



# Cálculo de la sustentación de un ala usando Vortex Lattice Method

David Esteven Galvis Arévalo, Christian Camilo Ruiz Madera, *Estudiantes, UMNG*  
[u\(1802584,1802566\)@unimilitar.edu.co](mailto:u(1802584,1802566)@unimilitar.edu.co)

**RESUMEN** – En este documento se presenta la implementación en Matlab de un algoritmo para calcular la sustentación de un ala de envergadura finita llamado el método de Vortex Lattice, el cual es una extensión del método de los paneles en 3D, igualmente se realiza la simulación del ala en software especializado tanto en aerodinámica como en dinámica de fluidos como lo es XFLR5, el cual permite realizar simulaciones en perfiles alares y alas finitas, obteniendo diversas variables relacionadas con el ala como la sustentación, el arrastre, los coeficientes de presión y la distribución de la circulación.

**ABSTRACT** - This document presents the implementation in Matlab of an algorithm to calculate the lift of a wing of finite wingspan called the Vortex Lattice method, which is an extension of the method of 3D panels, also performs the wing simulation in software specialized in aerodynamics and fluid dynamics such as XFLR5, which allows simulations in wing profiles and finite wings, obtaining various variables related to the wing such as lift, drag, pressure coefficients and distribution of the wing as the drag, pressure coefficients and the distribution of the wing as a result of various variables such as lift, drag, pressure coefficients and the distribution of the wing.

## 1. INTRODUCCIÓN

El análisis computacional de la dinámica de fluidos ha permitido incontables avances en el área de la aerodinámica simplificando cálculos complejos y permitiendo, a su vez, una mayor precisión y versatilidad a la hora de diseñar y seleccionar perfiles para aeronaves, ya sean de tipo UAV o aviones intercontinentales [1]. Por otra parte, permite conocer la precisión de los cálculos iniciales verificando que, a pesar de las aproximaciones de estos modelos matemáticos, sus cálculos siguen siendo de utilidad como principio de diseño de una aeronave [2]. Sin embargo, la dinámica de fluidos sigue estando en continuo avance y no existe una sola manera de simular los diseños realizados [3], en específico, si se quiere obtener datos correctos a partir de las simulaciones es necesario conocer el régimen en el cual se va a trabajar (subsónico, transónico o supersónico) y cual modelo de turbulencia aplicar, dado que de esto depende la calidad de la simulación [4].

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General:

Implementar el método de Vortex Lattice con el fin de calcular la sustentación de un perfil alar para un ángulo de ataque específico.

### 2.2 Específicos:

- Verificar la correspondencia de los resultados del método de Vortex Lattice implementado con una simulación en el software XFLR5.
- Determinar las razones técnicas que justifiquen las diferencias entre los resultados de los distintos softwares, en caso de resultados distintos.

### 3. RESULTADOS

#### Matlab:

Los resultados obtenidos a partir del método Vortex Lattice fue la circulación del ala, los coeficientes de presión y los coeficientes de sustentación, este último será el principal criterio de comparación frente a los resultados obtenidos con XFLR5. El método implementado fue el de Hsichum Hao.

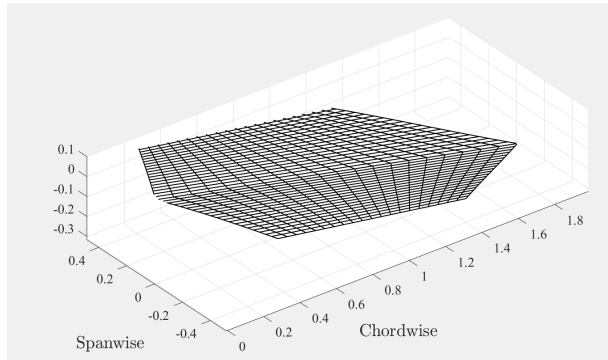


Figura 1. División por paneles

En la figura anterior se observa la división de los paneles, debido a que se trabajó con el método de Hsichum Hao, la división se realizó con 20 divisiones en el eje 'X' y la misma cantidad en el eje 'Y', dando un total de 400 paneles.

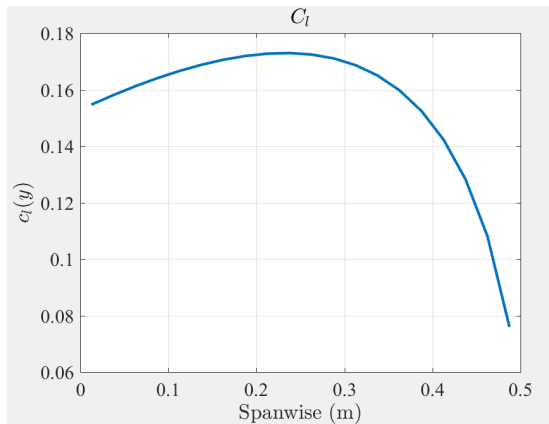


Figura 2.  $C_l$  vs envergadura media

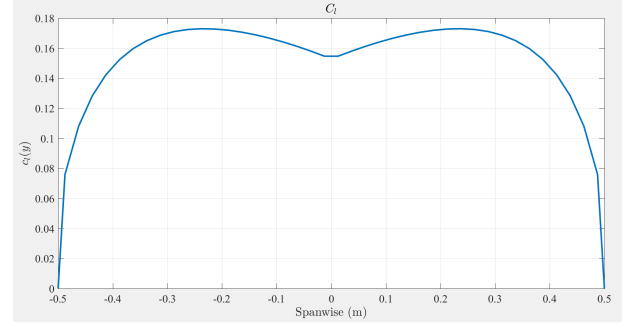


Figura 3.  $C_l$  vs envergadura total

Los coeficientes de sustentación ejercida por el ala varía entre 0.08 y 0.18 a lo largo de la envergadura. Siendo la mayor sustentación ejercida en la mitad de la envergadura con un valor de 0.17. Los demás resultados se pueden observar en las siguientes figuras.

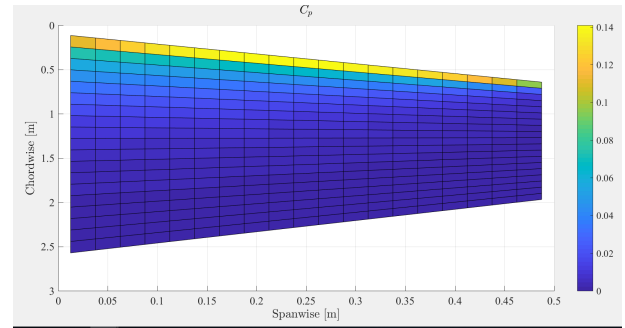


Figura 4.  $C_p$  para media ala

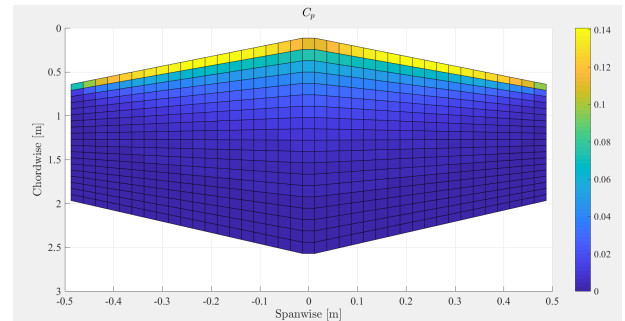


Figura 5.  $C_p$  para ala completa

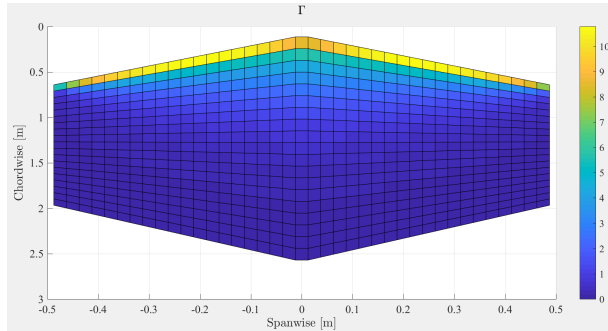


Figura 6. Circulación

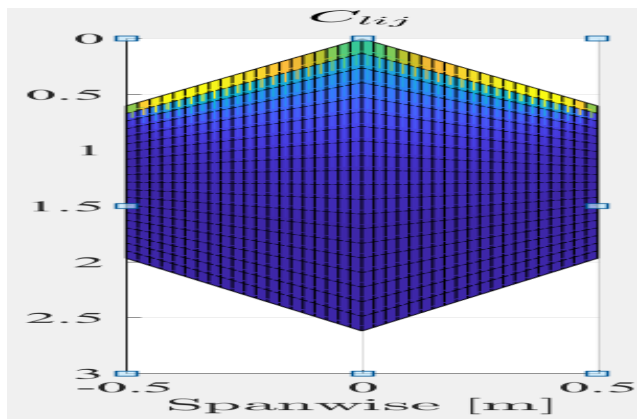


Figura 7. Coeficientes de sustentación

## XFLR5

En el software XFLR5 se desarrolló la simulación de un ala con las siguientes características:

- Envergadura = 3m
- Cuerda de raíz = 1m
- Cuerda de punta = 0,3m
- Ángulo de flecha = 30°

Además de esto, se definieron las condiciones sobre las cuales estará el ala, las cuales son:

- Velocidad del viento = 150 m/s
- Densidad = 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Adicional, se selecciona el perfil NACA0012 como el perfil que define la geometría del ala. Y se asigna al ala una masa de 1kg ya que es un dato necesario para realizar el estudio.

Para esta aplicación, al ser un ala simétrica tanto en eje X como en eje Z, se divide cada mitad de la superficie del ala en un número de paneles de

20x20, tanto para el lado izquierdo como para el derecho.

Posterior, se utiliza el método de Horseshoe vortex VLM1 para analizar el ala y se obtienen los siguientes resultados:

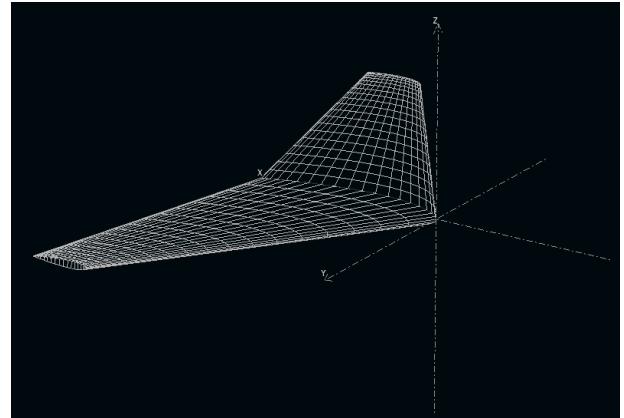


Figura 8. Distribución de paneles (20x20)

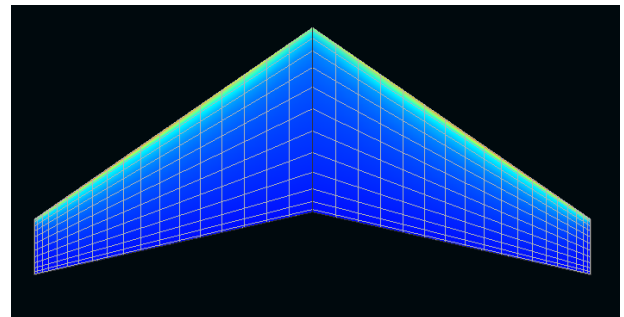


Figura 9. Cp sobre el ala

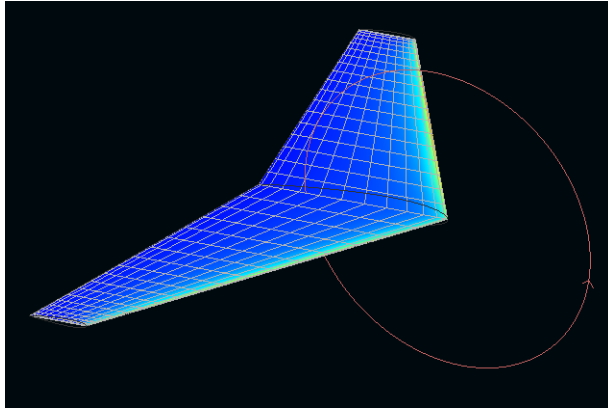


Figura 10. Momeno sobre el ala

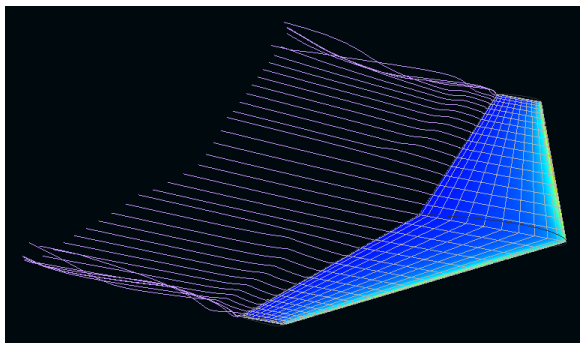


Figura 11. Stream, corriente del aire

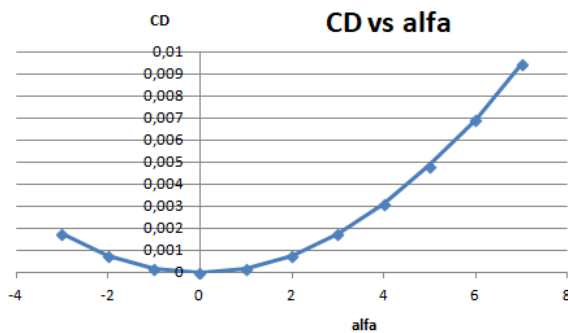


Figura 12. CD vs Alfa, XFLR5

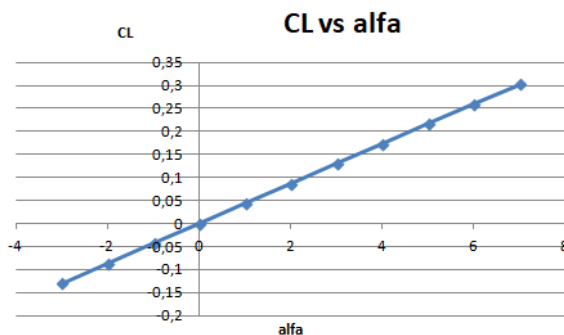


Figura 13. CL vs Alfa, XFLR5

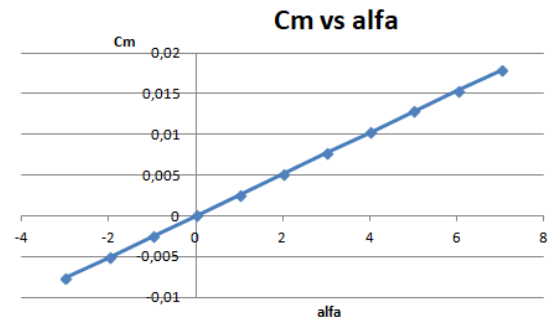


Figura 14. Cm vs Alfa, XFLR5

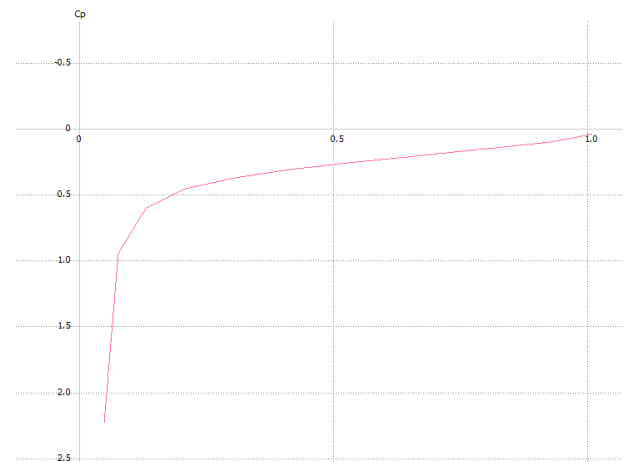


Figura 15. Cp vs x, XFLR5

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El algoritmo desarrollado en Matlab tiene bastantes diferencias con el propuesto en XFLR5, pero dichas diferencias radican principalmente en el modelo del ala. En matlab el ala implementada fue taperada, pero en XFLR5 hubo problemas para ejemplificar el mismo tipo de ala, debido a que el ala obtenida probando diferentes configuraciones siempre era tipo delta. En base a esto, realizar una comparación directa entre ambos software resulta inviable. Pero, a pesar de la diferencia en ambos existe un detalle en común, la distribución de presiones en el modelo 3D del ala es similar teniendo un mayor coeficiente de presión sobre el borde de ataque del ala. Otra característica similar está en el coeficiente de sustentación, en donde al ser un ala pequeña para un ángulo de ataque de  $6^\circ$ , el coeficiente de sustentación está entre 0.05 y 0.2 a lo largo de la

---

envergadura del ala. En el caso de Matlab, no se logró obtener la estela dejada por el ala, pero en XFLR5 si se puede observar principalmente el efecto del arrastre inducido.

## 5. CONCLUSIONES

- El análisis computacional de la dinámica de fluidos permite un análisis más detallado en el área de la aerodinámica, pero aun así los métodos convencionales siguen siendo útiles para una primera aproximación de los parámetros de una aeronave.
- El análisis por CFD de perfiles alares o de alas finitas requiere un conocimiento acerca de la misión de la aeronave, debido a que de esto depende la selección del modelo de turbulencia o modelo de análisis como Vortex Lattice, el cual si no se escoge correctamente los datos generados por la simulación serán erróneos o poco precisos y no son válidos para un posterior análisis.
- El método de Vortex Lattice es un método muy útil para el cálculo de la sustentación y demás parámetros, y específicamente en el diseño de una aeronave es imprescindible usarlo para verificar y aproximar en mejor medida los datos en las alas finitas.

## 6. REFERENCIAS

- [1] T. Wilberforce, A. Al Makky, A. Baroutaji, R. Sambhi, and A. G. Olabi, "Computational Fluid Dynamic simulation and modelling (CFX) of flow plate in PEM fuel cell using aluminum open cellular foam material," in *2017 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)*, 2017, pp. 1–6.
- [2] Dazhuan Wu and Xinkuo Jiang, "Numerical study of the fluid forces for a whirling annular seal: CFD simulation versus experiment," in *2014 ISFMFE - 6th International Symposium on Fluid Machinery and Fluid Engineering*, 2014, p. 118 (8.)-118 (8.).
- [3] T. Wang, H. Lai, and Z. Jiang, "An algorithm study for determination of dynamic fluid level based on the state space reconstruction and BH-LSSVM," in *2014 International Conference on Mechatronics and Control (ICMC)*, 2014, pp. 132–136.
- [4] Lin Peng, Lei Dong, Chongfang Song, Xiaofeng Liu, and Lin Cheng, "Simulation of flow around open storage pile based on low Reynolds number turbulence model," in *2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering*, 2011, pp. 2562–2565.