

Balística subacuática, método de análisis

La evolución que ha tenido el diseño de los fusiles de pesca submarina en los últimos 15 años es innegable, y gran parte de ese mérito se debe atribuir a quienes han estudiado científicamente su comportamiento. Han sido tiempos en los que la teoría se tenía que confirmar con la práctica, con los problemas que trae asociados dejar un margen a la interpretación personal.

> **PUES BIEN**, estamos en una nueva era en la que esto está cambiando porque las nuevas tecnologías permiten observar, de forma privilegiada y a un coste razonable, muchos acontecimientos que antes sólo podíamos intuir. Sólo hace falta tener los

conocimientos apropiados, unos pocos medios, imaginación y muchas ganas de trabajar para conseguirlo. Podemos definir la balística como la rama de la ciencia que estudia el movimiento de los proyectiles en general. Estudiar los fenómenos que ocu-

rran en el interior de las armas para que el proyectil sea lanzado al exterior, lo sucedido durante su desplazamiento fuera del arma y los efectos que produce en el blanco. En el caso que nos afecta, hace referencia al estudio de los fusiles de pesca sub-

marina. Como lo más parecido a un entorno de laboratorio para estudiar el comportamiento de nuestras armas es una piscina, ahí es donde desarrollamos las pruebas explicadas en este artículo, disponiendo de unas condiciones controladas donde poder colocar todos los elementos necesarios. Antes de continuar, debo aclarar que la principal motivación que me lleva a realizar estas pruebas es aprender para perfeccionar y optimizar la configuración

“La aparición de las “Action cameras” en el mercado facilita mucho estos estudios.”

de nuestros fusiles, no para comparar los distintos modelos del mercado, algo que parece inevitable porque a menudo nos posicionamos con un tipo u otro (roller, madera, carbono, neumático, etc.) y dejamos de ser objetivos. Si realmente se quiere obtener un beneficio de un trabajo como éste, considero que lo más importante es abstraerse de las preferencias personales y hacer una valoración lo más ecuánime posible de los datos.

UN POCO DE HISTORIA

Mi inquietud por medir la velocidad de los arpones y observar el comportamiento de los fusiles viene de lejos. Empecé en el año 2005, haciendo una primera prueba para comprobar la viabilidad de la medición mediante el conteo de fotogramas de vídeo. Viendo que no tenía suficiente resolución de medida, 1/25", por cortesía de mi amigo Fernando Abella, de Pescasub.com,



Las pruebas deben efectuarse sin dejarse influir por las preferencias personales.



Es imprescindible fijar la distancia con precisión.



Podemos analizar la distancia recorrida fotograma a fotograma.



La penetración sobre la diana nos permite analizar precisión y potencia.

probé con un medidor de velocidad para fusiles de balines, que dispuse en una caja estanca. Era muy preciso, pero teníamos mucha dificultad para que pasara el hilo con el balín por el medidor repetidas veces (ver fotos). Otra forma que utilicé para medir la aceleración y la deceleración del vuelo del arpón, y basándonos en el sistema de medición del ingeniero su-



Medidor de velocidad arpones.

La balística estudia el movimiento de los proyectiles.

dafricano Niko Brummer, fue mediante células fotoeléctricas y un nailon que pasa entre ellas con unas marcas negras equidistantes. Este sistema da una gráfica completa de la aceleración y la deceleración del vuelo del arpón, pero en vez de un ordenador, como usaba Brummer, grabamos los impulsos en un mp3 para su posterior procesado. Hay que decir que se obtiene muy buena información, pero el sistema tiene dificultades de ajuste.

En alguna ocasión también he usado la pista de audio de una cámara de vídeo, un método muy exacto; sin em-

bargo, en una piscina, con 6 personas de apoyo, además del tirador, es fácil confundir ruidos, sobre todo realizando muchos disparos. Después de todos estos ensayos, con la experiencia acumulada y con la llegada de la nueva generación de cámaras digitales, por último opté por el conteo de fotogramas.

Recomendaciones

> Podéis ver las pruebas en mi web www.videocean.com. Para interpretar mejor las escenas en cámara lenta, se recomienda acompañarlas con la lectura y comprensión de los datos de los archivos PDF y Excel, ambos disponibles para descargar en la web.

NEVA GENERACIÓN DE CÁMARAS

En 2005 tenía cámaras que grababan a 25 fotogramas por segundo (fps) entrelazados, obteniendo unos resultados muy aceptables, pero con una precisión que no me satisfacía del todo, tanto por la dificultad de trabajar con vídeo entrelazado fotograma a fotograma, como por la resolución del vídeo de 720 x 576 píxeles. Mejoré ese parámetro comprando una cámara que grababa a 1440 x 1080 píxeles, pero aún a 25 fps entrelazados eran cada vez mejores en cuanto a presentación, pero no en cuanto a resolución de medida. Todas estas cámaras daban una resolución de un veinticincoavo de segundo (1/25"). La situación ha mejorado mucho desde la aparición en el mercado, a precios contenidos, de las llamadas Action Cameras, unas cámaras que nos permiten grabar, primero, a 1920 x 1080 píxeles, con vídeo progresivo y a 30 fps; y después, a 1280 x 720 píxeles a 60 fps. En este último caso ya alcanzamos una resolución de medida de un nada desprecia-

ble 1/60". En la última prueba realizada en 2013, ya dispongo de un par de cámaras capaces de grabar a 1280 x 720 píxeles a 120 fps (resolución 1/120"), lo que nos da un gran detalle para el conteo de fotogramas, además de obtener un vídeo en HD 720p a cámara lenta, que también permite observar con detalle. >>



Gran variedad de fusiles preparados para la prueba.

► hasta ahora difícil de conseguir, el comportamiento de nuestros fusiles.

MÉTODO DE MEDIDA EMPLEADO

El cálculo de la velocidad está basado en contar en cuántos fotogramas llega la varilla a la diana. Por un lado, se conoce la distancia que debe recorrer el proyectil; y por otro, contando los fotogramas que tarda en alcanzar el blanco, tenemos con una buena precisión el tiempo empleado en el recorrido. Esto último se hace con un editor de vídeo, para ver los disparos en detalle y desplazándose de fotograma en fotograma para observar el número de éstos que dura el disparo, obteniéndose de esta forma el tiempo. Con una cámara que graba a 120 fps, si la distancia se da en metros, la ecuación que da la velocidad en m/s es:

$$\text{velocidad} = \text{distancia} \times \frac{120}{\text{n}^{\circ} \text{ fotogramas}}$$

Es muy importante que la distancia sea constante, para lo que previamente se debe haber definido un procedimiento de disparo (tocar un apoyo en el metro 0, levantar y disparar) para evitar que el tirador pueda acortarla o alargarla variando su posición.

Otro dato muy importante que deseo determinar es la energía cinética, que está directamente relacionada con la penetración del arpón en la diana. Para ello, además de la velocidad debemos saber la masa del arpón, para lo que podemos pesar directamente este u obtener el dato por cálculo: medimos el diámetro del arpón (mm) y su longitud (cm), y sabiendo que el peso específico del acero es 7'85 g/cm³, obtenemos aproximadamente la masa (g) aplicando la fórmula:



El indispensable equipo de apoyo.

$$\text{masa} = 7,85 \times \text{long.} \times \pi \times \left(\frac{\text{diámetro}}{2}\right)^2 \times 0,01$$

Por último, al disponer de la masa y la velocidad, podemos calcular la energía cinética (Julios) usando la fórmula:

$$\text{Energía cinética} = 0,5 \times \text{masa} \times \text{velocidad}^2$$

Si accedéis a mi página web www.videocean.com, los datos obtenidos en la última prueba se pueden ver incrustados en las imágenes de cada disparo.

POSICIÓN DE LAS CÁMARAS

En la última prueba había 7 cámaras en 4 posiciones diferentes; las posiciones más importantes tenían otra cámara de seguridad y la diana tenía una sola cámara. En la imagen podéis ver la disposición.

ÚLTIMA PRUEBA EN LA PISCINA

El sábado 20 de abril organizamos la 6ª Prueba de Balística Submarina, en Denia (Alicante). El tirador fue Samuel Tomas. Campeón de España 2012, que disparó un total de 51 tiros, con 26 configuraciones de fusiles de diferentes fa-

Vocabulario

> VOCABULARIO DE METROLOGÍA:

- **Resolución de medida:** es la menor magnitud exacta que es capaz de medir el sistema; en nuestro caso, 1 fotograma. Si se toman 120 fotogramas en 1 segundo, la resolución es de 1/120 de segundo.
- **Precisión de medida:** es la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Simplificando mucho, se puede considerar que la precisión en este caso puede llegar a ser de ± 1 fotograma.

VOCABULARIO DE VÍDEO:

- **Pixel:** es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.
- **Resolución de vídeo:** medida en píxeles del ancho y alto del fotograma.
- **Vídeo entrelazado:** cada cuadro (fotograma) de la imagen, tiene dos semicuadros iguales denominados campos (field), con líneas pares e impares.
- **Vídeo progresivo:** en cada período de refresco se actualizan todas las líneas de exploración, produce imágenes fijas.

“La energía cinética está directamente relacionada con la penetración del arpón en la diana.”

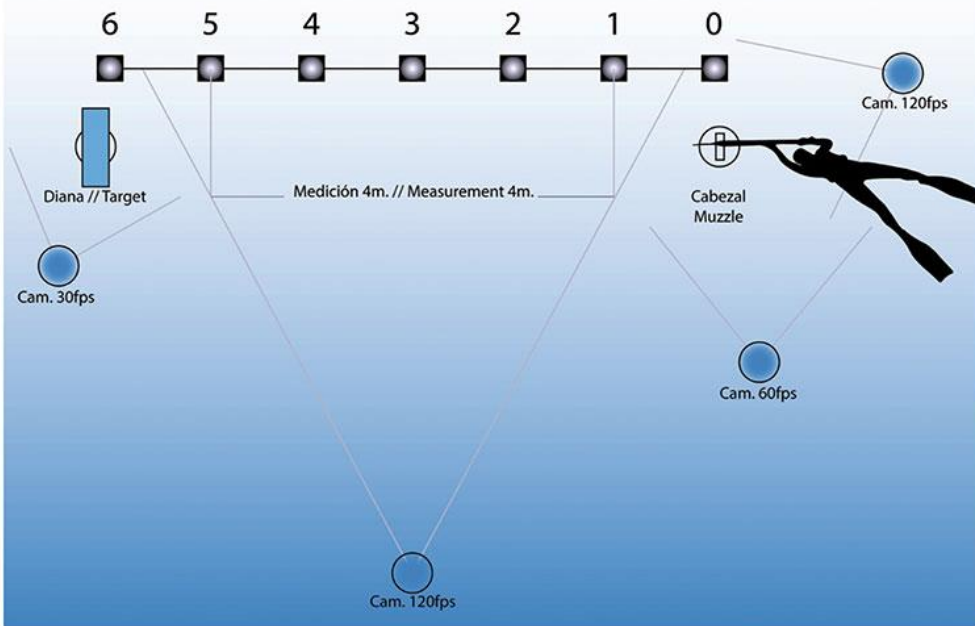
mencionar que estas pruebas se hacen con los recursos propios de unos aficionados, por lo que es fácil imaginar que existen algunas limitaciones técnicas y que los datos ofrecidos deben considerarse como una referencia que puede mejorarse con mejores medios. A pesar de ello, la conclusión más importante obtenida de este trabajo es que el método aquí explicado nos ofrece una herramienta excepcional que permite hacer valoraciones balísticas de excelente calidad a un coste razonable.

REPORTAJE > Carlos Martínez
info@videocean.com

> AGRADECIMIENTOS:

Quiero agradecer la colaboración de los compañeros que me han ayudado con la logística, ya que sin ellos es imposible realizar las pruebas con el nivel de detalle adecuado: Israel (Chufi), Vicente Sendra, Martí Guixot, Rafaguti, Óscar (Espantameros), Paco (Efejota), Kiko, David, Fernando Abella, de Pescasub.com, etc. Agradecer también a Intova y al Denia Centro de Fitness por sus instalaciones.

PRUEBA DE TIRO EN PISCINA // SPEARGUNS TEST IN POOL



Esquema de la disposición de las cámaras en todo el procedimiento.



La piscina permite repetir las pruebas en un entorno controlado.