

CINEMÁTICA DE PROYECTILES NO PROPULSADOS

Juan Alanes Ergueta*

Resumen

En el presente artículo, se describe un método para obtener los ángulos que posicionan el proyectil no propulsado y el diseño del proyectil considerando las formas de estabilizadores y superficies de control del empenaje (cola) del proyectil.

PALABRAS CLAVES: Poyectiles no propulsados, misiles, estabilizadores, superficies estabilizadoras, empenaje.

Abstract

In this article, the method for obtaining the angles that position the non-propelled projectile and the design of the projectile is described, considering the forms of stabilizers and tail (empennage) control surfaces of the projectile.

KEYWORDS: Non-propelled projectiles, missiles, stabilizers, stabilizing surfaces, empennage.

Resumo

Neste artigo, o método para a obtenção dos ângulos que a posição do projétil não-propulsionado e o desenho do projétil é descrito, considerando-se as formas de estabilizadores e superfícies de cauda do projétil (empenagem) de controle.

PALAVRAS-CHAVE: Projéteis sem propulsão, mísseis, estabilizadores, estabilizadores superfícies, empenagem.

History of the article: Received 24/07/2016. Style review 26/07/2016. Accepted 27/07/2016.

INTRODUCCIÓN

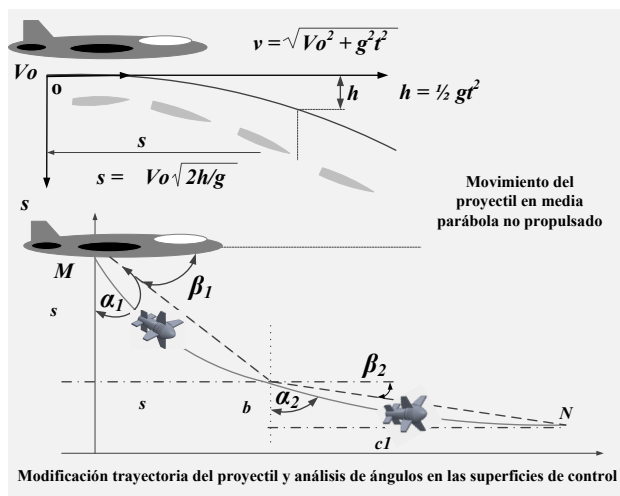
Cinemática del proyectil no propulsado

Conceptualización del proyectil que no necesariamente cumple el modelo matemático y físico de la trayectoria parabólica y que sirve para el cálculo de ésta en función de la altura y el alcance máximo que permite llegar al objetivo deseado. Ver figura 1.

Proyectil no propulsado

Un proyectil de esta naturaleza, se mueve bajo fuerzas gravitatorias y aerodinámicas y puede variar el curso de su trayectoria alterando el tiempo de vuelo, incrementando o reduciendo el alcance máximo. Para tener el control del proyectil durante su trayectoria y alcanzar el objetivo deseado con la mayor precisión posible y modificar su curso en plena caída, es necesario hallar los ángulos α_1 , α_2 , β_2 respecto al objetivo dado, estos ángulos deben ser posicionados en los controles de superficie del proyectil (ondas de radio y/o señales satelitales), debido a que el proyectil no tiene ningún tipo de propulsión, y su movimiento depende sólo del monitoreo de la energía mecánica para proporcionarle una guía.

DESARROLLO



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Representación de la trayectoria media parabólica y variación de ángulos en las superficies de control del proyectil no propulsado

Para aplicaciones reales, es preciso validar variables que deben ser usadas en el análisis físico como la densidad, la resistencia de la masa de aire, la forma del proyectil, la resistencia aerodinámica, y todo lo correspondiente a su dinámica para obtener la trayectoria. No obstante las fuerzas que actúan sobre el desplazamiento cambiando el curso del proyectil, pueden ser usadas para mantener una trayectoria controlada, para lo cual, el proyectil debe de estar dotado de estabilizadores, superficies de control, superficies alares con perfiles simétricos. Accesorios que favorecen el control y la estabilidad del proyectil.

Análisis de la trayectoria del proyectil

La ecuación de la trayectoria mostrando los ángulos de la figura 1, se encuentran en función al objetivo a lograr y por la trayectoria que debe darse a: las superficies de control, los controles de superficie horizontales y al análisis de los controles de superficie vertical para posteriormente aplicar ambos controles de superficie en el cálculo de diversas trayectorias. A continuación se desarrolla el análisis de una de estas trayectorias:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2}$$

$$t = \frac{\sqrt{x^2 + a^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(x-c)^2 + b^2}}{v_2}$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{v_1 \sqrt{x^2 + a^2}} - \frac{c-x}{v_2 \sqrt{(c-x)^2 + b^2}} = 0$$

$$\frac{x}{v_1 \sqrt{x^2 + a^2}} = \frac{c-x}{v_2 \sqrt{(c-x)^2 + b^2}}$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha_2}{v_1}$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2} = \frac{\sin \alpha_3}{v_3} = k_1$$

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{1}{\sec \beta}$$

$$\frac{1}{\sec \beta} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (y')^2}}$$

$$\frac{\sin \alpha}{v} = k_1 = \frac{1}{\sqrt{2gy[1 + (y'')^2]}}$$

$$2gy[1 + (y'')^2] = \frac{1}{k_1^2}$$

$$y[1 + (y'')^2] = \frac{1}{2gk_1^2} = K$$

$$y[1 + (y'')^2] = K, \text{ si } y'' = \sqrt{\frac{(K-y)}{y}} = \frac{dx}{dy}$$

$$dx = \sqrt{\frac{y}{(K-y)}} dy, \text{ si } \tan \beta = \sqrt{\frac{y}{(K-y)}}$$

$$y = K \sin^2 \beta$$

$$\int dx = \int \tan \beta (2K \sin \beta \cos \beta d\beta)$$

$$\int dx = 2K \int \sin^2 \beta d\beta = 2K \int \frac{1 - \cos 2\beta}{2} d\beta$$

$$x = K(\beta - \frac{\sin 2\beta}{2}) = \frac{K}{2} (2\beta - \sin 2\beta)$$

$$Y = k \sin^2 \beta = \frac{K(1 - \cos 2\beta)}{2} = \frac{K}{2} (1 - \cos 2\beta)$$

$$X = \frac{K}{2} (\beta - \sin \beta) ; y = \frac{K}{2} (1 - \cos \beta)$$

Estabilizadores y controles de superficie:

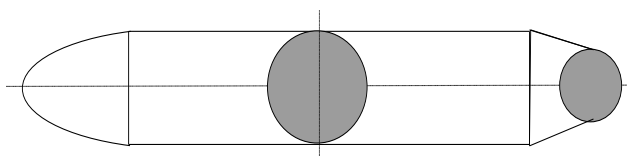


Figura 2: Cuerpo del Proyectoil

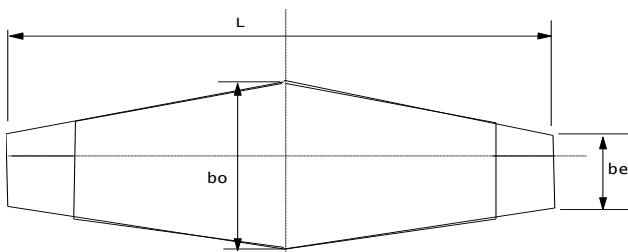


Figura 3: Estabilizadores del proyectil

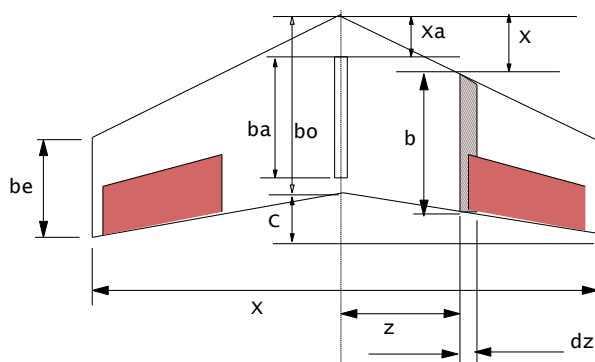


Figura 4: Estabilizadores y superficies de control del empenaje (cola)

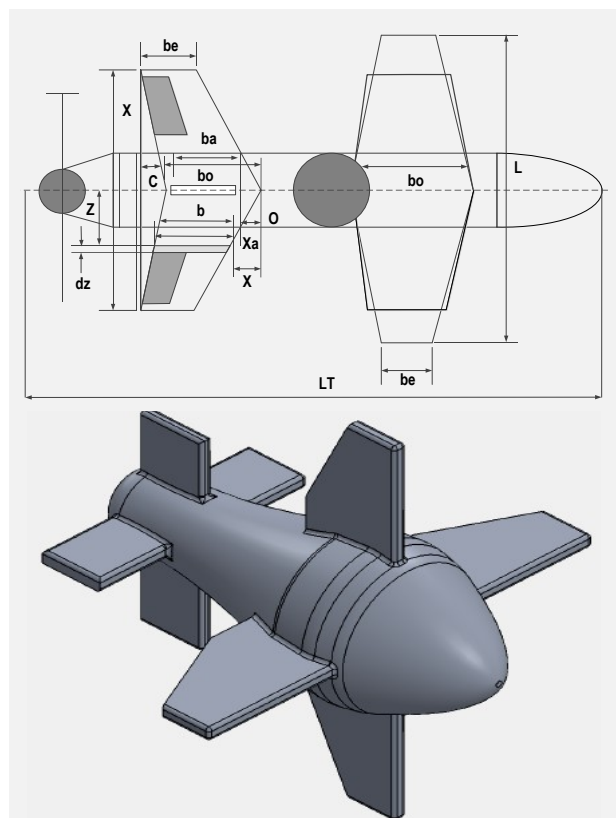


Figura 5: Ensamblaje y vista isométrica 3D del proyectil

CONCLUSIONES

- Se hallaron los ángulos, α_1 , α_2 , β_2 respecto al objetivo, estos ángulos deben ser posicionados en los controles de superficie del proyectil para obtener el desplazamiento deseado como se especifica en el diseño esquemático.
- Para este propósito los controles de superficie son servomecanismos comunicados por centrales de control en Tierra o en la misma aeronave a través de ondas de radio y/o señal satelital. Además que los perfiles aerodinámicos deben tener forma simétrica y los datos paramétricos de la atmósfera se obtienen de tablas ISA – (International Standard Atmosphere) para la navegación aérea.
- Existe una alta gama de trayectorias que se encuentran dentro las combinaciones de los grados de libertad de las superficies de control. Debido a los análisis realizados de su trayectoria y la aplicación de teorías de control es factible dotarle al proyectil de cierta inteligencia. Por lo que este tipo de trayectorias también están contempladas en la balística de proyectiles propulsados con motores de reacción, estator-actores, motores cohete de propulsantes líquidos y sólidos por su gran alcance de trayectoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Carmona, I.A., 2004, Aerodinámica y actuaciones del avión, ISBN 9788428328883, Editorial Paraninfo, Madrid – España,
- Krasnov, O.I., 1973, Aerodinámica, Editorial Mir, Moscú – URSS.

(*), Licenciado Aeronáutico.
Docente Carrera de Ingeniería Mecánica.