

## Evaluación del control de flujo mediante osciladores de flujo en un perfil aerodinámico de alta sustentación

Arath Fernando Jurado Ibarra<sup>1\*</sup>, José Omar Dávalos Ramírez<sup>2</sup>

### Resumen

Este estudio se centra en la evaluación del control de flujo activo (AFC) mediante el uso de osciladores de flujo acoplados a un perfil aerodinámico de alta sustentación (NACA 6415). El objetivo principal es evaluar experimentalmente el impacto de tres diseños de osciladores de flujo, manufacturados mediante impresión 3D, en las fuerzas aerodinámicas y las características del flujo. El problema abordado es la reducción de las fuerzas de resistencia (arrastre), que impactan negativamente la eficiencia aerodinámica, incrementando el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> en aeronaves. Los osciladores de flujo son un tipo de actuador AFC que genera un chorro oscilante autoinducido sin necesidad de partes móviles, dependiendo solo de la geometría y el caudal. La metodología incluye: Modelado en CAD e impresión 3D del perfil y los osciladores. Montaje experimental en un túnel de viento. Medición de la fuerza de arrastre y sustentación a diferentes presiones de aire. Visualización del comportamiento del flujo mediante una cámara de alta velocidad, máquina de humo y rayo láser. Se espera que la aplicación de los osciladores logre disminuir la fuerza de arrastre y aumentar la sustentación, evitando el desprendimiento de la capa límite y mejorando la relación de fuerzas. Los resultados proporcionarán datos experimentales detallados sobre los efectos de estos actuadores activos de flujo.

### Palabras Clave

Osciladores de Flujo – Control Activo de Flujo – Perfil Aerodinámico – Impresión 3D

<sup>1,2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

**\*Autor de correspondencia:** al240242@alumnos.uacj.mx

### Programa académico

Maestría en Ingeniería en Manufactura

### Fecha de presentación

22 de noviembre de 2024

### Financiamiento

SECITHI (CVU 1323149)

### Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

### Evento académico

8.º Coloquio de Posgrados del IIT

### Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

### Referencias

1. Jahanmiri, M. (2010). Active flow control: A review. Division of Fluid Dynamics, Department of Applied Mechanics, 12, 1–3.
2. Woszidlo, R., Christian, C. N., Ostermann, F., & Paschereit, C. P. (2014). The time-resolved internal and external flow field properties of a fluidic oscillator. AIAA, 52, 1–2.
3. Lopez Quesada, G., Batikh, A., Orioux, S., Mazellier, N., & Baldas, L. (2022). Optimizing the internal design of a miniaturized fluidic oscillator for active flow control over a scaled NACA-4412. HAL Open Science, 56, 1–2.
4. aeroengineering.co.id. (s. f.). Airfoil simulation using computational fluid dynamics (CFD). AE Services. <https://www.services.aeroengineering.co.id/portfolio-item/airfoil-simulation-using-computational-fluid-dynamics-cfd/>

CITACIÓN: Jurado Ibarra, A.F., & Dávalos Ramírez, J.O. (2025). Evaluación del control de flujo mediante osciladores de flujo en un perfil aerodinámico de alta sustentación [edición especial]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 4(1), 43-44.

# EVALUACIÓN DEL CONTROL DE FLUJO MEDIANTE OSCILADORES DE FLUJO EN UN PERFIL AERODINÁMICO DE ALTA SUSTENTACIÓN

Instituto de Ingeniería y Tecnología  
Maestría en Ingeniería en Manufactura  
Arath Fernando Jurado Ibarra, director: Dr. José Omar Dávalos Ramírez

## Resumen

El presente estudio se enfoca en el diseño y manufactura de tres osciladores de flujo con distinta geometría acoplados a un perfil aerodinámico de alta sustentación (NACA 6415). La elaboración de los componentes se propone realizar con impresión 3D. Mediante experimentación en un túnel de viento, se evaluarán las fuerzas presentes en el perfil aerodinámico equipado con estos osciladores alimentados con un compresor de aire a diferente presión de salida; se obtendrá la visualización del comportamiento del flujo mediante el acoplamiento de una cámara de alta velocidad, máquina de humo y rayo láser en el sistema, con el objetivo de comprobar los beneficios observados en estudios previos, como la disminución de la fuerza de arrastre y el aumento en la fuerza de sustentación.

## Introducción

El control activo de flujo (AFC, por sus siglas en inglés) es una rama de la ciencia y la tecnología que se centra en modificar el comportamiento natural de los flujos para alcanzar un estado o trayectoria deseados. Algunos sistemas de AFC son los actuadores, sensores y métodos de control, donde su aplicación es crucial en áreas como la aeronáutica [1].

Los osciladores de flujo (Fig.1) son parte de los AFC, y generan un chorro oscilante de forma autoinducida y autosostenida al recibir fluido a presión. Se distinguen por su simplicidad, ya que su funcionamiento depende solo de la geometría, tamaño y caudal, sin requerir la necesidad de piezas móviles. [2]

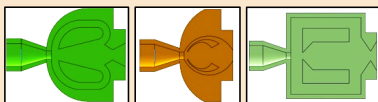


Fig. 1. Configuraciones de osciladores de flujo en CAD.

## Planteamiento del problema

Las fuerzas de resistencia en un perfil aerodinámico afectan negativamente la eficiencia del sistema, como en el caso de las alas de las aeronaves; estas fuerzas, especialmente durante el despegue y aterrizaje, aumentan el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, [3] lo que a su vez eleva los costos por el uso de combustible, debido al alto empuje que deben generar los motores para contrarrestarlas. Para mejorar la eficiencia, es necesario implementar sistemas que reduzcan estas fuerzas de resistencia. Sin embargo, dichos sistemas no están completamente definidos en la literatura ni se ha comprobado su eficacia en la práctica.

## Objetivos

Evaluar experimentalmente la aplicación de tres diseños de osciladores de flujo (Fig. 2) en las fuerzas de arrastre y sustentación y en las características del flujo en un perfil aerodinámico de alta sustentación (Fig. 3) dentro de un túnel de viento, acoplando una cámara de alta velocidad, máquina de humo y rayo láser.

### Objetivos particulares:

- Diseñar y manufacturar el perfil aerodinámico y los osciladores de flujo.
- Construir el arreglo experimental en el túnel de viento.
- Obtener la medición de fuerza de arrastre, sustentación y frecuencia (Hz).
- Adquirir la visualización del comportamiento del flujo mediante una cámara de alta velocidad y rayo láser.
- Analizar los datos obtenidos del experimento.



Fig. 2. Comparación del diseño de los tres osciladores de flujo en CAD.

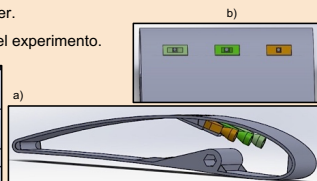


Fig. 3. a) Perfil NACA 6415 con osciladores de flujo acoplados en CAD. b) Salidas de aire de los osciladores en el perfil.

## Metodología

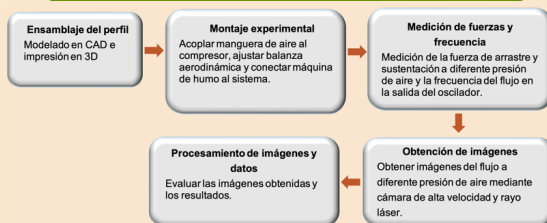


Fig. 6. Diagrama de metodología para la realización del proyecto.



Fig. 4. Impresión de piezas en 3D.

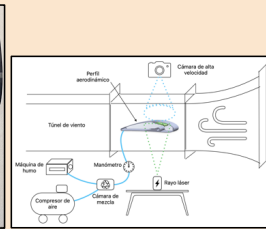


Fig. 5. Diagrama esquemático de la configuración del experimento.



Fig. 6. Túnel de viento.

## Resultados esperados

La aplicación de osciladores de flujo plantea disminuir la fuerza de arrastre y aumentar la fuerza de sustentación presente en el perfil aerodinámico de alta sustentación NACA 6415 (Fig. 7), y a su vez evitar con éxito el desprendimiento de la capa límite sobre el perfil (Fig. 8), reduciendo así significativamente la resistencia aerodinámica y mejorando la relación de fuerza arrastre – sustentación.



Fig. 7. Configuración de alimentación de flujo en osciladores de flujo dentro del perfil aerodinámico.

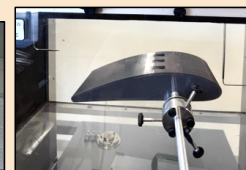


Fig. 8. Perfil aerodinámico dentro del túnel de viento.

## Conclusión

Los osciladores de flujo en un perfil aerodinámico podrán generar turbulencias controladas que mejorarán la estabilidad y reducirán la resistencia al avance, optimizando el rendimiento en aeronaves y vehículos. Esto mejora la eficiencia del combustible y el control en condiciones de vuelo o circulación. El actual estudio proporcionará datos detallados sobre los efectos de estos actuadores activos de flujo con respecto a la fuerza de arrastre y de sustentación, ya que los cuales no han sido ampliamente investigados de forma experimental hasta el momento.

## Referencias

- [1] M. Jahanniri, «ACTIVE FLOW CONTROL: A REVIEW,» *Division of Fluid Dynamics Department of Applied Mechanics*, nº 12, pp. 1-3, 2010.
- [2] R. Wozniak, C. N. Christian, F. Ostermann y C. P. Paschenell, «The Time-Resolved Internal and External Flow Field Properties of a Fluidic Oscillator,» *AIAA*, nº 52, pp. 1-2, 2014.
- [3] G. Lopez Quesada, A. Batikh, S. Orieux, N. Mazellier y L. Baldas, «Optimizing the internal design of a miniaturized fluidic oscillator for active flow control over a scaled NACA-4412,» *HAL Open Science*, nº 56, pp. 1-2, 2022.
- [4] *aeroengineering.co.id*, «aeroengineering.co.id,» AE Services, [En línea]. Available: <https://www.services.aeroengineering.co.id/portfolio-item/airfoil-simulation-using-computational-fluid-dynamics-cfd/>. [Último acceso: noviembre 2024].

Figura 1. Cartel Académico: Evaluación del control de flujo mediante osciladores de flujo en un perfil aerodinámico de alta sustentación.