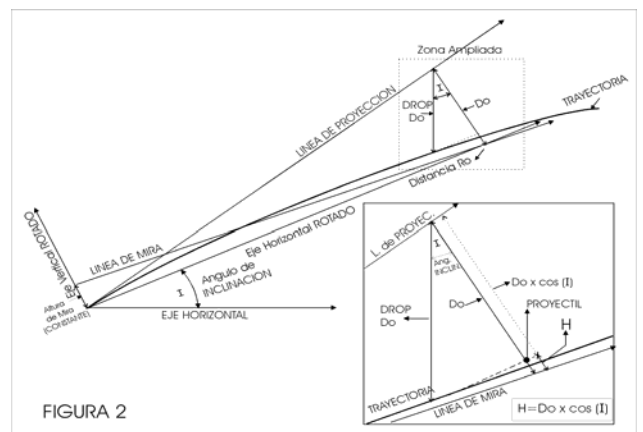
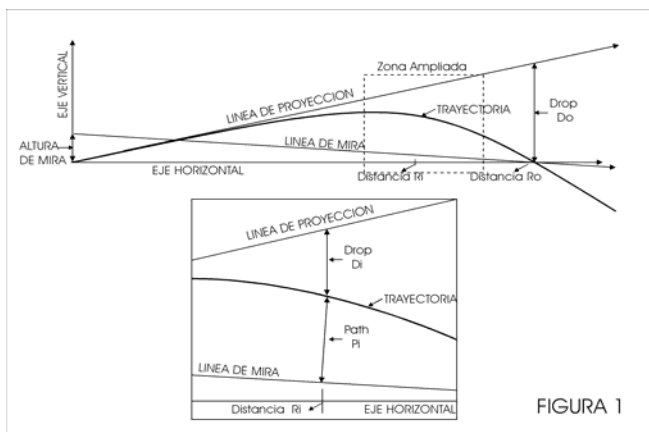


EL TIRO EN ANGULO (parte III)

Por: Ing. Alejandro Pagani
Lic. S. Daniel Patti

Llegamos al fin a la tercera y ultima parte de este tema, el cual esperamos les halla gustado tanto por su complejidad, por su rareza, como por la forma en que se ha explicado. Habiendo ya incorporado los nuevos conceptos, y habiendo entendido lo que sucede al inclinar el arma y efectuar el disparo continuamos con la explicación.

Nota: aconsejamos tener a mano los números anteriores para poder observar los gráficos nº 1 y 2 para así poder comparar y obtener una mejor interpretación del tema. Para una lectura y un acceso rápido los repetimos aquí en tamaño reducido.



Las situaciones de tiro

La Figura 3 muestra un gráfico simplificado de tres situaciones. Tiro nivelado, hacia arriba y hacia abajo. En la situación de cuando el tirador dispara su rifle hacia abajo observamos de nuevo al Drop Do en dirección vertical.

Pero la perpendicular a la línea de mira y sobre donde se mide el Path forma un ángulo igual al ángulo de inclinación (i) con la vertical.

Por otra parte la línea de mira y la línea de proyección, aun están separadas por la distancia perpendicular Do. A la distancia de tiro Ro, el proyectil de nuevo pasa sobre la línea de mira en lugar de interceptarla. Comparando el caso con el tiro nivelado, el proyectil de nuevo pega alto.

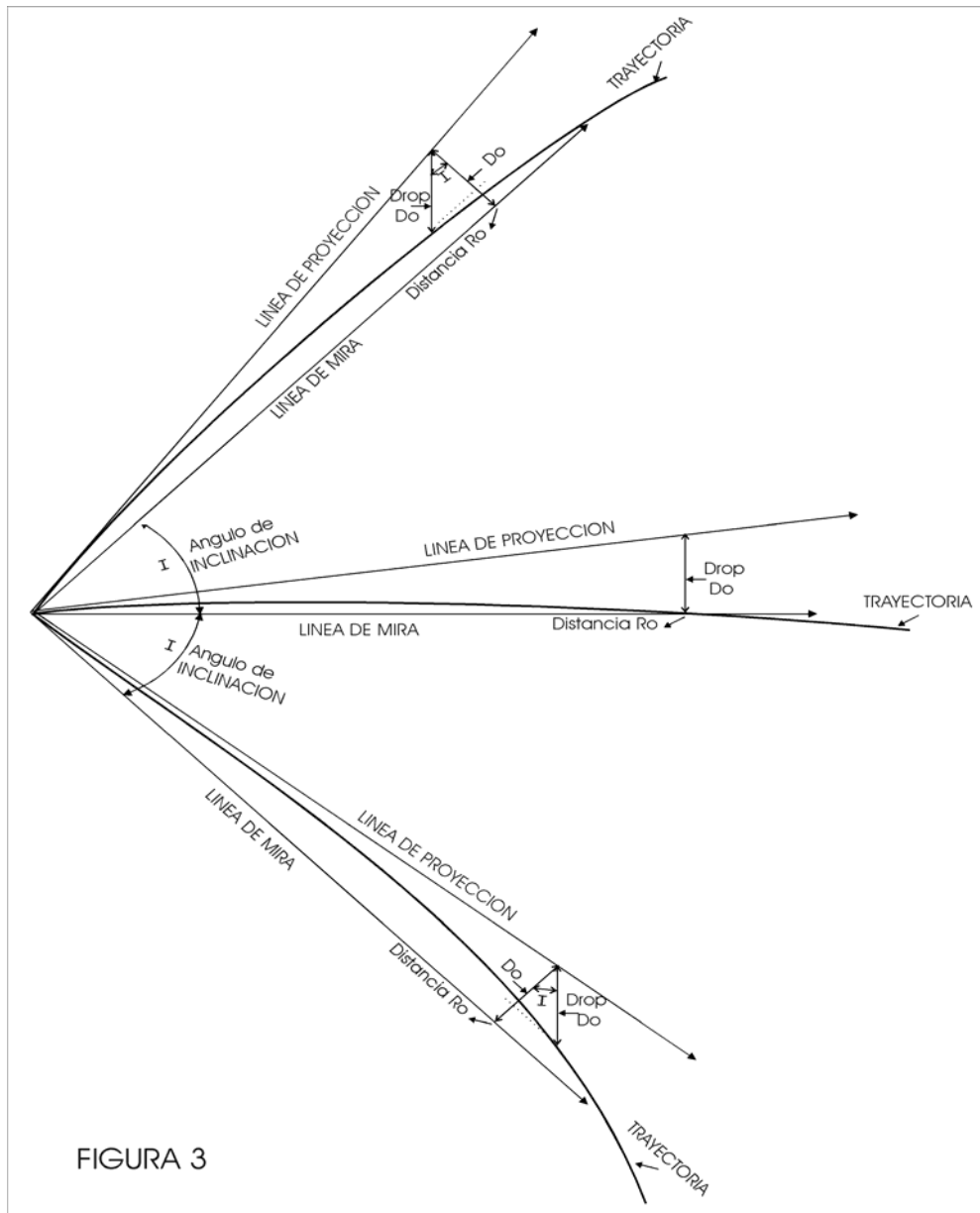
Mas aun, si disparamos el rifle hacia arriba con el mismo ángulo de inclinación que lo disparamos hacia abajo, los dos proyectiles pegaran alto por casi exactamente la misma cantidad.

Hasta el momento hemos visto la explicación para una distancia igual a la distancia de regulación Do. Esto ha sido hecho simplemente a los efectos de facilitar la explicación. El resultado, sin embargo, aplica para cualquier distancia de tiro. Es decir, dada:

- una distancia de tiro r_i inclinada respecto de la horizontal un ángulo (i);
- y un proyectil que para la distancia r_i tiene un drop d_i ; puedo decir que me pegará alto una cantidad igual a:

$D_i \times [1 - \cos(\text{ángulo de inclinación})]$

respecto de donde pegaría el rifle si tirara en terreno nivelado a una distancia r_i .

**CONCLUSIONES**

- El tiro hacia arriba o hacia abajo puede tener un fuerte efecto en la trayectoria de cualquier proyectil, causando siempre que pegue alto.
- La diferencia entre el punto de impacto para tiro nivelado y tiro inclinado se incrementa al crecer el ángulo de inclinación y la distancia
- La diferencia entre la realidad y los resultados de la fórmula $H = D_i \times [1 - \cos(I)]$ son prácticamente despreciables. Como ejemplo es típico estar dentro del 1% hasta distancias de 1000 m con una inclinación de 45° para cartuchos modernos de fuego central.

UN CÁLCULO A MANUELA

Como vimos, es razonablemente fácil calcular cuanto nos va a subir el tiro a una distancia y ángulo de inclinación dado. Para ello necesitamos saber el Drop del proyectil en función de la distancia para la munición usada, dato que podemos encontrar en tablas balísticas, bibliografía o programas de computación. Los pasos a seguir para hacer el cálculo a mano serían:

1. Medir el ángulo de inclinación del blanco (I).
2. Medir la distancia al blanco R_i .
3. De tablas balísticas para una trayectoria nivelada, obtener el Drop D_i para una distancia R_i .
4. Cambiar el signo algebraico del Drop D_i (porque es siempre negativo). Después multiplicar el número por la cantidad $[1-\cos(I)]$. El resultado (que llamaremos H y es siempre positivo) es lo que le subirá el proyectil respecto de cómo pega en terreno nivelado. Si la trigonometría no es su fuerte, usando la siguiente tabla y entrando con el ángulo de inclinación podrá hallar el factor por el cual deberá multiplicar al Drop D_i .

*Nota: el número extraído de la tabla en la columna "factor" representa la resolución de la parte **[1-coseno (ángulo de inclinación)]** de la formula dada: $D_i \times [1-\cos(\text{ángulo de inclinación})]$*

TABLA 1		H = Factor x Di			
Inclinación	Factor	Inclinación	Factor	Inclinación	Factor
+/- 5°	0.004	+/- 25°	0.094	+/- 45°	0.293
+/- 10°	0.015	+/- 30°	0.134	+/- 50°	0.357
+/- 15°	0.034	+/- 35°	0.181	+/- 55°	0.426
+/- 20°	0.060	+/- 40°	0.234	+/- 60°	0.500

5. Podemos parar acá o seguir un poquito mas y sumar algebraicamente el resultado del paso 4 (H) al Path P_i del proyectil para una trayectoria en terreno nivelado a una distancia R_i (recordando que el Path puede ser negativo o positivo). De esta suma obtendremos el Path ajustado por la inclinación. Este resultado será el dato que se usará para apuntar el rifle.

Como un ejemplo de este procedimiento, haremos el cálculo para una punta Sierra .308 165 gr. HPBT a 2700 ft/s de velocidad en la boca. El rifle esta regulado a una distancia $D_0=150m$.

Seguiremos los pasos numerados como aparecen líneas arriba.

1. Inclinación: $I=45^\circ$.
2. Distancia: $R=300$ m.
3. De las tablas balísticas obtengo el dato del Drop: $D(300) = -82$ cm
4. Para una inclinación de 45° de la Tabla 1 extraemos el factor 0.293.
 $H = 0.293 \times D = 0.293 \times 82 = 24$ cm. Es decir, el proyectil subirá 24 cm.
5. Si en terreno nivelado a 300 m el proyectil nos baja 42 cm y el paso 4 nos dice que inclinado sube 24 cm, restamos $42-24$ y finalmente obtenemos que el proyectil nos **bajara 18 cm** a 300m inclinados a 45° .

¿CUANDO DEBEMOS TENER TODO ESTO EN CUENTA?

Asumiendo una situación de caza mayor, varios autores coinciden en que debemos tener en cuenta las diferencias de trayectoria a partir de los 300 m de distancia y con ángulos de inclinación de más de 30°. Veamos un ejemplo:

Proyectil .308 Sierra 165 gr. a 2700 ft/s regulado a 150 m. Altura de mira 4 cm.
Nivel del mar y condiciones normales de presión y temperatura.

Vemos que a 300 m la diferencia entre el Path para 0° y el Path para 30° de inclinación es de tan solo 10 cm. Esta diferencia podría no ser decisiva si tomamos en consideración el tamaño de la zona vital de un animal de caza mayor.

Para 60° de inclinación y 300m de distancia, el rifle pega donde apunta. Es un tiro raro pero si no tenemos esto en cuenta vamos a sobrar el blanco olímpicamente. ¿Cómo dice mi amigo? ¿Qué quiere saber porque? OK. Le prometemos una nota.

Ya para 400 m, a los 30° de inclinación las diferencias entre el Path para tiro nivelado y para tiro inclinado empiezan a ser considerables.

Esta es la explicación completa de lo que sucede física y matemáticamente en los casos de tiros con un determinado ángulo. La explicación esta basada en cálculos reales, demostrando en que se fundamenta uno cuando se dice que el tiro pega alto, al disparar hacia arriba o hacia abajo, algo que el cazador y el tirador avezado conocen por experiencia, pero no sabe explicar porque. Sabemos también que parece más un cálculo de laboratorio que una nota para una revista especializada, pero es la única forma que encontramos de explicar esto de la manera más comprensible. Prometemos un resumen de aplicación rápida para el tirador y el cazador común en una próxima nota. Si bien uno no va a estar sacando cuentas a la hora de realizar un tiro, solo memorizando dos o tres situaciones (ángulo distancia y caída) puede llegar a hacer un tiro bastante bueno en una situación con un animal que se encuentre en un plano diferente al nuestro. Al contrario de los que algunos piensan, no haber encarado este tema en la forma que se explico, hubiera sido subestimar a nuestros lectores, que por cierto, si leen este diario, es por que son muy inteligentes. Buenos tiros.

¡¡Ufa viejo!! ¡¡ tanto lío para tirar un cachito mas abajo!! ¡mejor me voy a cazar un chanchito en la aguada que no hay tanta historia!

Referencias:

SERINO, Roberto. *Balística e ricarica*, Roma, Olimpia, 2001.
Sierra Manual (4ta. y 5ta. Edición) - Exterior Ballistics Section. www.exteriorballistics.com.