

---

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE PROTUBERANCIAS EN EL BORDE DE  
ATAQUE DE PERFILES ALARES Y DETERMINACIÓN DE SU EFICIENCIA  
AERODINÁMICA MEDIANTE SOFTWARE ANSYS FLUENT****ÁNGEL DAVID GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
INGENIERO CIVIL MECÁNICO****RESUMEN**

En la presente memoria investigativa se estudió el efecto de protuberancias en el borde de ataque del perfil aerodinámico NACA-0012. Este último incorpora el efecto de protuberancias mediante una ecuación sinusoidal  $f(x)=A\sin(x)$ . La geometría fue representada utilizando el programa de diseño asistido por computador Inventor® Professional 2016; mientras que las simulaciones aerodinámicas se efectuaron con el software ANSYS® FLUENT 15.1. Con objeto de comprender los fenómenos físicos que envuelve la generación de las fuerzas de sustentación y arrastre sobre perfiles aerodinámicos, se realizó un exhaustivo estudio de las ecuaciones de Navier-Stokes, su aproximación mediante las ecuaciones de Navier-Stokes promediadas por Reynolds (RANS) y de los modelos computacionales que caracterizan de mejor forma la formación de vórtices que aparecen en la zona cercana al borde de salida de los perfiles aerodinámicos.

La particular forma del dominio de estudio se determinó mediante consideraciones de la NASA [1], quienes sugieren valores para el tamaño del dominio en función de una dimensión preponderante, que para este caso corresponde a la cuerda de los perfiles. Para las simulaciones se estudiaron los modelos de DFC que FLUENT™ incorpora en sus códigos, así se determinó que el modelo acorde es del tipo viscosidad turbulenta, con algoritmo de cálculo SIMPLE. Con el objeto de obtener las curvas de sustentación y arrastre para el perfil paramétrico y modificado, se realizaron simulaciones para ángulos de ataque  $\alpha$ : 0°, 5°, 10°, 15° y 18°. Al comparar los resultados de las simulaciones efectuadas a los perfiles paramétrico y modificado, se observa que el perfil modificado desarrolla mayor sustentación y menor arrastre, retrasando así la entrada en pérdida aerodinámica que para el perfil paramétrico se observaba superando la barrera de los 10°. Sin embargo, es importante señalar que el perfil modificado desarrolla velocidades elevadas ocasionando efectos de compresibilidad significativos, los cuales no pueden ser obviados y deberán ser considerados en futuras mejoras de las

---

simulaciones computacionales. Palabras clave: perfil aerodinámico, RANS, sustentación, arrastre, ángulo de ataque, DFC, ANSYS® FLUENT.

### ABSTRACT

In the present research, the effect of tubercles in the leading edge of the aerofoil NACA-0012 was studied. This profile incorporates the effect of protuberances by means of a sinusoidal equation  $f(x) = A \sin(x)$ . These profiles were designed using the CAD-Program Inventor® Professional 2016; whereas the simulations took place with the computer simulation program ANSYS® FLUENT 15.1.

To understand the physical phenomena which, the generation of the lift and drag forces on aerofoils surrounds, it was realised an exhaustive study of the equations of Navier-Stokes, its approach by means of the Reynolds-Averaged Navier Stokes Equations (RANS), and of the computer models that characterize better the vortex generation that appear in the area close to the trailing edge of aerodynamics profiles.

The form of the domain was determined by considerations of the NASA [1], who recommend values for the size of the domain based on a preponderant dimension, which in this case corresponds to the cord of the profiles.

For the simulations, the models of CFD that FLUENT™ incorporates in their codes was studied, therefore it determined that the agreed model is of the type turbulent viscosity, with the computing algorithm SIMPLE. With the intention of obtaining the lift and drag curves for the parametric and modified profiles, simulations for angle of attacks were realised at  $\alpha$ : 0°, 5°, 10°, 15° and 18°.

When comparing the results of the simulations conducted to the parametric and modified profiles, it can be observed that the modified profile develops to major sustentation and minor drags, delaying therefore the aerodynamic stall of the parametric profile, which was observed overcoming the barrier of 10°. However, it is important to consider that the modified profile develops high speeds causing significant compressibility effects, which cannot be avoided and should be considered in future improvements of the computational simulations.

Keywords :

Airfoil, RANS, Lift, Drag, angle of attack, CFD, ANSYS® FLUENT.