

POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

[www.upm.es](http://www.upm.es)



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**Escuela Universitaria de  
Ingeniería Técnica Aeronáutica**

# **HELICÓPTEROS**

*Profesores: Miguel A. Barcala Montejano  
Ángel A. Rodríguez Sevillano*

POLITÉCNICA





**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**Escuela Universitaria de  
Ingeniería Técnica Aeronáutica**

## **AERODINÁMICA DEL ROTOR**

**Teoría de Cantidad de Movimiento  
Vuelo de Avance**

POLITÉCNICA





## Primeras ideas:

- El vuelo de avance es más complicado de estudiar que el vuelo vertical ascendente:
  - La velocidad de vuelo forma un ángulo distinto de  $\Pi/2$
  - Las fuerzas aerodinámicas dependen de la posición de la pala considerada.
  - El plano que forman las puntas de las palas no tienen por que ser perpendiculares al árbol de arrastre.



## Primeras ideas:

- El vuelo de avance es más complicado de estudiar que el vuelo vertical ascendente:
- Existen diversas teorías para el estudio de la aerodinámica del rotor
  - La aplicación directa de la teoría de la cantidad de movimiento.
  - La aplicación de la teoría del elemento de pala.
  - La aplicación de la teoría turbillonaria.



## AERODINÁMICA DEL ROTOR



### VUELO DE AVANCE

#### ■ TEORÍA DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO.



**Cálculo de la Tracción y de la Potencia.**



**Relación de velocidades.**



(TCM)

## HIPÓTESIS INICIALES

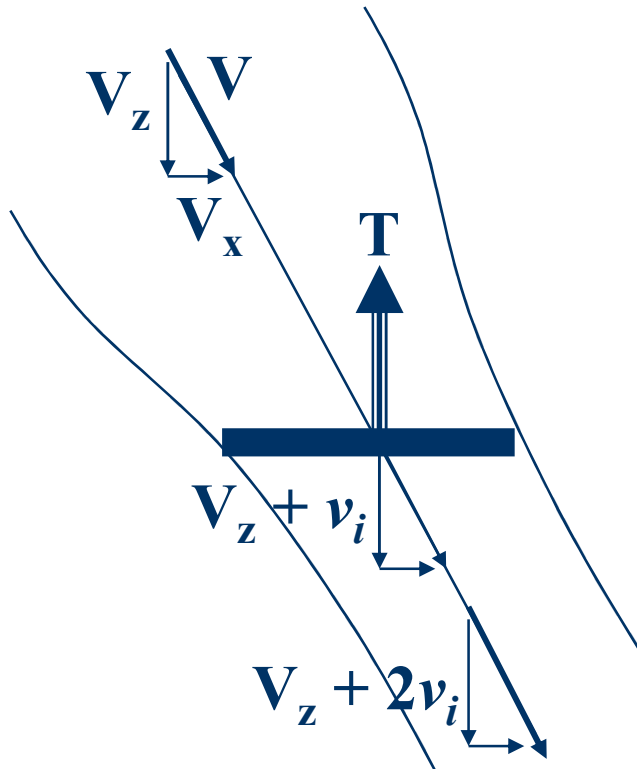
- Consideramos que un movimiento a  $Re \gg 1$ .
- Sustituimos el rotor por un disco totalmente poroso del mismo radio ( $R$ ) del rotor que sustituye.
- Suponemos que la corriente afectada por el disco está delimitada por un tubo de corriente.
- El movimiento del fluido en el tubo de corriente se considera unidimensional, estacionario e incompresible.
- Se desprecian efectos de rotación de estela y pérdidas en punta de pala.
- La fuerza del fluido sobre el rotor solo tiene componente vertical





(TCM)

## CÁLCULO DE LA TRACCIÓN Y POTENCIA



- Si  $F_x$  es nula  $V_x$  es constante.
- Por similitud la velocidad inducida en el infinito agua abajo es el doble de la velocidad inducida en el disco rotor.

$$T = G(V_z + 2v_i - V_z) = G2v_i$$

$$G = \rho(\pi R^2) |V_1| = \rho(\pi R^2) \sqrt{V_x^2 + (V_z + v_i)^2}$$

$$T = 2\rho(\pi R^2)v_i \sqrt{V_x^2 + (V_z + v_i)^2}$$

$$P_i = T (V_z + v_i) = 2\rho(\pi R^2)v_i (V_z + v_i) \sqrt{V_x^2 + (V_z + v_i)^2}$$





(TCM)

## RELACIÓN DE VELOCIDADES

$$\left. \begin{aligned} T &= 2\rho(\pi R^2)v_i \sqrt{V_x^2 + (V_z + v_i)^2} \\ T &= 2\rho(\pi R^2)v_{io}^2 \end{aligned} \right\} \left( \frac{v_i}{v_{io}} \right)^2 \cdot \left[ \left( \frac{V_x}{v_{io}} \right)^2 + \left( \frac{V_z + v_i}{v_{io}} \right)^2 \right] = 1$$

si  $V_z = 0$

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{v_i}{v_{io}} \right)^2 \cdot \left[ \left( \frac{V_x}{v_{io}} \right)^2 + \left( \frac{v_i}{v_{io}} \right)^2 \right] &= 1 \\ \frac{P_i}{P_{io}} = \frac{V_z + v_i}{v_{io}} = \frac{v_i}{v_{io}} \end{aligned} \right\} \frac{v_i}{v_{io}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \sqrt{4 + \left( \frac{V_x}{v_{io}} \right)^4} - \left( \frac{V_x}{v_{io}} \right)^2 \right]}$$