a las propiedades que tiene como barrera de protección (Monteiro-Riviere et al, 2005, pág. 17). El proceso de recolección de muestras de este tipo en humanos suele ser costoso, desafiante, y repleto de contratiempos burocráticos respecto de las instituciones capaces de suministrarlas, sumado al alto grado de tenor científico que debe revestir a un trabajo como para ser considerado apto de recibirlas. En son de la mirada general poco ética sobre esto, una gran masa de científicos y académicos no ha tenido más opción que decantarse por encontrar alternativas similares a estos tejidos, investigando con distintos compuestos y materiales hasta llegar a un material idóneo. Como ya se ha tratado anteriormente, el área de la balística recibió como emulador de tejido al gel balístico, perfecto para el estudio de



heridas y el comportamiento de todo tipo de proyectiles sobre la piel humana, con la particularidad de no poseer su misma estructura (Nicholas et al, 2004, pág. 1). La situación deja a los académicos con otra opción en sus manos, tejidos de otros seres vivos. La piel animal, especialmente de pequeños mamíferos, ha servido como un sustituto común del tejido humano (Ranamukhaarachchi et al, 2016). Sin embargo, a cada tipo de especie animal le corresponden para su piel propiedades anatómicas y fisiológicas con diferencias significativas en comparación con la piel humana. Se encontró que el símil más preciso para la piel humana era la piel porcina, desde las perspectivas de anatomía y fisiología, inmunogenicidad, composición celular y morfología (Monteiro-Riviere et al, 2005, pág. 17) (Ranamukhaarachchi et al, 2016). Y siendo que el modelo animal óptimo para pruebas debería ser representativo de estas funciones, varias instituciones y estudios han aplicado a este tejido como material de prueba. La piel de cerdo posee en su constitución, en cuanto al grosor epidérmico y la relación de grosor dermoepidérmico, valores parecidos a los de la piel humana. El grosor de su dermis es de aproximadamente 3 milímetros y el grosor de su epidermis está en la región de 21-26 y 70  $\mu\text{m}$ , respectivamente, siendo solo un poco más grueso que el del tejido humano. (Lima-Fujita et al, 2017, pág. 2). La disposición de las fibras de colágeno en la dermis y las proteínas presentes en esta también son similares a las de la piel humana (Monteiro-Riviere et al, 2005) (Lima-Fujita et al, 2017). Y si bien la anatomía vascular de la piel humana es superior a la de la piel de cerdo, esta última, en especímenes neonatos, se caracteriza por tener casi la misma estructura tanto para glándulas sudoríparas como para cantidad promedio de folículos pilosos, diferenciándose en la presencia de un músculo inter folicular, a diferencia de los que se encuentran en la piel porcina adulta (Monteiro-Riviere et al, 2005, pág. 17) (Lima-Fujita et al, 2017). A razón de esto es que se considera a la piel porcina como el elemento idóneo para las experimentaciones a ser realizadas, esperándose una respuesta mecánica de esta a las municiones similar a la que se vería en la piel de un ser humano.





## Herramientas de trabajo

Como última instancia pertinente de mención, se debe contar en todo peritaje balístico con la presencia de instrumental especializado en la recolección de datos sobre los proyectiles. Pudiéndose determinar todas las características de estos, se hará uso durante este trabajo de aquellos afines a las mediciones de peso, dimensiones, y velocidad en boca de cañón. Siendo que, en la práctica, la información referente a la morfología del proyectil no será de tipo dubitada como podría ser en el marco de una investigación, los dos primeros valores a obtener serán relevados a modo de confirmación, usando los valores ofrecidos por las distintas empresas fabricantes para dar con el peso de la munición, dado como una forma de expresar la fuerza de la gravedad sobre el proyectil, y la conjunción entre un calibre y una escala o regla para sacar el ancho, largo, y grosor de las balas estudiadas. En el caso de la velocidad en boca del cañón, siendo de que es el coeficiente principal a saber para la reconstrucción de un disparo, se hará uso de un cronógrafo. Este tipo de dispositivo está diseñado para detectar el paso de un proyectil a través de dos sensores separados por una distancia conocida, reaccionando ante la variación en el nivel de luz cuando un proyectil pasa a través de ellos, y reuniendo esta información en un microprocesador que calcula los datos de tiempo. El resultado que otorga el aparato permitirá calcular posteriormente otros factores relevantes anteriormente mencionados, como la energía cinética que luego aplicará al espacio de la lesionología.

Aquellos valores referentes al campo de la balística externa y de efectos, como puede ser la velocidad final de un proyectil al momento de impactar contra su objetivo, el coeficiente balístico, o la cantidad de movimiento que preservan pueden ser calculados mediante operaciones matemáticas de manera manual, como se ha hecho en épocas pasadas en las que la tecnología no llegaba a darnos las herramientas que se pueden ver hoy. Haciendo provecho de esto, al día de la fecha existen múltiples programas y aplicaciones brindados tanto por instituciones privadas de seguridad como por aficionados del tiro que permiten hacer cálculos balísticos con el único requisito de ingresar en ellos una serie de datos básicos como los mencionados al principio del párrafo anterior. Por su alineamiento con los resultados a obtener en esta investigación, la búsqueda de asistencia computarizada arrojó el que sería el mejor programa de cálculos pertinente al objeto de estudio, de la empresa diseñadora de miras ópticas "Hawke Optics", llamada "Hawke



ChairGun Pro". Este software balístico, lleva a cabo una serie de cálculos analíticos con el fin de predecir, entre una variedad de otros valores, la trayectoria, velocidad, y penetración de un determinado proyectil, tomando como base el peso, coeficiente balístico, la velocidad de salida del cañón, y el ángulo de disparo de este. (Lozano Sánchez, 2015, pág. 75).



## Hipótesis

Posterior al análisis de los trabajos de otros autores, se forja con la ayuda de todos estos conceptos la hipótesis que respecta a la resolución de este estudio:

*“La variación en los tipos de proyectiles a emplear, disparados por un rifle PCP de alta potencia sobre la región craneal y clavicular del cuerpo humano, en distancias comprendidas entre los 10 y 20 metros, influye efectivamente sobre factores como la penetración y el orificio de entrada de una herida, y en esta se aprecia la capacidad de provocar heridas gravísimas”*

Se espera entonces, previa explicación y bajo sustento de los documentos examinados, que la hipótesis de este trabajo se cumplimente con los resultados obtenidos de los experimentos realizados.



## **Metodología de investigación**

El trabajo realizado no podría haberse dado sin la disposición de una serie de dispositivos y materiales específicos, amén a la recolección de datos con la mayor certeza que este investigador pudo lograr. A su vez, la conjunción de objetos por sí sola no habría sido encaminada de manera afín a lo que se buscó probar en este estudio, de no ser por el planteamiento de una serie de pasos metodológicos a ejecutar, una metodología para el trabajo. Partiendo bajo consideración de que el instrumento que fue el rifle de aire tipo P.C.P., se encontraba en posesión del investigador desde hace ya más de cuatro años debido a ser un hobby personal de este el tiro de puntería, se remite su método de obtención a una acotada mención del distribuidor que lo vendió. Cerrado ese tema, se abordan los pasos de formulación del trabajo en forma fáctica de manera cronológica:

60

Como punto de partida consiguiente a la formulación del marco teórico, corriendo el mes de octubre del pasado año 2021, se comenzó por diseñar un plan de acción para facilitar y asegurar la obtención de todos los materiales necesarios para la experimentación, tomándose nota de aquellos de los que ya se hiciera posesión, los restantes a conseguir, y finalmente los espacios físicos idóneos para la comisión del trabajo. Este listado fue confeccionado con la finalidad de funcionar a modo de seguro, para estar al tanto de las cosas que faltaban conseguirse, y a partir de ello, como obtenerlas y de quién. Una vez teniendo todo, hizo de guía procedural para tener en mente el orden en los que debían ser desarrollados los pasos durante las pruebas experimentales.

Habiéndose delimitado los pasos a tomar, se prosiguió con la obtención de los que transportarían la principal variable independiente del estudio, las distintas municiones a disparar. En el mes de noviembre del año 2021, aprovechándose de un viaje personal a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se obtuvieron, gracias a la colaboración de "SWAT POINT", ubicado en Av. Juan B. Justo al 9700, en la ya mencionada C.A.B.A., y, posteriormente, del local de pesca y camping "Heraldo Armas", ubicado en la calle San Martín al 3386, en la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, municiones del calibre 5.5 milímetros, diseñada para rifles de aire comprimido, contenidas en cuatro



contenedores metálicos con información referente a cada tipo de proyectil. Siendo los tipos elegidos:

- Proyectiles de punta plana: "Gold Medal", de la marca argentina "Shilba"
- Proyectiles de punta redonda: "Field Target Trophy", de la marca alemana "Haendler & Natermann Sport" (H&N)
- Proyectiles de punta hueca: "Barracuda Hunter", de la marca alemana "Haendler & Natermann Sport" (H&N)
- Proyectiles slug: "G-Hammer Energy", de la marca española "Gamo Outdoor"



Municiones utilizadas. De izquierda a derecha, los proyectiles de punta redonda, punta hueca, tipo slug y punta plana.

La decisión de operar en las experimentaciones con más de una especie de proyectil deviene de la consideración de estos como variables, entendiéndose a las diferencias que radican entre balín y balín como parámetros que afectan al desplazamiento de una munición por el espacio y su consecuente pérdida de energía. Se explica a la masa, peso, longitud y diámetro de los proyectiles como las principales variables de tipo independiente, que devienen en los posteriores cálculos realizados.

A continuación, siendo producto de la necesidad de obtener y fijar los parámetros antes mencionados, dio fruto en el mes de diciembre del año 2021, la obtención de los primeros instrumentos de medición a utilizar, nombrándose entre estos: una cámara fotográfica y de video de la marca "Canon", modelo "Powershot Sx420 IS", en posesión



previa del investigador, una regla métrica plástica de 20 centímetros de largo de la marca “Pizzini”, una cinta métrica “Assist” de tres metros, y una lupa amplificadora, dispuestas por compra directa en la ferretería “La Hormiga”, ubicada en la calle España al 3043, en la ciudad de Mar del Plata. Además, con la finalidad de facilitar y hacer más seguro el manipuleo del arma de aire a emplear, se comisiono a un familiar directo del investigador, un par de bolsas de arena, las que ayudarían a posicionar el rifle de una manera cómoda, evitándose la interferencia del pulso humano a la hora de efectuar los disparos experimentales, siendo que este factor no entra a colación dentro del trabajo.

Entrado ya el corriente año 2022, es en enero de este cuando se procede con la siguiente fase de este trabajo, en la que se hizo traslado a la localidad de San Andrés de Giles, ubicada en el Partido de San Andrés de Giles, provincia de Buenos Aires, siendo que el investigador disponía de acceso y afinidad a las inmediaciones del Tiro Federal de esta localidad, además de ser estas idóneas para la realización de los experimentos. Una vez arribado a la ciudad, el primer paso tomado fue el de petitionar un área dentro del polígono para completar el experimento, consiguiéndose, gracias a la asistencia brindada por los miembros de la Comisaría de Policía de la localidad, se dispuso como campo de tiro al polígono designado para fuerzas de policía, del Tiro Federal de San Andrés de Giles, ubicado entre las calles Pérez Ovides y Malvinas Argentinas.





*Fotos tomadas en el arribo al predio del polígono de tiro donde se realizaron las pruebas.*

Teniéndose ya habilitado el espacio físico donde proseguir la investigación, la siguiente directiva fue la de obtener los demás instrumentos y dispositivos de medición restantes, siendo estos un medidor de velocidades en salida de boca del cañón, conocido como cronógrafo, y marcadores de distancia de fabricación casera. El primer aparato fue dispuesto en manos del investigador, gracias a la asistencia del tirador deportivo Ricardo Izeta, siendo recibido de parte de este, un cronógrafo modelo Chrony F-1, de la marca canadiense "Shooting Chrony Inc.", para la determinación de velocidades producidas por el rifle en los proyectiles. Aquí se aprecian los factores que emanan de las variables anteriormente mencionadas, y la relación que hay entre ellas. Aparece así la figura de la velocidad de salida en boca de cañón para un proyectil como una variable dependiente, siendo que, a mayor velocidad, más espacio podrá recorrer una bala (Lozano Sánchez, 2015) (Guzmán, 2018) en correlación a su forma, peso, y la presión de aire que el arma le pueda otorgar. A su vez, deviene de la velocidad el concepto de la energía en boca de cañón, siendo la energía proporcional a la masa mientras que proporcional al cuadrado de la velocidad, que se analiza como el resultado de las dos variables antes tratadas. Como se mantuvo un índice estable de presión dentro de depósito de aire, las ligeras variaciones que se encontraron para esta característica quedaron a merced de la forma y masa de la



munición, dejando a este primer factor fuera de las variables del trabajo. Para conseguir el segundo material, teniéndose en cuenta a la distancia como principal variable

independiente, con la finalidad de determinar si la pérdida de energía sufrida por los proyectiles a través de esta causa variaciones en la morfología de las heridas, se manufacturaron cuatro señaladores con inscripciones relativas a las distancias a ser aplicadas durante los experimentos mediante impresora, expresando estas “10 metros” y “20 metros”. con el motivo de visibilizar durante la realización de las pruebas las distancias que se utilizaron.



*Imagen frontal y de perfil del sector del banco de tiro del polígono con el arma de aire y demás insumos preparados para disparar.*





A modo de encontrar un soporte para los blancos a utilizar, siendo que el polígono no contaba con un área donde disponer de blancos de tal tamaño, se encargaron a la maderera local "Méndez", ubicada en la calle Maipú, a la altura 3080, un total de dos soportes tanto para soportar el peso de los blancos como el de la cámara fotográfica que sería la que registraría el impacto de la munición sobre el blanco. Estos se hallaban compuestos por una superficie plana, rectangular, de plástico de 30 centímetros de largo, por 20 centímetros de ancho, atornillada a una estaca de madera procesada de un metro de altura.



*Soportes fabricados manualmente con la marcación pertinente a diez (10) metros de distancia.*



*Conjunto de soportes dispuestos para la realización de las pruebas. Uno sería el que tendría el bloque de gel y el otro mantendría la cámara fotográfica.*

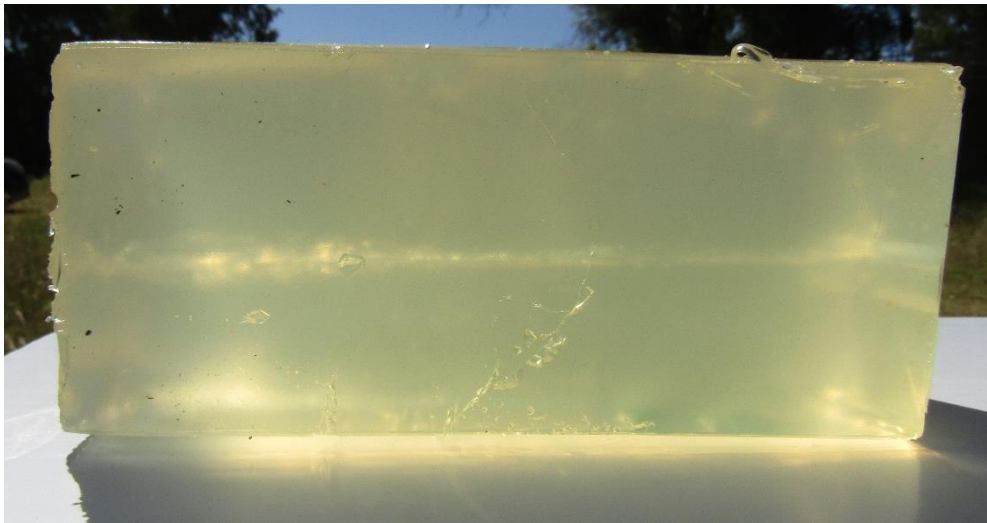
En posesión de todos los elementos de medición, y un área ya delimitada para realizar la experimentación de manera apropiada, se hizo nota de las condiciones climáticas dentro del lapso de la próxima semana, buscándose que estas sean óptimas en tanto y cuanto no existan fenómenos climáticos que puedan intervenir sobre la trayectoria de los proyectiles, como la lluvia o fuertes vientos, elementos ajenos que actuarían a modo de variables intervinientes, sin control alguno del investigador, encontrándose el predio elegido a la intemperie.



A continuación de la notación climática, siguiéndose las instrucciones dadas por el método de preparación de gel balístico para el “*Federal Bureau of Investigations*” (por sus siglas, F.B.I.) norteamericano (Nicholas et al, 2014, pág. 20), con leves modificaciones respecto de las proporciones, se fabricaron ocho bloques de gel balístico, teniéndose a cuenta que, al ser las variables capaces de hacer variar los valores recogidos durante las pruebas, intrínsecas de los proyectiles, aquellas de carácter lesionológico quedan encuadradas como dependientes. La gelatina producida por bloque fue manufacturada de forma que:

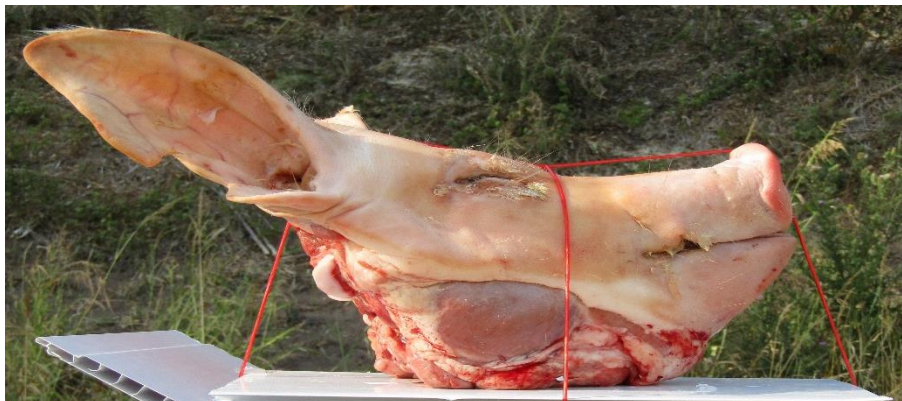
- Se pesaron 100 gramos de gelatina en polvo.
- Se pesaron aproximadamente 1100 gramos de agua caliente a 60 °C en una olla de cocina.
- Se añadieron 15 ml. de glicerina, a modo de antiespumante al agua caliente.
- Con una cuchara grande de madera, se mezcló el agua hasta el punto de formar un remolino, pero sin introducir aire en la mezcla.
- Mientras se mezclaba el agua, se agregó lentamente la gelatina en polvo en forma de fina lluvia.
- Se vertió la mezcla en moldes limpios y desinfectados compuestos de cajas tetrabrik.
- Se dejó reposar a temperatura ambiente durante aproximadamente 4 horas.
- Se anotó la fecha en un anotador que fue depositado a un lado de los moldes.
- Se colocó a los moldes con la mezcla en el refrigerador a 4 °C.
- Se los dejó curar durante 30 horas.

Se produjeron ocho (8) panes de gel de proporciones medidas en promedio de 17 centímetros de largo, siete (7) centímetros de ancho, y siete (7) centímetros de altura, utilizando como molde, cajas de jugo tetrabrik vacías, y como componentes glicerina pura, obtenida de la farmacia “Carnevale”, encontrada en la calle Rivadavia al 676, gelatina sin sabor, conseguida en el bazar gastronómico “Las Granas”, de ubicación en la calle 25 de mayo a la altura 969, y agua corriente, almacenados hasta el momento de los experimentos en un congelador de hogar.



*Imagen de uno de los bloques de gel formulados, posterior al impacto de un proyectil por este. Se puede observar de manera poco nítida el recorrido causado por la munición.*

Como última instancia antes de dar inicio a la experimentación, un día antes de comenzar con las pruebas, se procedió a comprar una cabeza porcina adulta por medio del frigorífico local “Constanzo”, en la calle Rawson, altura 783, que, debido a sus cualidades similares a las de la piel humana, fue elegida para ser blanco de prueba para comprobar el comportamiento de las municiones sobre este. Habiéndose mencionado en el marco teórico el alto grado de similitud existente entre la composición de la piel de cerdo y la humana, revistiendo estas de cualidades anatómicas, fisiológicas y mecánicas casi idénticas, se la consideró como la más idónea para formular las experimentaciones.



*Cabeza porcina obtenida para la realización de las pruebas, fijada sobre los soportes plásticos momentos antes de efectuar las pruebas balísticas.*



## Experimentaciones

La comisión de las pruebas se realizaría, en razón de la disponibilidad horaria del recinto y las condiciones climáticas respecto de la conservación de la carne animal, dispuesta entre dos fechas contiguas, siendo así dadas entre el sábado ocho de enero del año 2022 y el domingo nueve de enero del mismo año. El primer día 08/01/2022, el investigador se remitió a la zona del polígono habilitado para los experimentos, alrededor de las 8:00 de la mañana. El área de tiro fue preparada y compuesta por una banca para tener a mano los insumos, y una banca especial con reposo donde se asentó el rifle, se preparó el cronógrafo, y finalmente se propiciaron los disparos. El proceso de experimentación dado se desarrolló tal que:

Siendo aproximadamente las 8:30 de la mañana del día 08/01/2022, se hace arribo al lugar de experimentación llevando vía automóvil todos los insumos anteriormente mencionados, con excepción de la cabeza de cerdo. Se registro para esa fecha, según el pronóstico del Servicio Meteorológico Nacional, una temperatura máxima de 31°C y una mínima de 21°C; para el momento en que se realizaron las experimentaciones, esta rondaba los 31°C.

En primera instancia, se dispone de todos los materiales a utilizar en un banco de tiro ya presente en el lugar, acomodando las bolsas de arena con el rifle por encima y el cronógrafo por delante de este, las municiones y demás elementos de medición a un costado, y posteriormente se fija de manera fotográfica el estado del área. El lugar se presenta como un área al aire libre con un sector delimitado por un parapeto de chapa techado a modo de polígono, teniendo a 25 metros de ella una montaña de tierra a modo de paredón para detener balas perdidas. El sector derecho, tomando como centro del recinto el polígono y la banca donde reposaría el rifle, se encontraba tomado por yuyales que devenían con un pequeño arroyo, vallado por el personal del Tiro Federal para delimitar la propiedad. Por el lado izquierdo, se aprecia la entrada al lugar, junto con una despensa dispuesta de materiales utilizados para la práctica de tiro de la policía, compuestos principalmente de bancas, blancos sin utilizar y trapos para el mantenimiento de las armas.

Luego se hicieron mediciones de distancia con la intención de colocar los marcadores plastificados, teniéndose como punto de referencia "0", la boca de cañón del arma



neumática a fin de mantener una distancia exacta de diez metros. Una vez completado este proceso, se localizan las dos estacas con soporte en el sector señalado a diez metros de donde se encontraba. A esta distancia donde se localizaron los soportes, se depositó un bloque de gelatina balística en uno, en conjunción a un lado con la cámara de video, registrando segundo a segundo el paso de los proyectiles a través de los bloques.

Se procedió a hacer toma de las mediciones de la munición a utilizar, registrando las características de entre cinco (5) y ocho (8) proyectiles de cada tipo para hallar un valor claro para cada tipo. De estas se obtienen variables independientes como el peso y la masa de los balines, que luego, por medio de cálculos matemáticos se traducen a los conceptos de densidad seccional y factor de forma, características expresadas en forma numérica que prueban estar relacionadas con la pérdida de energía de los proyectiles. Siguiendo con esto, se hicieron cinco disparos de prueba y calibración para medir las velocidades de salida en boca de cañón del arma, comprobando el correcto funcionamiento del cronógrafo.



Arriba: Banco de tiro preparado para realizar los disparos. Abajo: Conjunto de soportes con bloque de gel balístico y cámara fotográfica posicionadas, a modo de registrar los efectos del recorrido del balín por el bloque.

Posteriormente se propinaron los disparos dirigidos hacia los blancos fijados a distancia. Se efectuó un disparo por cada tipo de munición escogida para los blancos de gelatina, manteniéndose una presión constante en el depósito de aire del arma. Una vez efectuado un disparo por bloque, se cesaba la grabación de la cámara y se pasaba a registrar aquellos elementos medibles sobre la cavidad encontrada, a merced de distinguir qué condiciones podrán cambiar y en base a que lo harán, desde el punto de vista de la



balística de efectos. Luego de esto, se reemplazaba el bloque para proceder con el siguiente tipo de balín. Los resultados obtenidos del cronógrafo fueron plasmados en las tablas confeccionadas para la recolección de datos. Habiéndose dado el ciclo de los primeros cuatro bloques a la distancia de diez metros, se desmontó el par de estacas y se las reposicionó al sector distanciado del rifle por 20 metros. En este espacio se repitieron las operaciones dadas con la primera tanda, disparándole a un bloque, registrando el material audiovisual de la cámara, y reemplazándolo por otro. Al tenerse información sobre los impactos de la munición en ambas distancias sobre los bloques de gelatina balística, y ya habiéndose anotado los datos respectivos a estas, se desmanteló el espacio según lo preparado con anterioridad, hasta dejar el polígono en las mismas condiciones en las que se encontraba a la hora de llegada. Concluida la experimentación, el investigador se retiró del área aproximadamente rondando el horario de las 13:40 de la tarde.

Al día siguiente, previa notación de la temperatura y demás condiciones climáticas, bastante parecidas a las del día anterior, siendo 09/01/2022, alrededor de las 8:30 de la mañana, se retornó al lugar para continuar con la investigación, siendo esta vez movilizado al lugar junto con los otros insumos la pieza de carne de cerdo, almacenada en un contenedor refrigerador para evitar la descomposición de esta a causa de las elevadas temperaturas. Se repitió el proceso de fijación del lugar a modo de evitar cualquier especie de variación por cambios durante la noche del día anterior, y se continuó preparando el espacio de la misma manera que el día anterior, preparando el conjunto rifle/cronógrafo, con la particularidad de, esta vez, haber ubicado las estacas con soporte y cámara únicamente en el área señalizada como 20 metros.



Para ofrecerle estabilidad a la cabeza porcina, se optó por atar esta al soporte a modo de que no fuera a caerse por la fuerza que le imprimirían los disparos. Hecho esto, se realizaron dos disparos, referente uno a la munición de tipo slug y el otro a la de punta hueca, teniendo como blanco el área anterior a los ojos del porcino, sobre el área donde se apreciaría la capa de piel, los nodos linfáticos mandibulares, y finalmente el hueso temporal escamoso, de forma que ambos proyectiles impactando en ese sector con alineación vertical, facilitándose posteriormente su análisis. A continuación, se reposiciono a la pieza cárnica, mostrándose a la vista frontal del tirador el otro costado del área craneal, modificándose el método de puntería con los dos balines restantes, primero el de tipo punta redonda, y segundo aquel de punta plana, impactando sobre el área por debajo del ojo, donde se ubica el musculo masetero mandibular, y por debajo el hueso mandibular.



*Izquierda: Montaje de la cabeza de cerdo sobre los soportes plásticos, antes de propinársele los disparos. Derecha: Pieza de cerdo recuperada de los soportes posterior a ser efectuados los disparos, se pueden ver marcados con rotulador negro los orificios de entrada para dos de los proyectiles empleados.*

Luego de haberse hecho la recolección de datos atada a las propiedades de los balines utilizados, junto con aquellos otorgados por el cronógrafo, se desmonto la cabeza del soporte y junto a esta las estacas y la cámara, y se retiraron de la banca las municiones,





el cronógrafo, el rifle con las bolsas de arena y las tablas para recolección de datos, acondicionando a esta para manipular la cabeza porcina con la finalidad de recuperar los proyectiles y analizar sus recorridos dentro de esta.

Se remarcaron los orificios de entrada para poder visibilizarlos mejor en la fijación fotográfica. Terminada esta última operación, se realizaron cortes seccionales con la suficiente cautela como para preservar las cavidades permanentes generadas por los proyectiles. Al observarse que, en el caso de los proyectiles de punta hueca, redonda, y tipo slug, estos no se detuvieron hasta bien llegado el hueso del cráneo, después de fotografiadas y medidas las cavidades de todos los proyectiles, se procedió a hacer la recuperación de estos, a modo de ver el grado de deformación. Se obtuvieron así, de la cabeza de cerdo, todas las municiones ahora deformadas por el paso a través del animal, preservándose casi intactas respecto de una posible fragmentación. La única excepción a esto fue en el caso de la munición de punta plana, la cual fue buscada por toda un área circundante a la zona de impacto, arrojándose como fruto de ello únicamente tres esquirlas de lo que era el proyectil, que se fragmento en su totalidad.

Recuperados los balines disparados, se tomaron mediciones de estos en su estado actual, para luego ser almacenados en una caja sellada para posterior análisis.



*Proyectil slug recuperado del cuerpo de cerdo posterior a su impacto en este.*



Se hizo una limpieza del sector, procurando retirar todo rastro de carne que pudiese haberse desprendido durante el estudio físico. La pieza en cuestión fue incorporada nuevamente en un contenedor frío, para luego ser enterrada en un campo adyacente a la ruta nacional número 7. La banca y los utensilios utilizados fueron esterilizados con alcohol etílico, y, siguiendo el procedimiento efectuado el día anterior, se despejó el área alrededor de las 14:30 de la tarde.

Una vez terminado esto, se recopilaron los datos de las mediciones por medio de tablas, videos, e imágenes, junto con el procesado de estos mediante el software de análisis balístico “Hawke Chairgun Pro” para corroborarlos de manera digital y obtener otros aspectos de los resultados como serian la velocidad de impacto, el “momentum” de los balines, y el porcentaje de velocidad perdida en el trayecto. En base a esto se procedió a darles al conjunto de datos un análisis relacionándolos con los de las cavidades formadas en los blancos, haciendo distinción sobre la cantidad de movimiento que preservaban los balines al momento de impactar, siendo la variable conclusiva, dependiente de todas las anteriormente mencionadas, que explicaría de donde vino la capacidad de causar daños sobre los blancos. Una comparación entre lo que se apreció en los impactos en gelatina con aquellos en carne arroja resultados a corroborar con la teoría ya enunciada.



## **Análisis de datos y discusión de resultados**

A continuación, se presentan los datos obtenidos durante las experimentaciones realizadas en el campo de tiro, en conjunto con aquella información procesada posteriormente mediante programas computarizados de cálculo balístico. Se analiza y discute sobre estos buscando congeniar con los autores tratados en el marco teórico. Para facilitar la comprensión de los resultados, se los dispone de manera acorde a la secuencia fáctica en la que fueron surgiendo. El enfoque balístico sobre los temas mencionados es causal de que se segregue la data según el área de la balística a la que corresponda cada medición.

75

### **Exámenes Balísticos Internos y de la munición**

Fueron realizadas en primera instancia las mediciones sobre aquellas características intrínsecas de los proyectiles empleados. En todas sus variantes estas fueron registradas para el calibre de 5.5 milímetros, siendo por consecuencia directa, que todas compartieran el mismo diámetro de 0.55 centímetros (5.5 mm.). Esta medida es símil y se presenta idónea para la perforación de la piel humana, en concordancia con las pruebas realizadas por Di Maio, donde con proyectiles de calibre 0.22 (o 5.5 mm), de un peso promedio de 1.06 gramos, se observó la penetración de la capa cutánea de una cintura humana a una velocidad de 75 m/s (Di Maio, 1999, pág. 274). Los cálculos para la obtención de datos sobre la masa y el coeficiente balístico fueron tomados de la bibliografía y así realizados matemáticamente por el investigador, corroborándose en todos los casos con registros dados por las empresas fabricantes. A razón del cálculo particular para el coeficiente balístico, se tomó el modelo comparativo "GA", referente a un proyectil de punta redonda y cuerpo con falda, para arma de aire. Para la obtención del dato pertinente al peso de los proyectiles, se consideró a la fuerza gravitatoria de la Tierra por un valor de  $9.8 \text{ m/s}^2$ . Con asistencia computarizada del programa para análisis balístico "Hawke ChairGun Pro", se volcaron los datos relevados en el polígono para facilitar los cálculos físicos y obtener más información sobre los distintos casos de cada proyectil. Esta aplicación, apoyado por los



dichos de Lozano-Sánchez, lleva a cabo una serie de cálculos analíticos con el fin de predecir la trayectoria, velocidad, punto de impacto y penetración de un determinado proyectil (Lozano-Sánchez, 2015, pág. 75), entre otros factores. En todos los casos donde se involucró como blanco un bloque de gel balístico, para ambas distancias, el resultado de la penetración fue total, habiendo perforado los balines a la gelatina y atravesándola a lo largo de toda su longitud. Complimentándose con los dichos de Nicholas en su estudio sobre el material en cuestión, se presentó posteriormente al impacto un orificio de entrada en una punta y uno de salida en la otra, en conjunto con una vista clara sobre su trayectoria dentro de los bloques (Nicholas et al, 2004).

Los primeros datos categóricos intrínsecos de los proyectiles solo presentaron variaciones al modificarse el tipo de munición disparada, tal como lo plantea Guzmán en su obra al referirse a su precisión (Guzmán, 2018, pág. 42); repitiéndose en todos sus ejemplares del mismo tipo, y viéndose inmutados por las diferencias de distancia, presión en el almacén de aire comprimido y blanco impactado.

El tipo de balines de punta redonda, modelo “Field Target Trophy” de la marca “H&N”, poseían una masa de 0.95 gramos, siendo esta apropiada para un proyectil del calibre utilizado, según lo tratado por Rodríguez-Navarrete respecto de sus masas (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 56). Por conversión de unidades esta se tradujo a 0.00095 Kilogramos para cada proyectil, y tomando la gravedad de la tierra bajo el valor de 9.8 metros sobre segundo elevado al cuadrado, se obtuvo como peso de estos 0.00931  $\text{Kg} \cdot \text{m/s}^2$  representados como Newtons (N). Con ayuda de la regla métrica se arrojó la longitud de estos, siendo de 0.65 centímetros de largo, partiendo desde la punta de su falda o cola, hasta la punta de su cabeza u ojiva. Volcados los datos en la computadora, se obtuvo mediante fórmula una densidad seccional de 0.045 para este tipo de balín, dado que este posee en su base de datos los valores de factor de forma y densidad seccional que proporciona el fabricante a forma de guía, conforme a lo dicho por Rodríguez-Navarrete (Rodríguez-Navarrete et al, 2015). El coeficiente balístico registrado según los parámetros puestos en el dispositivo, fue 0.019.

La munición de punta hueca, modelo “Barracuda Hunter” de la marca “H&N”, presentó una masa de 1.18 gramos, sobrepasando la aproximación dada para el caso anterior con una diferencia de casi 0.30 gramos, a pesar de ello, también se reconoce la existencia de



municiones para estas armas capaces de llegar hasta los 2 gramos de masa (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 56). La masa fue convertida a kilogramos 0.00118, y en base a ello se obtuvo un peso de 0.011564 N. Se relevó con la regla una longitud de 0.70 centímetros de largo. El programa virtual arrojó para estos, en consideración del diámetro de la punta del proyectil y su peso, un valor de 0.055 como su densidad seccional. El coeficiente balístico obtenido fue de 0.026.

El caso de los proyectiles de punta plana, modelo “Gold Medal” de la marca “Shilba”, su masa en común para todos los balines fue de 1.10 gramos, siendo más liviano que aquellos de punta hueca, pero más pesado que los de punta redonda, viéndose como un intermedio respecto de su masa. Interpretando esta, se convirtió en kilogramos a 0.0011. El peso resultante de su cálculo junto con la gravedad fue de 0.01078 Newtons, y se relevó por su longitud un valor de 0.70 centímetros, al igual que en el caso antes mencionado. Gracias a los cálculos hechos por el “Hawke ChairGun Pro”, se encontró que la densidad seccional para este caso fue de 0.052, siendo parecida en valor a la de los balines de punta hueca. Esto se explica al igual que lo mencionan varios autores, conociéndose a la fórmula de cálculo para la densidad seccional, como la división entre la masa de una bala y su calibre o diámetro de la punta elevado al cuadrado (Heard, 2013) (Guzmán, 2018), donde al ser los valores similares para ambos casos, reflejan un resultado de cálculo parecido. A su vez, se obtiene un coeficiente balístico de 0.011. Y es que, a pesar de poseer una densidad parecida al de punta hueca, radica una diferencia en el segundo factor necesario para obtener el coeficiente, el factor de forma.

Para el último caso, donde se utilizó la munición de tipo slug, siendo el modelo “G-Hammer Energy” de la empresa fabricante “Gamo”, la masa de estos arrojaba el valor de 1.80 gramos, o 0.0018 Kilogramos, más pesados que todas las demás variantes utilizadas, casi llegando al máximo propuesto por Rodríguez-Navarrete (Rodríguez-Navarrete et al, 2015). Su peso arrojó un valor de 0.01764 Newtons, y su longitud total fue de 0.85 cm. Por computadora, se arrojó que la densidad seccional para este tipo de proyectil era de 0.085, y presentaba un coeficiente balístico de 0.032, el más alto de todos los casos, propenso, en base a lo tratado por Figueroa en su estudio, a ser el que menor pérdida de velocidad sufra durante su recorrido (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001, pág. 268).



Proyectiles	Punta Redonda (Field Target Trophy H&N)	Punta Hueca (Barracuda Hunter H&N)	Punta Plana (Shilba Gold Medal Plana)	Balines Slug (Gamo G- Hammer energy)
Calibre	5.5 mm.	5.5 mm.	5.5 mm.	5.5 mm.
Masa	0.95 g.	1.18 g.	1.10 g.	1.80 g.
Peso	0.00931 N.	0.011564 N.	0.01078 N.	0.01764 N.
Longitud	0.65 cm.	0.70 cm.	0.70 cm.	0.85 cm.
Diámetro	0.55 cm.	0.55 cm.	0.55 cm.	0.55 cm.
Densidad Seccional	0.045	0.055	0.052	0.085

Tabla 1: Se aprecian los primeros datos intrínsecos de las municiones. Elaboración propia.

## Exámenes para Distancia de 10 Metros.

### *Resultados Balísticos Exteriores*

Para la comisión de los disparos, se registró para la munición de punta redonda a diez metros de distancia de blanco, una presión en el almacén contenedor de aire comprimido para el rifle de 110 bar, y el dispositivo cronógrafo marco como velocidad de salida del proyectil en la boca del cañón 990.1 pies por segundo (o “Feets per Second”, “FPS”), unidad de medida británica para indicar velocidades, que se traduce en metros sobre segundo (m/s) como 301.8 m/s. Como es explicado por Davidson, la presión generada por la cantidad de gas formado en la recámara será la responsable de la velocidad del proyectil, siendo correlativas a la hora de calcularse esta última (Davidson et al, 2010). Con esta velocidad, el balín porta en su salida por el cañón con una energía cinética de 43.26 Joules (43.26 Newton por metro)



En conocimiento de la distancia recorrida y la velocidad inicial, se calculó la velocidad de impacto al momento de dar contra el gel, la cual se registró a 274.2 m/s, habiendo perdido en el transcurso de diez metros, un 9.1% de su velocidad. El programa “Hawke Chairgun Pro”, a modo de obtener los datos antes mencionados, se nutre, como ya se ha dicho, de aquellos ingresados con anterioridad en su interfaz, siendo el calibre del proyectil, su peso, su coeficiente balístico, la velocidad de salida del cañón, y el ángulo de disparo (Lozano Sánchez, 2015, pág. 82). Junto con la notación de la temperatura, valor de presión atmosférica y humedad relativa del día en el que se realizó los experimentos, se puede calcular la velocidad final con la que la munición alcanza a su blanco.

En este caso se da una contradicción con lo planteado por Figueroa para armas de fuego, relacionando la distancia tratada con una pérdida de velocidad del proyectil efímera, siendo la de impacto “similar a su velocidad a la salida del cañón del arma” (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001, pág. 267), situación que no se observa para este resultado, donde, si bien por causa de su coeficiente balístico el proyectil no sufrió una gran pérdida de velocidad, esta no alcanza a considerarse “similar” a la de salida. A su vez, siguiendo el planteo de cálculo de Davidson, sabiéndose la masa de la munición y su energía cinética, se obtiene el dato de la cantidad de movimiento, también conocida como “momentum” (Davidson et al, 2010), que conserva en el instante del impacto, siendo de 0.260 kilogramos por metro sobre segundo (kg\*m/s).

En el caso de los proyectiles de punta hueca a la distancia mencionada, la presión obtenida del barómetro del tubo contenedor fue de 150 bar al momento de darse el disparo contra el gel, habiéndose cargado mediante bomba manual respecto del caso anterior, y registrándose en el cronógrafo una velocidad de salida de 904.0 FPS, o bien 275.5 m/s. En consecuencia, al momento de ser eyectado por la boca del cañón, la energía cinética pertinente al proyectil arrojaba un valor de 44.79 Joules. Siguiendo con la lógica de Davidson, aquí el aumento de presión dentro del contenedor de aire debería haber arrojado una mayor velocidad para el proyectil a la salida del cañón, pero este último valor, explicándolo el mismo autor, también se ve regulado en su velocidad y por ende transferencia de energía por la composición y masa del balín (Davidson et al, 2010) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) (Guzmán, 2018)



Luego de transcurridos los diez metros de su recorrido, en conocimiento de la velocidad de salida, la velocidad de impacto para el balín fue calculada como 259.3 m/s, habiendo perdido en su trayecto un 5.9% de la inicial. En esta instancia aquello considerado por Figueroa parece ser más acertado, puesto de que para esta munición la pérdida de velocidad fue mínima, casi asimilándose a la de salida (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Se puede adjudicar esto al bajo coeficiente balístico del proyectil, que, según el autor, a menor valor, más velocidad perderá en su recorrido (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001) (Heard, 2013). La munición conservaba al momento de impactar sobre la gelatina una cantidad de movimiento igual a 0.306 kg\*m/s.

Al dispararse con la munición de punta plana, el contenedor de aire comprimido registraba una presión de 145 bar, que le transferiría al proyectil una velocidad inicial de salida cronometrada en los 906.8 FPS, también entendidos como 276.4 m/s. A pesar de ser la diferencia baja, se encuentra que la velocidad de salida, respecto del caso anterior, es mayor en valor aun teniéndose una carga de presión menor otorgada por el contenedor. Aquí se reitera la incidencia de la masa y peso del proyectil en los resultados de velocidad tratados por Davidson y Rodríguez-Navarrete (Davidson et al, 2010) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015). En su salida por el cañón del arma, se identificó una energía cinética que alcanzó los 42.02 Joule.

La velocidad que llevaba la munición al momento de impactar fue de 241.2 m/s, perdiéndose en la trayectoria un 12.7% de la inicial. La pérdida de velocidad para este caso fue analizada como la mayor en toda la tanda de pruebas a diez (10) metros. A pesar de ser un balín relativamente liviano en peso y masa, viéndose que obtuvo en su velocidad inicial un valor aun superior al del caso anterior, aquí el factor de forma de la bala surte su mayor efecto al otorgarle un coeficiente balístico menor, siendo según lo antes mencionado por Heard, poseedor de una mayor resistencia contra el aire en su recorrido por su punta chata (Heard, 2013), por consecuencia perdiendo más cantidad de velocidad en su trayecto. Además, se computa a esta con una cantidad de movimiento restante al momento de impacto de 0.265 kg\*m/s.





Para el caso de las balas de tipo slug, al hacerse realización del disparo a diez metros, el tubo cargador de aire pre-comprimido indicaba en su barómetro una presión interna de 140 bar, por ello teniendo el balín, en el inicio de su trayectoria al ser expulsado por el cañón, una velocidad de salida registrada de 771.1 FPS, o 235.1 m/s. La notable fluctuación en los valores de velocidad obtenidos hasta ahora con este último, se explican considerando la composición, peso y masa de estos proyectiles, conforme a lo mencionado por Rodríguez-Navarrete, Davidson y Guzmán (Davidson et al, 2010) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) (Guzmán, 2018). La energía cinética alcanzada en este instante fue computada con un valor de 49.72 Joules, siendo la mayor cantidad de energía registrada para esta distancia, a razón de su masa y carga de aire suministrada para propulsarlo, en son de lo planteado por Heard para este factor (Heard, 2013). Aun así, a pesar de ser municiones pesadas, que superan los valores de prueba promedio utilizados por Di Maio (Di Maio, 1999, pág. 274) de 1.06 gramos, y casi alcanzando a aquellos dados por Rodríguez-Navarrete para el calibre 5.5 (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 56) de 2.07 gramos, la energía cinética a la salida del cañón para las municiones utilizadas aquí no fue equiparable con el valor de más de 65 Joules que propuso que podrían alcanzar este último autor, por lo que se adjudica este desempeño a la carga de aire dentro del tubo contenedor, haciéndose evidente como afecta esta al desempeño balístico de los balines (Davidson et al, 2010).

Al impacto, la velocidad que se preservaba en la munición era 225.5 m/s, habiéndose disipado un 4.1% respecto de la de salida en el transcurso de su vuelo, aquí se puede ver otro caso donde la teoría dada por Figueroa se aplica de manera aproximada, perdiéndose una cantidad muy baja de velocidad en el trayecto del proyectil por el espacio (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Se preservó al dar contra su blanco, un “momentum” o cantidad de movimiento igual a 0.405 kg\*m/s.



<b>Proyectiles</b>	Punta Redonda	Punta Hueca	Punta Plana	Balines Slug
Coeficiente Balístico	0.019	0.026	0.011	0.032
Energía Cinética de Salida	43.26 Joule	44.79 Joule	42.02 Joule	49.72 Joule
Velocidad de Salida	990.1 FPS = <b>301.8 m/s</b>	904.0 FPS = <b>275.5 m/s</b>	906.8 FPS = <b>276.4 m/s</b>	771.1 FPS = <b>235.1 m/s</b>
Velocidad de Impacto	274.2 m/s	259.3 m/s	241.2 m/s	225.5 m/s
Presión en Deposito de Aire	110 bar	150 bar	145 bar	140 bar

Tabla 2: Resultados obtenidos mediante cronógrafo y software balístico referentes a los factores extrínsecos del proyectil durante su trayectoria. Elaboración propia.

### Resultados Balísticos de Efectos

Para su efecto sobre el gel, siendo el resultado de recibir el impacto de la munición de punta redonda tratada en el inciso anterior, se registró una cavidad permanente con una longitud de 15.3 centímetros producida por fenómeno de cavitación, al intercambiar el proyectil su energía con el bloque cruzándolo en su totalidad, siguiendo las palabras de Magaña Sánchez (Magaña Sánchez et al, 2011, pág. 51). Siendo que el proyectil perforó y posteriormente siguió su camino, se puede decir que este aún conservaba energía al momento de su egreso del cuerpo del bloque. Para la velocidad con la que fue impactado, siendo 274.2 m/s, la perforación se hace evidente al extrapolar las propiedades del bloque de gel respecto de aquellas pertinentes al tejido humano, más particularmente la piel y musculo humano, de acuerdo con la teoría enunciada por Jussila (Jussila, 2004). Considerando al gel como un tejido dérmico humano, la velocidad con la que se recibió la bala superaba por amplios cuerpos el valor mínimo de 75 m/s para perforarla dispuesto por



Di Maio según sus investigaciones (Di Maio, 1999, pág. 274), junto con aquellos considerados por otros investigadores que citan velocidades de 55 m/s (Dalgic et al, 2010) y 75 m/s (Wightman et al, 2013). El ancho recogido, ubicado en el sector donde más energía se liberó, para la cavidad permanente fue de 0.65 centímetros. Davidson explica para esto que el calibre de un proyectil será determinante del tamaño de los orificios de entrada y de salida, junto con el trayecto de este dentro del cuerpo impactado, mas solo debería usarse a modo de guía para las proporciones mínimas de estos (Davison et al, 2010). Se aplica su planteo a este caso, al notarse conformidad de anchura durante todo el trayecto presente en el gel después de superada la mayor expansión mencionada, preservando un valor aproximado de 0.55 centímetros. Ahora, si bien el efecto expansivo de la bala no es algo que genere dudas, habiéndose encontrado y mencionado ya a varios autores que definen los mecanismos por los que se producen heridas sobre un tejido impactado por una munición (Di Maio, 1999) (Davidson et al, 2010) (Wightman et al, 2013), (Guzmán, 2018) (Dumencic et al, 2020), surge a colación preguntarse la razón de que estos resultados no se hayan dado. Para esto se plantea el concepto de sobre penetración, el cual se define en casos donde una munición atraviesa completamente a su objetivo previsto, conservando al salir del que sería el orificio de salida suficiente velocidad y energía cinética como para continuar su recorrido sin detenerse, pudiendo provocar daños colaterales sobre objetos aledaños. Se considera que este efecto se da ante la imposibilidad de un proyectil de transmitir toda su energía cinética dentro de un blanco, atribuible a altas velocidades sobre un tejido muy elástico, situación concordante con lo observado en este caso, y que se repetiría en todos los demás a analizar. (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 10 a 15*)

El gel receptor de la munición de punta hueca resultó perforado de una punta a otra por el proyectil, producto de la energía cinética disipada por el recorrido de la bala según lo trata Magaña Sánchez (Magaña Sánchez et al, 2011), que a su vez es resultante de la velocidad de impacto, notándose como 259.3 m/s. El valor presentado sobrepasa los necesarios para la penetración de la piel, como se ha mencionado con anterioridad por varios autores (Dalgic et al, 2010) (Wightman et al, 2013) (Dumencic et al, 2020). La cavidad permanente dentro del bloque poseía una longitud de 16.7 centímetros, siendo esta también la longitud total del blanco. Junto a ello, el ancho de esta cavidad, analizada desde el área donde más expansión sufrió, se mide por 1.13 cm, esperándose de una punta "hollow point"



que esta se expanda y aplane, desacelerando bruscamente con una gran liberación de energía como plantea Figueroa (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Si bien el área se tiene como la más ancha entre todos los casos a una distancia de diez (10) metros, debe notarse que no se produjo el gran índice de expansión del que habla Rodríguez-Navarrete (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), de la manera esperada, al no presentarse un ensanchamiento del bloque de más de dos veces su tamaño, como corresponde para este tipo de munición (Di Maio, 1999). *(Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 16 a 21)*

En el caso referente a los resultados dentro del gel balístico para la munición punta plana, esta dejó, en su trayecto a través del bloque, visibles un orificio de entrada y de salida, siendo que la perforación fue por el total de este, una cavidad permanente de una longitud de 15.0 cm. Para este caso, y al igual que en los demás observados a la distancia dispuesta de diez metros (10), la velocidad de impacto para el proyectil superaba aquellas que se esperan como mínimas para la penetración de la barrera dérmica del cuerpo humano, con 241.2 m/s siendo mayores en valor que 55 (Dalgic et al, 2010), 70 (Dumencic et al, 2020) y 75 m/s (Wightman et al, 2013) respectivamente. En cuanto al ancho, la cavidad permanente sufrió de una expansión, en el área de mayor tamaño, de 1.1 cm. Se halló en esto una diferencia rotunda entre el calibre del proyectil inicial y el resultado de la expansión, donde aun presentándose fuera de este sector un ancho de cavidad continuo aproximado en valor a los 0.55 centímetros, esta diferencia de expansión radica en la capacidad del proyectil de disipar grandes cantidades de energía sobre el objetivo a razón de la forma de su punta que cubre un mayor espacio que la hueca (la cual en esta tanda de pruebas no llegó a expandirse, apoyado por los dichos de Davidson (Davidson et al, 2010). *(Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 22 a 27)*



El recorrido de la munición de tipo slug dentro del blanco de gel, para una velocidad de impacto de 225.5 m/s, comparte también con los demás casos la presencia de un orificio de entrada y otro de salida, habiendo sido perforado en su totalidad, se observó que la cavidad permanente tenía una longitud de 16.7 cm. La capacidad de poder reflejarse resultados idénticos en cuanto a la penetración a menores valores de velocidad que los otros casos, conforme lo explica Wightman, indican que no solo se debe considerar a este valor como determinante, sino también a la forma y composición del balín, que irán de la mano con la energía cinética generada (Wightman et al, 2013, pág. 348). Se revelo para su ancho un valor de 1.1 centímetros para el área del bloque donde más expansión sufrió, similar a la del caso anterior. Siendo que, para este tipo de munición el índice de expansión esperaba verse en mayor medida al tratarse de puntas cónicas como lo considera Rodríguez-Navarrete y Wightman (Wightman et al, 2013) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), se adjudica este último valor de anchura a la elevada masa del balín, provocando una mayor penetración que expansión. (Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 28 a 33)

Proyectiles	Punta Redonda	Punta Hueca	Punta Plana	Balines Slug
Momentum	0.260 kg*m/s	0.306 kg*m/s	0.265 kg*m/s	0.405 kg*m/s
Longitud de Cavidad Permanente	15.3 cm.	16.7 cm.	15.0 cm.	16.7 cm.
Ancho de Cavidad Permanente (en área de mayor tamaño)	0.65 cm.	1.13 cm.	1.1 cm.	1.1 cm.

Tabla 3: Resultados balísticos de efectos tomados sobre los panes de gelatina balística a diez (10) metros. Elaboración propia.



## Exámenes para Distancia de 20 Metros.

### *Resultados Balísticos Externos: Gel Balístico*

El disparo efectuado con munición de punta redonda a una distancia de 20 metros del blanco, contó en su inicio con una presión de aire en el contenedor de 120 bar, siendo la que le otorgaría una velocidad inicial a la salida de la boca cañón registrada en 904.0 FPS, entendidos como 275.5 m/s. La primera inferencia aquí es, recordando la velocidad del mismo tipo de munición para la distancia de diez (10) metros, con una presión del depósito similar, es la disminución potencial en velocidad que sufre el proyectil. En una primera instancia se adjudicó este resultado a un posible acontecimiento de “dieseling” como el que se dio en uno de los casos para Wightman (Wightman et al, 2013, pág. 345), explicándose por la presencia de aceite lubricante dentro del tubo cañón, que, al sufrir una elevación repentina de temperatura debida al gas a alta presión que lo recorre, combustiona produciendo una cantidad de gas que podría duplicar a la original (Wightman et al, 2013). Habiéndose asegurado anteriormente a la comisión de las pruebas que el arma no tuviera restos de aceite dentro de su cañón, esta teoría quedo descartada, sumado a que la diferencia de velocidades tampoco resulto ser tan grande. La opción por la que se decantó la explicación de esto, a sabiendas de que el anterior disparo fue el que dio comienzo a las pruebas, fue aquella dada por Lozano-Sánchez, al hablar sobre la existencia de un “sweet spot” o “punto dulce” de presión, en el que los proyectiles para rifle de aire precargado serán expulsados con un pico de velocidad que no podrá ser equiparado con posteriores disparos (Lozano-Sánchez, 2015, pág. 23). Se calcula mediante programa de computación, teniéndose noción del último dato mencionado, la energía cinética que portaba el proyectil al momento de ser despedido del arma, que se registra con un valor de 36.06 Joules.

Al momento de impacto sobre el blanco de gelatina, se obtuvo como dato la velocidad final para el balín, que fue de 236.0 m/s, perdiéndose en la trayectoria el 14.4% de su velocidad, para luego transmitirle a su objetivo la cantidad de movimiento que poseía en ese instante, registrada como 0.224 kg\*m/s. En esta tanda de pruebas, al haberse hecho un aumento en la distancia recorrida para los proyectiles, factores como la velocidad final se



verán afectados al disminuir en comparación a la tanda a diez (10) metros, apoyado teóricamente en lo mencionado por Figueroa (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001)

Para el caso de la munición de punta hueca, este gozó, a la hora de ser disparada, de una presión de aire indicada por barómetro de 145 bar, que le otorgarían en su salida por la boca cañón una velocidad inicial de 881.9 FPS, comprendidos como 268.8 m/s. Este valor se aproxima por similitud al visto en la prueba a diez (10) metros, variando la velocidad en un porcentaje menor al 5% de la primera, al ser la presión en el contenedor de aire menor por un nivel de 5 bar. Esta ínfima diferencia es aceptada respecto a los resultados obtenidos, puesto de que no se esperaba por consecuencia una velocidad de impacto que fuera inferior a la mínima ya mencionada por autores para la penetración de la piel (Dalgic et al, 2010) (Wightman et al, 2013) (Dumencic et al, 2020). A esto se atribuye el nivel de energía cinética con el que carga la bala en ese instante, siendo calculada como 42.63 Joules.

Anterior a chocar contra el bloque de gel, se calculó una velocidad final en el instante antes de perforarlo de 240.2 m/s, siendo disipada durante el transcurso de su recorrido un porcentaje del 10.6% de la velocidad con la que había sido expulsado. La diferencia de distancia entre una prueba y otra explica como ya se ha visto esta diferencia en la velocidad final de la primera prueba con esta, a más distancia, mayores serán los factores que afectarán a la velocidad de impacto (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Mediante cálculo se obtuvo la cantidad de movimiento que preservaba en ese mismo espacio de tiempo, en el cual su "momentum" habría sido de 0.283 kg\*m/s

En el caso de la munición de punta plana se computo con ayuda del manómetro integrado en el tubo contenedor de aire pre-comprimido una presión de 150 bar para el momento de efectuarse el disparo a esta distancia. Con ello, el cronógrafo indico para su velocidad inicial a la salida del cañón un valor de 910.8 FPS, siendo estos iguales a 277.6 m/s. De este valor se consiguió, previa computarización de los datos, la energía cinética llevada por el balín al momento de registrada su primera velocidad, siendo de 42.39 Joules en total.



En el instante previo al impacto sobre la gelatina, el cálculo de velocidad arroja como resultado una final de 214.7 m/s, denotándose la mayor pérdida de velocidad en comparación a los demás casos, con un 22.6% disipado. Aquí se expresan dos de las teorías previamente consideradas, siendo por un lado repetido el hecho de cómo afecta el factor de forma de estas balas a su rendimiento balístico (Heard, 2013), y por el otro como el aumento en la distancia de recorrido está directamente relacionada con la velocidad final del proyectil (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Al momento de esto, también se le atribuye al balín un “momentum” equivalente a 0.236 kg\*m/s.

Al hacerse uso del tipo de munición slug para esta tanda de experimentaciones a 20 metros, el indicador de presión mostraba visible un valor de 155 bar en su interior, con los que se le importaría al proyectil una velocidad inicial de 747.1 FPS, convertidos a 227.7 m/s. Este último dato dio base al cálculo para hallar la energía cinética que tenía el balín en el momento de ser expulsado del arma, relevándose para este 46.71 Joules.

La velocidad registrada en el momento ultimo anterior al impacto contra el blanco para el proyectil fue de 210.1 m/s, haciéndose notación sobre la perdida de esta en el transcurso de su vuelo, siendo disipada en un 7.7%. En este caso, curiosamente se perdió muy poca velocidad en el trayecto del balín a pesar del aumento sustancial en la distancia. El coeficiente balístico es considerado como el factor que explica este suceso, donde a pesar del elevado valor de densidad seccional del balín, su forma le confiere una alta resistencia aerodinámica (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). Al impactar, la bala portaba consigo un momentum total capaz de otorgarle a el bloque 0.378 kg\*m/s.





<b>Proyectiles</b>	Punta Redonda	Punta Hueca	Punta Plana	Balines Slug
Coeficiente Balístico	0.019	0.026	0.011	0.032
Muzzle Energy	36.06 Joule	42.63 Joule	42.39 Joule	46.71 Joule
Velocidad de Salida	904.0 FPS = <b>275.5 m/s</b>	881.9 FPS = <b>268.8 m/s</b>	910.8 FPS = <b>277.6 m/s</b>	747.1 FPS = <b>227.7 m/s</b>
Velocidad de Impacto	236.0 m/s	240.2 m/s	214.7 m/s	210.1 m/s
Presión en Deposito de Aire	120 bar	145 bar	150 bar	155 bar

Tabla 4: Resultados balísticos externos para las pruebas con gel balístico a la distancia de 20 metros. Elaboración propia.

### Resultados Balísticos de Efectos: Gel Balístico

En contacto con el gel, la munición de punta redonda tuvo un comportamiento perforante, recorriendo por completo el cuerpo interior del bloque, presentándose un orificio de entrada y uno de salida, para luego seguir su recorrido hasta detenerse contra el paredón del polígono, quedando impresa su trayectoria dentro del bloque. De aquí se recoge, conforme a lo explicado por Magaña Sánchez (Magaña-Sánchez et al 2011) una longitud para la cavidad permanente igual a la longitud total del bloque, siendo ambas de 17.5 cm. Aunque la distancia se hubiera aumentado hasta llegarse a los 20 metros, el proyectil salió despedido por el bloque de gelatina conservando una cierta cantidad de energía. Aquella velocidad que fuera de 236.0 m/s supera a todas las propuestas por los autores tratados para penetrar el tejido tisular humano (Dalgic et al, 2010) (Wightman et al, 2013) (Dumencic et al, 2020), con tal diferencia de nivel, que se comprende de esta por qué el bloque sufrió una perforación total. El ancho general para toda la cavidad permanente recorrida por el



proyectil se encontraba no más allá de un valor similar al del calibre del proyectil según como plantea Davidson (Davidson et al, 2010), siendo este de 0.55 centímetros. Sin embargo, se relevó para el área de mayor expansión de la cavidad un ancho total de 1.3 cm, habiéndose ensanchado más del doble del valor de diámetro de la munición que impacto. Se puede ver que a esta distancia la munición ha perdido la suficiente cantidad de velocidad y energía, como para que los efectos sobre el gel correspondan con los de su finalidad expansiva, a diferencia del caso dado a diez (10) metros, donde se manifestó una sobre penetración del bloque. (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 34 a 39*)

La gelatina balística sufrió de una perforación total en toda su longitud al ser alcanzada por el proyectil de punta hueca, mostrándose un orificio de entrada en una de sus caras y otro de salida en la otra. La longitud de la cavidad permanente dentro del bloque se midió idéntica a la del gel en sí, resultando en un valor de 16.2 cm., debido a la conservación de velocidad que llevaba el proyectil, como se ha hablado ya. Mientras tanto, la medida de anchura que se reveló al valorar la mayor expansión mantenida que habría sufrido el bloque fue de 2.5 cm., siendo la más grande de todas dentro del registro, cuatro (4) veces mayor que el diámetro original del proyectil. En este caso, el intercambio energético acontece tal y como propone Magaña Sánchez (Magaña-Sánchez et al, 2011), manifestándose la cualidad expansiva de la munición de punta hueca en su recorrido por el gel tal y como menciona Rodríguez-Navarrete que debería ocurrir para estas balas (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), pero aun así conservando el balín la suficiente energía para salir expulsado del bloque. Se detalla que en este caso también se cumple con lo visto en el anterior, donde la energía propia del proyectil es distribuida mejor dentro del blanco impactado que en la prueba a diez (10) metros. (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 40 a 45*)

El resultado de la interacción entra la munición de punta plana y el bloque de gel fue la producción de una cavidad producto de la trayectoria de la bala dentro de este último, habiéndose perforado el gel en su totalidad, con el signo de un orificio de entrada y otro de salida, ubicados en las caras opuestas. El balín terminó siendo expelido del bloque de gelatina, deteniendo su trayecto en el paredón trasero del campo de tiro, habiendo sido incompleta la transferencia de la energía total de este con el gel (Magaña-Sánchez et al,



2011), puesto que de haberlo sido habría quedado dentro de este último. La longitud para esta cavidad fue medida con un total de 16.2 cm., también siendo el valor del largo total del bloque en sí, y, para el área de mayor expansión apreciado en la misma cavidad, un ancho de 1.3 cm. Se presentó una leve ampliación en la zona más ancha de la cavidad, adjudicable también a lo visto anteriormente, donde se explica el efecto que tiene la sobre penetración de un proyectil en un blanco. (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 46 a 51*)

Considerando el caso del impacto de la munición de tipo slug, se le atribuye al proyectil un orificio de entrada y de salida junto con su respectiva cavidad dentro del bloque. De esta última se mide su longitud que fue de 17.5 cm. al igual que la total del gel, siendo expelido por el orificio de salida y siendo detenido por el paredón trasero del polígono de tiro. Y para su ancho general, puesto de que en este caso el recorrido apenas produjo expansión pudiéndose ver una trayectoria a través del objetivo completamente uniforme en este valor, se la mida por donde se la mida, se obtuvo un valor de 0.5 cm. Este caso tiene la particularidad de no haber presentado expansión en su eje de anchura, siendo exacta la definición de Davidson, determinando el calibre del proyectil las dimensiones del recorrido interno por el bloque (Davidson et al, 2010). (*Referirse al anexo fotográfico, fotos 52 a 56*)

Proyectiles	Punta Redonda	Punta Hueca	Punta Plana	Balines Slug
Momentum	0.224 kg*m/s	0.283 kg*m/s	0.236 kg*m/s	0.378 kg*m/s
Longitud de Cavidad Permanente	17.5 cm.	16.2 cm.	16.2 cm.	17.5 cm.
Ancho de Cavidad Permanente (en área de mayor expansión)	1.3 cm.	2.5 cm.	1.3 cm.	0.5 cm.

Tabla 5: Resultados balísticos de efectos relevados de los panes de gel balístico distanciados a 20 metros del rifle de aire. Elaboración propia.



### *Resultados Balísticos Externos: Cabeza Porcina.*

Para este caso como los siguientes, al haberse mantenido la distancia y no haberse modificado ningún factor intrínseco a las municiones según propone Davidson (Davidson et al, 2010), las mínimas variaciones en potencia que aparecen son causa debida de la presión en el tubo contenedor de aire. Si bien en este si existen cambios de presión, se mantienen dentro de valores aceptables, pudiéndose ver que los resultados de velocidad y energía no distan mucho de aquellos de la tanda anterior. Por estas razones es que también se aplican todos los conceptos mencionados con anterioridad, con el apoyo de los tratados autores. (Di Maio, 1999) (Dalgic et al, 2010) (Magaña-Sánchez et al, 2011) (Heard, 2013) (Wightman et al, 2013) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) (Guzmán, 2018) (Dumencic et al, 2020).

Habiéndose hecho el cambio de objetivo, pasando de disparársele a bloques de gelatina a una cabeza de cerdo joven a una distancia de 20 metros entre esta y la boca de cañón del rifle, fue primero para el caso de las balas de tipo de punta redonda que se registró de presión en el tubo contenedor de aire comprimido un valor de 135 bar. Con el accionar de la cola del disparador este aire pasa por una serie de válvulas que terminan por propulsar al balín por el anima del arma, computándose una velocidad a la salida del cañón de 937.6 FPS, convertidos en metros por segundo a 285.8 m/s. Junto a esta última, en ese momento exacto, el proyectil portaba con una energía cinética a razón de la velocidad, calculada en 38.79 Joules.

Previo al impacto con la pieza cárnica se tiene notación sobre la velocidad final que lleva la munición, siendo esta de 242.9 m/s, habiéndose perdido en el transcurso del vuelo un 15% de la marcada como inicial. La cantidad de movimiento conservada en la bala antes de producirse contacto con el cerdo alcanza los 0.230 kg\*m/s.

Al utilizarse municiones de punta hueca, el contenedor de aire pre-comprimido indicaba una presión de 140 bar, logrando una velocidad inicial al ser expulsado por el cañón para el proyectil de 899.0 FPS, convertido a 274.0 m/s. La energía cinética



proporcionada al balín por el sistema de propulsión por aire, fue calculada con un valor de 44.30 Joules.

Al final de su trayectoria por el aire anterior a chocar contra la cabeza porcina, se registró una pérdida de velocidad entre inicio y fin del recorrido, que resultó en una velocidad final de 244.1 m/s, por lo que se corrobora un 10.9% de baja en esta. Junto a este dato, se menciona que el momentum preservado por la munición al momento de impactar fue de 0.288 kg\*m/s.

El caso de la munición de punta plana arrojó una presión en el tubo contenedor de 125 bar al momento del disparo. En conjunción, el cronógrafo visualizó una velocidad inicial a la salida del cañón para esta de 898.7 FPS, también entendido como 273.9 m/s. Propia para el proyectil en esta instancia, la energía cinética fue de 41.28 Joules.

Anterior a hacer contacto con el corte de cerdo, la bala tuvo una velocidad final de recorrido en el aire de 212.5 m/s, habiendo disminuido en un 22.4% desde que fue expulsado del anima del arma. A su vez, esta conservaba consigo en ese instante una cantidad de movimiento con un valor de 0.233 kg\*m/s.

Para disparar con proyectiles de tipo slug, el manómetro de la recámara de aire comprimido indicaba una presión interina de 150 bar, que le proporcionó a la bala una velocidad al ser propulsada fuera del cañón de arma medida en 761.2 FPS, o 232.0 m/s. Siendo más pesado que sus contrapartes, este modelo de munición cargaba con una energía cinética en el mismo instante de salida de 48.49 Joules.



Un momento antes de la colisión con el blanco de carne, fue computada la velocidad final previa a expresarse sobre el cuerpo solido del cerdo, con un valor de 213.9 m/s, notándose una baja disminución de esta en la trayectoria recorrida, siendo solo de un 7.8%. Desprendiéndose de esto, se calculó el momentum con el que el balín impacto sobre la pieza, que fue de 0.385 kg\*m/s.

<b>Proyectiles</b>	Punta Redonda	Punta Hueca	Punta Plana	Balines Slug
Coeficiente Balístico	0.019	0.026	0.011	0.032
Muzzle Energy	38.79 Joules	44.30 Joules	41.28 Joules	48.49 Joules
Velocidad de Salida	937.6 FPS = <b>285.8 m/s</b>	899.0 FPS = <b>274.0 m/s</b>	898.7 FPS = <b>273.9 m/s</b>	761.2 FPS = <b>232.0 m/s</b>
Velocidad de Impacto	242.9 m/s	244.1 m/s	212.5 m/s	213.9 m/s
Presión en Deposito de Aire	135 bar	140 bar	125 bar	150 bar

Tabla 6: Resultados sobre el comportamiento de la munición utilizada en los exámenes contra la pieza porcina en su trayectoria por el espacio antes de impactar. Elaboración propia.

### Resultados Balísticos de Efectos: Cabeza Porcina

Siendo vistos los resultados para la velocidad de impacto que tuvieron los proyectiles, en consideración de su forma y los conceptos ya tratados, se comprueba que estas, en efecto, lograron penetrar la piel del cerdo en todas las ocasiones (Dalgic et al, 2010), venciendo la resistencia mecánica de esta al no poseer la suficiente elasticidad como para detenerlas, según Magaña Sánchez (Magaña-Sánchez et al, 2011). Por traspolacion con el tejido epidérmico del hombre, siguiendo el método que propone Jussila (Jussila, 2004), se comprueba lo enunciado por Botchway al considerar a las armas de aire y a sus proyectiles



capaces de penetrar tejido humano (Botchway et al, 2017). En un primer acercamiento con los efectos de la munición sobre la superficie de la pieza cárnica, se reconocieron cuatro (4) heridas abiertas, de formato circular, con bordes regulares e invertidos, sin residuos macroscópicos de disparos correspondientes a orificio de entrada de proyectil, concordantes con los cuatro disparos efectuados, uno para cada tipo de proyectil. Los rasgos expresados mostraron ser similares en formato con aquellos relevados por Rodríguez Navarrete en sus investigaciones sobre un caso de muerte por arma neumática para un joven adulto (Rodríguez-Navarrete et al, 2015, pág. 57), fortaleciéndose la teoría de que la piel porcina, debido a su parecido estructural, sería un buen emulador de la estructura tisular humana, como predicen una variedad de autores (Monteiro-Riviere et al, 2005) (Ranamukhaarachchi et al, 2016) (Lima-Fujita et al, 2017). Al igual que se vio anteriormente en palabras de Davidson, el calibre del proyectil fue determinante de las dimensiones del orificio de entrada (Davidson et al, 2010), midiéndose para los cuatro casos observados un diámetro de 0.50 centímetros aproximadamente. Imposibilitado de realizar un escaneo computarizado para observar el recorrido de la munición dentro de la cabeza animal, esta se tuvo que cortar en varios sectores para preservar el recorrido intacto.

### **Munición punta redonda**

El primer caso estudiado fue el de la cavidad efectuada por el proyectil de punta redonda. A prima facie, el orificio de entrada aparece sobre la piel porcina, a la cual penetra a un nivel de profundidad que no pudo ser avistado a simple vista. A razón de esto, la munición intercambia su energía dentro del tejido a través del musculo masetero mandibular izquierdo, región por sobre la cual fue impactada la pieza, como se vio al seccionar esa zona particular de la cabeza para apreciar mejor los resultados. Si bien la densidad y elasticidad muscular distan de los valores que para estos factores tiene la capa dérmica del porcino, el proyectil penetró a ambos por igual, conservando la suficiente energía como para alcanzar y perforar el hueso mandibular, quedando alojado por delante de este al haberse finalmente agotado su energía cinética. Se registró una longitud aproximada para la cavidad permanente de este caso, de 4.5 centímetros partiendo desde la cara expuesta del cerdo hasta el sitio final de reposo del proyectil dentro de este.



En son del efecto de la bala, la superficie ósea reveló un orificio redondo, de un diámetro aproximado de 0.50 centímetros, idóneo en proximidad con el calibre del proyectil. Este fue recuperado de su lugar de reposo donde se pudo ver el efecto surtido sobre él, preservándose completo sin rasgos de fragmentación, y con toda su punta deformada tomando una forma similar a la de un hongo, proceso ya explicado por Wightman, que provocaría un desempeño terminal expansivo sobre el tejido (Wightman et al, 2013), el cual no fue tan visible como su comportamiento perforante.

Teniéndose la velocidad de impacto con la que el balín llegó hasta el cuerpo en cuestión, junto con el valor de la energía cinética, se pueden dar indicaciones sobre el poder o potencial destructivo de estos, de acuerdo a lo que menciona Heard (Heard, 2013, pág. 134). Como bien se mencionó, los 242.9 m/s con los que viajaba la bala al llegar al blanco sobrepasan por múltiples veces al valor constante encontrado por Di Maio para perforar piel humana con un proyectil calibre 5.5 mm. (Di Maio, 1999) (Dumencic et al, 2020). Del efecto final encontrado sobre los tejidos, se demuestran dos situaciones. Por un lado, se comprobó que para una distancia tan alejada como fueron 20 metros, un balín de arma de aire comprimido fue capaz de perforar la estructura craneal a pesar de la gran protección que esta ofrece naturalmente según Dalgic (Dalgic et al, 2010, pág. 475). Y por el otro lado, al haber podido la munición perforar efectivamente al hueso, precisándose para eso una velocidad mínima de 106 m/s (Di Maio, 1999) (Isik et al, 2016), se entiende que en su transcurso por la capa muscular este no perdió el total de su energía y movimiento, pudiéndose así extrapolar este resultado con el visto el bloque de gelatina anteriormente, según lo pautado por Jussila (Jussila, 2004). Esto a su vez va en concordancia con uno de los factores primordiales para que el gel balístico sea considerado eficaz a la hora de comparárselo con tejido vivo según Nicholas, precisándose una similitud en la desaceleración del proyectil entre el bloque y el tejido para el que se validó la gelatina (Nicholas et al, 2004). (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 57 a 62*)





## Munición punta hueca

Los resultados relevados a continuación fueron aquellos respectivos a la munición de punta hueca. Lo primero que se vio fue el lugar de impacto del proyectil, localizado a tres (3) centímetros de la cavidad ocular derecha aproximadamente, por la región integrada por el hueso temporal escamoso del espécimen. Desde fuera, el orificio de entrada casi pasaba disimulado debido a su pequeño diámetro de 0.50 centímetros, pertinente con el calibre del proyectil utilizado (Wightman et al, 2013). La herida fue remarcada con un rotulador de color negro para tener claro su ubicación. Pormenorizando sobre esta cavidad, la bala en si no se encontró sobre o cerca de la entrada, al verse un trayecto en profundidad que se adentraba en la cabeza del cerdo, habiéndose así superado la resistencia de la barrera dérmica con una velocidad igual o mayor a 75 m/s, según varios autores (Di Maio, 1999) (Wightman et al, 2013) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015). Pendiente de esta situación, se seccionó el sector impactado a modo de revisar detalladamente el recorrido del proyectil dentro del cuerpo porcino. El rastro que dejó en su recorrido interno evidenció como, para su energía transportada, pudo perforar a través no solo de la piel, sino que también de otros tejidos musculares y adiposos, recuperándose a un costado del hueso temporal escamoso, con signos de impacto y detenimiento en este, antes de tocar a la parte petrosa del hueso. Desde su ingreso en la piel del animal hasta su lugar de reposo en frente a la estructura ósea temporal, se midió para este tipo de munición una cavidad permanente con longitud aproximada de 4.3 centímetros, menor que en la del caso anterior.

En un acercamiento al impacto sobre el hueso y a como afectó esto al balín, se distinguió que este último, dándole razón a lo planteado por Rodríguez-Navarrete, sufrió de una deformación controlada aplanándose toda su punta, logrando una mayor efectividad expansiva (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) dentro del tejido porcino. Los resultados lesionológicos de esta expansión no pudieron ser obtenidos puesto la elasticidad del tejido, tendiente a recuperar su forma original, tal y como explica Heard, una vez pasada toda la energía cinética del proyectil por este (Heard, 2013). Junto a esto, se pudo observar en el trayecto interior de la munición, a un costado de su sitio de reposo cercano a hueso, una esquirla de plomo, entendida como un resto de fragmentación del balín. Es en este mismo espacio, donde se aprecia una ligera depresión en la estructura ósea, justo por delante de



donde apareció la bala. A razón de esto se entiende que esta, ya deformada, alcanzo al hueso con un nivel de energía bajo, por lo cual solo alcanzo a abollar muy levemente su superficie.

Partiendo de la velocidad final para el balín al llegar a la superficie dérmica del cerdo, obtenida como 244.1 m/s, se discuten los resultados de comportamiento del tejido y el proyectil. Queda entendido por cómo se pudo vencer a la capa de piel inicial para seguir penetrando a través de la cabeza, que la munición alcanzó efectivamente la velocidad calculada, o, como mínimo, una de 75 m/s. El nivel de perforación que se alcanzó antes de cesar con su transferencia de energía, pese a llevar consigo una velocidad superior que la del caso anterior al momento de impacto, fue menor en valor por aproximadamente 0.3 centímetros de diferencia a favor de los balines de punta redonda. Esto, si se tomara únicamente el análisis efectuado por Davidson, sería teóricamente imposible, al decir el estudioso que la velocidad es una de las principales características para la determinación del daño sobre un tejido (Davidson et al, 2010, pág. 195), viéndose en esta comparación casos opuestos. Pero como bien agrega posteriormente este investigador a sus estudios, junto con lo propuesto por Figueroa, los factores intrínsecos de la munición son vitales para la compresión y el relevamiento integro de una herida (Davidson et al, 2010, pág. 196), siendo para el caso particular de las municiones de punta hueca común que, una vez producida su expansión, estas desaceleren bruscamente a costa de un aumento de liberación de energía (Manzano-Trovamala Figueroa, 2001, pág. 269). Así se encuentra la razón de la disminución de longitud para la cavidad permanente hallada. Aprovechando esta idea también se puede definir el por qué, de la ausencia de penetración en la estructura del cráneo y la fragmentación del proyectil, habiendo sido tal la fluctuación energética y de velocidad que el balín solo habría llegado a magullar suavemente esta figura, perdiendo ese muy pequeño trozo de sí mismo que se encontraría en las cercanías a su lugar de reposo. *(Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 63 a 68)*



## Munición punta plana

La munición de punta plana fue la siguiente en ser examinada acorde a sus resultados para posterior discusión. En el primer vistazo sobre la cabeza de cerdo se pudo ubicar a su orificio de entrada sobre el musculo masetero mandibular izquierdo, 1.5 centímetros a la izquierda de donde fue hallado el orificio para la munición de punta redonda. Se aprecia en este, a diferencia de los demás casos, una herida circular de aproximadamente 0.50 centímetros de diámetro, de bordes irregulares con un mayor desplazamiento de tejido aledaño al orificio, ya mostrándose desde el exterior pequeños restos de tejido angulado que no cuadran con la superficie del balín. Esto puede ser dado por la forma de la punta de la munición, siguiendo la corriente de Di Maio y Rodríguez-Navarrete cuando dicen que su función y diseño no están dados para perforar objetos muy densos (Di Maio, 1999) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), o por una carencia de velocidad suficiente como transferir energía al tejido, únicamente alcanzado la suficiente para vencer la resistencia mecánica tisular. En posterior sección del área impactada, se apreció que, para sorpresa, el proyectil no solo había penetrado a través de todo el musculo, sino que, además consiguió perforar el hueso mandibular, presentándose un orificio que mostraba rasgos estrellados al no poseer bordes regulares. En total la munición llegó a recorrer una distancia medida de 4.2 centímetros para su cavidad permanente, impactando sobre el hueso y acabando directamente a la salida de este, aun con partes propias dentro de la estructura ósea.

En el siguiente paso se relevaron los efectos del proyectil sobre el tejido y viceversa, donde la primera observación fue como el balín en cuestión se fragmentó casi por completo dentro del cuerpo porcino, habiéndose encontrado en el recorrido de la cavidad múltiples piezas de metralla diminutas. A razón de estas se explican los micro cortes en la carne no adjudicables a la incisión hecha para examinar la herida. La cavidad no presentó, además de lo antes mencionado, ningún otro signo particular digno de notación, preservando un formato circular y recto hasta alcanzar el hueso. Como ya se ha dicho, este tipo de balas no es diseñada con la finalidad de impactar sobre tejido de animales de tamaño medio como podría ser un cerdo, siendo la fragmentación un efecto de este uso impropio. Su llegada y paso a través de la estructura ósea supone una conservación de energía idónea con la resistencia de esta, superando los 106 m/s ya tratados (Di Maio, 1999) (Isik et al, 2016). Aun



así, la figura que fue recuperada habría perdido el restante energético traspasando el hueso, visto que se recuperó por delante, sobre un cráter causado en este.

Respecto a la herida generada, en consideración de la velocidad final para la munición al hacer contacto con el tejido porcino que fuera de 212.5 m/s, se discuten los resultados obtenidos. Según trataron Di Maio y Navarrete, como ya ha sido hablado (Di Maio, 1999) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), y siendo este tipo de munición vendida con la particularidad de estar destinada a cortar papel o cartón en blanco de práctica, no se esperaba que su resultado sobre el tejido animal superara la fase de penetración inicial. Pese a esto, conociéndose la velocidad final del balín, se deduce que vencer la barrera dérmica del cuerpo no le debió haber sido mucho problema, siendo el valor de velocidad bastante más elevado que el mínimo necesario para este efecto según lo ya visto. El daño causado por un proyectil, explica Davidson, es dependiente de las facultades de este para disipar grandes cantidades de energía al encontrarse con su blanco, surgiendo así duda sobre cómo pudo equipararse en longitud de cavidad la causada por esta munición y la del caso anterior, con los proyectiles de punta hueca, donde ambas mostraron un recorrido total de aproximadamente 4.2 centímetros. En estos casos donde los factores intrínsecos de la munición se asemejan es donde más brilla la distinción por su diseño y composición. Por un lado, la munición de punta hueca presentaba una oquedad en su punta, a modo de darse en el impacto una deformación controlada y así poder ampliar este efecto por sobre el penetrante dentro de un cuerpo, por lo que el intercambio energético sería mayor, sobre un área más reclusa del tejido (Manzano-Trovamala Figueroa et al, 2001). El resultado relevado para ese caso se cumplimentó con esta explicación, siendo que, luego de haberse expandido esta perdió progresivamente su velocidad hasta terminar tocando, mas no penetrando, al hueso temporal escamoso, siendo toda su energía transmitida a razón de su deformación. Por el otro lado, los balines de punta plana correspondían a una punta, como bien dice su nombre, totalmente roma, con la facultad particular de perforar materiales de baja resistencia mecánica como puede ser el papel o el cartón, imprimiéndoles un orificio circular exactamente idéntico en forma a la punta de la munición. Este efecto es principalmente buscado en la práctica de tiro para tener una vista clara del punto de impacto de un balín sobre una diana, tendiendo a ser perforante más que expansivo. La herida relevada para el caso de esta munición también se nutre de esta explicación, al verse que, si bien el proyectil penetra la piel, el tejido interno y hasta el hueso, la superficie afectada



presentaba rasgos de corte irregulares, señalando una ineficacia para este efecto a diferencia del caso anterior. A esto se le suma la fragmentación dada, que habría comenzado antes de impactar contra la estructura ósea, al haberse encontrado esquirlas antes en la cavidad. Y, además, al momento de alcanzar el hueso y terminar su recorrido, el balín propiamente dicho se preserva como un fragmento de plomo chato y sin contornos definidos, dejando como resultado final sobre la pared ósea un cráter con múltiples micro fracturas aledañas, rasgo que muestra su última transferencia de energía, incapaz de cavitarse posteriormente sobre el tejido óseo. Apoyado por los dichos de varios estudiosos (Davidson et al, 2010) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015) (Guzmán, 2018), se dice entonces que el factor determinante para la cavidad formada en este caso fue la forma de la punta del proyectil. *(Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 69 a 74)*

### Munición slug

Para el último caso donde se revisaron las características de la herida provocada por la munición de tipo slug, se encontró en el acercamiento preliminar a la pieza cárnica un orificio de entrada correspondiente con la descripción general dada para los primeros dos casos, con la particularidad de no ser tan prominente en su proyección sobre la piel. Ubicado sobre el área de la mejilla derecha de la cabeza del cerdo, aproximadamente a unos 4.8 centímetros por debajo de donde se visualiza el globo ocular, la herida provocada aparece como un círculo con un diámetro aproximado de 0.50 centímetros sin ningún rasgo de desplazamiento de piel por impacto, viéndose únicamente el orificio como tal. Esta particularidad indicaría un efecto netamente perforante para la munición en comparación a los demás tipos donde se apreció un área de piel desplazada que haría más fácil su localización. El recorrido interno del balín sobre el tejido, presuponándose que este venció en su impacto a la velocidad mínima para poder efectivamente perforar la piel, como ya han explicado varios estudiosos (Di Maio, 1999) (Wightman et al, 2013) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), resultó ser poco claro para análisis, al dificultarse su hallazgo, puesto de haberse manifestado como una cavidad uniformemente circular sin signo alguno de expansión. Una inspección pormenorizada reveló que este perforó y alcanzó al tejido por debajo de la piel, formando una cavidad temporal con una longitud de 4.8 centímetros, y siguió su trayectoria



hasta impactar de costado contra la parte inferior del hueso maxilar derecho, lo que produciría un rebote, cesando su transferencia energética por encima del paladar del porcino.

Al tratarse detalladamente la interacción entre tejido y proyectil, el primer dato que surge es la forma de la cavidad permanente, uniforme en estructura, sin señales de cercenamiento radial al trayecto principal como se vio en los otros casos. A este efecto se dice que el proyectil manifestó un comportamiento netamente perforante, característica acorde a su diseño, transfiriendo la mayor parte de su energía en son de continuar su recorrido, sin provocar daños aledaños a sí mismo. Junto a ello se observa el espacio de donde fue recuperado el balín, aproximadamente 0.3 centímetros del paladar del cerdo, el cual no sigue la dirección que se presenta en su trayectoria, sino que es efecto del rebote de la munición en el hueso maxilar. Aun preservando la energía suficiente para alcanzar el tejido interno del porcino, el efecto no pudo mantenerse al momento de impactar contra la estructura ósea, aun preservando en sí un cierto grado de energía vigente, mas no la suficiente anteriormente tratada (Di Maio, 1999) (Isik et al, 2016). A esto, el proyectil impacta por un costado con este hueso, sufriendo de una deformación en uno de sus lados y perdiendo diminutos fragmentos de su cuerpo, desviándose luego su trayectoria y, de acuerdo con lo dicho por Davidson, disipando una mayor cantidad de energía en este instante, causando un menor daño posterior (Davidson et al, 2010), tal y como se vio al revisarse la herida. La figura que poseía el balín luego de ser recuperado es concordante con el impacto sobre el hueso, sobre el cual se apreció un pequeño resquebrajamiento de tejido óseo sin una forma regular, adjudicable más a una contusión que una penetración.

Ahora en lo que respecta a la herida generada, debe mencionarse que esta alcanzo el mayor índice de penetración entre todos los casos, alcanzando 4.8 cm en profundidad para su cavidad. Para haber impactado sobre la capa dérmica del espécimen con una velocidad de 213.9 m/s, el resultado fue mucho mayor en penetración, a costa de una baja expansión, comparándose a los demás casos. Se recurre otra vez a lo considerado por estudiosos (Di Maio, 1999) (Davidson et al, 2010) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015), al mencionar como es la forma, masa y diseño del proyectil, el conjunto de factores principales que determinaran la gravedad de las heridas provocadas en el cuerpo, siempre que este aun posea energía para transferir, como pauta Di Maio (Di Maio, 1999). Los proyectiles anteriormente tratados se distinguen de los de tipo slug por tener un índice de masa menor a este último, además de



una forma determinada para causar un efecto específico, y por ello es que, al poseer mayor masa y, por ende, una composición más densa, junto con una punta de tipo cónica, en este último tipo de balín relevado la transmisión de energía produce el aplastamiento y corte del tejido de manera más efectiva que la expansión de este. A la noción sobre la importancia del diseño del proyectil a la hora de provocar daños sobre tejido (Davidson et al, 2010, pág. 196), Davidson agrega una distinción que se puede dar identificando dos tipos de municiones, aquellas con la finalidad de fragmentarse, y aquellas fabricadas para sufrir deformaciones. Para este concepto el caso de la munición de punta plana ya ha dado un ejemplo del tipo de munición frangible y lo que busca causar, pese a no ser su finalidad más si el resultado observado, y se deja a la munición de punta hueca como ejemplo de munición deformable, también conocido como expansiva, con su respectivo comportamiento sobre el tejido, pero queda entre medio aquella munición que no se deforma ni se fragmenta, el caso actual. Se entiende entonces, que, ante una composición mucho más densa para la munición, acompañada de una punta diseñada para perforar, se potencia el efecto sobre el tejido, produciendo daños de manera más eficaz que con una bala de, por ejemplo, punta redonda con falda. Otra inferencia es la de por qué el slug, pese a su gran carga de energía, no pudo perforar el hueso. Para responder esto se debe estar al tanto del espacio particular que recibió el impacto, siendo que este se dio en un área que no gozaba de una amplia superficie ósea como para que el proyectil lo penetrara, únicamente afectándolo por un costado. Entonces, se adjudica a esto que el balín, luego de haber perforado al tejido, por no alcanzar de pleno a un hueso, haya disipado su energía en forma de un rebote contra este, imposibilitando su posterior recorrido tanto por el músculo del porcino como por su estructura ósea, así terminando en su lugar de hallazgo. (*Referirse al anexo fotográfico, en las fotos 75 a 81*)



Proyectiles	Punta Redonda	Punta Hueca	Punta Plana	Balines Slug
Momentum	0.230 kg*m/s	0.288 kg*m/s	0.233 kg*m/s	0.385 kg*m/s
Longitud de Cavity Permanente	4.5 cm (Aprox.)	4.3 cm (Aprox.)	4.2 cm (Aprox.)	4.8 cm (Aprox.)
Ancho de Cavity Permanente	-	-	-	-

Tabla 7: Resultado obtenidos de la observación de los efectos provocados por las municiones sobre el tejido porcino, se denota la ausencia de información sobre el ancho de la cavidad permanente dentro del cuerpo puesto de la naturaleza elástica del tejido que no permitió registrarlo. Elaboración propia.

## Conclusiones

En la etapa conclusiva de este trabajo se recogen las que fueron las notaciones de mayor relevancia dentro de los resultados.

En una primera instancia se menciona como el gel balístico, pese a las ligeras modificaciones en cuanto a la receta dada por el F.B.I., pudo reflejar de manera fehaciente los resultados vistos sobre el tejido porcino, al extrapolarse las características fisiológicas de sus cavidades, mostrando estas ser similares en proximidad. A esto, se expresa que las municiones empleadas para impactar contra bloques de gelatina en la totalidad de los casos perforaron a estas estructuras, donde todos geles situados a diez (10) metros presentaron evidentes signos de sobre perforación, sin notarse en ellos ningún efecto expansivo aun para las municiones diseñadas explícitamente para esta razón, a razón de una anchura de la cavidad permanente uniforme.





Al aumentarse la distancia a un valor de 20 metros, los proyectiles transmiten una mayor cantidad de energía sobre los geles, pudiéndose observar cavidades correspondientes con los efectos característicos para cada balín. La munición de punta redonda presentó en este caso una expansión considerable dentro del cuerpo de gelatina, provocando una cavidad ensanchada cerca de la mitad del bloque, y siguiendo su trayecto hasta ser expulsado de este. El proyectil de punta hueca se expandió en su recorrido por el gel, produciendo la mayor cavidad encontrada para todos los casos, y saliendo del bloque para caer cerca del soporte para estos, habiendo perdido la mayor parte de su energía al deformarse. El balín de punta plana tuvo un efecto intermedio, perforando a través del bloque sin expandirse en demasía, dejando rastros de plomo en la cavidad, a razón de no estar diseñados para el impacto contra objetivos duros. Y la bala de tipo slug mantuvo un comportamiento netamente perforante, con una cavidad de longitud uniforme.

En los resultados sobre el tejido porcino, el comportamiento de los proyectiles siguió concordancia con el observado sobre la gelatina para esa distancia hasta encontrarse contra la estructura ósea, permitiendo este material detener, para consecuentemente recuperar, las municiones y estudiarlas. La munición de punta redonda, a pesar de manejar la presión más baja en el contenedor, y por ende menor velocidad de salida, no solo perforó sobre la capa dérmica y los tejidos debajo de esta, si no que alcanzó a atravesar el hueso mandibular con la suficiente energía para quedar alojado por delante de este último. Al recuperársela de aprecio su deformación tomando forma de hongo (efecto "mushrooming") y sin rastros de fragmentación sobre el tejido; se dice entonces que su efecto fue principalmente perforante. El balín de punta hueca efectuó un comportamiento expansivo, habiéndoselo recuperado con la totalidad de la punta aplanada, que lo habría detenido antes de llegar al hueso con la suficiente velocidad y energía para hacerle un daño considerable; aun así, es de remarcable mención como fue que, a pesar de esta súbita disipación de energía a costa de un mayor daño seccional por expansión, llegó a cavitarse casi hasta el mismo nivel que las demás municiones. En el caso del proyectil de punta plana, la recuperación resultó infructífera puesto de su desarrollo sobre el tejido porcino, donde se fragmentó hasta el punto de restar únicamente una gran esquirla de plomo al final de la cavidad temporal. Esto no quita el hecho de que este balín haya podido perforar piel, tejido interino y hueso mandibular al igual que la munición de punta redonda, siendo la única diferencia aparte de la fragmentación, el hecho de que el orificio causado por su recorrido mostro bordes irregulares, los que



evidenciaron la dificultad que encontró el proyectil para cortar el tejido. Finalmente, la munición slug alcanzó al tejido y lo perforó sin mucha dificultad hasta llegar al sector inferior del hueso maxilar, donde por un impacto angulado este reboto y acabó posicionado por encima del paladar del animal. Lo interesante de este caso es que el balín en sí casi no mostró signos de deformación ni fragmentación, a excepción de la marca de impacto contra el hueso que alteraría su trayectoria. De haber impactado en dirección directamente opuesta al hueso y no en uno de sus bordes, se habría esperado, para la cantidad de energía que portaba, un resultado perforante sobre el material óseo.

Se obtuvieron para el relevo de estos datos una serie de mediciones que, siendo acorde a la bibliografía, efectivamente influyeron sobre el desempeño de la munición dentro del gel y el tejido analizado. Tanto el factor de forma como la densidad seccional, dejando de lado sus aplicaciones aerodinámicas, fueron determinantes del tipo de efecto que se daría en la carne de cerdo, siendo un claro ejemplo cómo, a diferencia de valores entre la munición de punta plana y la redonda, se observaron tanto en los bloques como en la carne pese a impactar en espacios similares, distintos resultados. Por otro lado, la masa de los proyectiles les confirió también parte de su efectividad al perforar la piel, siendo el caso más notable el de la munición slug, de mayor masa y por consecuencia mayor longitud de cavidad permanente en el cuerpo porcino y los geles, a los cuales, a velocidades reducidas en comparación a los demás casos, registraron los niveles más altos de energía cinética y, además, sobre penetraron a sus dos respectivos cuerpos de gelatina, únicamente deteniéndose en el caso del cráneo porcino por impactar de manera angulada con el hueso.

Acompañado de soporte teórico, se dice que la velocidad es un factor determinante en el análisis lesionológico para heridas por arma de fuego, sin dejar de cumplirse esta norma para el caso de las armas de aire. Manteniéndose la presión en el tubo contenedor a niveles similares para cada caso, fueron medidas todas las velocidades para los balines disparados. Se encontró que, al ser la presión una variable dependiente, los proyectiles se comportaron de maneras parecidas para cada tipo, con leves diferencias de valores adjudicadas al diseño del arma utilizada. Tanto la velocidad inicial como la energía cinética a la salida de la boca del cañón fueron los datos relevados a la salida del proyectil por el ánima del rifle, gracias a la ayuda del cronógrafo. En noción de lo planteado por Fuentes Mallozi y Rodríguez-Navarrete respecto de la clasificación de las armas de aire según las velocidades que pueden otorgar a sus balines, el rifle en cuestión puede ser categorizado como uno de alta



potencia, conforme a lo esperado al inicio del trabajo, siendo la razón por la que se lo eligió, alcanzando estas velocidades en boca de cañón rondando los 800 y los 1600 F.P.S. (Fuentes Mallozi, 2008) (Rodríguez-Navarrete et al, 2015).

La data obtenida fue posteriormente empleada mediante la aplicación de cálculo balístico computarizada "Hawke ChairGun Pro" para la obtención de los resultados que importaría el proyectil a sus blancos, velocidad final y cantidad de movimiento restante. Se satisficieron las expectativas en cuanto a la incidencia de la variedad de municiones sobre los blancos. Los bloques de gel balístico situados a diez (10) metros de la boca del cañón del rifle sufrieron, a efecto de impacto, una sobre penetración en todos los casos, la munición los atravesó con tal carga energética que ninguna pudo imprimir los efectos que posteriormente si se verían en las variantes posteriores. Tratándose luego con el caso porcino y de los bloques de gelatina distantes por 20 metros del fin de anima del arma, cada proyectil desarrolló un efecto único para su tipo, pero comparables entre objetivos.

Empezando por los casos referentes al cuerpo porcino, los balines de punta redonda tuvieron una naturaleza mixta, expandiéndose en sus costados al tomar su punta una forma de hongo (mushrooming), dejando una cavidad abierta, circular, de bordes regulares e invertidos, conforme en todo su recorrido hasta impactar y perforar efectivamente el hueso mandibular izquierdo del espécimen, dejando un orificio circular y definido, reposando finalmente por delante de este. El comportamiento de la munición en cuanto a la lesión originada fue similar al estudiarse el recorrido de esta por el bloque de gel, cumplimentándose la teoría de que la gelatina balística es un buen simulador de tejido, donde la sustancial diferencia fue la ausencia de material ósea que retuviera gran parte de la energía del balín, por lo que en este caso el bloque fue perforado, y de ahí, irrecuperable el proyectil que impacto sobre este.

El balín de punta hueca provocó sobre el porcino en la región impactada una cavidad de características similares a las del caso anterior en su orificio de entrada, variando al examinarse su recorrido interno. Este perforó sobre el tejido del cerdo en el área anterior al ojo derecho, expandiéndose en su recorrido hasta terminar su punta completamente achatada. Los efectos de esto fueron una cavidad con una anchura un poco más notable, junto a una longitud menor, siendo la más reducida de los casos analizados, para recuperarse frente al hueso temporal escamoso derecho, al cual abolló levemente, más no



llego a perforar, puesto de haber agotado el proceso de transferencia energética con anterioridad al expandirse. El caso lesionológico se repite en el estudio del bloque, donde se registró el ancho de cavidad más grande de todos, viendo que el efecto expansivo fue igual al de los resultados sobre el cerdo. Otra vez, el bloque resulto perforado totalmente por la munición, al no poseerse barrera ósea que lo haya detenido con anterioridad.

La situación de las balas de punta plana es otra, para esta el tejido porcino presento una cavidad de bordes irregulares con un mayor desplazamiento de tejido aledaño al orificio, consistente en longitud con el caso de la munición de punta redonda, mas diferente en los demás aspectos. La reducida masa de este balín junto a su factor de forma, siendo que no está diseñado para perforar blancos de un grosor superior al de una hoja de papel cartón, fueron las causantes de la expresión de la herida vista. Sorprendentemente, pese a su diseño, este alcanzo al hueso mandibular izquierdo y lo perforo para terminar alojado sobre un costado de este mismo, sobre un cráter a causa del impacto. La munición sufrió una fragmentación bastante considerable, restando al intentar recuperársela, no más que dos esquirlas pequeñas y un fragmento principal que debió haber sido el cuerpo del proyectil. Se denota que este efecto comenzó antes del impacto contra hueso, al apreciarse ambas esquirlas a profundidades distintas de la cavidad, adjudicándolo nuevamente a los factores antes mencionados, la falta idoneidad para manejarse en este tipo de blancos supero al balín en su recorrido, lo que no quita que esta haya traspasado un hueso. La comparación con la gelatina no revela una fragmentación tan desproporcionada, mas si muestra trazas de plomo depositado sobre la superficie del gel, junto con un orificio de entrada con rotura del material.

El caso de la munición slug arroja como resultado en el tejido de cerdo la mayor longitud de cavidad observada, con un recorrido de carácter similar los otros dos casos mencionados, con la particularidad de un orificio de entrada menos prominente. Este caso tuvo como distinción el haber impactado en un sector sin área amplia de material óseo, dando su punta de costado contra el maxilar derecho, lo que provocó un rebote y posiciono al balín fuera de su trayectoria general dentro del tejido. La bala en si se preservó casi sin deformaciones a excepción del lado que choco contra el hueso, notándose el gran rozamiento que tuvo contra este. La experiencia en gel balístico mostro como el balín se comporto de manera netamente perforante, sin ensancharse su cavidad permanente más de lo que valía en diámetro el proyectil. Se dice entonces, que, de no haber impactado en un



ángulo al hueso, la munición con la elevada carga de energía que llevaba, habría sido capaz de perforarlo y seguir camino.

Se ve por los resultados obtenidos, a todos los objetivos específicos del trabajo cumplidos en forma de explicaciones y tablas, y que por unión de estos se forja una idea respectiva al objetivo principal de la investigación. Se puede decir entonces, que efectivamente se alcanzó la meta de determinar la influencia de la morfología de los proyectiles en la capacidad de un arma neumática tipo PCP de causar heridas en las región craneal y clavicular del cuerpo humano a las distancias dadas de diez (10) y 20 metros.

Así como se puede apreciar la compleción de los objetivos, a esto corresponde una confirmación de la hipótesis planteada, tomando los datos relevados para formularla. En primer lugar, para los casos estudiados a una distancia de diez (10) metros, al haber resultado todos en una sobre perforación del objetivo no permitieron arrojar datos prácticos que comparar posteriormente con lesiones o efectos de la munición, siendo todas las cavidades observadas similares entre sí. Aunque se podría apreciar que la gran carga energética que portaban los balines habría sido causal de mayores penetraciones en cuerpo porcino, la falta de un modelo para esta distancia no permite hacer más que inferencias respecto a ello. Por lo tanto, para esta distancia no se pudo observar a ciencia cierta qué efecto tendrían las municiones sobre el cuerpo humano en las regiones planteadas.

Por otro lado, debido a que se observaron una variada serie de efectos sobre la piel y tejidos internos del espécimen porcino al haberse modificado las municiones disparadas, y siendo estos efectos únicos para cada tipo de proyectil a la distancia de 20 metros, se puede confirmar que las características particulares de cada munición influyen efectivamente sobre los resultados lesionológicos vistos en las heridas, donde estas mantuvieron como generalidad una profundidad mínima de 4 cm. Junto a esto, al denotarse que, para las velocidades utilizadas las dos municiones que impactaron de manera directa contra un hueso lo lograron perforar, donde en los otros dos casos, uno se desvió debido a un choque angulado, y el otro disipó toda su energía al expandirse, se puede decir que estas armas conllevan consigo un cierto grado de peligrosidad, comparable al de las armas de fuego de paño en calibres similares como es el .22.

Finalmente, en conjunto de estas dos ideas, habiéndose comprobado la similitud entre a gelatina balística y los tejidos de cerdo, y relevado las características de las heridas



causadas sobre este último en consideración de su parecido con la piel humana, la conclusión a la que se llega es que, de impactar un balín de arma de aire, siendo esta de tipo PCP dándole una velocidad de impacto de al menos 210.1 m/s a sus balas, sobre las regiones anatómicas estudiadas en un ser humano, en el intervalo de distancia entre los 10 y 20 metros, sería altamente factible la provocación de un cuadro de heridas gravísimas.

Siguiéndose con la línea de factores que no se pudieron comprobar, se puede esperar que investigaciones a futuro indaguen más profundamente sobre la casuística referente a este tema a menores o mayores distancias. La disponibilidad de más especímenes de cerdo o algún mejor material capaz de simular el tejido humano también podrían facilitar resultados más específicos o calibrados, además de habilitar a otros estudiosos a experimentar sobre otras áreas del cuerpo humano. Un trabajo sobre los efectos de las municiones en el espacio cardiaco también podría nutrirse de algunos de los conceptos aquí considerados. Cabe mencionarse también, que el mundo de las municiones para armas de aire, al igual que en de las de fuego, se encuentra constantemente recibiendo innovaciones en materia de mejores desempeños balísticos para la caza, o inclusive efectos especiales, como podría ser el de una munición explosiva para armas de aire o una trazadora. A ello, sería una propuesta interesante para algún investigador el querer documentar que efectos podrían tener estas variantes de munición sobre el cuerpo humano, modificándose los parámetros aquí obtenidos como podrían ser balas de mayor masa, distinto tipo de forma de punta o de calibre.

El mundo de las armas de aire también sigue en desarrollo constante día a día, y, como se ha visto, son pocos aquellos que se han enfocado en el uso y las capacidades de causar daño que pueden llegar a ofrecer las de tipo P.C.P. Si bien estas no son frecuentemente vistas en escenarios criminales a diferencia de sus contrapartes de fuego, considerar sus altas velocidades podría ayudar en el caso de que se encuentre algún día un accidente o un hecho delictivo donde se las vea involucradas, por lo que seguir ahondando en el tema con más exámenes de distancia, potencias y velocidades, más las ya tratadas municiones, sería benefactor tanto para el campo de la criminalística, como de la medicina legal y quirúrgica.



## **Bibliografía Consultada**

Argentina (1996). Honorable Congreso de la Nación Argentina. Normativa Nacional Ley 24.703. REPLICAS DE ARMAS Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24703-39915/texto>

111

Botchway, M. T., Singh, S., Loveland, J. (2017). "Non-powder firearms and air-pellet guns: Toys or weapons? A case of a penetrating pellet gun injury in a child". Sudáfrica: Publicado por Journal of Pediatric Surgery: Case Reports. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/319927979\\_Penetrating\\_pellet\\_gun\\_injury\\_in\\_a\\_child/fulltext/5e711412a6fdcc37caf30290/Penetrating-pellet-gun-injury-in-a-child.pdf](https://www.researchgate.net/publication/319927979_Penetrating_pellet_gun_injury_in_a_child/fulltext/5e711412a6fdcc37caf30290/Penetrating-pellet-gun-injury-in-a-child.pdf)

Cruz Sotelo, N., Cordero-Olivares, A., Cervantes-Velázquez, V. (1998). "Heridas por Proyectoil de Armas Neumáticas en Edad Pediátrica". Sonora. México: Publicado por Boletín Clínico del Hospital Infantil del Estado de Sonora, Vol. 15. Recuperado de: <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=19803>

Dalgic, A., Okay, Ö., Ergüngör, F. M., Uckun, Ö., Nacar, O. A., Yildirim, A. E. (2010). "Brain injury due to air gun shot: report of three adult cases". Ankara. Turquía: Publicado por Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery, Vol. 16. Recuperado de: <https://tjtes.org/jvi.aspx?un=UTD-32154>

Davidson, K., Davies, C., Randolph-Quinney, P. (2011). "Skeletal Trauma", en Black, S. y Ferguson, E. "Forensic Anthropology: 2000 to 2010". Dundee. Escocia. Editorial: CRC Press. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/265600773\\_Skeletal\\_Trauma](https://www.researchgate.net/publication/265600773_Skeletal_Trauma)



De Cou, M.J., Abrams, S. R., Miller, S. R., Touloukian, J. R., Gauderer, L. W. M. (2000). "Life-Threatening Air Rifle Injuries to the Heart in Three Boys". Estados Unidos: Publicado por Journal of Pediatric Surgery. Recuperado de: [https://www.academia.edu/27753647/Life\\_threatening\\_air\\_rifle\\_injuries\\_to\\_the\\_heart\\_in\\_three\\_boys](https://www.academia.edu/27753647/Life_threatening_air_rifle_injuries_to_the_heart_in_three_boys)

Di Maio, J.M.V. (1999). "Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques" Florida. Estados Unidos: Editorial CRC Press, Segunda Edición.

Dumencic, B., Rajc, J., Pavokovic, D., Damjanovic, T. (2020). "Fatal Injury by Airgun: A case report". Osijek. Croacia: Publicado por Egyptian Journal of Forensic Sciences. Recuperado de: <https://ejfs.springeropen.com/articles/10.1186/s41935-020-00182-7>

España (1993). Ministerio del Interior. Ley Orgánica 1/1992 Real Decreto 137/1993 del 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Armas", artículo 3°. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1993-6202>

Fuentes Mallozi, D. A. (2008). "Herida por proyectil de arma neumática". Tamaulipas. México: Publicado por Anales de Otorrinolaringología Mexicana, Vol. 53. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=27724>

Guzmán, A.C. (2018). "Tratado de Balística, Su aplicación a la Criminalística: Introducción a la balística. Historia, definiciones y descripciones de armas y municiones". Buenos Aires. Argentina: Editorial B de F.

Guzmán, A.C. (2018). "Tratado de Balística, Su aplicación a la Criminalística: Identificación Balística". Buenos Aires. Argentina: Editorial B de F.





Heard, J.B. (2013). "Forensic Ballistics in Court: Interpretation and Presentation of Firearms Evidence". Estados Unidos: Editorial Wiley-Blackwell, Primera Edición.

Isik, O., Engin, C., Daylan, A., Sahutoglu, C. (2016). "Air gun pellet: cardiac penetration and peripheral embolization". Izmir. Turquía: Publicado por Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery, Vol. 22. Recuperado de: <https://tjtes.org/jvi.aspx?un=UTD-76570>

Jussila, J. (2004). "Preparing ballistic gelatine - review and proposal for a standard method". Publicado por Forensic Science International, Vol. 141. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073804000477?via%3Dihub>

Lima Fujita, K. A., Da Rocha, W. R., Escobar, A., De Nardi, B. A., Bagnato, S. V., De Menezes, C. F. P. (2018). "Correlation between Porcine and Human skin Models by Optical Methods". Brasil. Publicado por IntechOpen. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/chapters/60451>

Lozano Sánchez, J.E. (2015). "Estudio y Modelado de la Unidad de Potencia de un Rifle P.C.P.". Madrid. España: Publicado por el Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/1413>

Magaña Sánchez, I. J., Torres Salazar, J. J., García-Núñez, M. L., Núñez, O. (2011). "Conceptos básicos de la balística para el Cirujano General y su aplicación en la evaluación del trauma abdominal". Ciudad de México. México: Publicado por Cirujano General, Vol. 33. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-00992011000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-00992011000100009)



Manzano-Trovamala Figueroa, R. J., Guerrero Molina, G. M., Arcaute Velazco, F. (2001). "Balística: Balística de efectos o balística de las heridas". Ciudad de México. México: Publicado por Cirujano General, Vol. 23. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cirgen/cg-2001/cg014i.pdf>

Monteiro-Riviere, A. N. & Riviere, E. J. (2005). "The pig as a model for human skin research". Saint Louis. Estados Unidos: Publicado por Swine in biomedical research: Update on animal models. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/287356276\\_The\\_pig\\_as\\_a\\_model\\_for\\_human\\_skin\\_research](https://www.researchgate.net/publication/287356276_The_pig_as_a_model_for_human_skin_research)

Nicholas, N. C. & Welsch, J. R. (2004). "Ballistic Gellatin" Pennsylvania. Estados Unidos: Publicado por Institute for Non-Lethal Defenses Technologies. Recuperado de: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA446543>

Ranamukhaarachchi, S. A., Lehnert, S., Ranamukhaarachchi, S. L., Sprenger, L., Schneider, T., Mansoor, I., Rai, K., Häfeli, O. U., Stoeber, B. (2016). "A micromechanical comparison of human and porcine skin before and after preservation by freezing for medical device development". Publicado por National Library of Medicine: Scientific Reports. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4997349/>

Reino Unido (1968). Parlamento del Reino Unido. Firearms Act 1968, Section 5. Recuperado de: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1968/27/section/5>

Reino Unido (1969). Parlamento del Reino Unido. STATUTORY INSTRUMENTS 1969 No. 47 ARMS AND AMMUNITION The Firearms (Dangerous Air Weapons) Rules 1969. Recuperado de: <https://www.legislation.gov.uk/uksi/1969/47/made>



Rodríguez-Navarrete, J.M. & Mora-Beltrán, E. A. (2015). "Reporte de caso: muerte violenta ocasionada por proyectil de arma neumática en Soacha". Bogotá. Colombia: Publicado por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Oriente de Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/ml/article/view/1590>

Wightman, G., Cochrane, R., Gray, R. A., Linton, M. (2013). "A contribution to the discusión on the safety of air weapons". Escocia. Reino Unido: Publicado por ELSEVIER. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/255788593\\_A\\_contribution\\_to\\_the\\_discussion\\_on\\_the\\_safety\\_of\\_air\\_weapons](https://www.researchgate.net/publication/255788593_A_contribution_to_the_discussion_on_the_safety_of_air_weapons)



## Anexo Fotográfico

### Materiales Utilizados



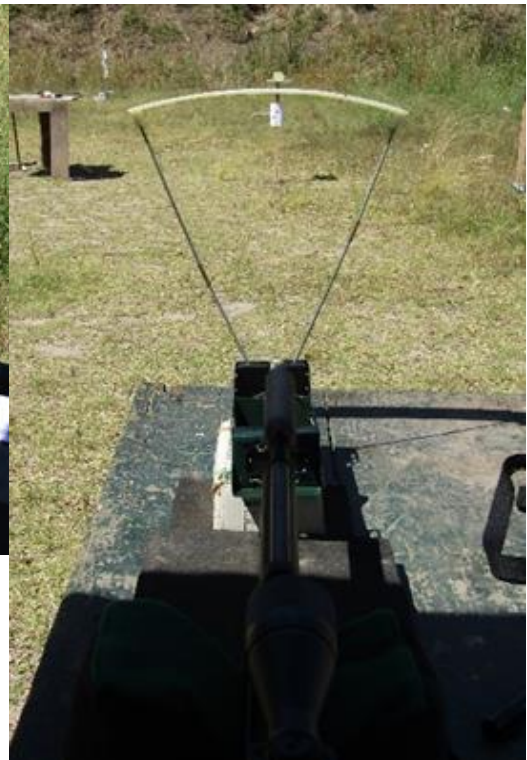
Foto 1 y 2: Empaque de, y Cronógrafo “Chrony F-1” empleado para la realización del trabajo, en el estado en el que se lo recibe.



Foto 3, 4, 5 y 6: Latas contenedores de las municiones utilizadas para los disparos, conforme con las vistas en la descripción de materiales. De la izquierda arriba hacia la derecha abajo, la munición de punta redonda, punta hueca, punta plana, y tipo slug.



**Foto 7:** Rifle neumático de tipo P.C.P. Hatsan "AT44 - 10" en calibre 5.5mm empleado para efectuar las experimentaciones. Se puede apreciar el almacén tubular de aire comprimido por debajo del cañón.

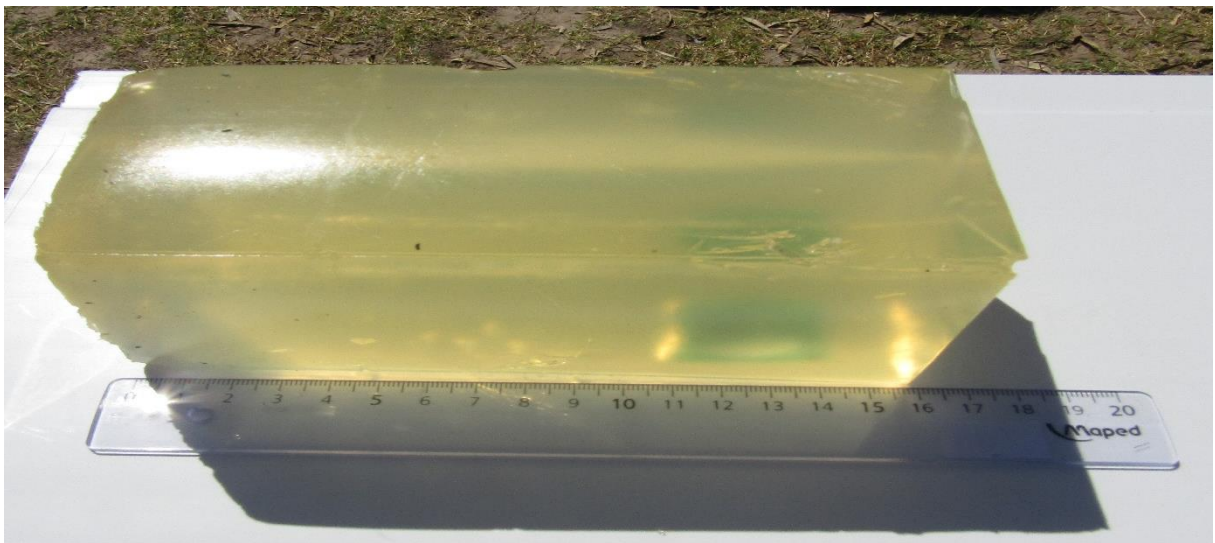


**Foto 8 y 9:** Arriba, cronógrafo abierto y preparado para registrar velocidades de salida de la munición, se puede ver la boca del cañón casi sobre el sensor del dispositivo. A la derecha, banco y campo de tiro previos a la primera serie de disparos. Se pueden ver el sistema que componen el rifle con el cronógrafo y la estaca con el bloque a diez (10) metros.

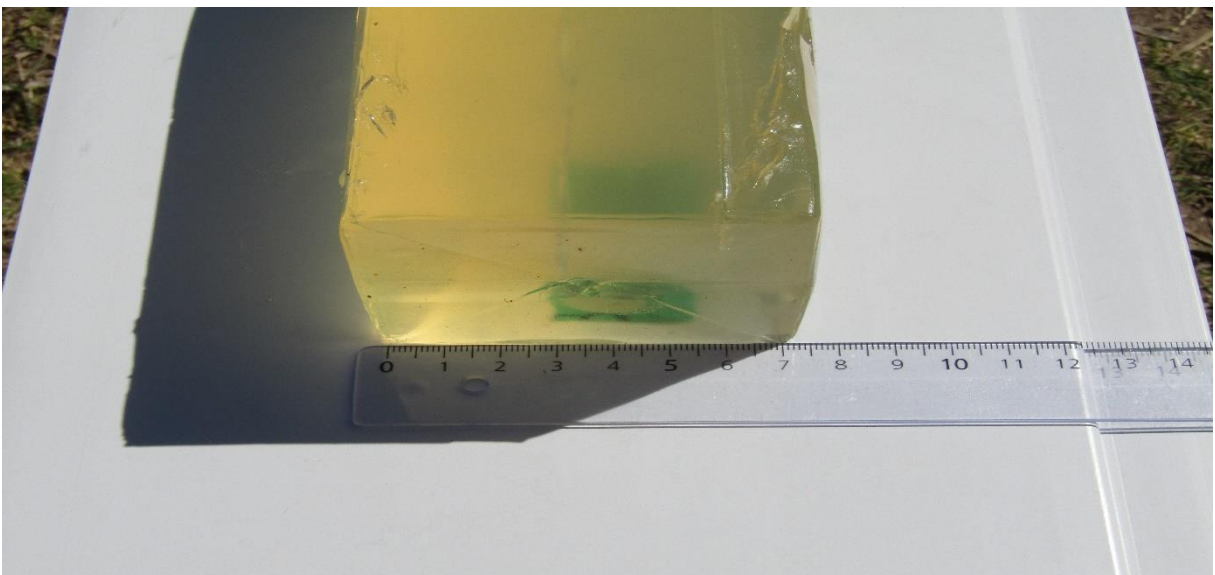


## Resultados a diez (10) metros: Gel Balístico

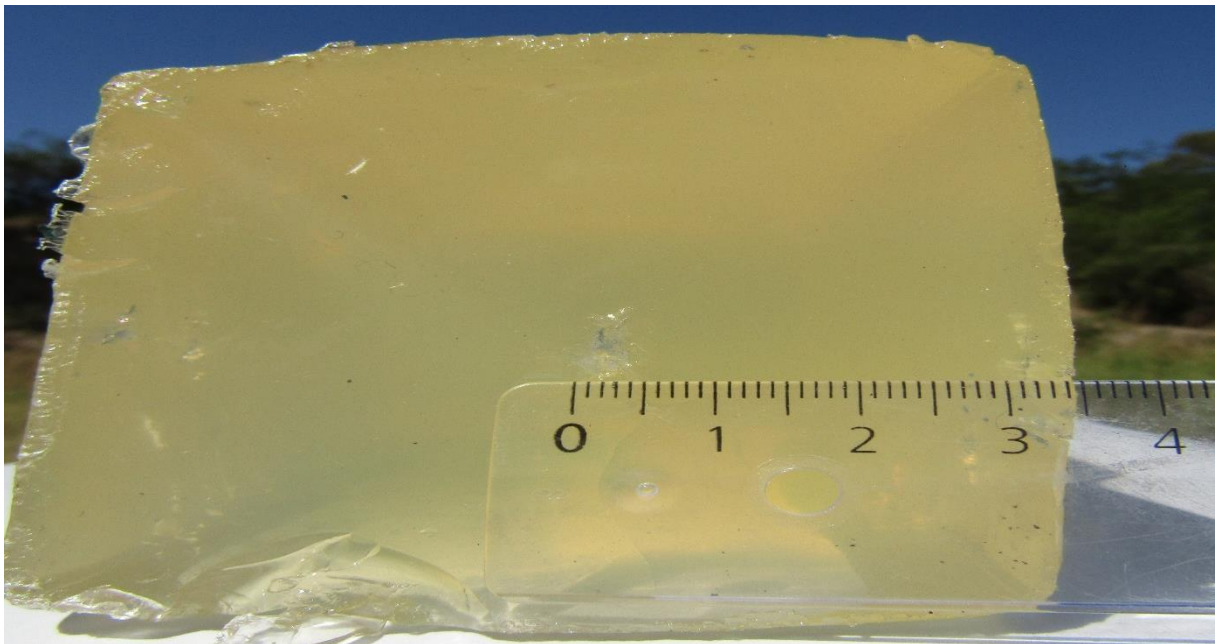
*Proyectil punta redonda*



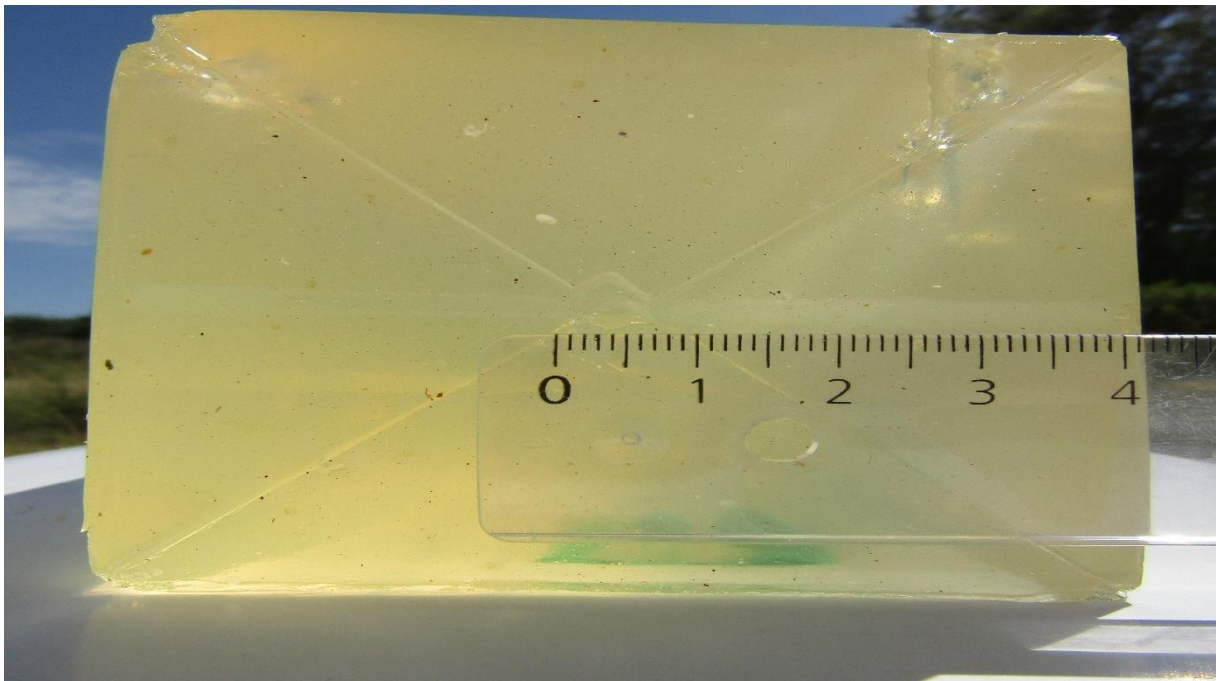
**Foto 10:** Bloque de gel balístico a diez (10) metros de la boca del cañón, posterior al impacto de la munición de punta redonda. La longitud total del cuerpo medido por la regla métrica muestra un valor de 15.3 cm.



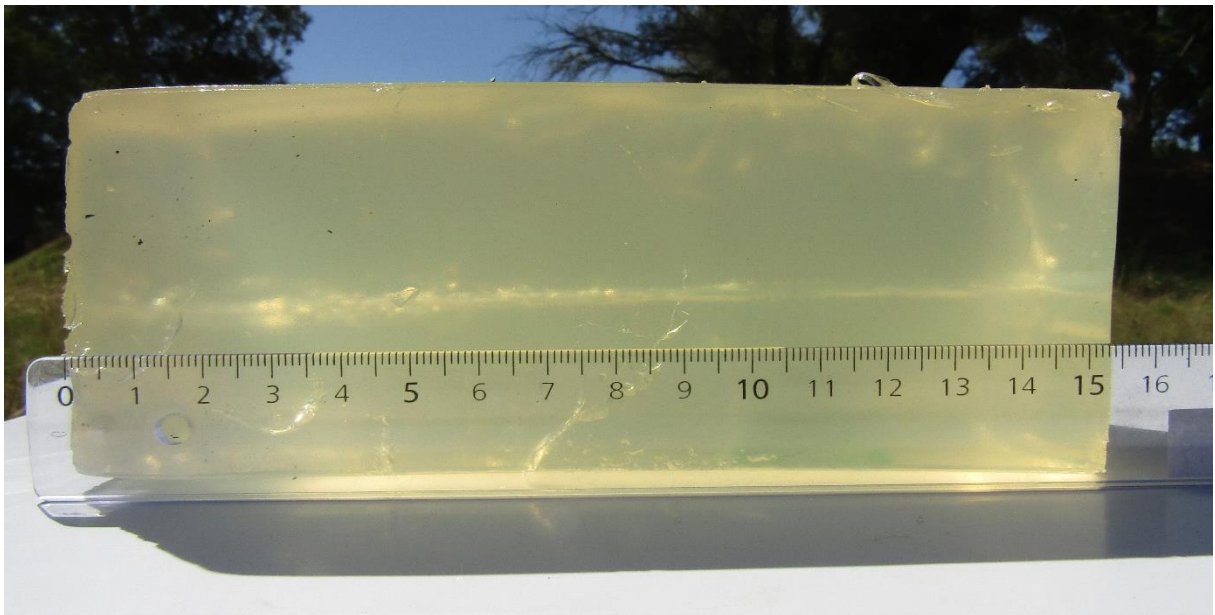
**Foto 11:** Ancho del bloque de gel balístico impactado por un proyectil de punta redonda a diez (10) metros de distancia de la boca del cañón, se aprecia mediante regla métrica un valor de 7 centímetros.



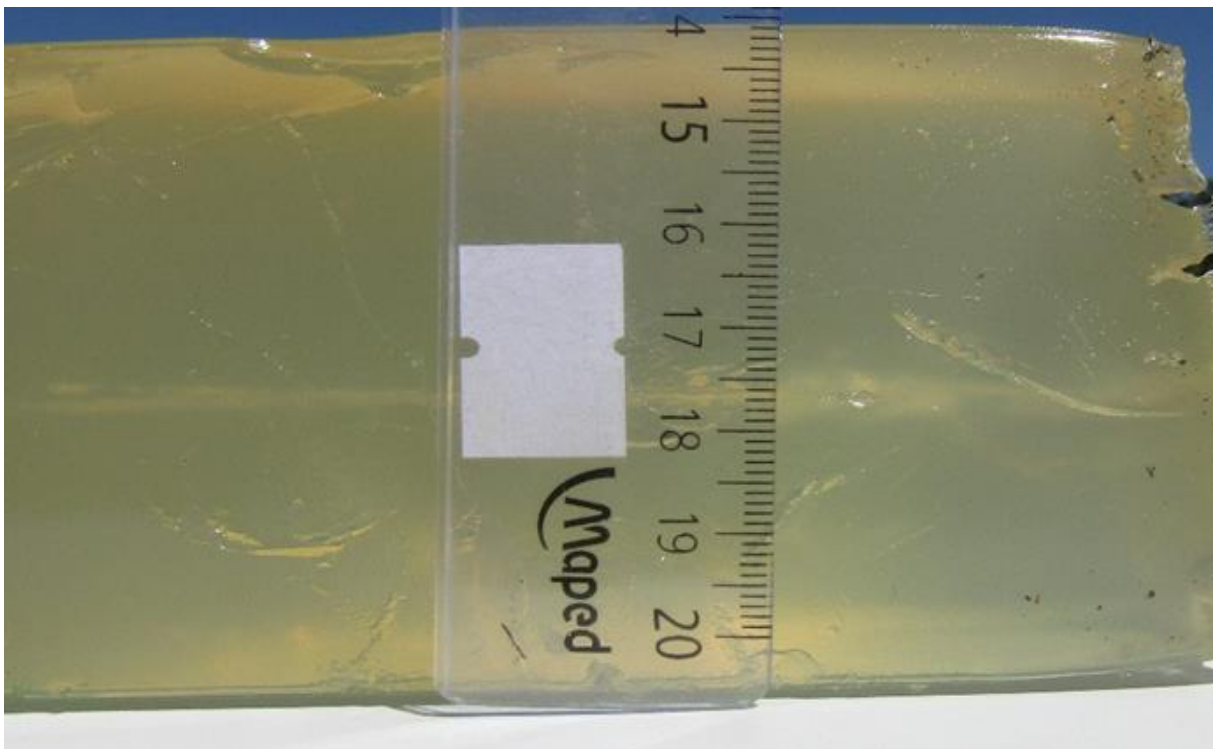
**Foto 12:** Orificio de entrada para el bloque de gel. Se computa un orificio con un diámetro de 0.5 centímetros, correspondiente con el calibre del proyectil 5.5 milímetros.



**Foto 13:** Orificio de salida del proyectil de punta redonda, pese a la baja visibilidad, se denota un diámetro para este de 0.5 centímetros.



**Foto 14:** Cavity permanente dejada por el recorrido de la munición punta redonda dentro del bloque de gel. Nótese la figura uniforme que deja el proyectil, de un diámetro similar en toda su trayectoria, a razón de la velocidad excesiva con la que alcanza al bloque. Se habla de una perforación, al haberse perforado el cuerpo completo en sus 15.3 cm.

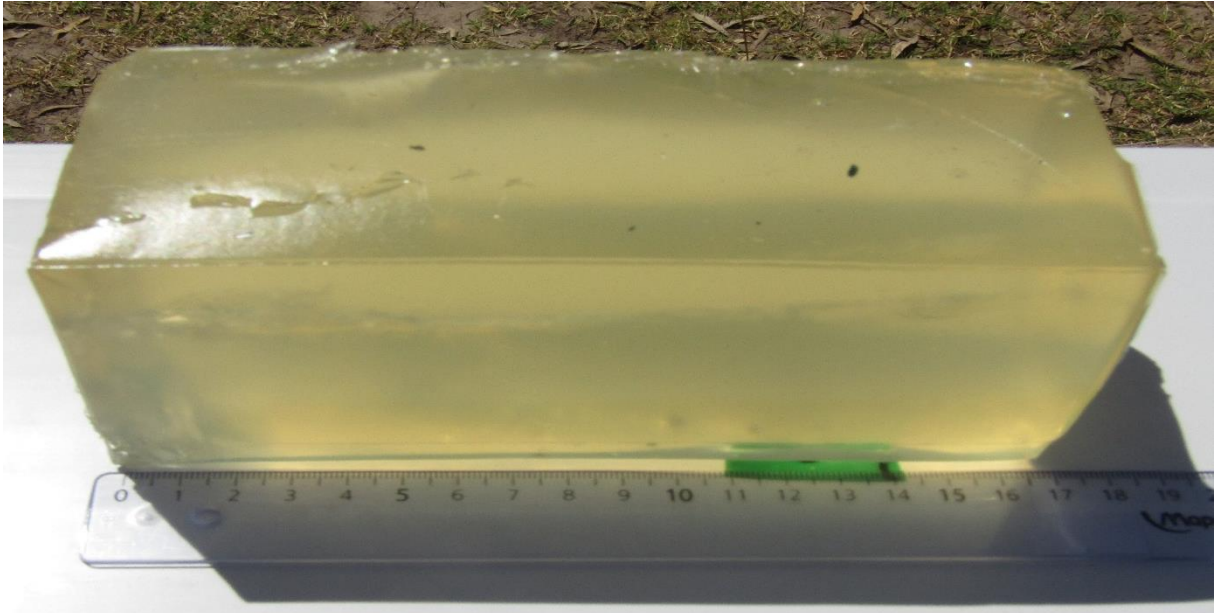


**Foto 15:** Ancho de la cavity permanente medida en su mayor expresión, el área donde se obtiene un valor de 0.65 centímetros.

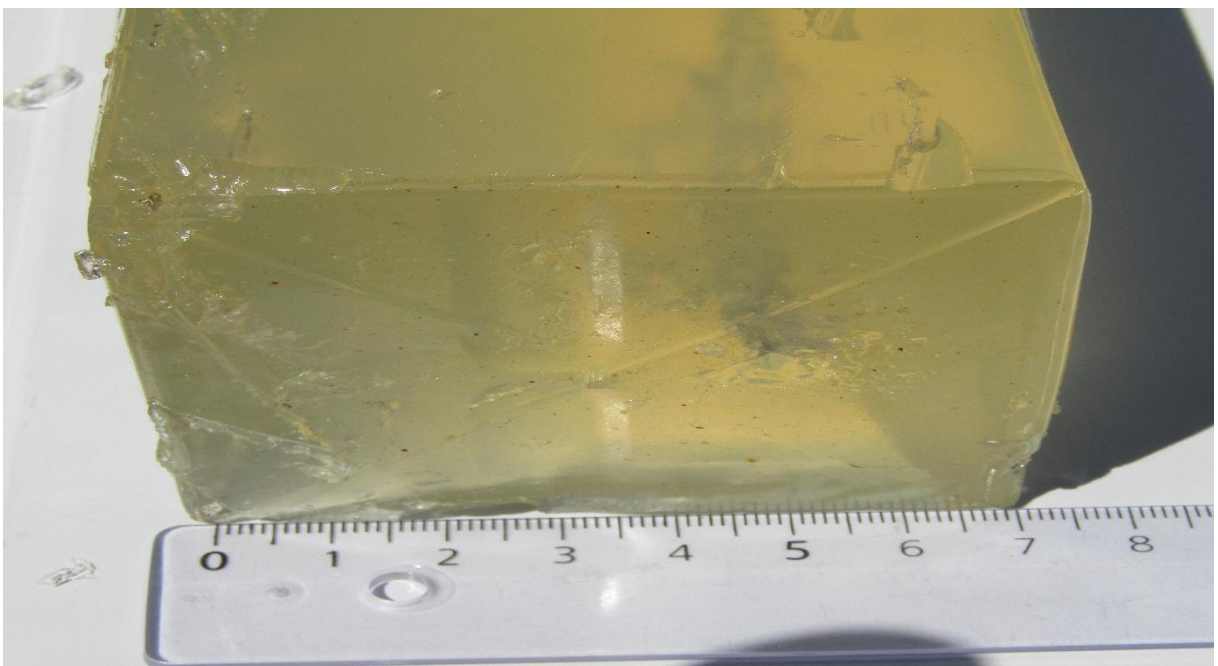




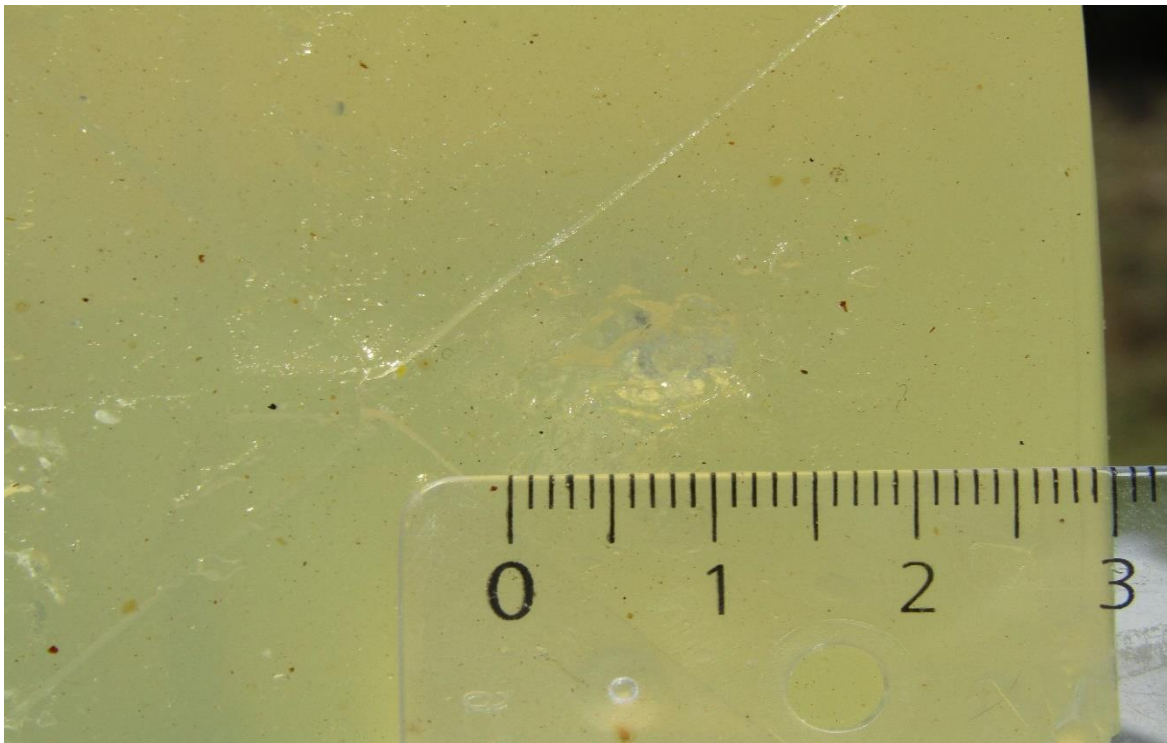
*Proyectil de punta hueca*



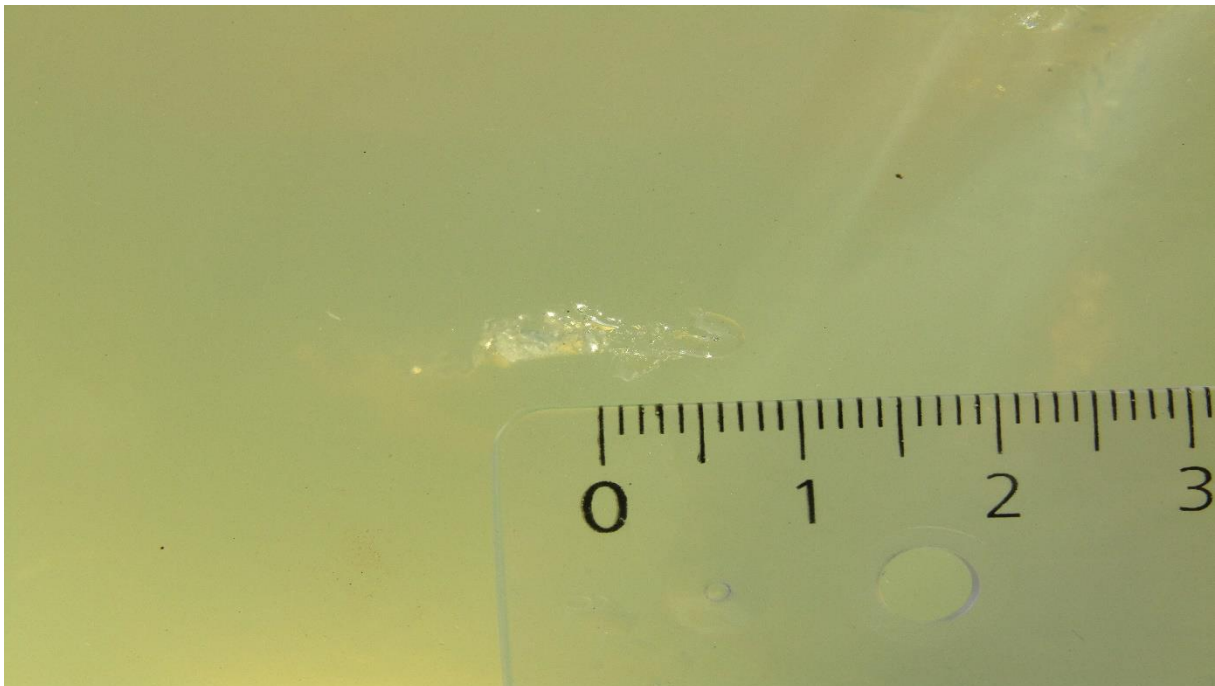
**Foto 16:** Gelatina balística posterior al impacto por una munición de punta hueca, a una distancia de diez (10) metros del rifle de aire. Mediante regla métrica se obtiene como largo del bloque un valor de 16.7 centímetros.



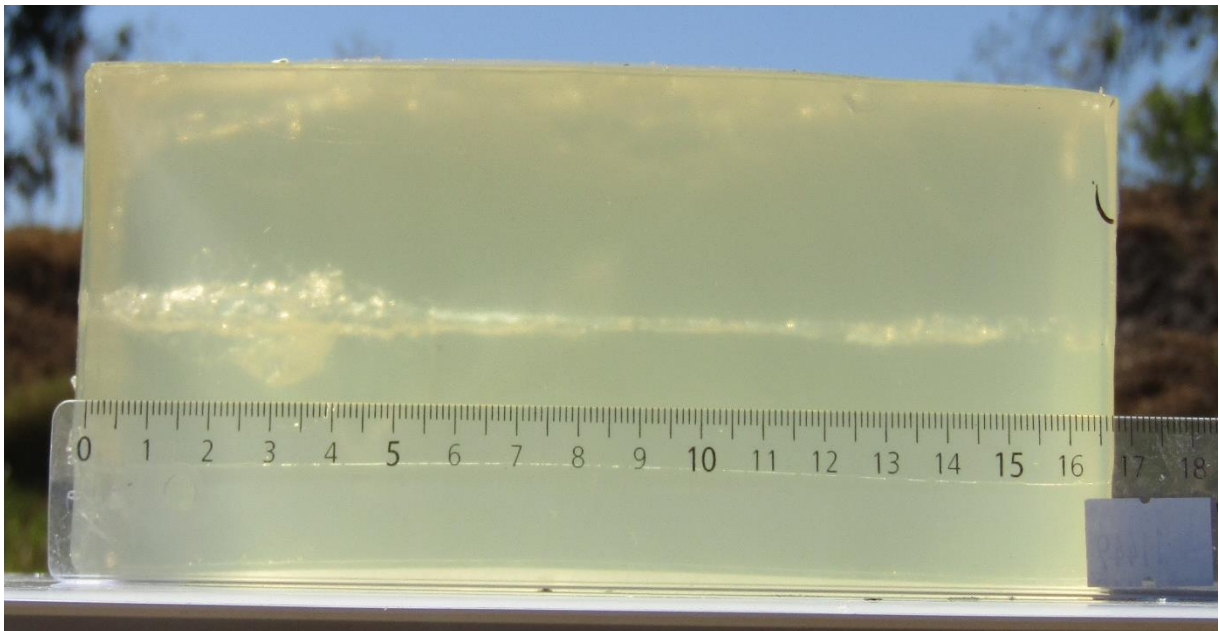
**Foto 17:** Ancho del bloque de gel en cuestión. Se observa con asistencia de regla métrica un valor de 7 centímetros.



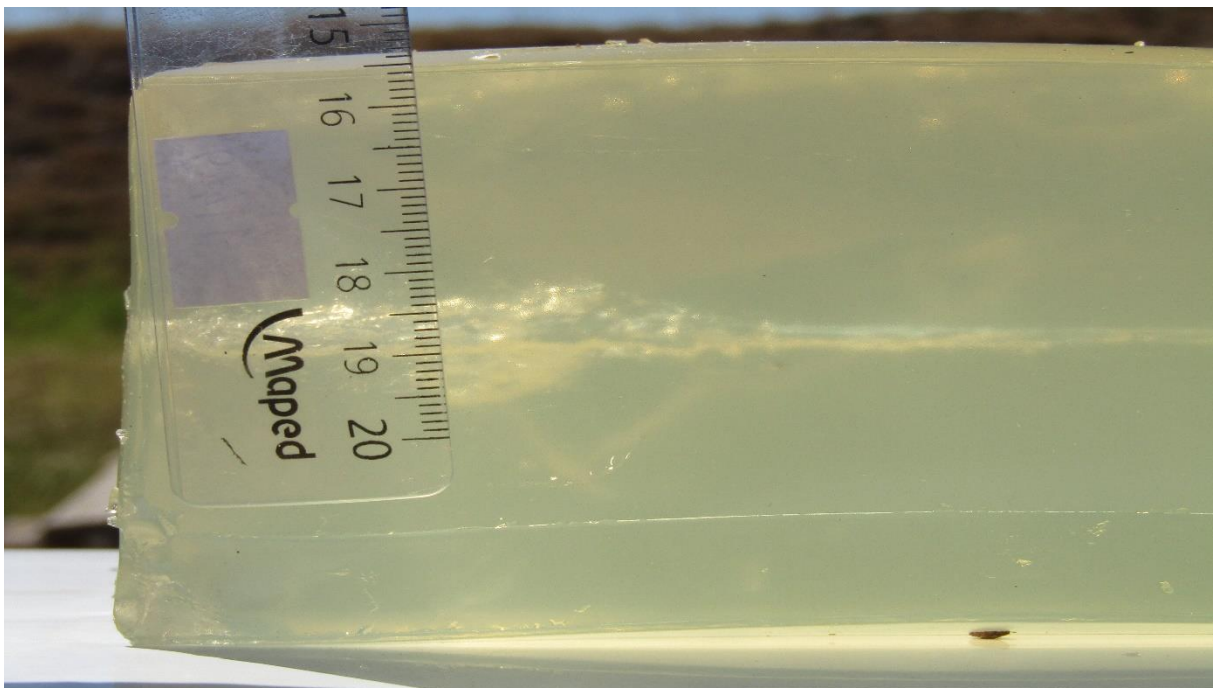
**Foto 18:** Orificio de entrada para la gelatina impactada por proyectil de punta hueca. Se mide con regla un diámetro total de 0.5 centímetros para este, con desprendimiento de gel aledaño al orificio producto del impacto.



**Foto 19:** Orificio de salida correspondiente al proyectil de punta hueca. El diámetro de este se computa como de 0.5 centímetros.



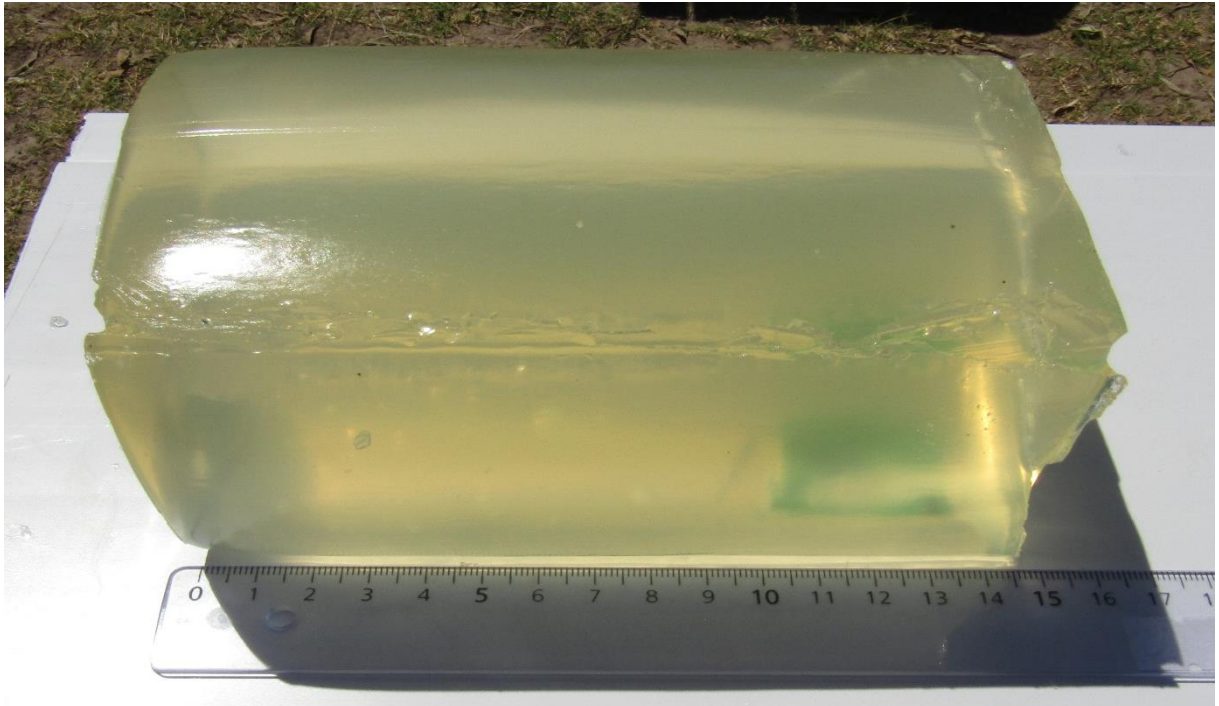
*Foto 20: Cavidad permanente producto del recorrido de la munición punta plana dentro del gel. Se aprecia una gran expansión dentro del bloque en la primera parte del recorrido, directamente posterior al impacto, esta se da por la naturaleza expansiva del proyectil. Se denota la perforación del bloque por el balín.*



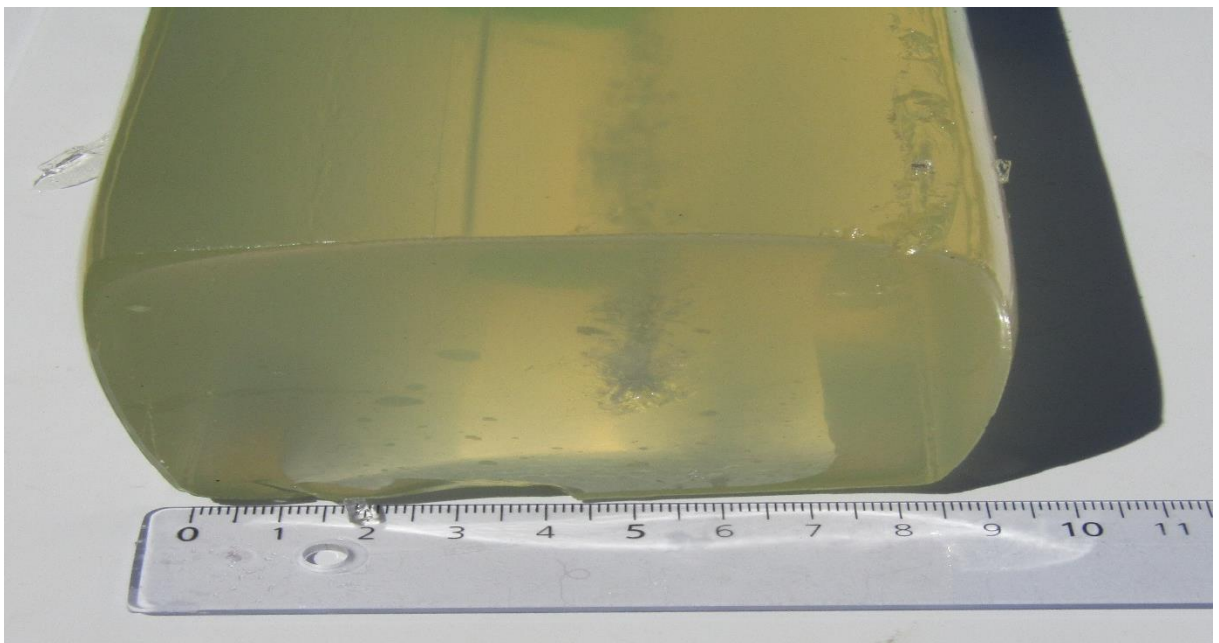
*Foto 21: Ancho del área de mayor expansión de la cavidad permanente. En este caso se registran 1.13 centímetros de ancho, dos veces el valor de diámetro para el calibre de la munición empleada, de acuerdo a la mayor liberación de energía de manera radial para la munición expansiva punta hueca.*



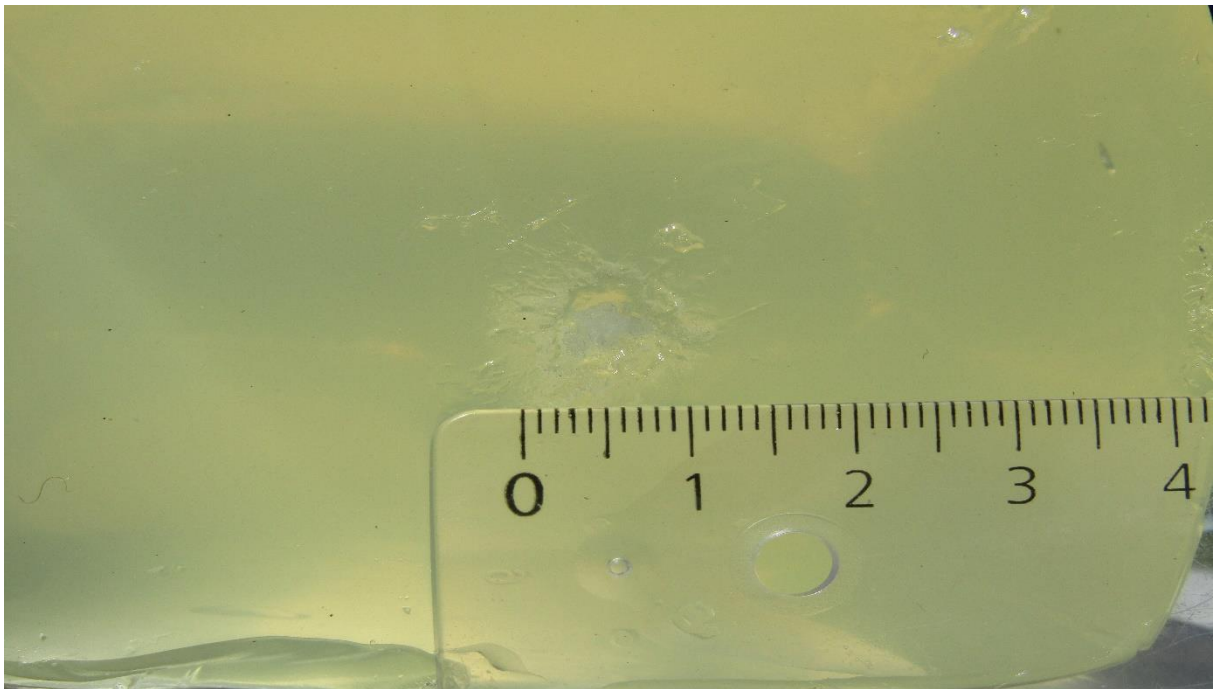
### *Proyectil de punta plana*



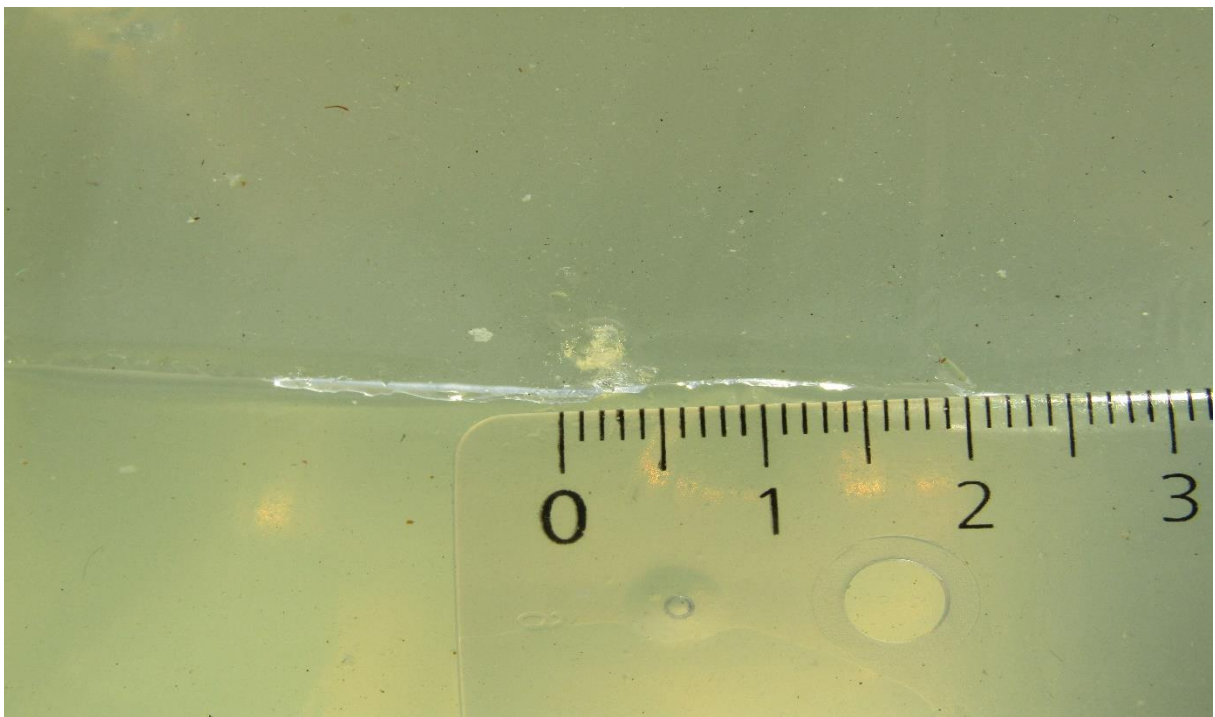
**Foto 22:** Longitud del pan de gelatina balística utilizado para experimentar con la munición de punta plana, a la distancia de diez (10) metros. Se aprecia para este, un valor de 15 centímetros



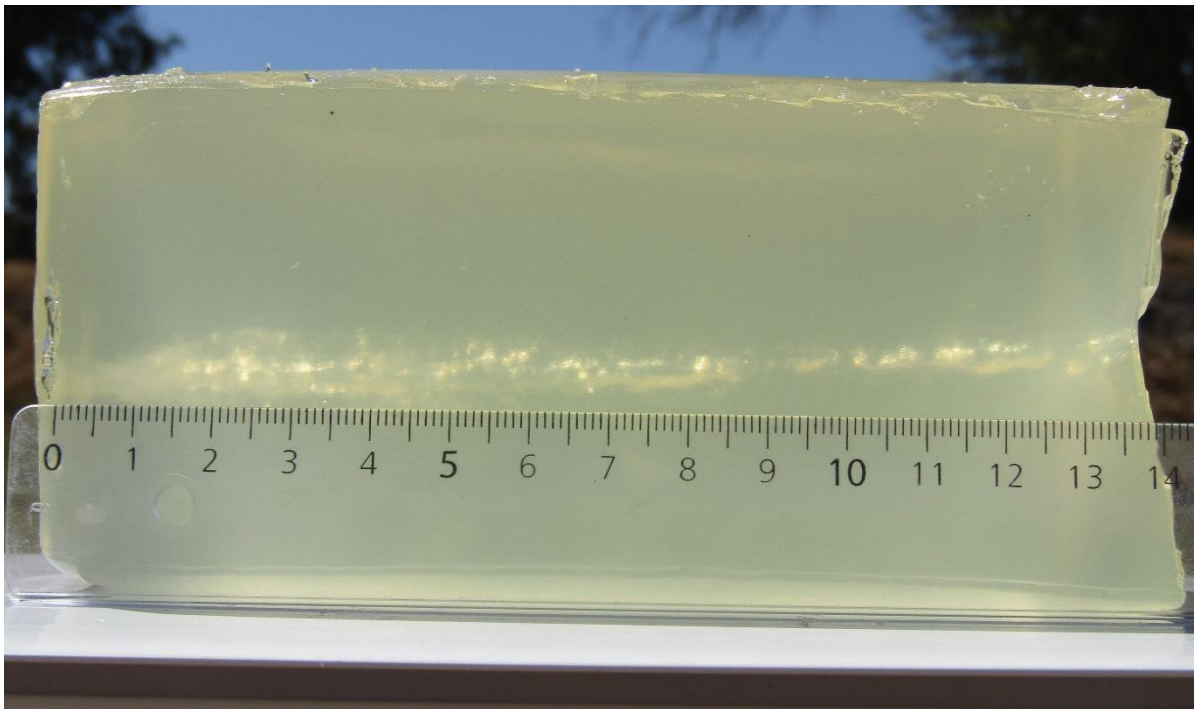
**Foto 23:** Ancho del bloque de gelatina. Se computa mediante ayuda de regla métrica un valor de 8 centímetros. Se diferencia por un centímetro de más en ancho debido al uso de un molde tetrabrik de distinta anchura, más esto no afectó a la realización de las pruebas.



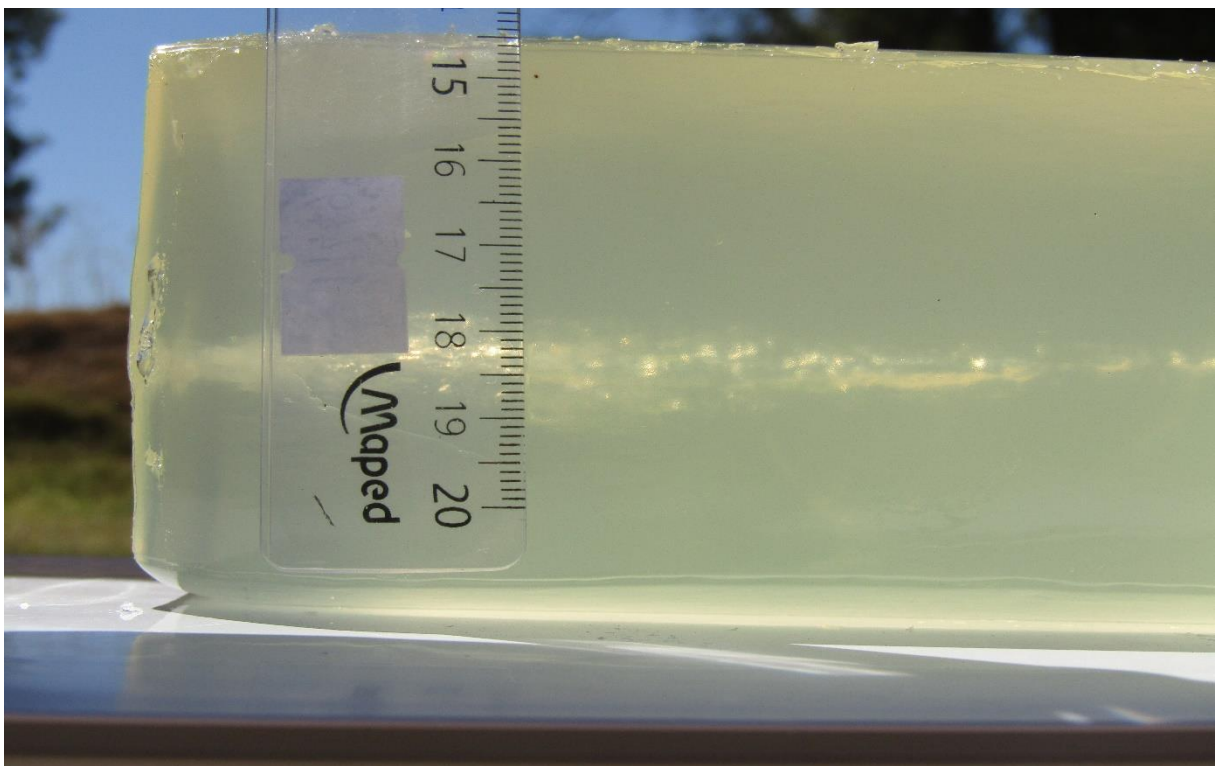
**Foto 24:** Orificio de entrada para la munición de punta plana en el gel. A pesar de la gran destrucción y movilización de material que se observa en la imagen, esta es causa únicamente de la superficie roma del proyectil en particular, anotándose un diámetro para el orificio de 0.5 centímetros.



**Foto 25:** Orificio de salida del proyectil punta plana. El valor de su diámetro corresponde al calibre del proyectil, siendo de 0.5 centímetros.



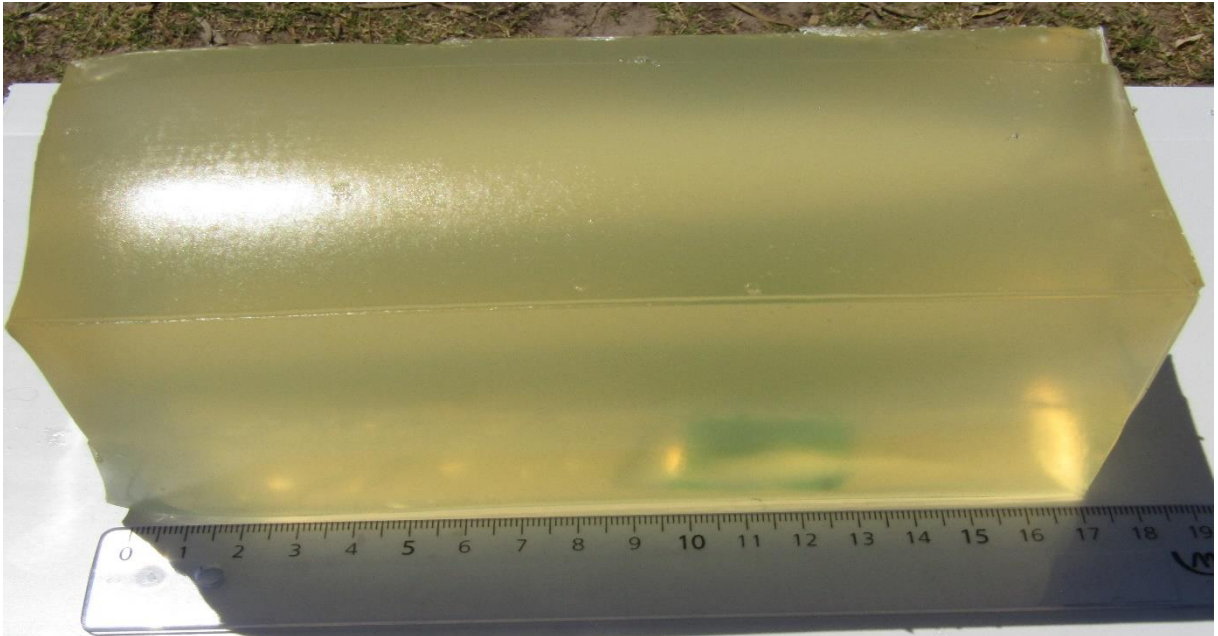
**Foto 26:** Trayectoria de la munición dentro del gel balístico. Al haber recorrido en su totalidad el cuerpo del bloque, se dice que el proyectil perforo su objetivo. La forma heterogénea de la cavidad puede explicarse por la forma de punta de el proyectil utilizado, que no se desempeña bien al penetrar mucho material.



**Foto 27:** Ancho de la cavidad temporal en el área de mayor expansión para esta. Se anoto un valor de 1.1 centímetros.

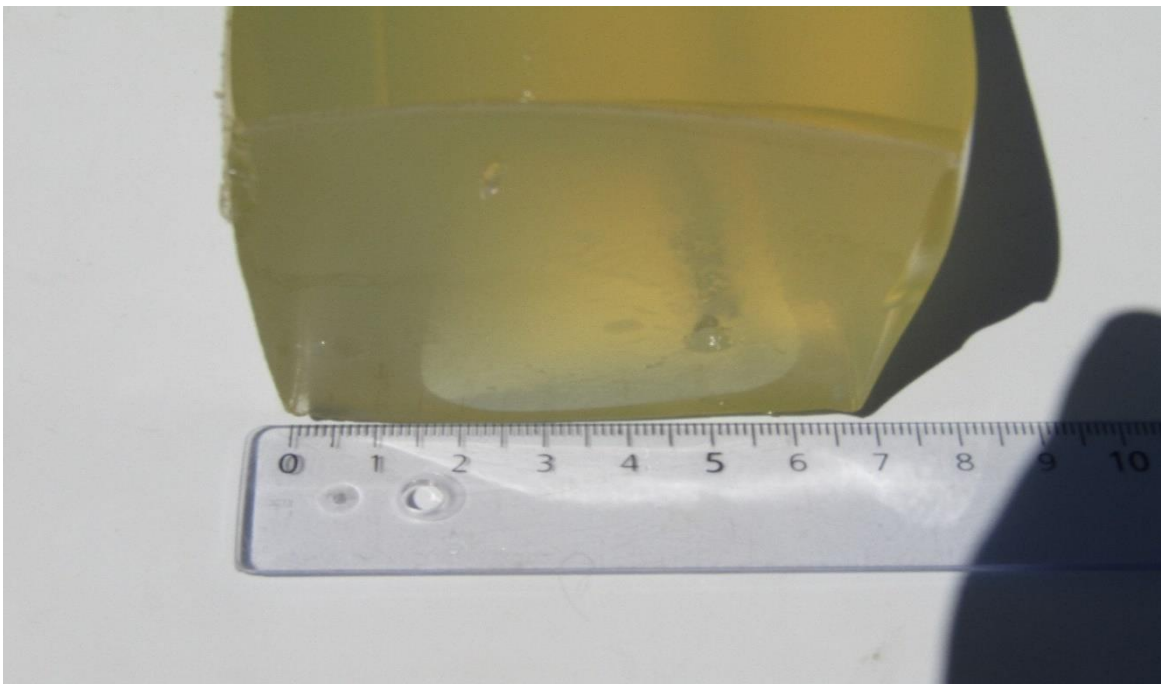


*Proyectil tipo slug*

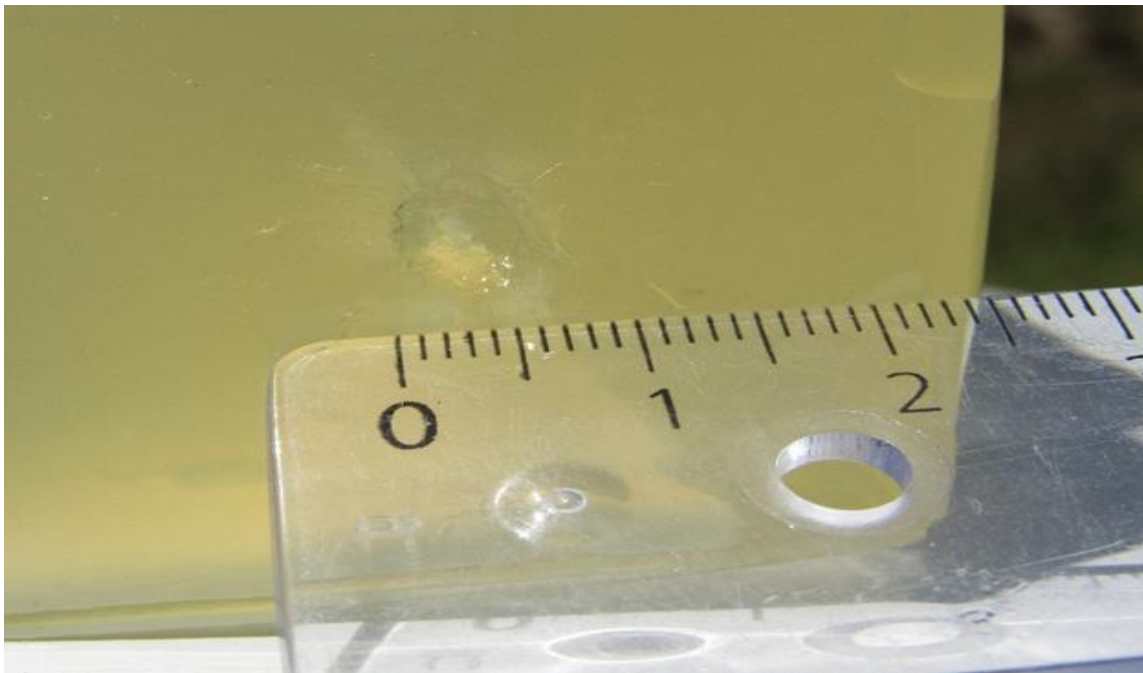


127

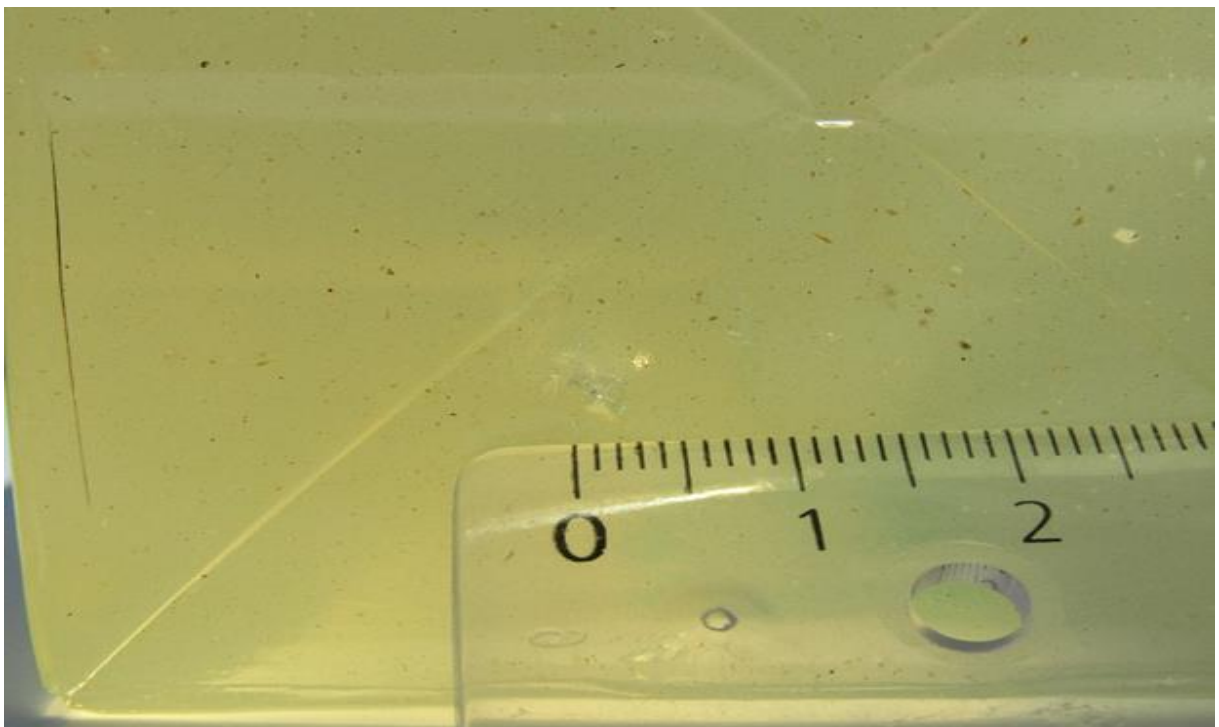
**Foto 28:** Bloque de gel balístico empleado para la prueba con munición slug. Se mide para este una longitud total de 16.7 centímetros.



**Foto 29:** Ancho de la gelatina. Puede apreciarse por regla métrica como el valor para esta es de 7 centímetros.



**Foto 30:** Orificio de entrada del proyectil slug a diez (10) metros de la boca cañón. Se ve mediante auxilio de regla métrica como este posee un diámetro general de 0.5 centímetros.

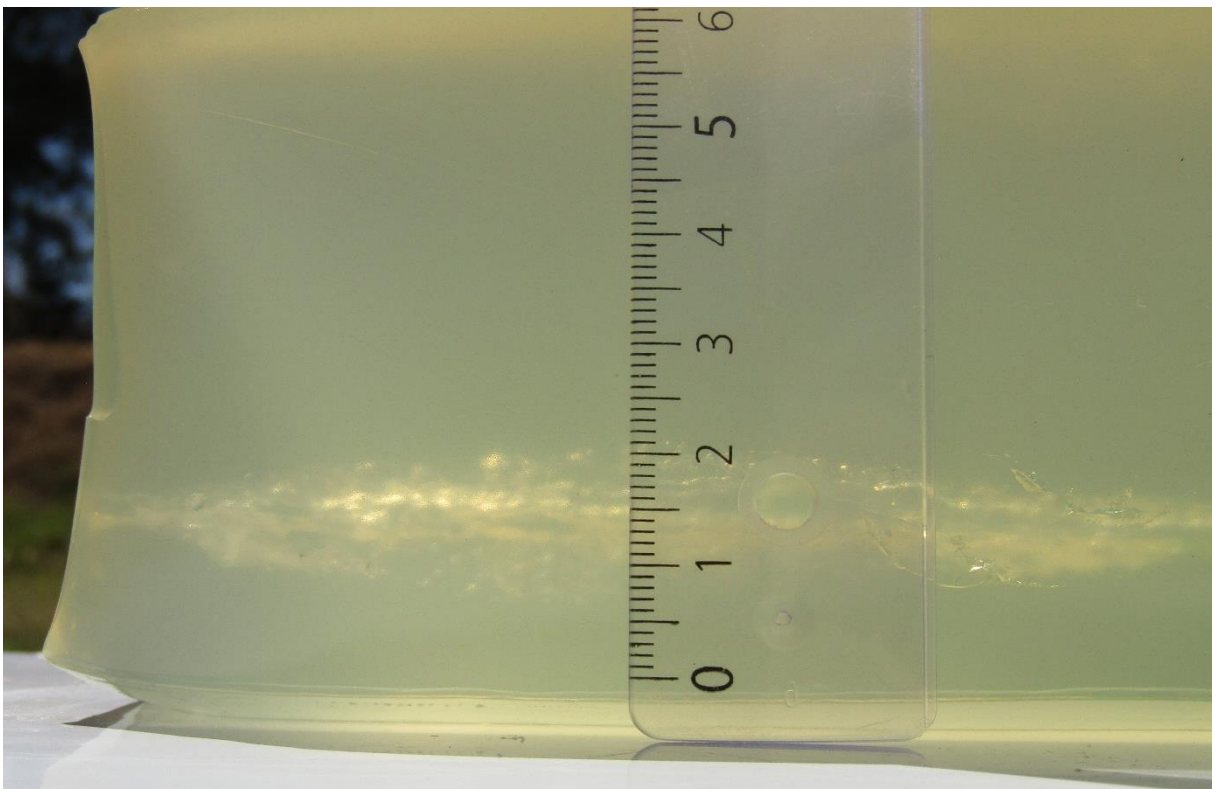


**Foto 31:** Orificio de salida del proyectil slug. Este caso tiene la particularidad de presentar un diámetro menor al del calibre del balín, siendo de 0.4 centímetros, levemente menor a los 0.5 referentes al proyectil.





**Foto 32:** Cavity permanente producto de la trayectoria recorrida por la munición slug dentro del bloque de gel balístico, se puede apreciar una expansión al inicio del recorrido seguida de un recorrido uniforme.

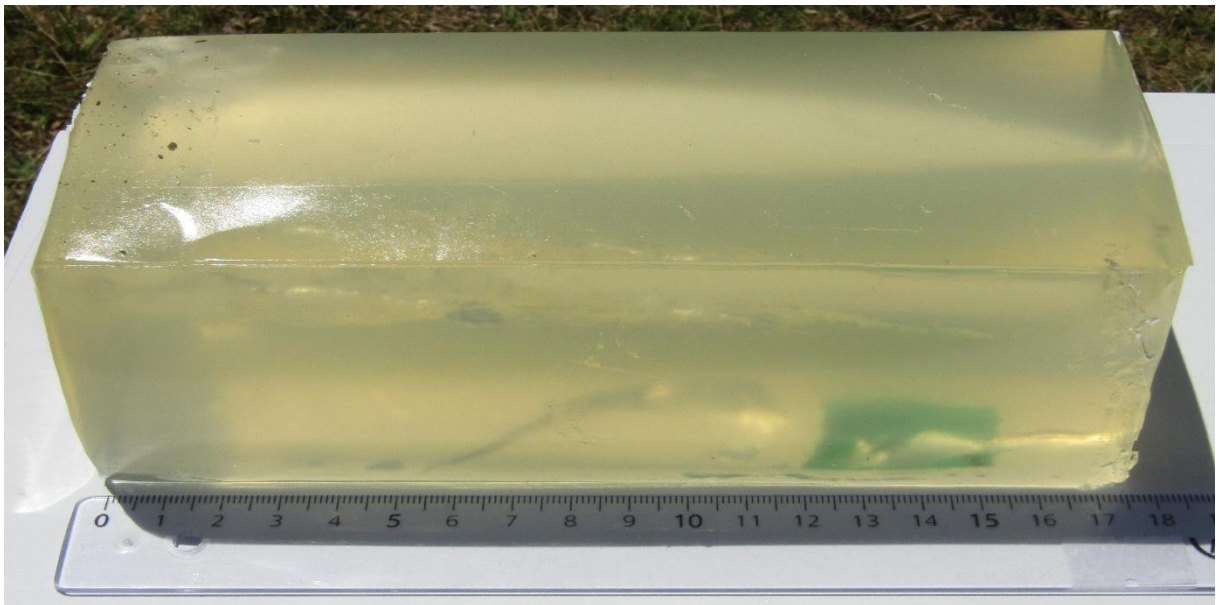


**Foto 33:** Ancho de la cavity permanente en el área de expansión, registrado como 1.1 centímetros. Este efecto observado se da para este tipo de munición puesto de la gran cantidad de energía que porta y transfiere contra el bloque.

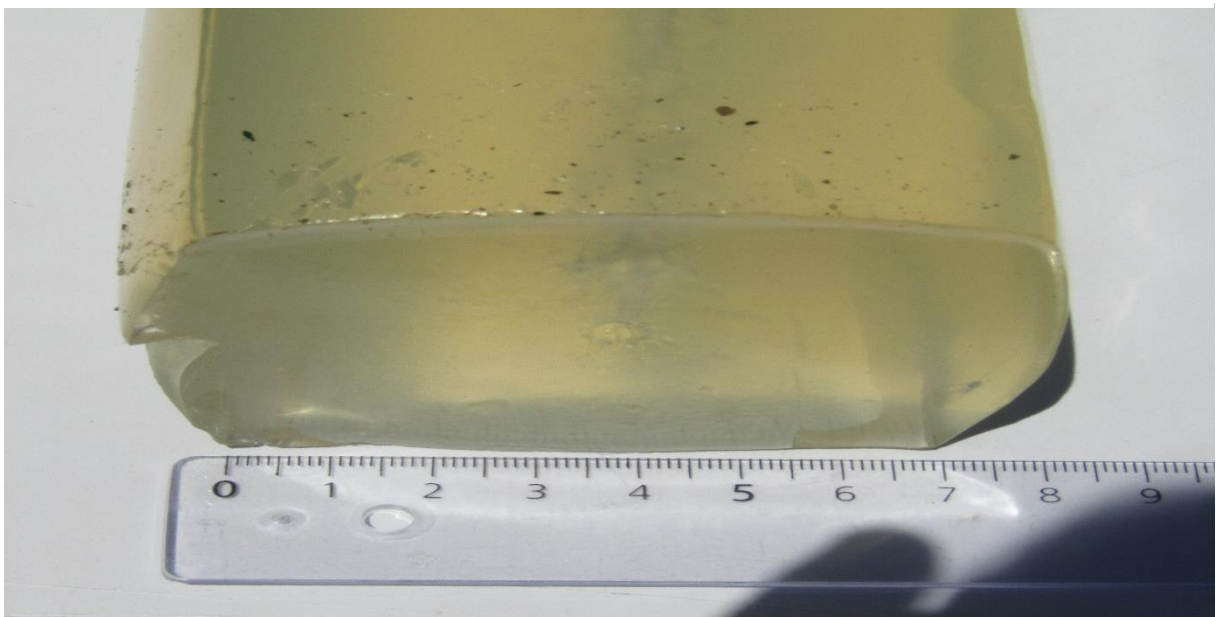


## Resultados a 20 metros: Gel Balístico

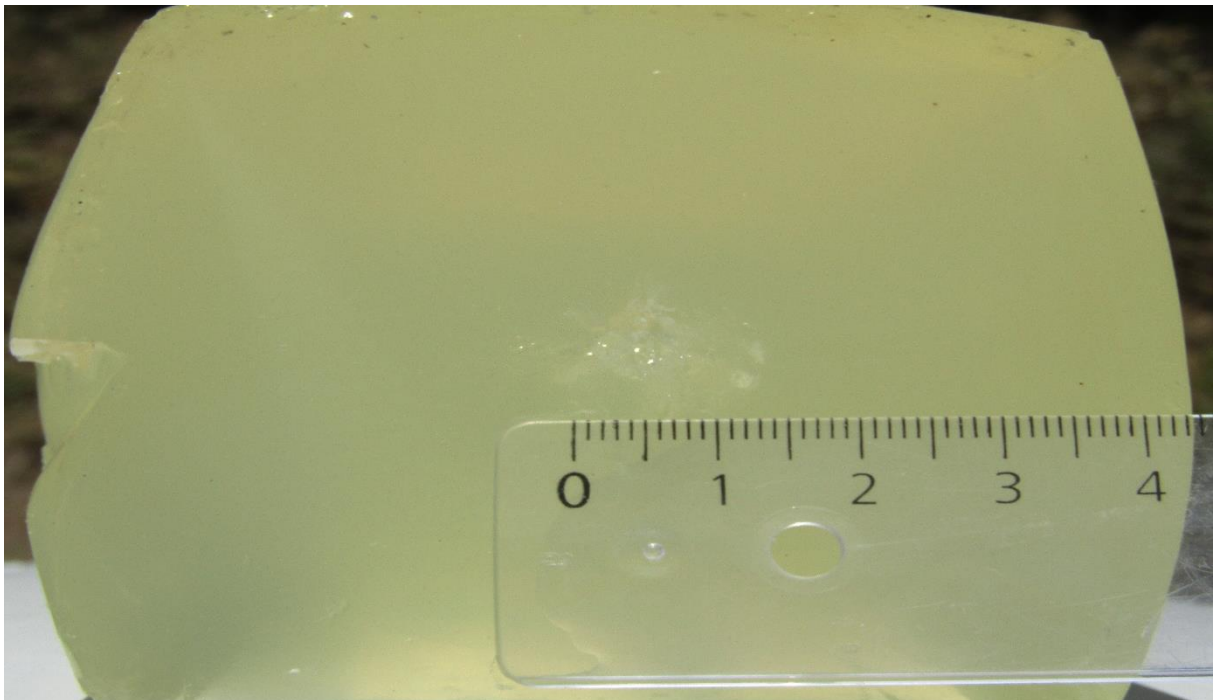
*Proyectil punta redonda*



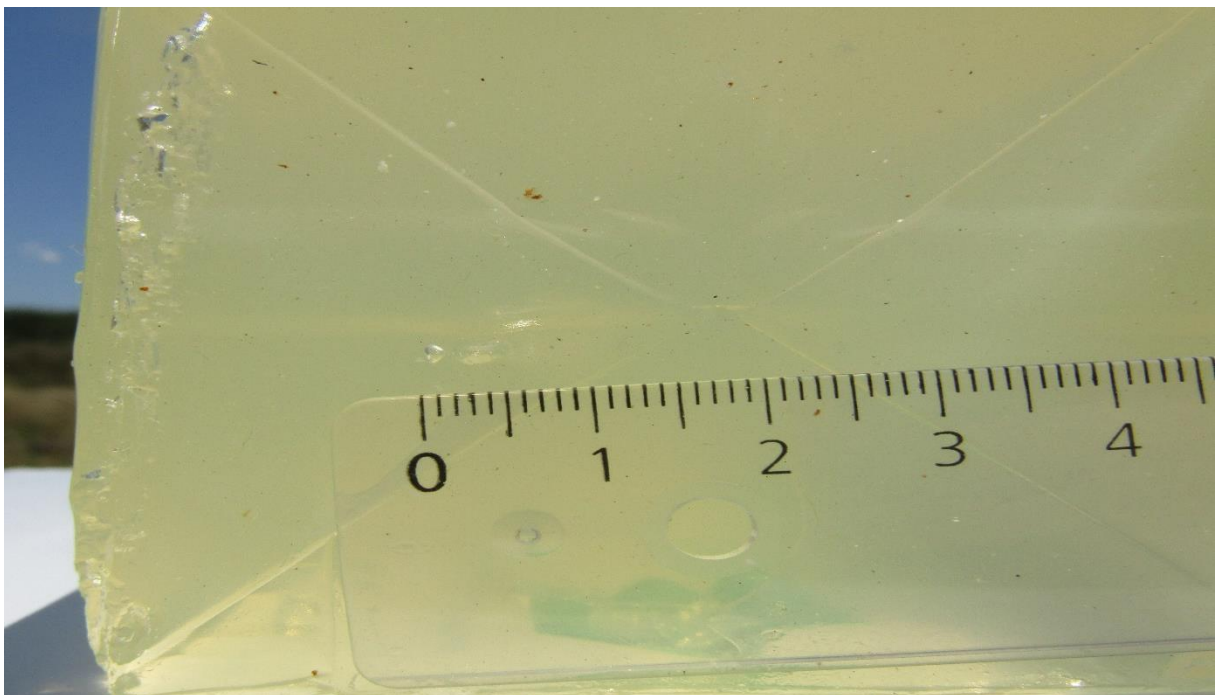
**Foto 34:** Longitud total para el bloque de gel balístico utilizado para la experimentación con munición de punta redonda a 20 metros de distancia del arma de aire. Se registra un valor de 17.5 centímetros para este.



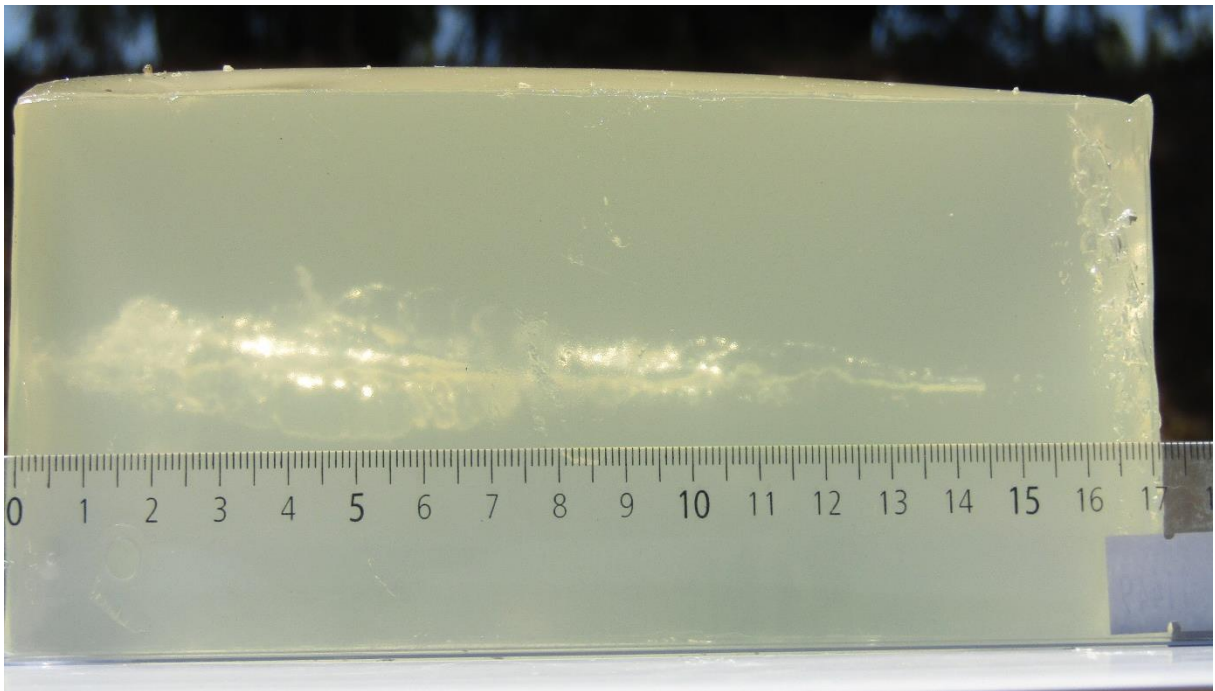
**Foto 35:** Ancho total del pan de gelatina, se marca como su valor 7 centímetros.



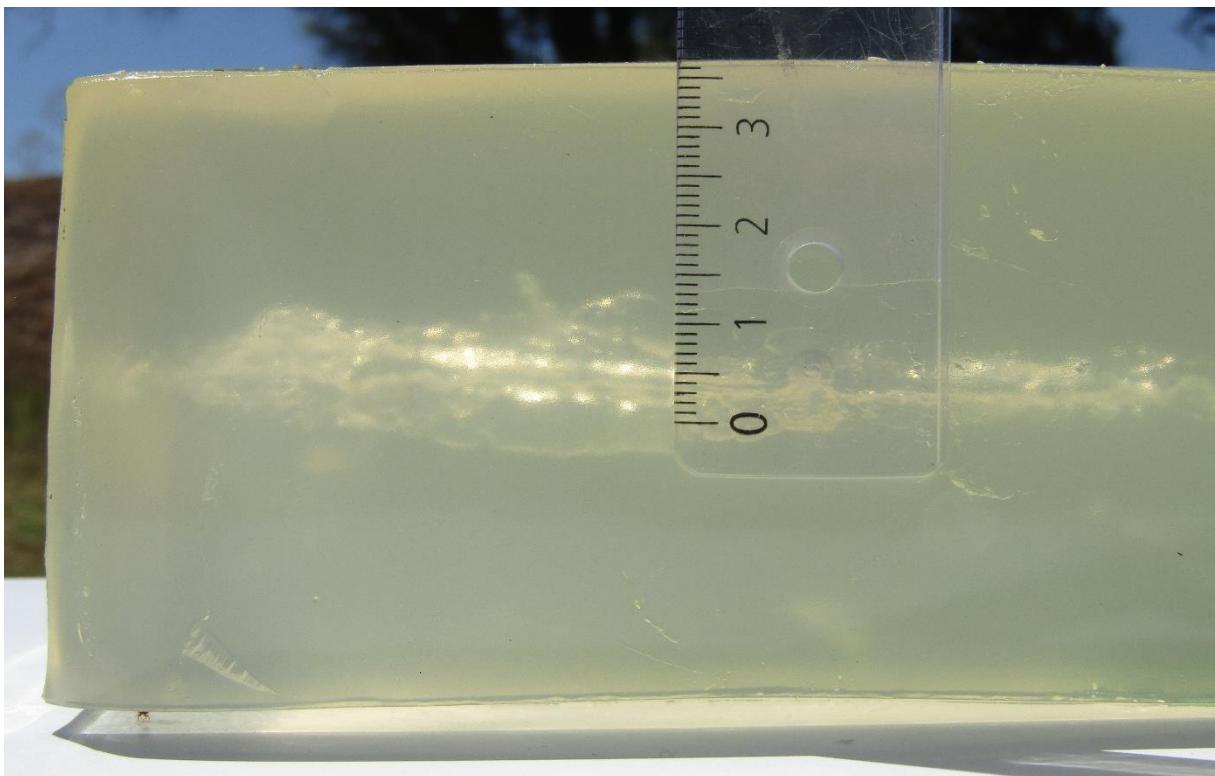
**Foto 36:** Orificio de entrada para la munición de punta redonda a la distancia de 20 metros de la boca del cañón. Se registra para este un diámetro total de 0.5 centímetros, de acuerdo al calibre de la munición. El desplazamiento de gel aledaño a la cavidad se debe al impacto del balín que transfiere energía sobre este.



**Foto 37:** Orificio de salida de la munición de punta redonda. De un diámetro de 0.5 centímetros, la dificultad para apreciarlo se debe a la poca energía que el proyectil preservaba al momento de salir del bloque.



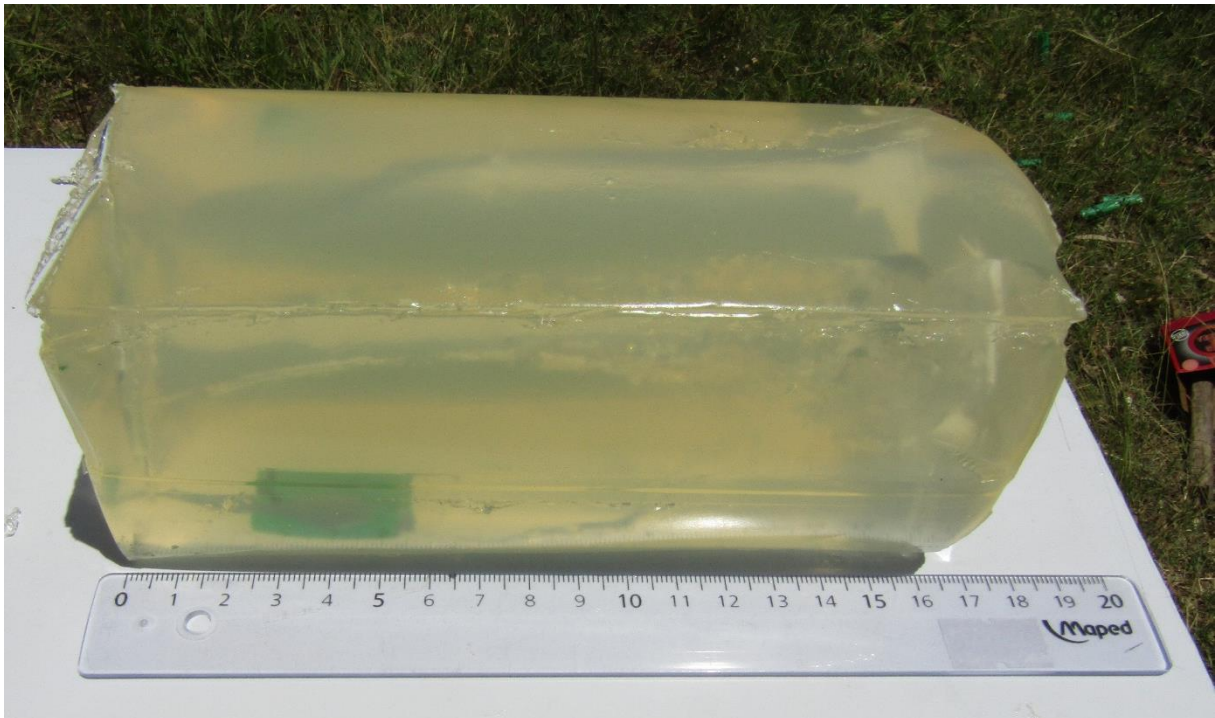
**Foto 38:** Cavity permanente causada por el recorrido del proyectil dentro del gel. Se observa una perforación de este último, con un elevado grado de expansión para el tejido sintético pese a su elasticidad. A esta distancia se pueden observar eficientemente los efectos de la munición.



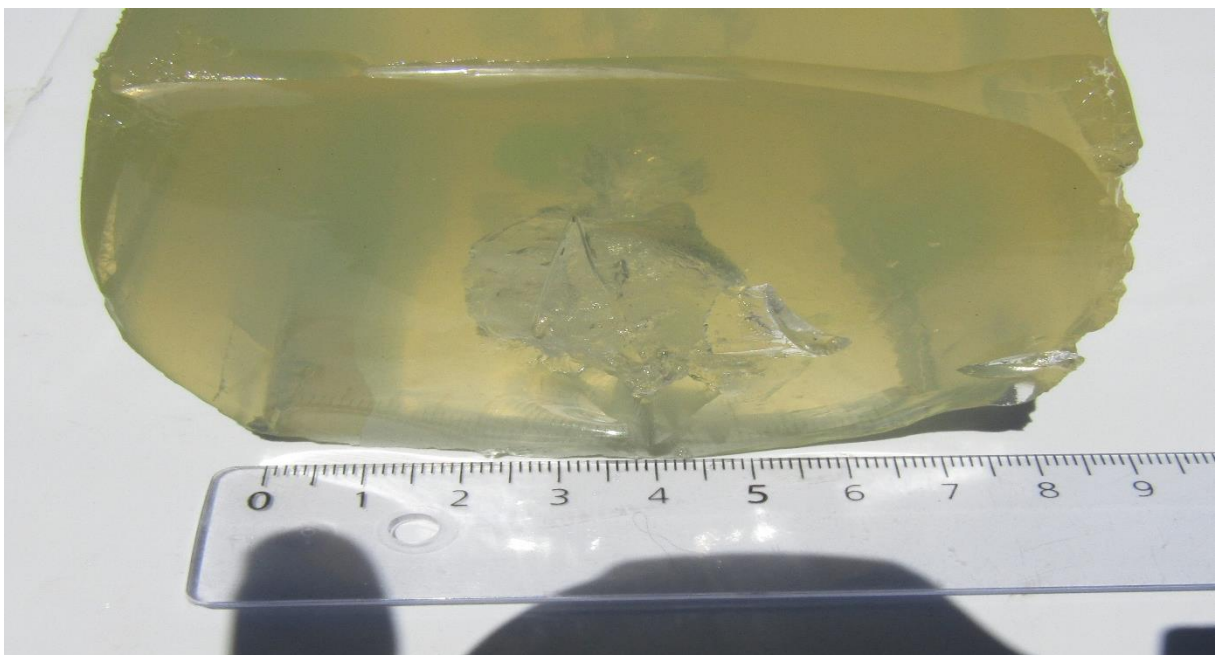
**Foto 39:** Ancho de la cavity permanente en el área de mayor expansión provocada. El valor relevado para esta fue de 1.3 centímetros.



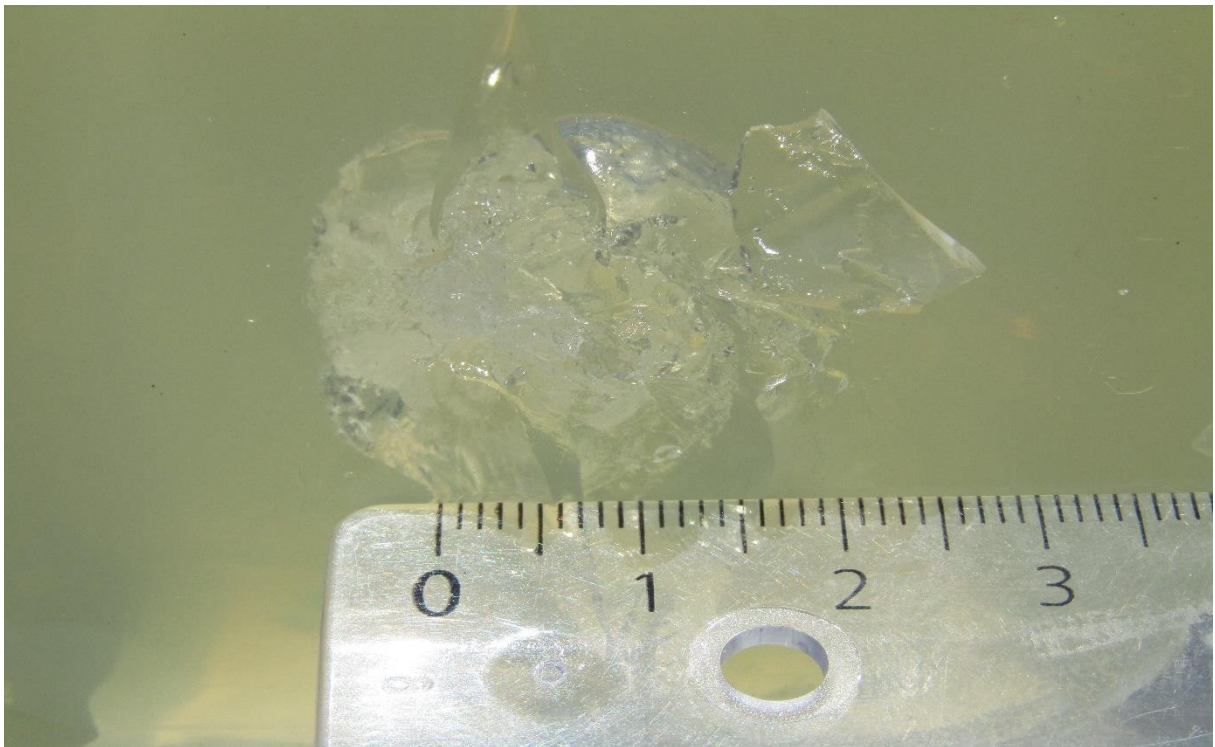
### Proyectil punta hueca



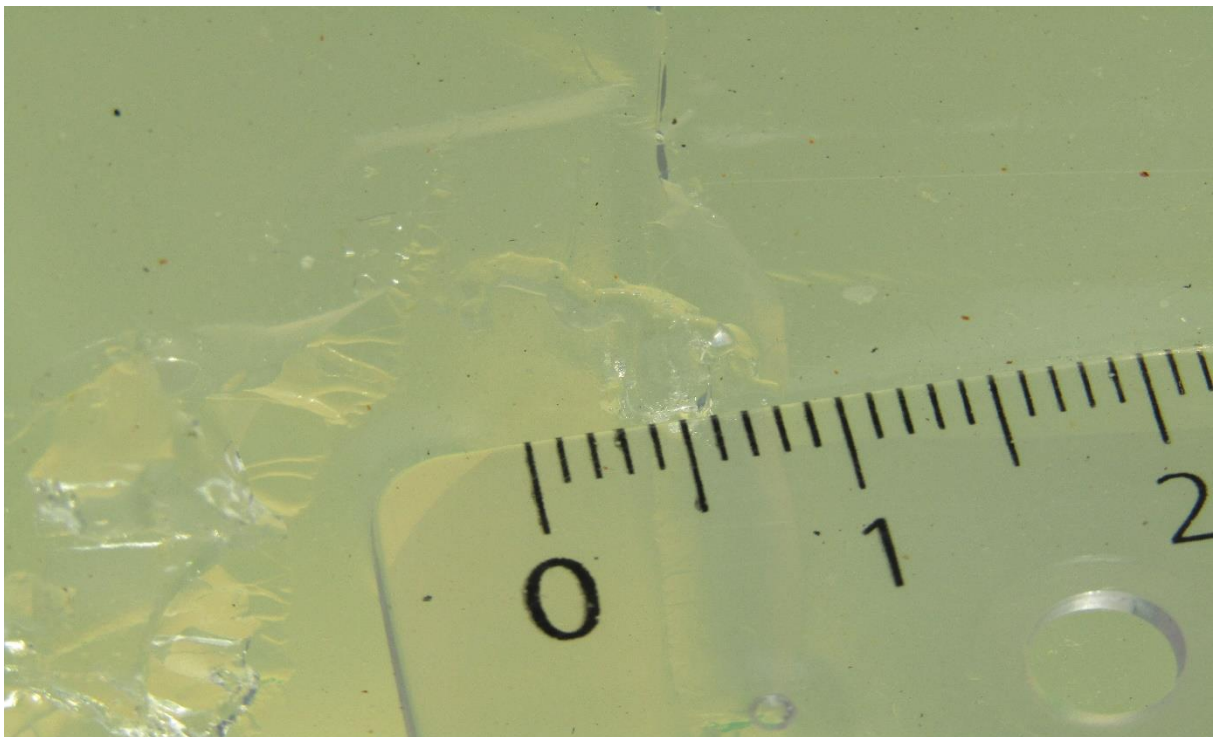
**Foto 40:** Largo total de la gelatina balística usada para la prueba a 20 metros con munición de punta hueca. Esta presentaba una longitud de 16.2 centímetros.



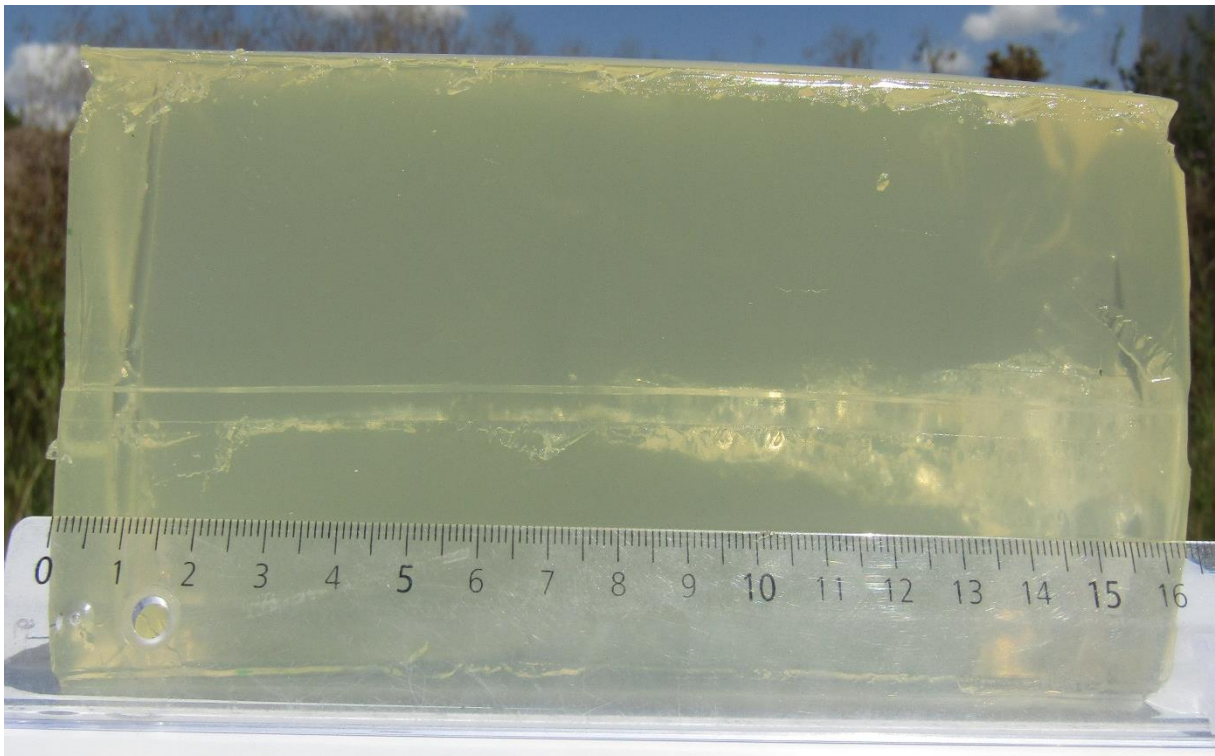
**Foto 41:** Ancho del bloque de gelatina. Pese a las paredes arqueadas producto de la elevada temperatura del día de la experimentación, se anota para este valor 7 centímetros.



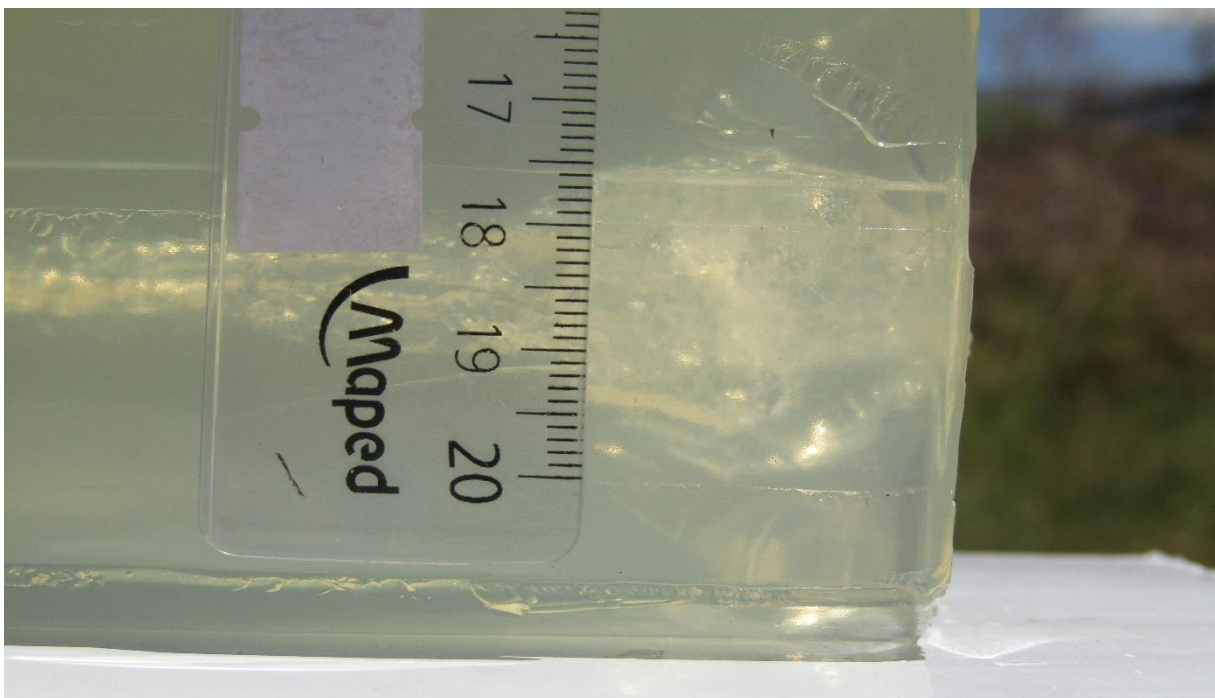
**Foto 42:** Orificio de entrada de la munición de punta hueca sobre el gel a 20 metros. Su diámetro corresponde al calibre del proyectil utilizado, siendo este de 0.5 centímetros. En este caso se puede ver el grado de destrucción que causó el balín al impactar, a razón de su naturaleza expansiva.



**Foto 43:** Orificio de salida para el proyectil punta hueca, su diámetro se registra como de 0.4 centímetros, un poco menor al del balín. Esta disminución en tamaño puede explicarse por la transferencia de energía al inicio de su trayectoria en el gel.



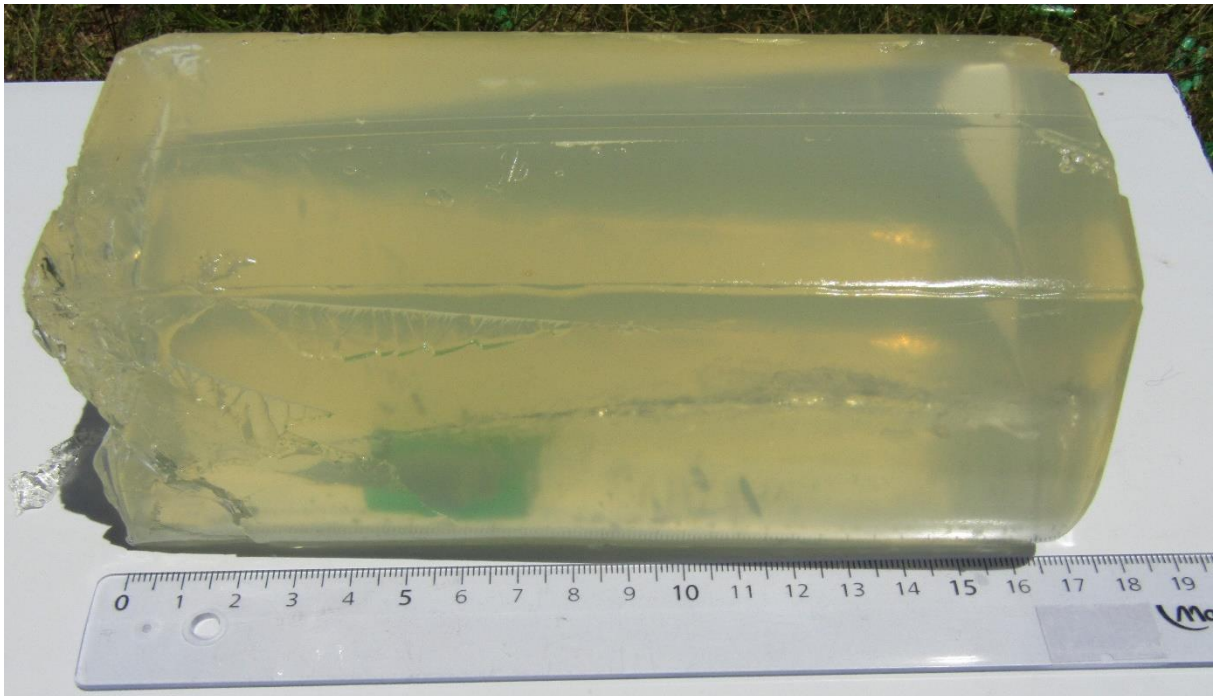
**Foto 44:** Trayectoria de la munición dentro de la gelatina balística. Además de perforarla por completo, se denota en este caso la enorme figura dejada por el proyectil, a razón de su naturaleza netamente expansiva.



**Foto 45:** Ancho de la cavidad formada en su área de mayor expansión. Se registro un valor de 2.5 centímetros, cinco veces mayor que el calibre de la munición utilizada. Se dice que a esta distancia se desarrollo de manera eficaz la expansión por deformación controlada de la punta del balín.



### *Proyectil punta plana*

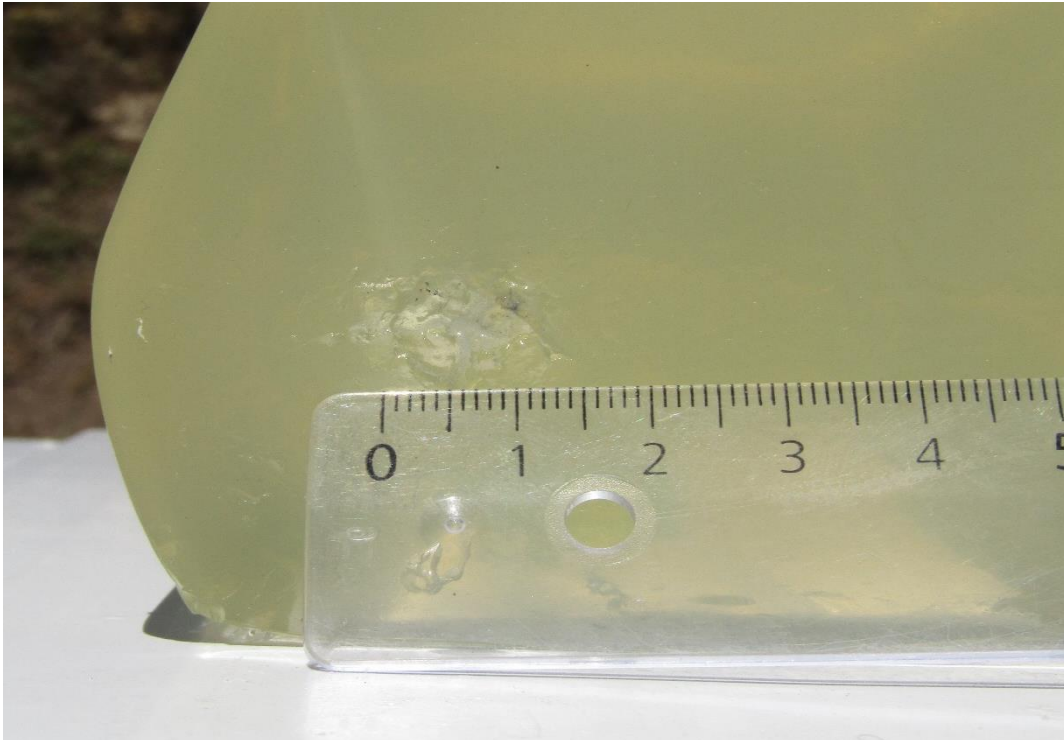


**Foto 46:** Bloque de gelatina balística utilizado para la prueba de impacto con un proyectil de punta plana, a la distancia de 20 metros de la boca del cañón. Su longitud fue medida como de 16.2 centímetros en total, con ayuda de una regla métrica.

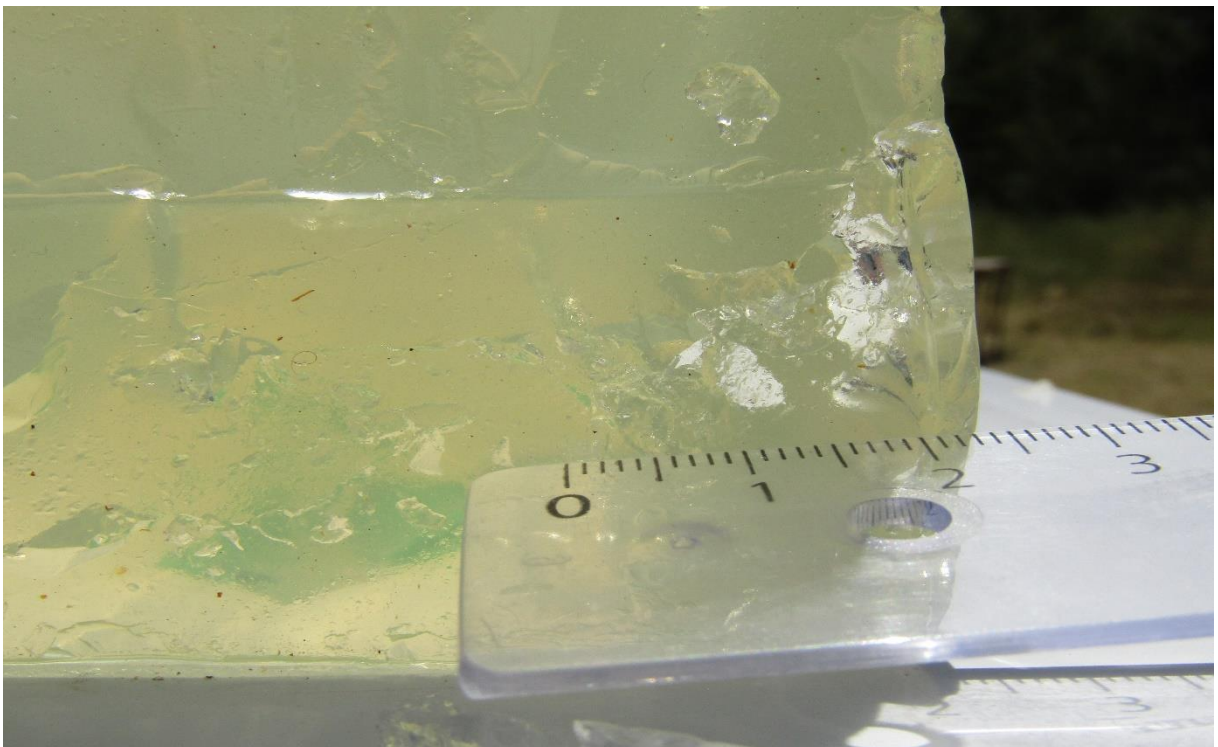


**Foto 47:** Anchura del pan de gelatina. El valor para este fue de 7 centímetros.

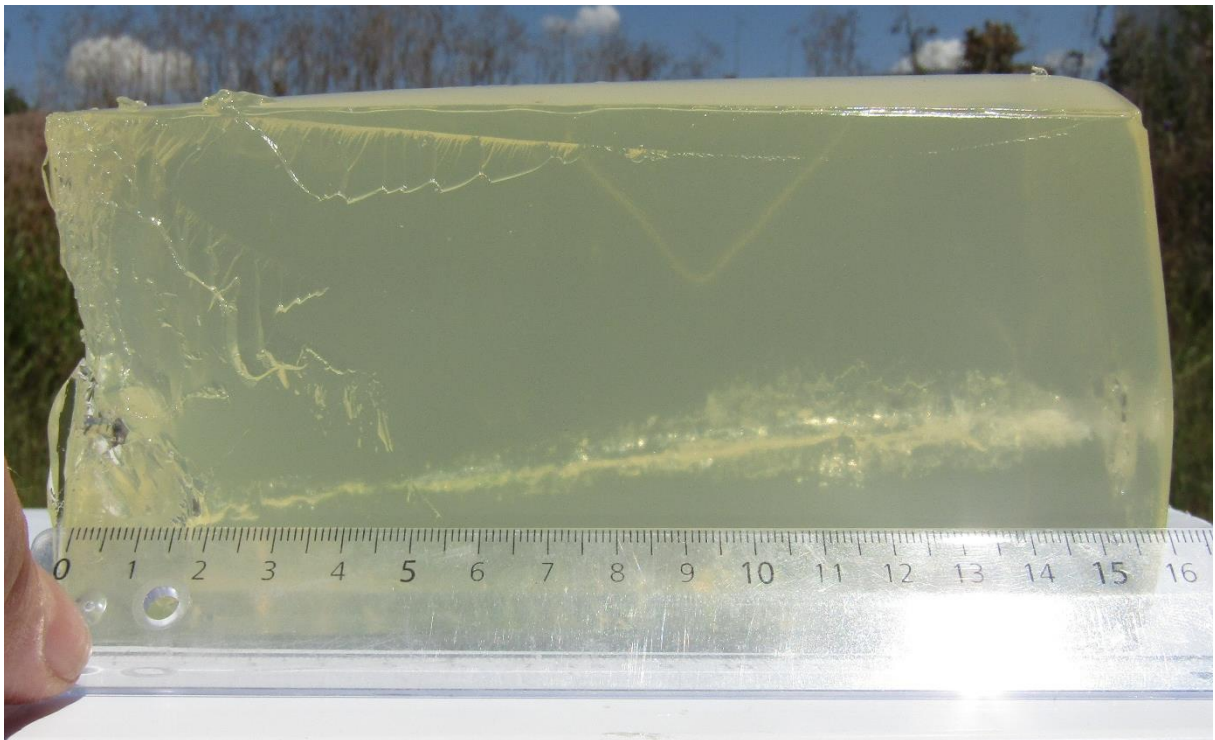




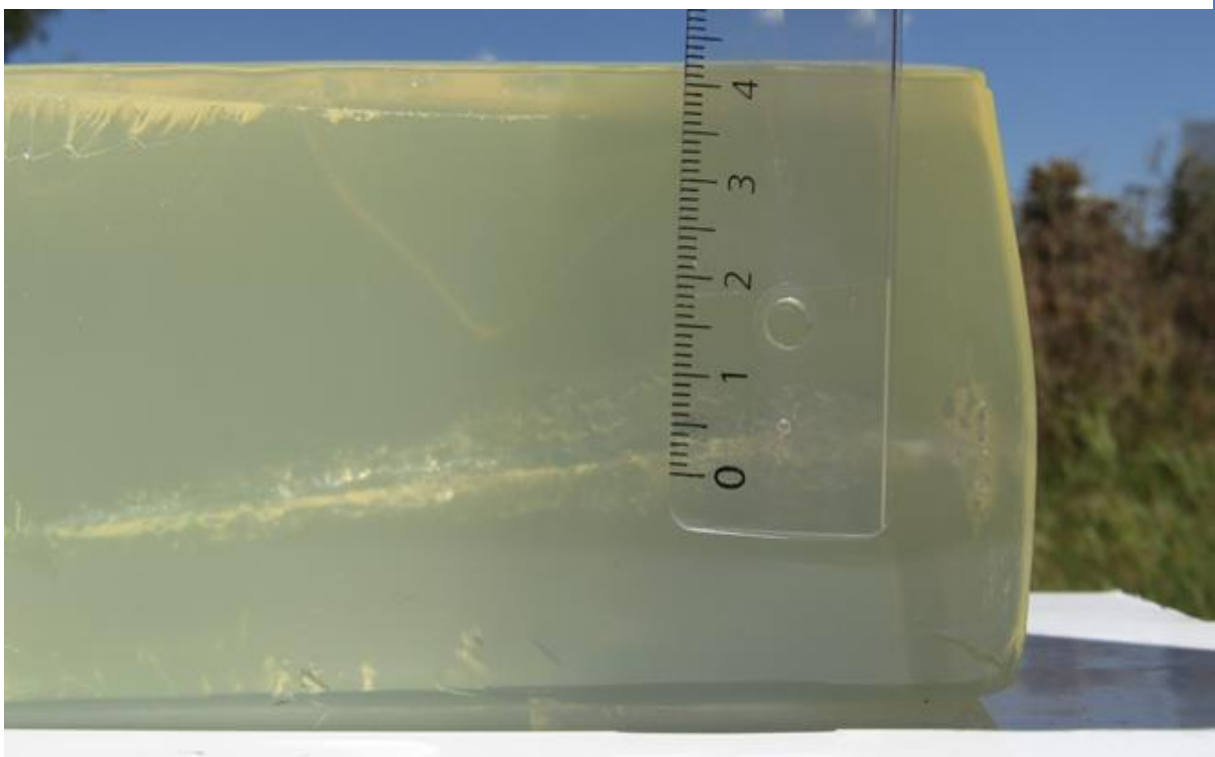
**Foto 48:** Orificio de entrada de la munición de punta plana en el gel. Se aprecia un diámetro para este de 0.5 centímetros, junto con un desplazamiento de material circundante producto del impacto.



**Foto 49:** Orificio de salida para el proyectil punta plana. Su diámetro observado es de 0.4 centímetros.



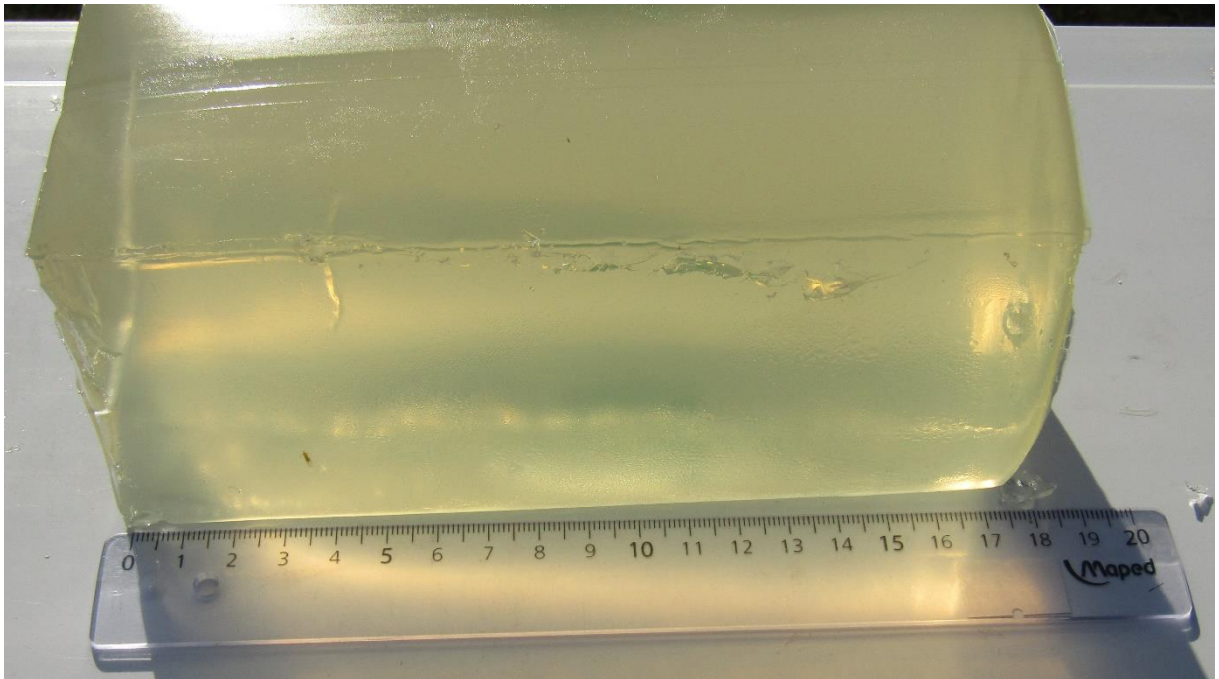
*Foto 50: Cavidad permanente dentro del bloque de gel. Se nota un caso de perforación por parte del proyectil y una trayectoria descendente desde el orificio de entrada y el de salida.*



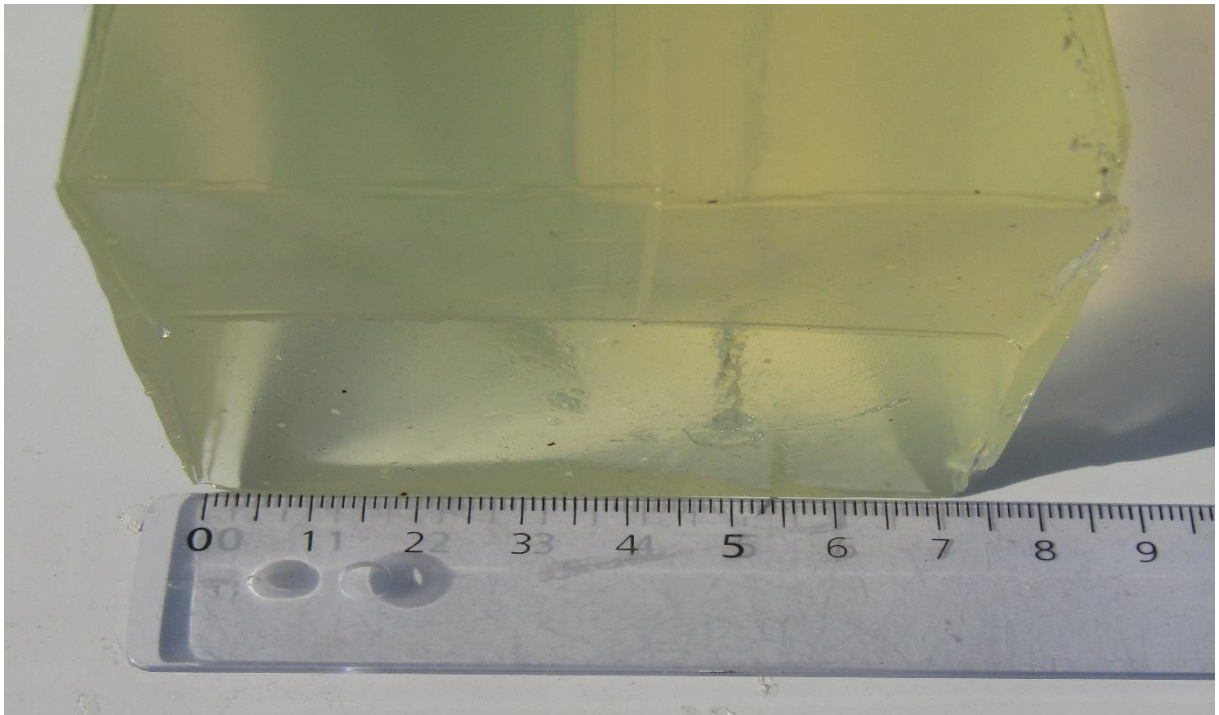
*Foto 51: Ancho de la sección más expandida para la cavidad permanente. El valor recogido es de 1.3 centímetros.*



*Proyectil de tipo slug*



**Foto 52:** Longitud para el bloque de gel balístico utilizado para la experimentación a 20 metros de distancia con munición de tipo slug. El valor observado con asistencia de regla métrica es de 17.5 centímetros.



**Foto 53:** Ancho de la gelatina balística. Se computa un valor de 7.5 centímetros para esta.

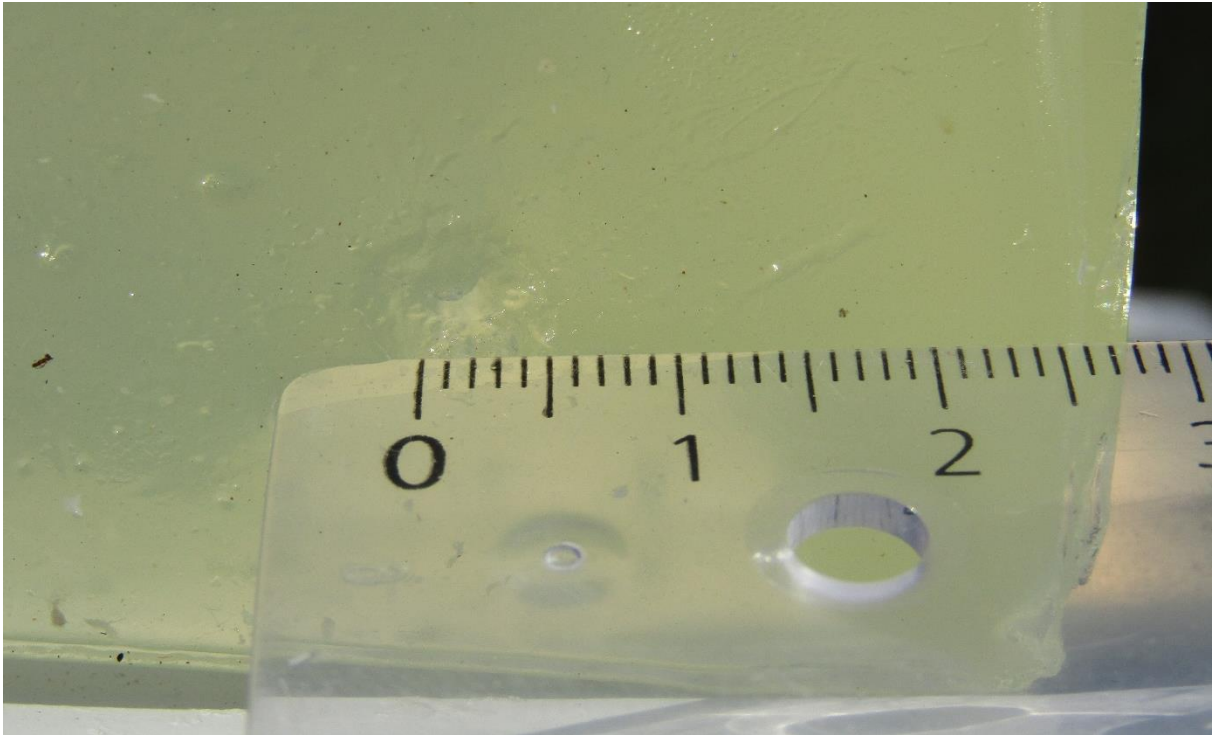


Foto 54: Orificio de entrada del balín slug, con un diámetro de 0.5 centímetros.

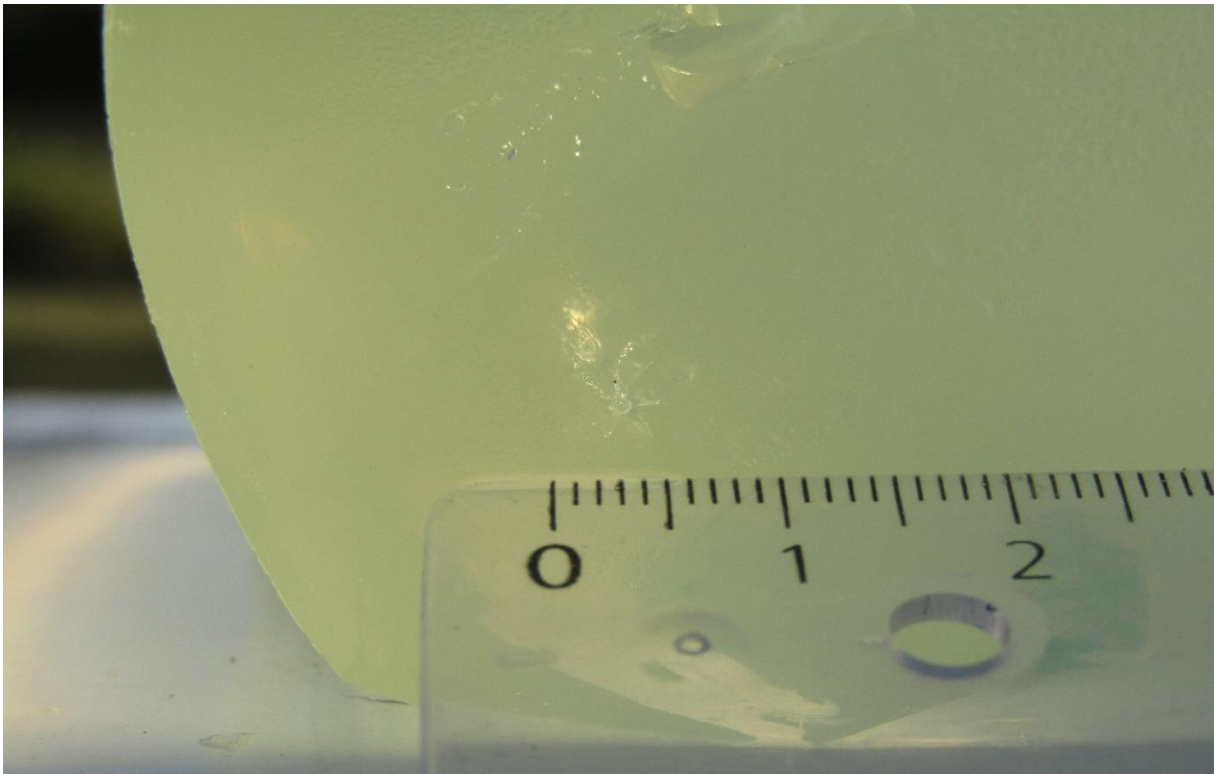
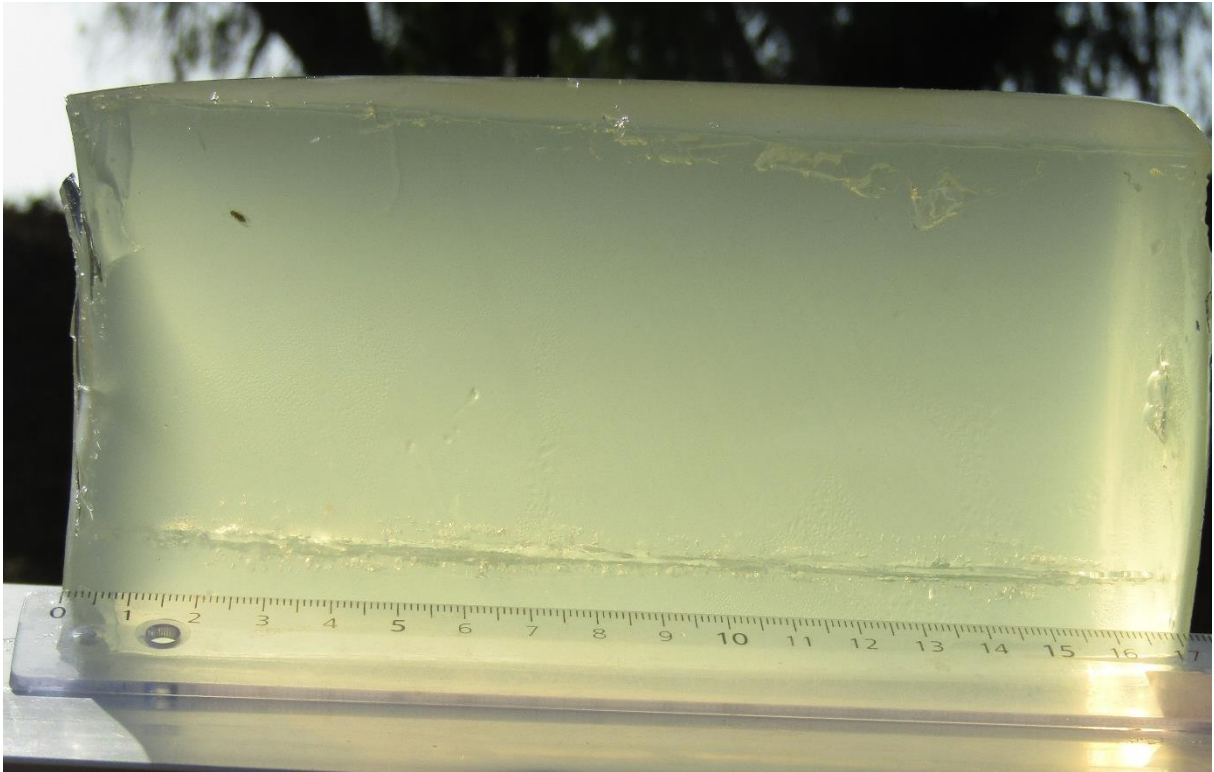


Foto 55: Orificio de salida para la munición de tipo slug, en este caso se registro un diámetro de 0.4 centímetros.

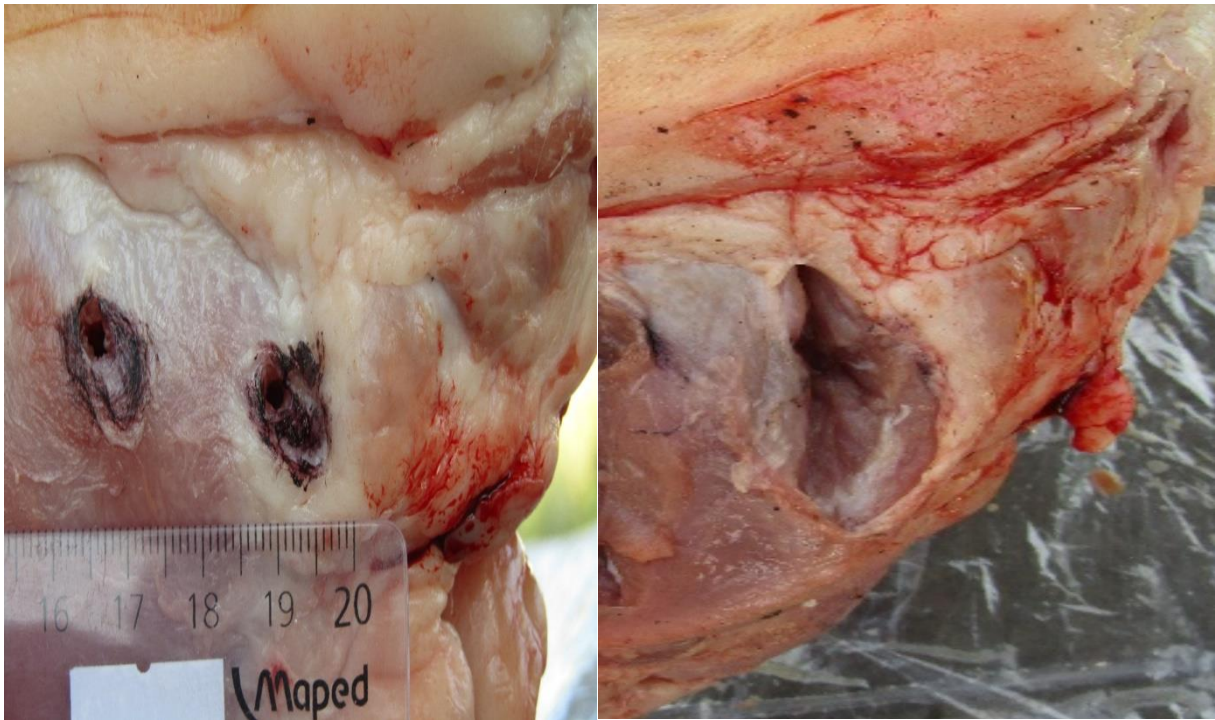


*Foto 56: Cavidad permanente producto del recorrido de la munición dentro del gel. Se denota para este caso el comportamiento de la munición, que, además de perforar, no provocó expansión alguna sobre el medio, manteniéndose consistente en anchura con el calibre utilizado.*



## Resultados a 20 metros: Cabeza Porcina

*Proyectil punta redonda*



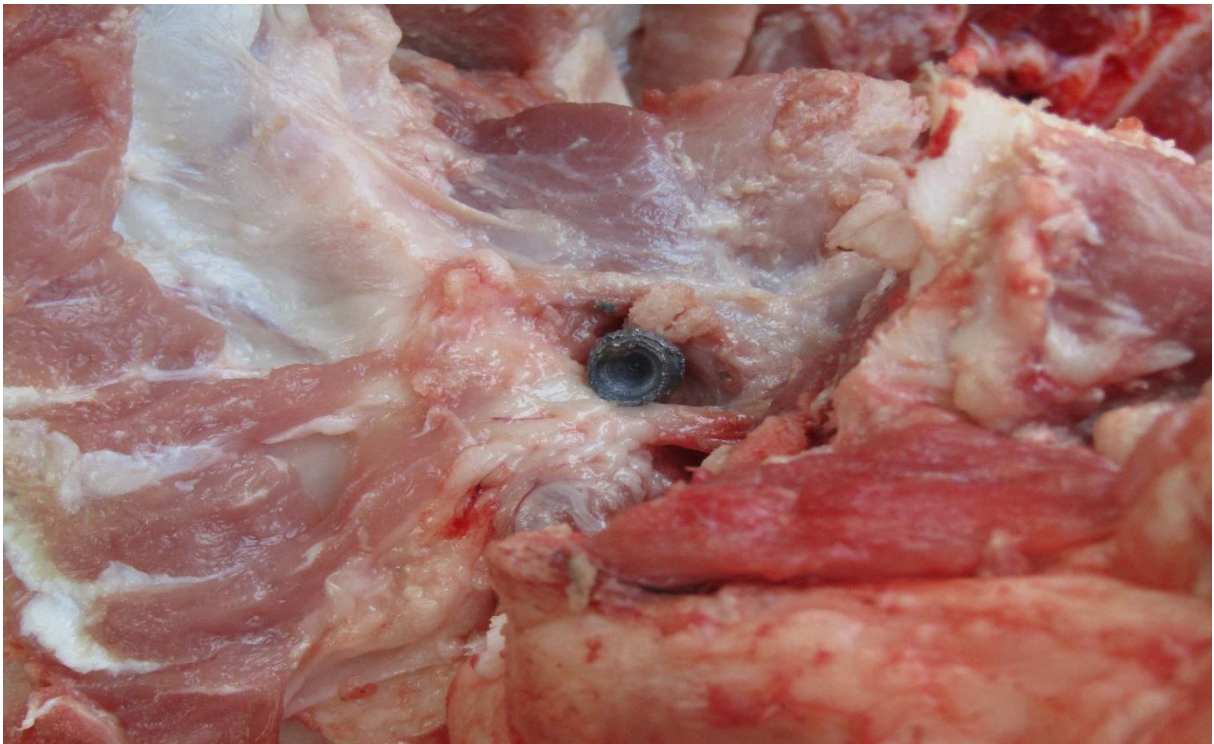
**Foto 57 y 58:** A la izquierda, imagen en acercamiento del músculo masetero mandibular izquierdo de la pieza porcina, con los orificios, marcados con rotulador negro, causados por el impacto de la munición de punta redonda (a la derecha, con un diámetro de 0.5 centímetros) y el de la munición punta plana (izquierda). A la derecha, corte transversal realizado sobre el orificio a modo de relevar morfología de las paredes de la herida y recorrido de la munición.



*Foto 59: Vista del hueso mandibular izquierdo posterior a la retirada de todo el tejido muscular, se puede observar el orificio causado por la munición, con bordes regulares.*



*Foto 60: Apertura de la pieza ósea para estudio de los efectos del proyectil por debajo de esta. Se aprecia un orificio provocado por esta, que perfora al hueso dejando una cavidad de carácter circular.*



**Foto 61:** Tejido aledaño posterior al hueso mandibular, luego de retirado este último se encuentra así el sector donde el balín terminó su recorrido habiendo agotado su energía.



**Foto 62:** Medición longitudinal del proyectil recuperado. Se observa para este caso una deformación total de la punta y cuerpo de la munición, producto de su recorrido dentro del tejido porcino. Ante todo, mantiene su calibre de 0.5 centímetros, siendo ínfima su expansión dentro del cuerpo.





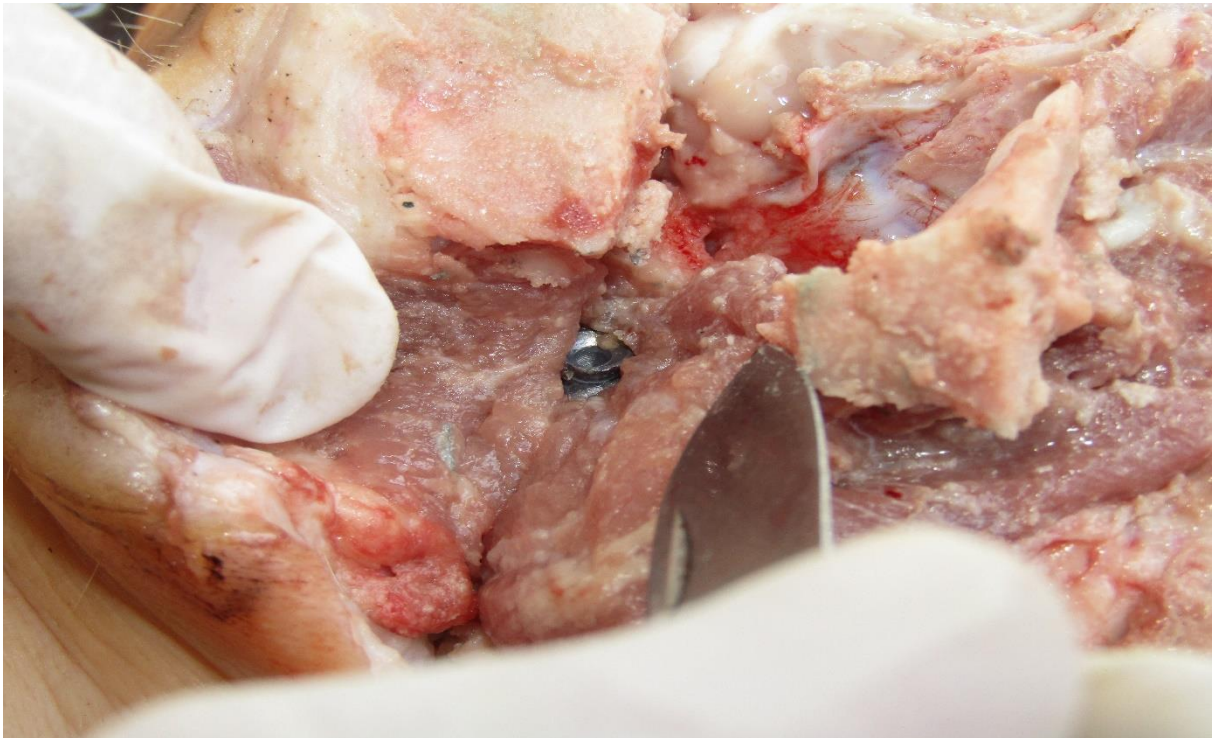
### *Proyectil punta hueca*



**Foto 63:** Área de impacto para la munición de punta hueca, marcada con rotulador de color negro y abierta de manera transversal a modo de inspeccionar los efectos de esta.



**Foto 64:** Cavity permanente causada por el recorrido de la munición dentro del tejido, se aprecia un agrandamiento del orificio producto de la expansión del proyectil.



146

*Foto 65: Sitio de reposo del proyectil, fue necesario cortar una sección del hueso para recuperarlo, habiendo penetrado el tejido hasta impactar contra este. Se puede ver una ligera depresión en la pieza ósea, a razón del choque de la munición.*



*Foto 66: Longitud total de la cavidad permanente. Se registra desde su ingreso en el cuerpo hasta el final de su recorrido un valor de 4.3 centímetros.*



**Foto 67:** Fragmento de plomo desprendido del proyectil durante su trayectoria interna. Por el impacto con el hueso, se dice que el choque provoca la separación de esta pequeña esquirla de la pieza primaria.



**Foto 68:** Proyectil de punta hueca recuperado de la cavidad permanente. Se comprueba la naturaleza expansiva de este al haberse dado una deformación total, donde la pieza final acaba con un diámetro total de casi 1 centímetro, el doble del calibre original.



*Proyectil punta plana*



**Foto 69:** Orificio de entrada en acercamiento para la munición de punta planada delineado con rotulador, en el musculo masetero mandibular izquierdo. Se puede apreciar un gran desplazamiento de tejido aledaño a la cavidad, junto con una herida de bordes estrellados e irregulares.



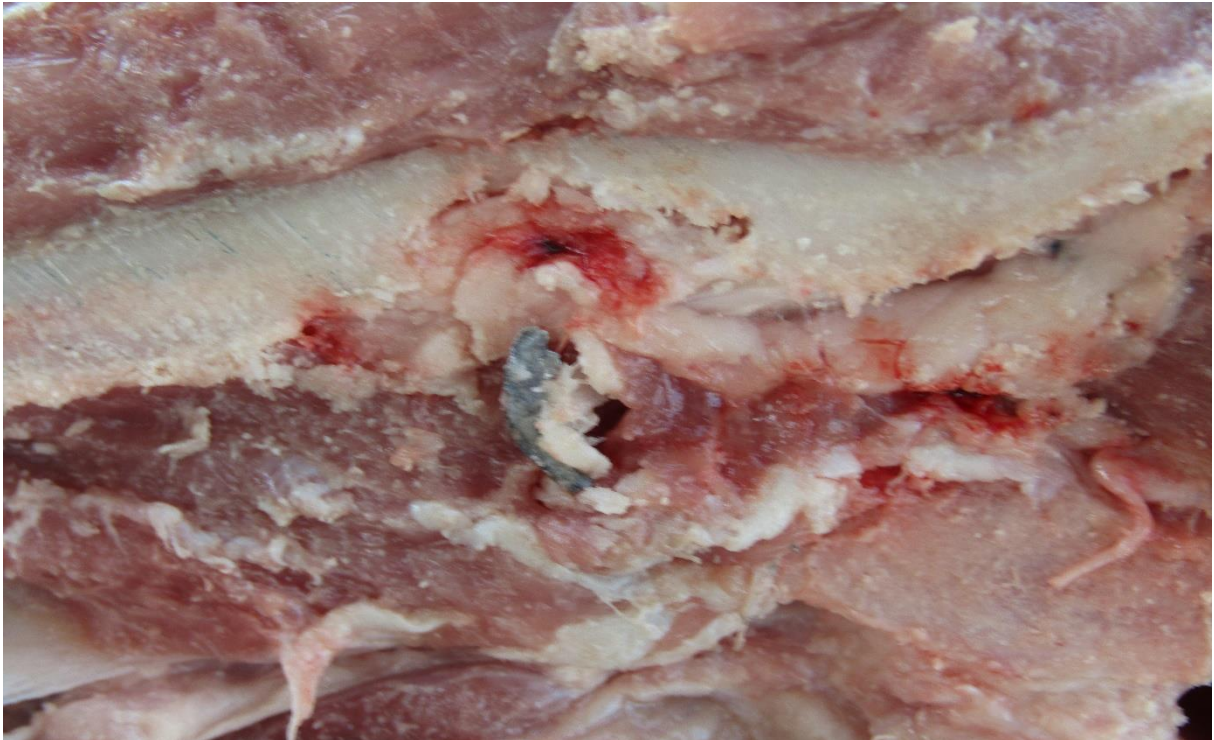
**Foto 70:** Acercamiento con tejido muscular retirado hacia el orificio generado sobre el hueso mandibular. Se nota en este la forma estrellada de la herida, a razón de la naturaleza del proyectil.



**Foto 71:** Apertura y corte de la sección del hueso impactado, se aprecia un orificio sobre este de forma irregular, notándose el movimiento causado en el proyectil luego de perforarlo.



**Foto 72:** Depresión provocada por el impacto del balín sobre la parte interna del hueso mandibular. Siendo este el lugar de donde se recupera el proyectil, se dice que este termino por agotar su energía al intentar perforar infructíferamente la pieza ósea.



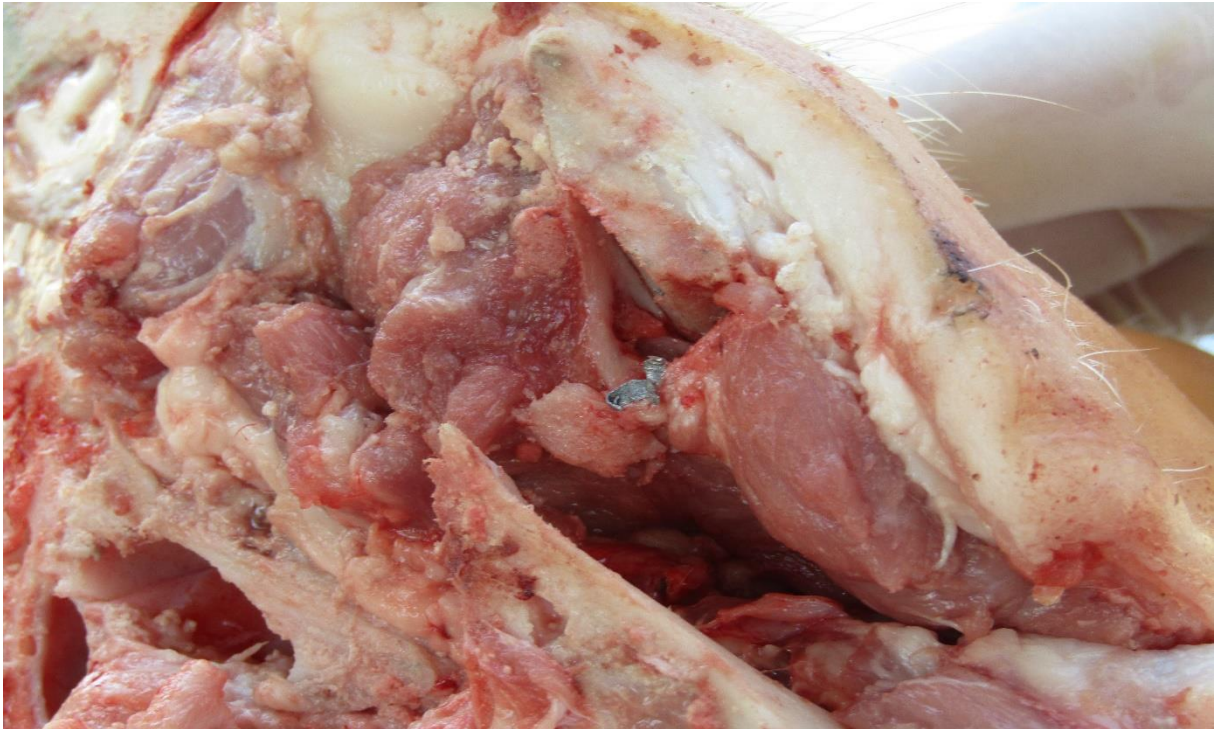
**Foto 73:** Acercamiento sobre el sector de recuperación de los restos del proyectil punta plana. Se puede ver la depresión con forma de cráter provocada sobre el hueso, al cual habría perforado parcialmente, rebotando contra una de sus paredes y terminando abollando esta área ósea.



**Foto 74:** Pieza de plomo recuperada de la cavidad permanente. Esta figura achatada y completamente deformada es lo que queda de la munición de punta plana, que, sin haber sido diseñada para penetrar múltiples capas de tejido, termino por deformarse en su totalidad.



### *Proyectil tipo slug*



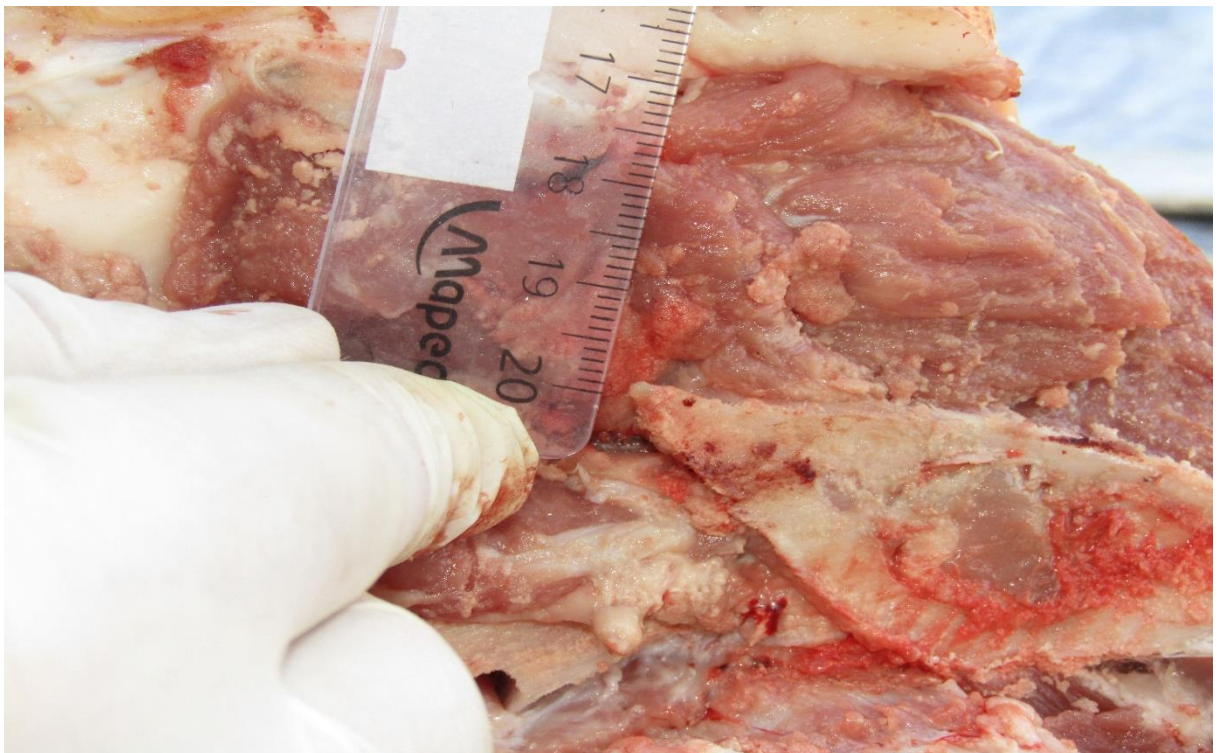
**Foto 75:** Sitio de recuperación de la munición de tipo slug. Se puede ver como este no concuerda entre su trayectoria en el tejido y el lugar donde terminar, signo de un rebote sobre el hueso.



**Foto 76:** Corte transversal de la cavidad permanente causada por el recorrido del proyectil dentro del tejido. Se puede en la piel del cerdo el orificio de entrada rotulado de color negro y al proyectil de plomo de color gris.

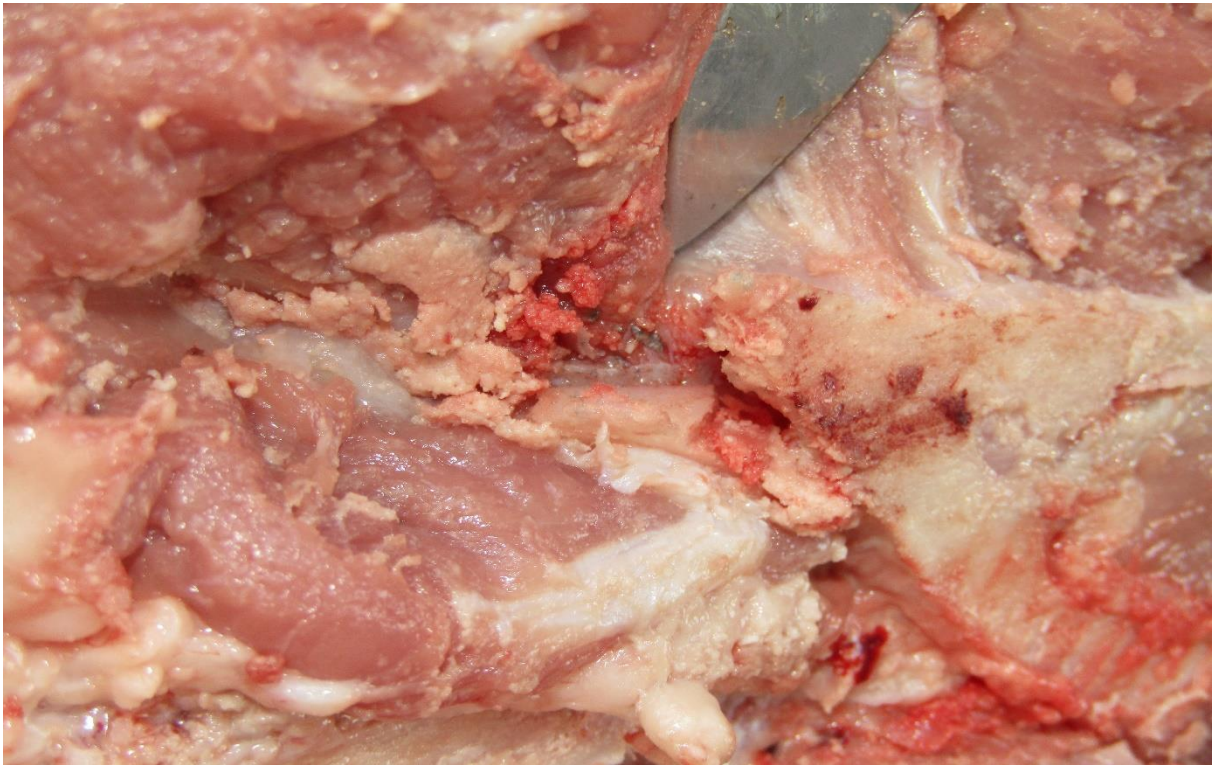


**Foto 77:** Acercamiento desde otro ángulo del sitio donde fue encontrado el proyectil, encima del paladar del cuerpo porcino. Puede ver la cara impactada del hueso, donde el balín habría rebotado.



**Foto 78:** Longitud del recorrido total hecho por el proyectil hasta cesar con la transferencia de energía con el cuerpo, alcanzando un valor de 4.8 centímetros.





*Foto 79: Acercamiento sobre el sector donde fue recuperado el proyectil.*



*Foto 80: Acercamiento desde otro ángulo de la cavidad permanente provocada por la munición, se puede ver como el balín impactó de manera angulada contra el hueso mandibular derecho, lo que explica por que se dio un rebote y no una perforación.*



**Foto 81:** Munición de tipo slug recuperada de la cavidad analizada. Se denota en este caso la deformación de la punta de este en un solo lado, con signos de arrastramiento contra material duro, que habría sido el hueso. Así se dictamina el efecto de rebote dado.