

INTRODUCCION A ENERGIA EOLICA

Angélica Pedraza

Ab.pedraza1391@uniandes.edu.co

Abril 2023

1. Teoría básica
2. Equipos y componentes
3. Tarea 1, a

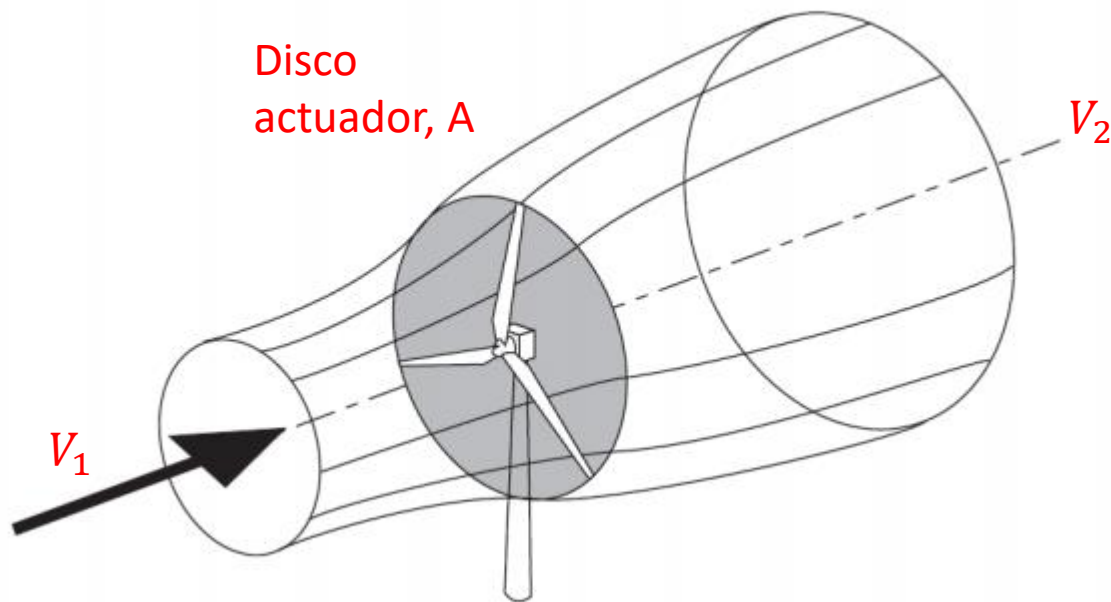
POTENCIA DEL VIENTO

$$\begin{aligned}
 \text{Energía} \rightarrow E &= \frac{1}{2} \cdot \overset{\text{Masa}}{m} \cdot \overset{\text{Velocidad}}{u^2} = \frac{1}{2} \cdot \overset{\text{Densidad}}{\rho} \cdot \overset{\text{Volumen}}{V} \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \overset{\text{Área}}{A} \cdot \overset{\text{Distancia}}{x} \cdot u^2 \\
 \text{Potencia} \rightarrow P &= \frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot x \cdot u^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{dx}{dt} \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot u^3
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{aerogenerador}} = c_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot u^3 = c_p \cdot P_{\text{viento}}$$

Coeficiente de potencia

POTENCIA DEL VIENTO



$$V_{disco} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

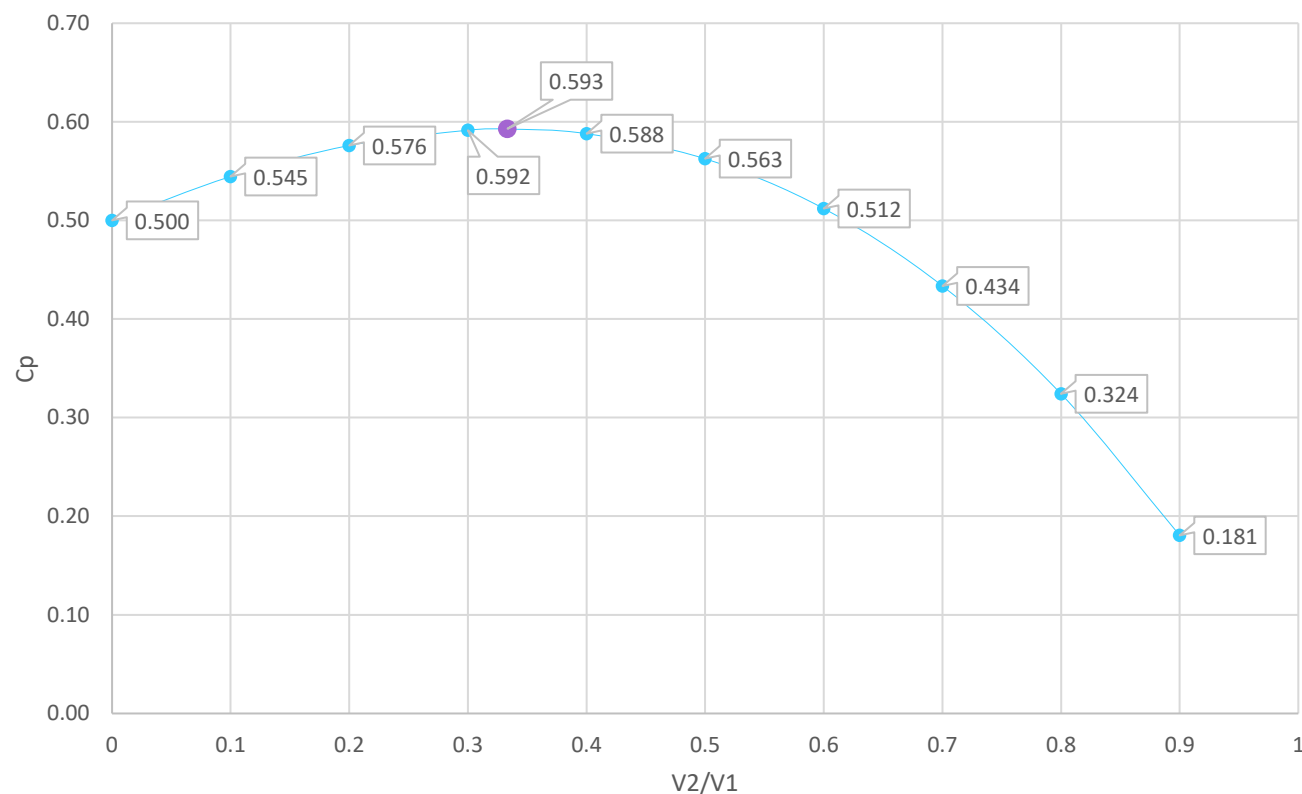
$$P = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) A \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right)$$

$$V_2 = \frac{V_1}{3}$$

$$P_{max} = \frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} \rho V_1^3 A \right)$$

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho V_1^3 A} \rightarrow C_p = \frac{\frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} \rho V_1^3 A \right)}{\frac{1}{2} \rho V_1^3 A} \rightarrow C_p = \frac{16}{27} = 59,3\%$$

POTENCIA DEL VIENTO



$$V_{disco} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$P = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) A \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right)$$

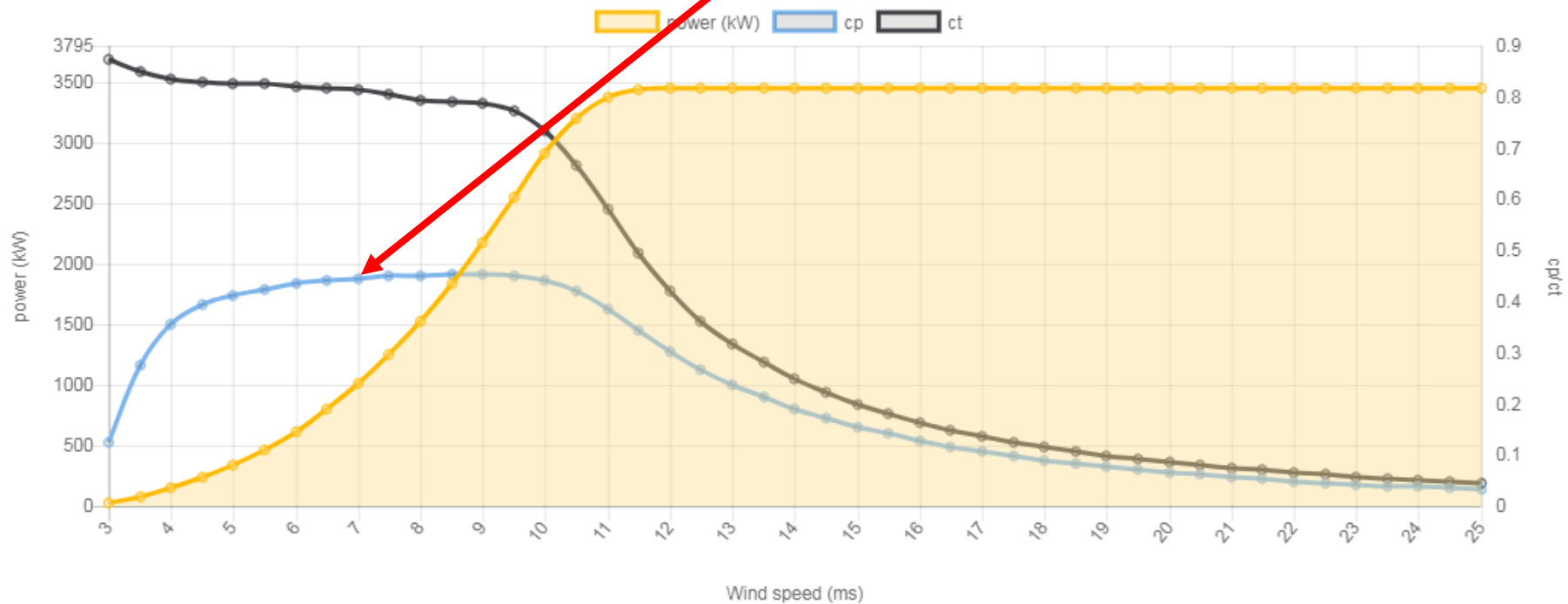
$$V_2 = \frac{V_1}{3}$$

$$P_{max} = \frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} \rho V_1^3 A \right)$$

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho V_1^3 A} \rightarrow C_p = \frac{\frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} \rho V_1^3 A \right)}{\frac{1}{2} \rho V_1^3 A} \rightarrow C_p = \frac{16}{27} = 59,3\%$$

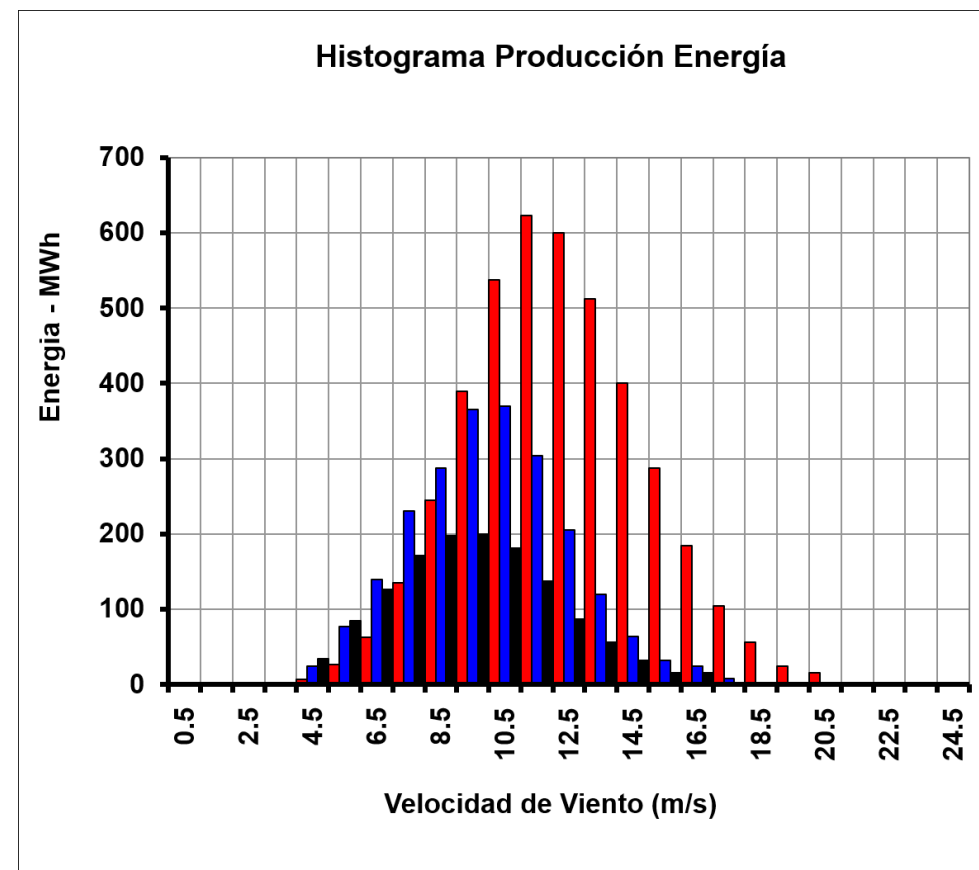
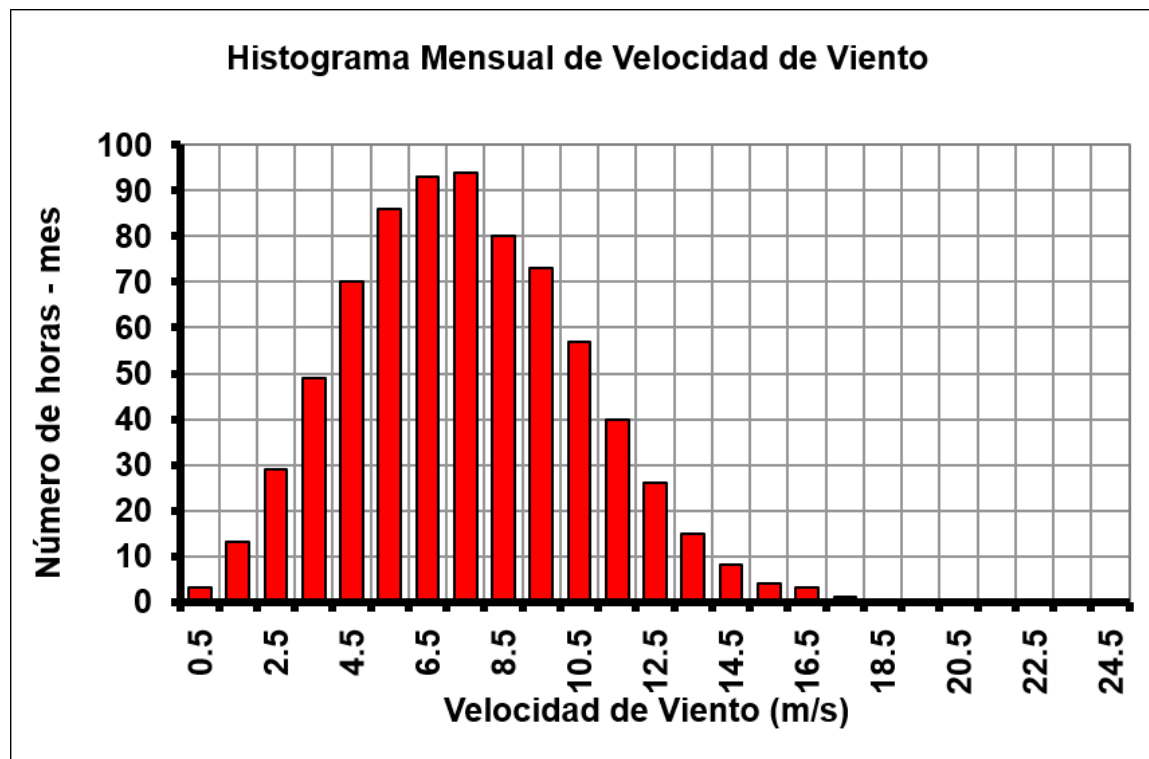
POTENCIA DEL VIENTO

Power curve



Compare power curve

PARÁMETROS DE WEIBULL



Fuente: Pinilla. Notas de lectura – curso electivo en energía eólica, 2017

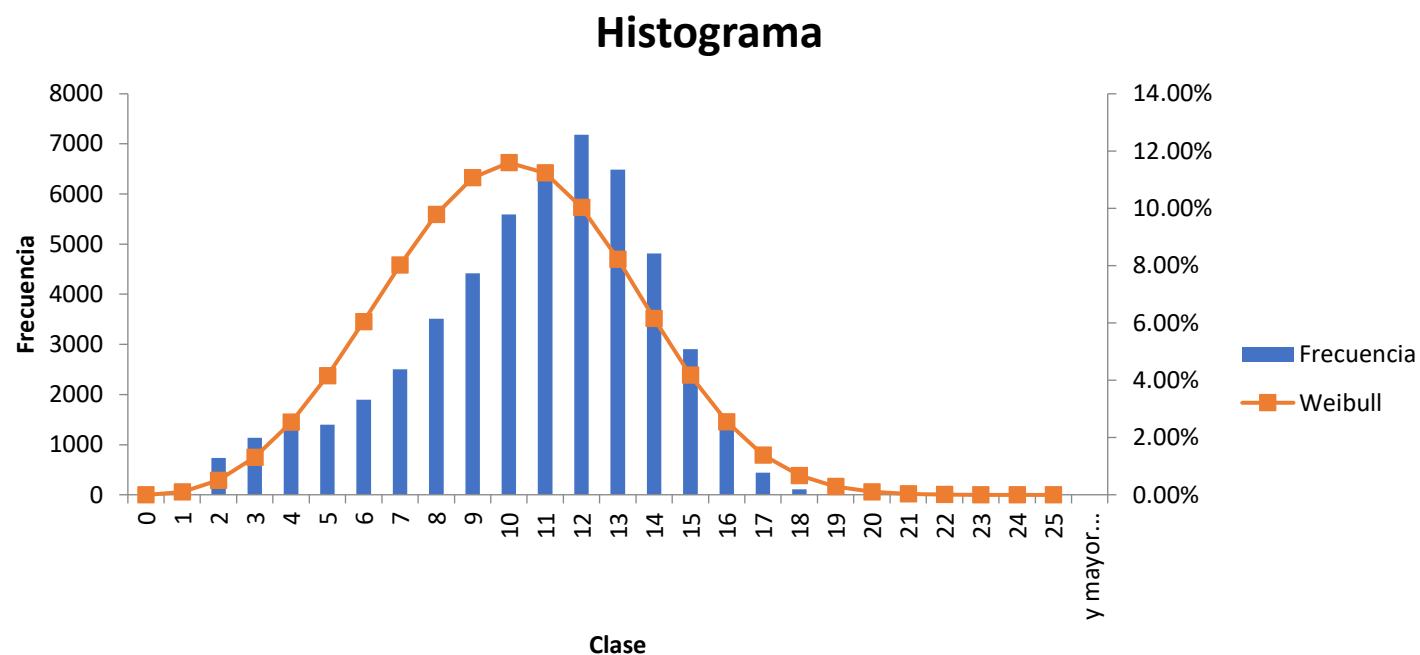
$$f(v) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{v}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{\lambda}\right)^k}$$

PARÁMETROS DE WEIBULL

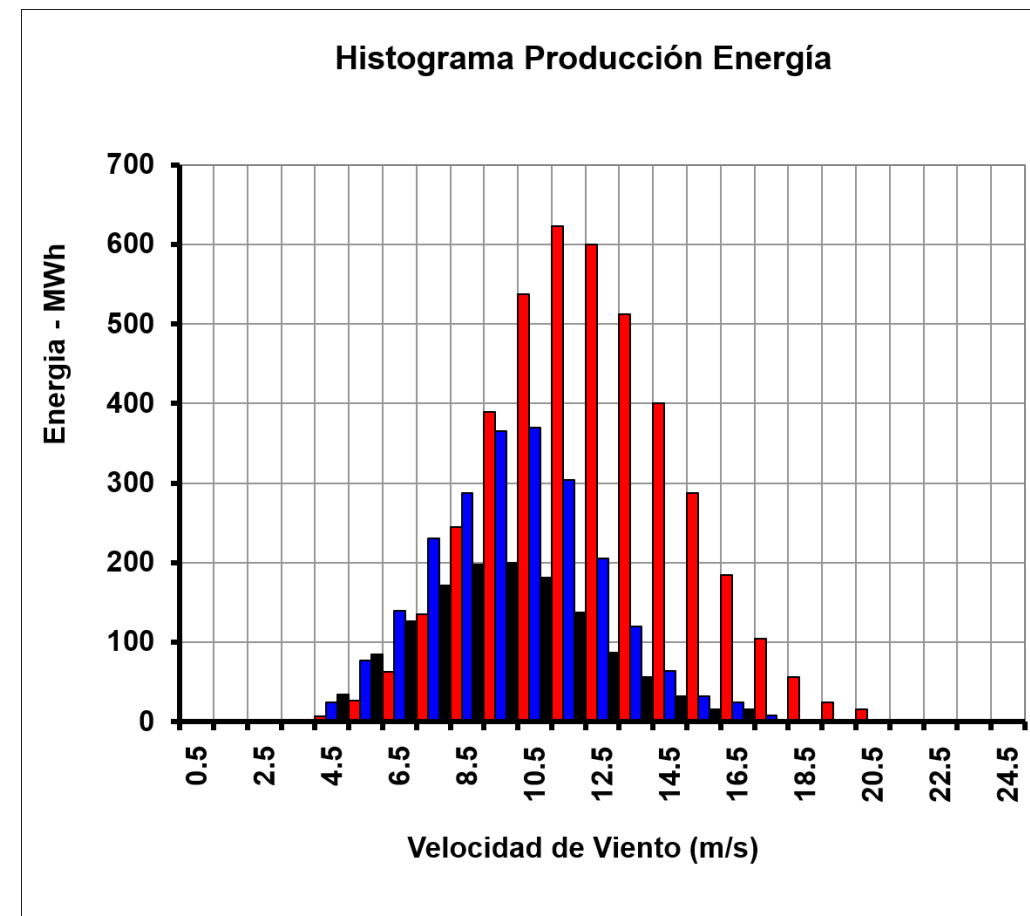
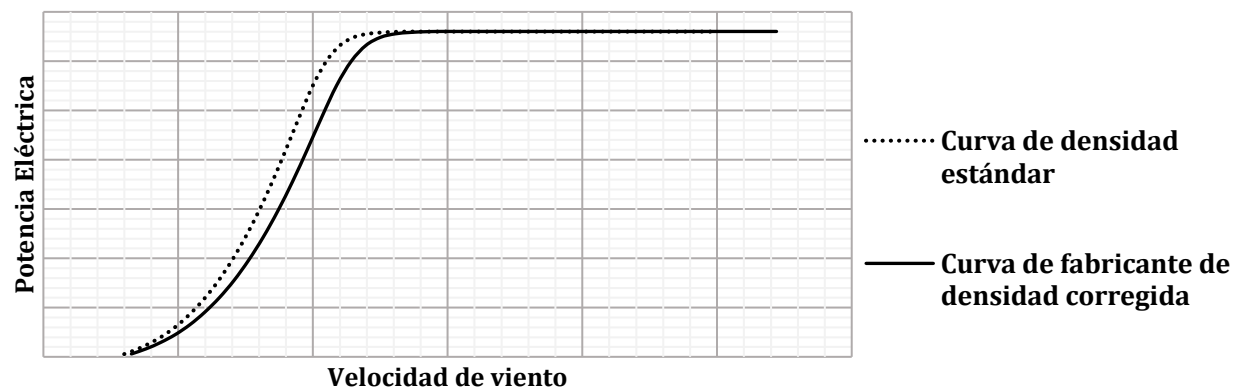
$$f(x) = \frac{k}{\bar{\lambda}} \left(\frac{x}{\bar{\lambda}} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\bar{\lambda}} \right)^k}$$

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{u}} \right)^{-1.086}$$

$$\lambda = \bar{u} \left(0,568 + \frac{0,433}{k} \right)^{-\frac{1}{k}}$$



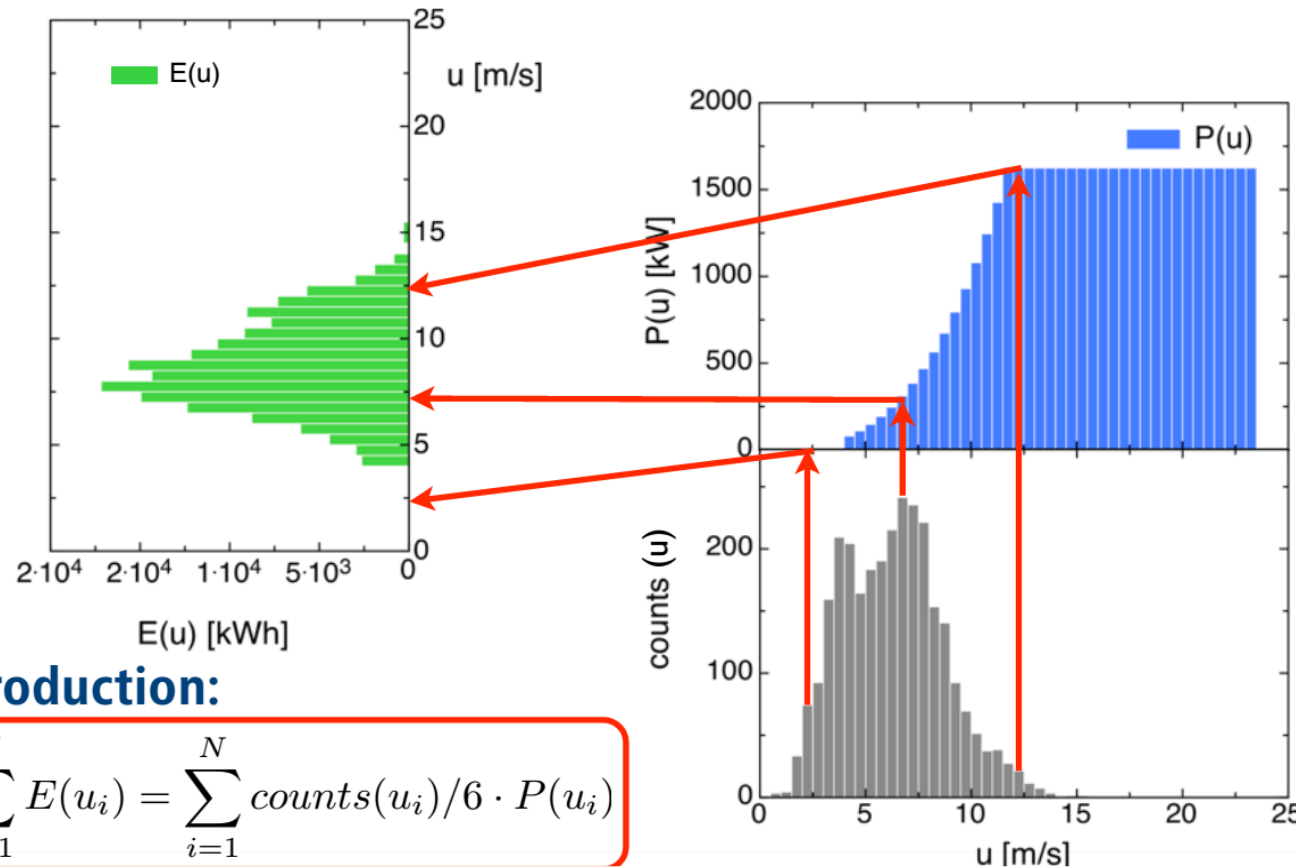
CÁLCULO UNITARIO DE GENERACIÓN



(2018) CON Universidad de los Andes, protocolo 2 a 4 ENFICC plantas eólicas

(2017) A. Pinilla, Notas de lectura – Curso electivo en energía eólica 2017

CÁLCULO UNITARIO DE GENERACIÓN

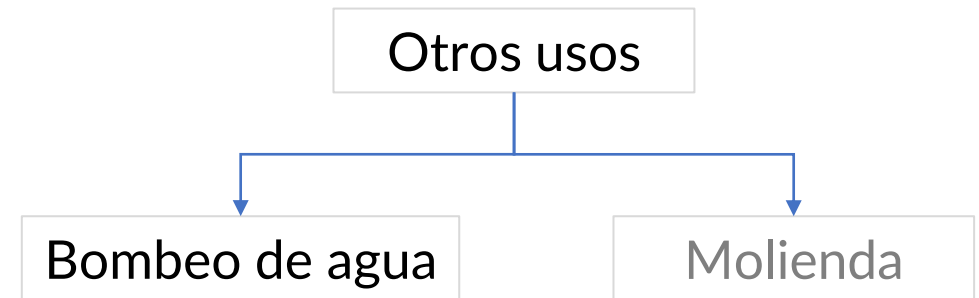
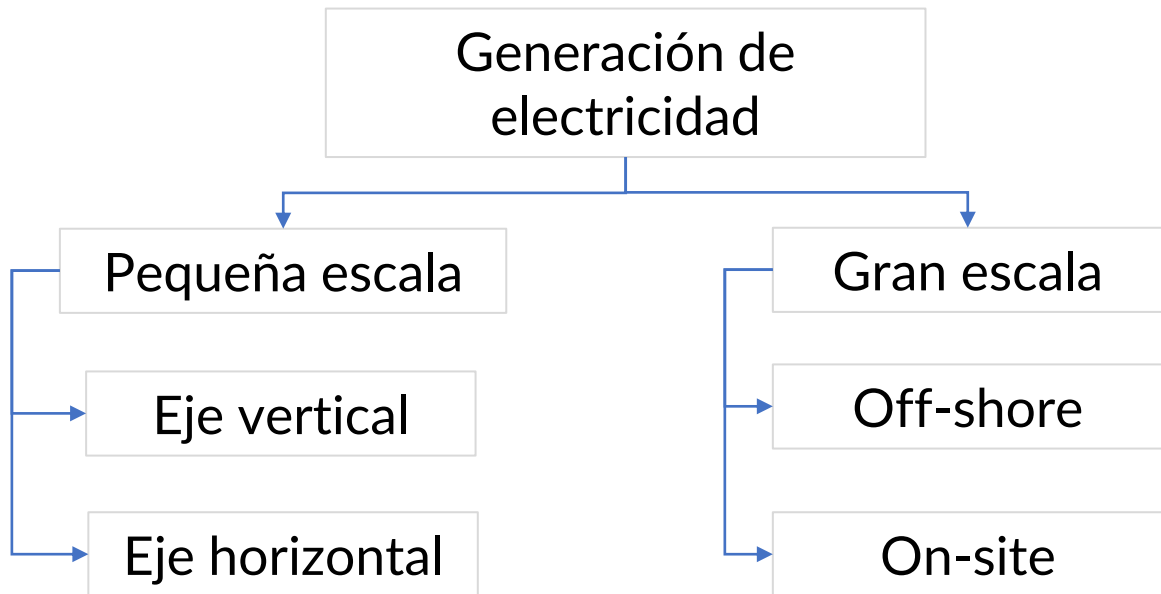


energy production:

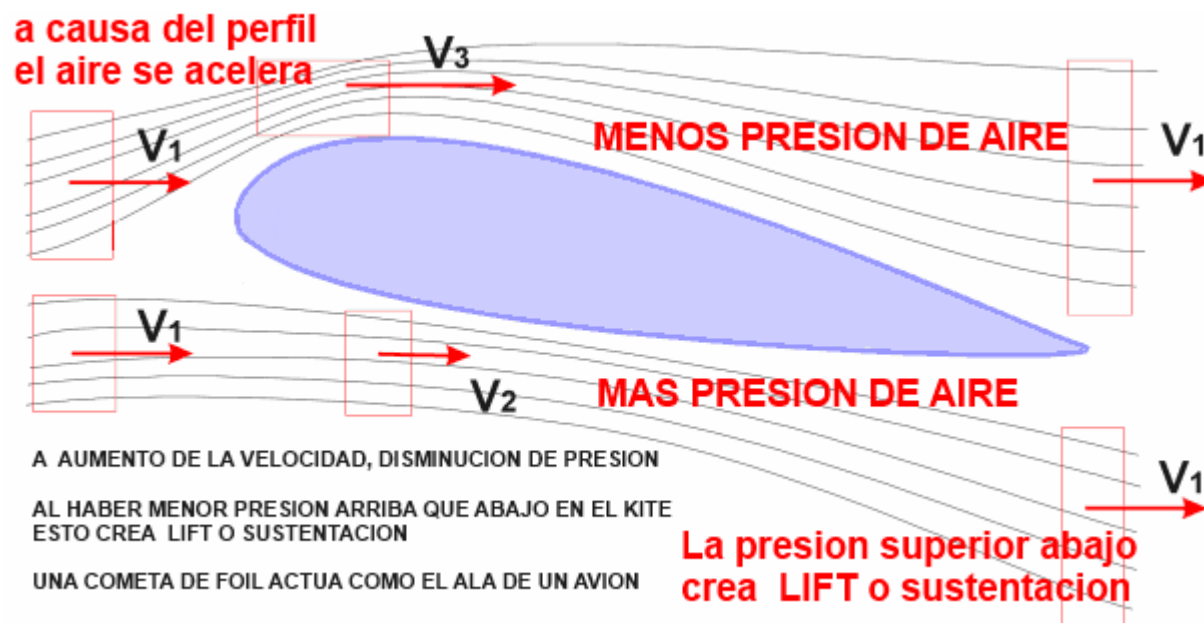
$$E = \sum_{i=1}^N E(u_i) = \sum_{i=1}^N \text{counts}(u_i) / 6 \cdot P(u_i)$$

$$E(T) = \int_{V_{in}}^{V_{out}} P(v) f(v) dv$$

TIPOS DE TURBINAS EÓLICAS



AERODINÁMICA - BASICA

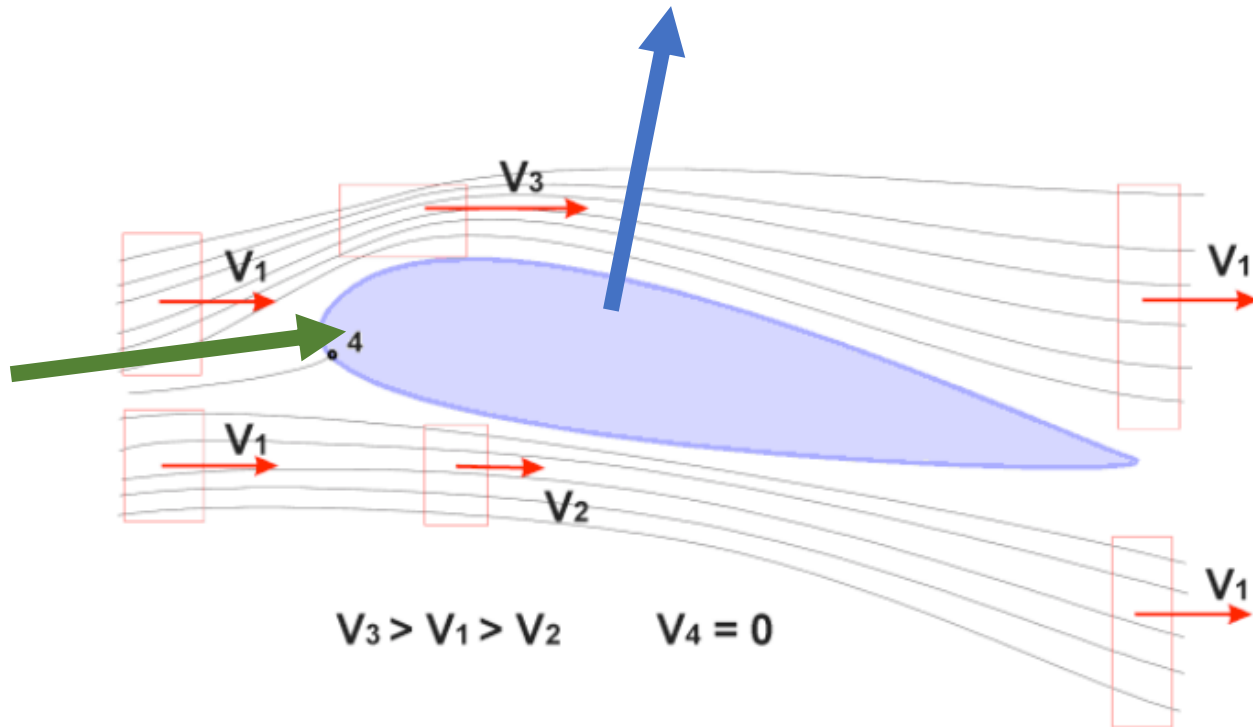


Sustentación

Fuerza producida por un diferencial de presión arriba y abajo de un álabe.

El aire encima del álabe se mueve a mayor velocidad (menor presión), en comparación con el aire que pasa debajo del álabe (mayor presión)

AERODINÁMICA - BASICA



Sustentación

Fuerza producida por un diferencial de presión arriba y abajo de un álabe.

El aire encima del álabe se mueve a mayor velocidad (menor presión), en comparación con el aire que pasa debajo del álabe (mayor presión)

CONTROL DE POTENCIA

Control de paso (pitch control)

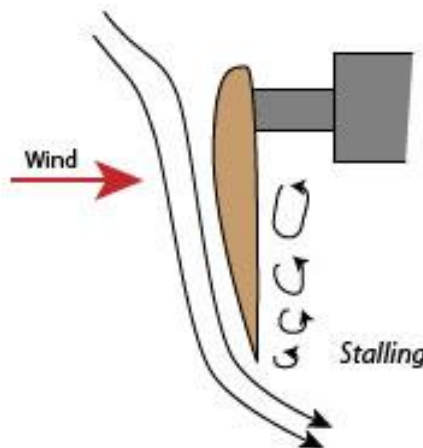
Tecnología más utilizada actualmente
Palas y aerogenerador rotan para
modificar el ángulo de ataque del
viento sobre las aspas



Pérdida aerodinámica

Álabes fijos al eje de la turbina,
diseñados para presentar pérdida
aerodinámica con el aumento de la
velocidad.

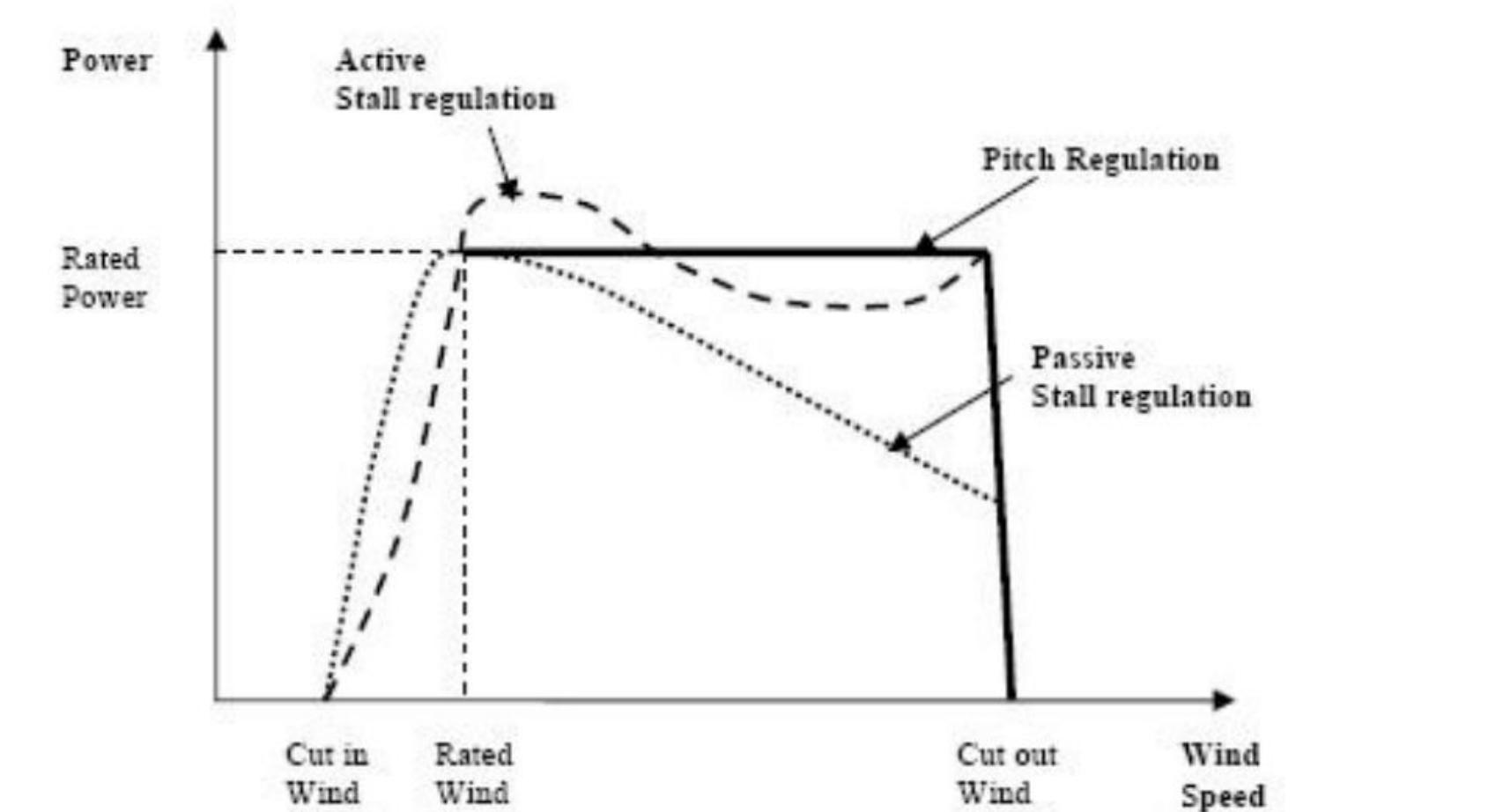
Turbulencia en las palas puede
afectar la integridad estructural



Regulación activa de pérdida aerodinámica

Álabes móviles que aumentan o
disminuyen la pérdida aerodinámica
haciendo uso de motores con cambio de
paso. En comparación con la tecnología de
control de paso, este mecanismo aumenta
la producción de energía al alcanzar altas
velocidades.

CONTROL DE POTENCIA



<http://mragheb.com/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Control%20of%20Wind%20Turbines.pdf>

http://www.greenrhinoenergy.com/renewable/wind/wind_technology.php

<http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wtrb/lift.htm>

- Potencia del viento

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

- Cálculo de generación unitaria

$$E(T) = \int_{V_{in}}^{V_{out}} P(v) f(v) dv$$

- Distribución de Weibull

$$f(v) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{u}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{u}{\lambda} \right)^k}$$

- Parámetros de Weibull

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{u}} \right)^{-1.086}$$

$$\lambda = \bar{u} \left(0,568 + \frac{0,433}{k} \right)^{-\frac{1}{k}}$$

Para los 10 años de datos “datos_met”:

- Extrapolar la velocidad a una altura de $100 + \text{número del grupo} \times 3$, (i.e. Grupo 4: $HH = 100 + (4 \times 3) = 112$ m), cortante de viento $\alpha = 0.198$
- Velocidad promedio (anual y para los 10 años)
- Patrón anual, diario
- Parámetros de Weibull
- Distribución de Weibull + histograma datos reales
- Para una intensidad de turbulencia del 12% seleccionar una turbina entre 2MW y 5 MW con su respectiva curva de potencia (buscar la curva de potencia $P[\text{kW}]$ vs $\text{WindSpeed} [\text{m/s}]$)

Bono: Rosa de vientos (R, Matlab, Python, stata), poner la foto en una de las hojas de XL o en el documento de entrega

Fecha límite: 9 mayo hasta las 8:00 pm, por correo: ab.pedraza13191@uniandes.edu.co