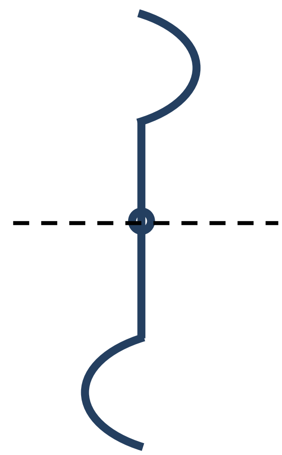
Funcionamiento Aerodinámico de un Anemómetro Típico:

Ejemplo del Principio de Empuje

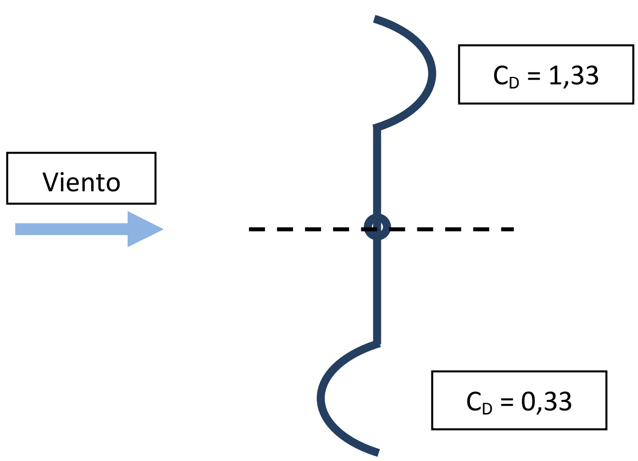
Un anemómetro típico está compuesto por dos Aspas Oblicuas. Unidas a un eje de rotación común, como se muestra en la siguiente Figura.



El anemómetro ocupa el principio aerodinámico de empuje (Drag Force) para girar el anemómetro.

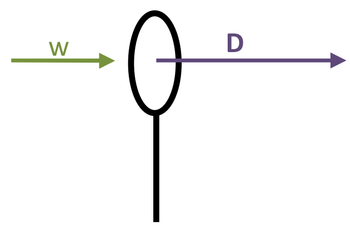
$$\vec{D} = C_D \frac{\rho}{2} A w^2$$

Cada Aspa oblicua tiene su propio coeficiente de arrastre C_D, en función de la Dirección del Viento.

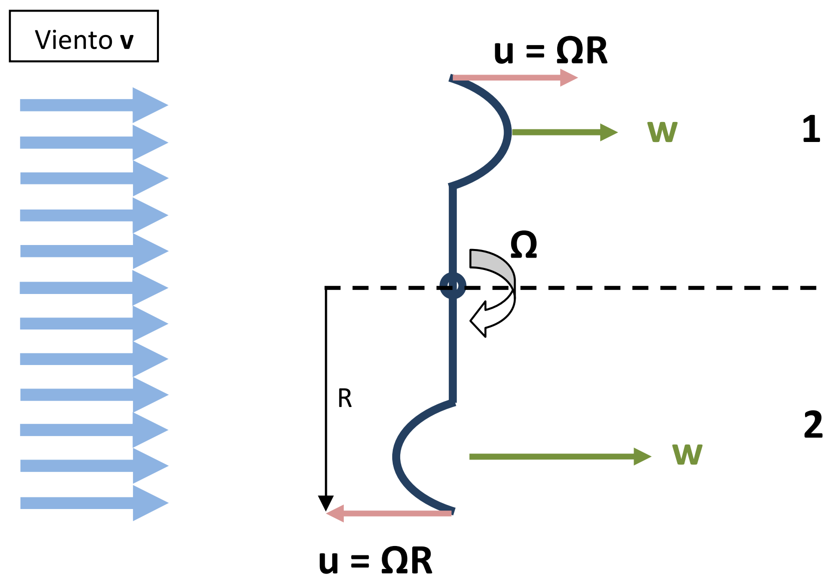


Las fuerzas aerodinámicas dependen de la velocidad relativa del viento **w**. Esta a la vez depende de la velocidad y dirección del viento **v**, y de la velocidad de rotación **u** del elemento al cual se le ejerce la fuerza de empuje **D**.

La fuerza de empuje actúa en la misma dirección que la velocidad relativa del viento.

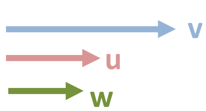


El primer paso es determinar la velocidad relativa que ven ambos extremos del anemómetro.



La velocidad relativa del viento será igual a la resta vectorial de las velocidades.

$$\vec{w}_1 = \vec{v}_1 - \vec{u}_1$$
$$\vec{u}_1 = u$$
$$\vec{w}_1 = v - u$$



$$\vec{w}_2 = \vec{v}_2 - \vec{u}_2$$
$$\vec{u}_2 = -u$$
$$\vec{w}_1 = v + u$$

Con las velocidades relativas en ambos ejes se puede determinar la fuerza de empuje en cada extremo.

$$\vec{D}_1 = C_{D1}\frac{\rho}{2}A{w_1}^2 \qquad \vec{D}_2 = C_{D2}\frac{\rho}{2}A{w_2}^2$$

$$\vec{D}_1 = 1{,}33\cdot\frac{\rho}{2}A(v-u)^2 \qquad \vec{D}_2 = 0{,}33\cdot\frac{\rho}{2}A(v+u)^2$$

La Potencia que se extraerá del viento corresponderá al producto entre la fuerza neta y la velocidad de giro del anemómetro u. La Fuerza neta ejercida al anemómetro es la resta entre la Fuerza de empuje accelerante del extremo 1, y la retardante del extremo 2.

$$P = \vec{D}_{neta}\cdot u$$

$$\vec{D}_{neta} = \vec{D}_1 - \vec{D}_2$$

$$P = \frac{\rho}{2}Au\left[1{,}33(v-u)^2 - 0{,}33(v+u)^2\right]$$

$$P = \frac{\rho}{2}Au\left(v^2 - 3.22vu + u^2\right)$$

Factorizando por $\mathbf{v^3}$, obtenemos la siguiente expresión para la potencia.

$$P = \frac{\rho}{2}Av^3\left\{\frac{u}{v}\left[1 - 3.22\frac{u}{v} + \left(\frac{u}{v}\right)^2\right]\right\}$$

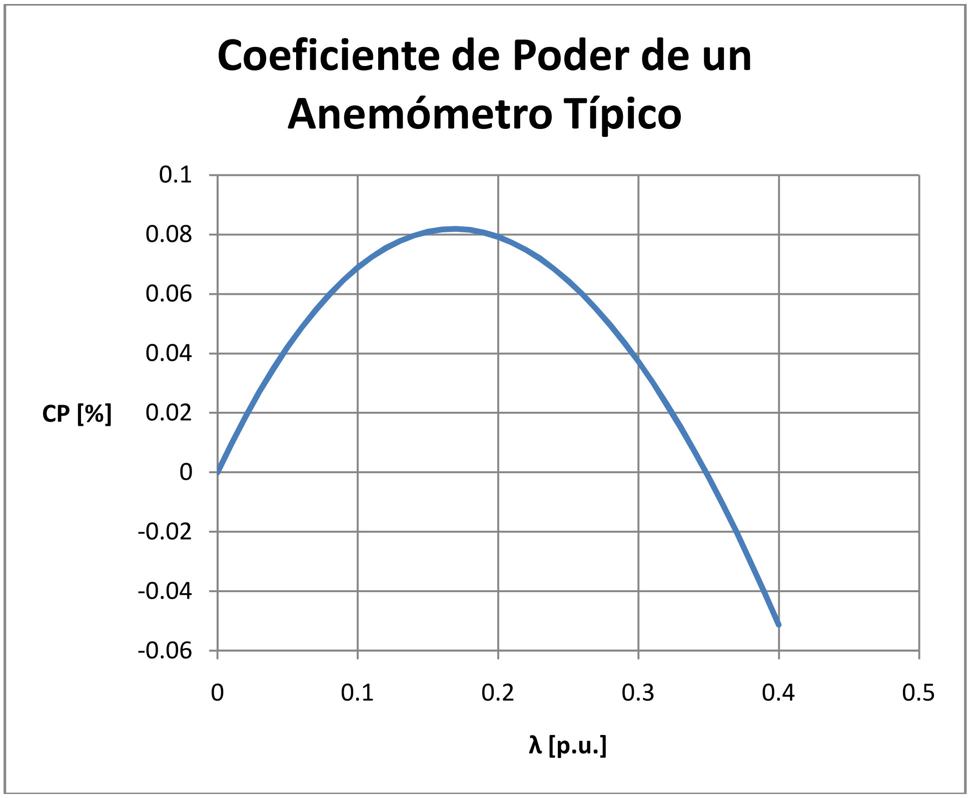
Llamando la razón entre la velocidad de giro y la velocidad del viento (u/v), **λ.** Se puede obtener la siguiente expresión para la potencia extraíble por un anemómetro.

$$P = \frac{\rho}{2}Av^3\left[\lambda\left(1 - 3.22\lambda + \lambda^2\right)\right] \qquad Con \qquad \lambda = \frac{u}{v}$$

El coeficiente de poder entonces quedara en función del coeficiente λ, también llamado Tip speed ratio en ingles. El cual es un parámetro de diseño importante para toda turbina eólica.

$$C_P = \lambda\left(1 - 3.22\lambda + \lambda^2\right)$$

Si se gráfica el coeficiente de poder en función del parámetro λ. Se puede apreciar que su valor máximo seria de 0,08 % a un valor λ de 0,16 p.u.



Lo anterior se traduce en una eficiencia energética paupérrima, y por este motivo este tipo de diseño aerodinámico es utilizado principalmente para la toma de mediciones del viento.