

## ¿POR QUÉ VUELA UN AVIÓN?

Zazil Ha Uc Díaz Santana (1), Carlos Alberto Rubio Jiménez (2), Ma. Teresa Sánchez Conejo (3)

1 [Bachillerato en Ciencias Naturales y Exactas, Escuela de nivel medio superior de Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [zaziha5@hotmail.com]

2 [Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [carlos.rubio@ugto.mx]

3 [Escuela de Nivel Medio Superior de Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [tesacomain@yahoo.com.mx]

### Resumen

El teorema de Bernoulli, el Efecto Venturi y la Tercera Ley de Newton son los principios de la física en la que se fundamenta el vuelo de un avión. En este trabajo se presentan los fundamentos físicos detrás del vuelo de un avión. El ángulo de ataque es ampliamente estudiado y experimentalmente calculado en un ala de perfil Clarck didáctica. La relación que tiene este parámetro con la velocidad y condiciones ambientales son mostrados en los resultados.

### Abstract

The Theorem of Bernoulli, the Venturi effect and the Third Law of Newton are the physical principles behind the flight of an airplane. This work summarizes these physical fundamentals. Furthermore the angle of attack of the wing is widely studied and experimentally calculated by using a scholar Clarck profile of wing. The relationships between this parameter and the air velocity as well as the ambient conditions are the mayor results of this study.

### Palabras Clave

Sustentación, Empuje, ángulo de ataque, fluido, acción-reacción

## INTRODUCCIÓN

En el vuelo de un avión intervienen varias teorías y leyes de la física que son ampliamente estudiadas a lo largo de los cursos de Nivel Medio Superior. Este trabajo presenta un resumen de la relación que tienen estas leyes con las fuerzas gobernantes observadas en el vuelo de una aeronave.

### Principios básicos

#### Teorema de Bernoulli

El teorema de Bernoulli indica que la suma de energías de un fluido (energía cinética, energía potencial, presión interna) debe ser constante a lo largo de su recorrido. Para que se mantenga constante, al aumento de la velocidad de las partículas de un fluido debe ser compensado por la disminución de su presión y viceversa. Esto solo ocurre a velocidades por debajo de la velocidad del sonido (flujo subsónico).

Para el caso de estudio del presente trabajo, el término energía potencial es aproximado a cero ya que el nivel de referencia del ala se considera constante (la diferencia de alturas del aire fluyendo sobre el ala es despreciable). Con ello, la ecuación de Bernoulli se reduce a:

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{constante}$$

A partir de esta ecuación se puede concluir que la geometría no simétrica del ala afecta la velocidad del aire que fluye por arriba y por abajo de la misma, generando con ello diferencias de presión sobre ésta. Una mayor presión es observada en la parte inferior del ala (Figura 1), generando con ello una mayor fuerza hacia arriba.

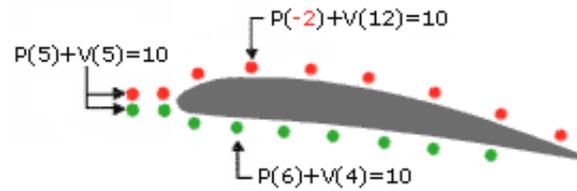


Figura 1. Teorema de Bernoulli sobre un ala

#### Efecto Venturi

Giovanni Battista Venturi demostró que al pasar por un estrechamiento las partículas de un fluido aumentan su velocidad. Por lo tanto, debido a la curvatura presente en la parte superior del ala, las partículas de aire tendrán un aumento de la velocidad en esta parte implicando una menor presión, como lo indica en Teorema de Bernoulli.

#### Tercera ley de Newton

La Tercera Ley de Newton indica que a toda acción ejercida sobre un cuerpo se tiene una reacción con la misma fuerza pero en sentido opuesto. En base a esta ley, las moléculas de aire que pasan por la parte inferior del ala van a ser deflectadas hacia abajo, de igual manera las moléculas de aire que pasan por arriba del ala serán deflectadas hacia abajo al pasar por la curvatura del ala llegando así a la parte posterior del ala, estas fuerzas que deflactan hacia abajo es la acción. Y según la tercera ley de Newton estas fuerzas tendrán una reacción de la misma fuerza pero de sentido contrario, hacia arriba.

#### Ángulo de ataque

El flujo de aire relativo al movimiento del ala es considerado idealmente como paralelo a ésta. Así, el ángulo de ataque es el que se forma entre el ala del avión y el viento relativo y el cual puede ser modificado en función de éste último. Este ángulo

favorece en el cambio de velocidades del flujo de aire, y por lo tanto de presiones, generando un gradiente de fuerza mayor hacia arriba. En forma ideal, al aumentar el ángulo de ataque se aumenta la sustentación del avión. Sin embargo existe un ángulo máximo, en donde las fuerzas que se generan a valores mayores a este ángulo frenan al aeroplano y disminuyen su sustentación. El ángulo de ataque máximo depende de la velocidad del flujo del aire.

### Fuerzas que actúan sobre un avión

Las cuatro fuerzas principales que actúan sobre un avión son:

1. Empuje: Fuerza generada por una diferencia de presión causada por las hélices de un aeroplano
2. Sustentación: Fuerza perpendicular al viento relativo que permite al avión mantenerse en el aire. El teorema de Bernoulli, el efecto Venturi y la Tercera Ley de Newton son los fenómenos causantes de esta fuerza. A parte del ángulo de ataque, hay otros factores importantes que afectan la magnitud y dirección de esta fuerza son:
  - Perfil aerodinámico del ala: curvatura del ala.
  - Superficie del ala: a mayor área mayor diferencias de presiones; sin embargo el peso se ve incrementado.
  - Velocidad y dirección del viento: a mayor velocidad mayor sustentación; sin embargo otros aspectos físicos tienen que ser considerados

- Condiciones Atmosféricas: Presión, temperatura, humedad y densidad de aire

1. Peso: la masa del avión afectada por la gravedad debe de ser menor a la fuerza de sustentación generada sobre el fuselaje del mismo.
2. Resistencia: fuerza que impide el movimiento del avión lo cual debe ser superada por el empuje para ganar velocidad.

### Experimento del ángulo de ataque

El objetivo de este experimento es mostrar la relación que hay entre la velocidad y el ángulo de ataque para mantener una buena sustentación. Esta parte del proyecto fue desarrollada usando el túnel de viento subsónico y perfil de ala Clarck disponibles en el Laboratorio de Termofluidos de la DICIS-UG.

#### Consideraciones Generales:

Las condiciones ambiente (Presión y Temperatura) fueron medidas al inicio del experimento. El perfil del ala fue anclado dentro de la sección de pruebas del túnel de viento en forma perpendicular a la dirección del flujo de aire y nivelado apropiadamente. Esta condición corresponde a un ángulo de ataque cero. Los instrumentos de medición fueron calibrados a estas condiciones. La velocidad del aire dentro del túnel de viento fue medida en la parte inferior del ala considerando un tiempo de estabilización adecuado.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales: Túnel de viento Subsónico, Ala Clarck a escala, Anemómetro, Barómetro.

Los casos estudiados son:

- Ala sin “Flaps” variando la velocidad del aire a un ángulo de ataque constante
- Ala sin “Flaps” variando el ángulo de ataque a velocidad constante
- Ala con “Flaps” variando el ángulo de ataque

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones atmosféricas de presión y temperatura al inicio de la prueba fueron:  $T_{amb}=24.9^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{amb}=800\text{ mbar}$

Teniendo un ángulo de ataque contante de  $6.6^{\circ}$  y variando su velocidad se observó que a medida que se aumenta la velocidad del aire se obtiene una mayor fuerza normal sobre el ala. La siguiente Tabla muestra lo anterior.

VELOCIDAD	FUERZA NORMAL
0.7	0.1
24	1.16

Tabla 1. Fuerza normal contra velocidad del aire @ ángulo de ataque de  $6.6$  grados

Teniendo una velocidad de aire constante de  $17.3\text{ m/s}$  y variando el ángulo de ataque del ala se observó lo siguiente:

Tabla 2. Fuerza normal contra ángulo de ataque @  $17.3\text{ m/s}$

ÁNGULO DE ATAQUE (grados)	FUERZA NORMAL (N)
0	0.35
2	0.5
4	0.7
10	1.4
17	0.6

Los resultados muestran que a medida que se aumenta el ángulo de ataque, la fuerza normal se ve incrementada. De igual forma los resultados muestran que el ángulo máximo de ataque está por debajo de  $17^{\circ}$ , a una velocidad constante de  $17.3\text{ m/s}$ . La fuerza normal disminuye notablemente cuando el ángulo es mayor a este valor; esto es, el avión entra en pérdida. En forma simple, después de este ángulo, el ala del avión actúa como una pared impidiendo el flujo del aire. Este ángulo crítico depende de las condiciones ambiente y velocidad del aire

### “Flaps” vs sin “Flaps”

Teniendo una velocidad de aire constante de  $16\text{ m/s}$  y modificando el ángulo de ataque, con el uso de “flaps” y sin “flaps”

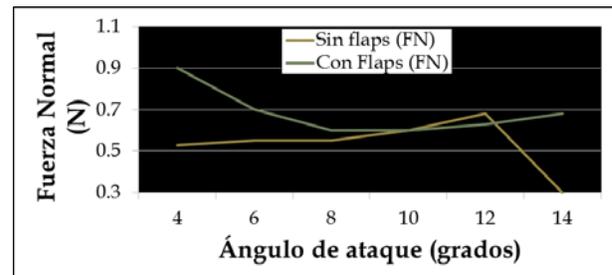


Figura 2. Fuerza normal contra ángulo de ataque

Uno de los casos fue observar la diferencia del uso de flaps a misma velocidad y ángulo de ataque. En la gráfica se muestra como los “Flaps” ayudan a incrementar la fuerza normal a bajos ángulos de ataque y a alargar el punto de desplome.

## CONCLUSIONES

Se observaron los efectos que el ángulo de ataque tiene en el vuelo del avión y la aplicación del método científico en un proyecto de investigación

## REFERENCIAS

Tippens, Paul, (2001). Física Conceptos y aplicaciones. México: Mc Graw-Hill.

Serway, Raymond, (2007) Física, conceptos y aplicaciones, 5a edición. México: Mc Graw-Hill

Muñoz, Miguel Ángel. Manual de vuelo. [Fecha de consulta: 25 de mayo 2015] Recuperado de