

Polytechnic University of Puerto Rico – Orlando Campus  
**ME 3140 – Intermediate Fluid Mechanics**

## **Homework N-07**

**Wind Turbines – Example 3 (HAWT)**

**Instructor:** Dr. Joaquín Valencia

**Estudiante:** Antonio Pérez

**ID:** 158655

**Fecha de entrega:** 18 de enero de 2026

## Problema. Turbinas eólicas (HAWT) – Example 3

Para ahorrar dinero, una escuela planea generar parte de su propia electricidad usando una turbina eólica tipo **HAWT** (Horizontal Axis Wind Turbine) instalada en la cima de una colina donde es bastante ventoso. Como estimación conservadora basada en la Figura E-2, esperan lograr un **coeficiente de potencia**  $C_P = 0,40$  (40 %). La eficiencia combinada de la **caja de engranajes + generador** se estima en  $\eta_{gg} = 0,85$  (85 %). Si el diámetro del disco barrido por el rotor es  $D = 12,500$  m, estimar la **potencia eléctrica** producida cuando el viento sopla a  $V_w = 10,000$  m/s.

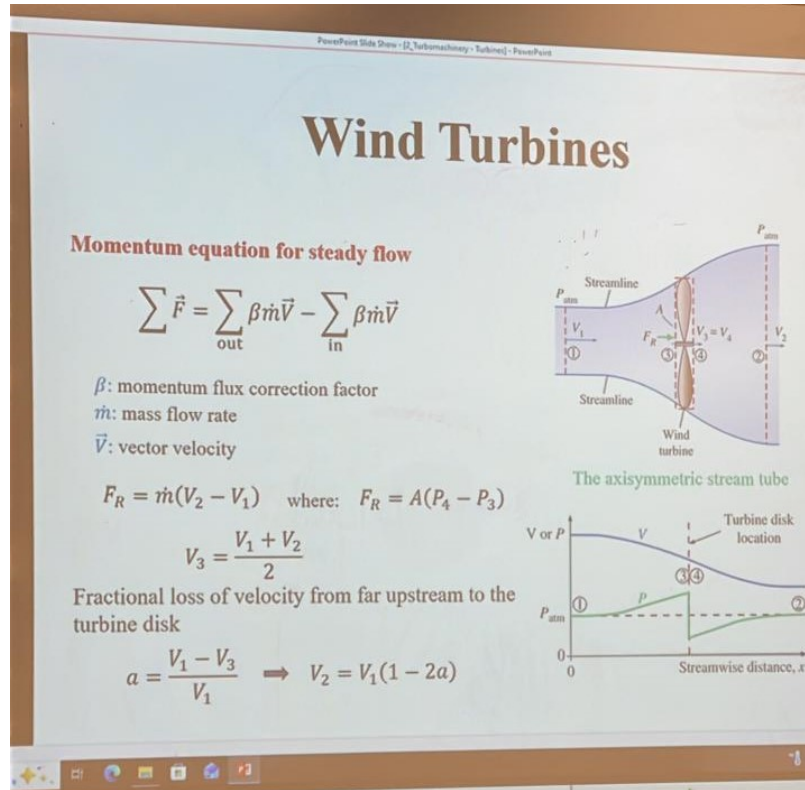


Figura 1: Diapositiva de teoría: turbinas eólicas (cantidad de movimiento y tubo de corriente).

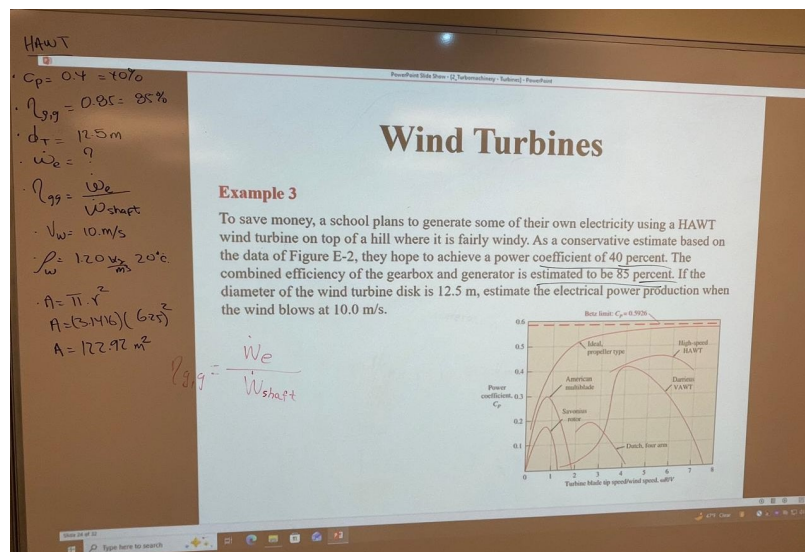


Figura 2: Diapositiva: “Wind Turbines – Example 3” (enunciado).

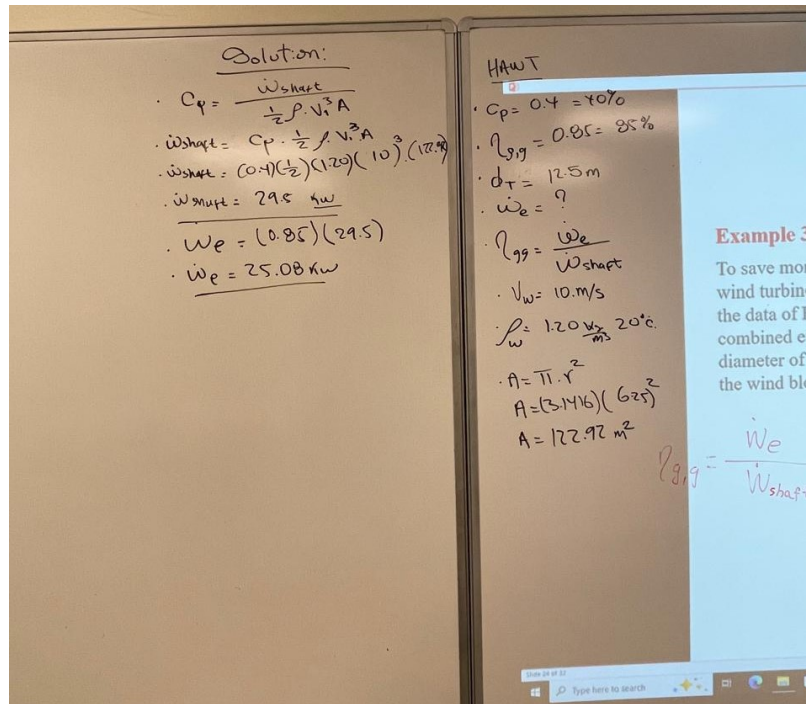


Figura 3: Evidencia en pizarra: uso de  $C_P$  y  $\eta_{gg}$  para obtener potencia eléctrica.

### Tabla de variables iniciales

Variable	Valor (SI)	Descripción
$C_P$	0,40	Coefficiente de potencia (fracción de potencia del viento convertida en potencia mecánica de eje)
$\eta_{gg}$	0,85	Eficiencia combinada (gearbox + generator)
$D$	12.500 m	Diámetro del disco del rotor
$R$	$D/2 = 6,250$ m	Radio del rotor
$V_w$	10.000 m/s	Velocidad del viento (lejana aguas arriba)
$\rho$	1.200 kg/m <sup>3</sup>	Densidad del aire (aprox. a 20°C)
$A$	$\pi R^2$	Área barrida por el rotor
$\dot{W}_{wind}$	?	Potencia disponible en el viento
$\dot{W}_{shaft}$	?	Potencia mecánica en el eje del rotor
$\dot{W}_e$	?	Potencia eléctrica producida

### Tabla de fórmulas (usadas en clase)

ID	Fórmula	Uso
F1	$R = \frac{D}{2}, \quad A = \pi R^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$	Área del disco del rotor
F2	$\dot{W}_{wind} = \frac{1}{2} \rho A V_w^3$	Potencia disponible en el viento (flujo de energía cinética)
F3	$C_P = \frac{\dot{W}_{shaft}}{\dot{W}_{wind}} \Rightarrow \dot{W}_{shaft} = C_P \dot{W}_{wind}$	Potencia mecánica en el eje a partir de $C_P$
F4	$\eta_{gg} = \frac{\dot{W}_e}{\dot{W}_{shaft}} \Rightarrow \dot{W}_e = \eta_{gg} \dot{W}_{shaft}$	Conversión de potencia de eje a potencia eléctrica

### Desarrollo (siguiendo el método de clase)

#### Paso 1. Área del disco del rotor $A$ (F1)

$$R = \frac{D}{2} = \frac{12,5}{2} = 6,250 \text{ m}$$

$$A = \pi R^2 = \pi (6,25)^2 = \pi (39,0625) = 122,720 \text{ m}^2$$

$$A = 122,720 \text{ m}^2$$

## Paso 2. Potencia disponible en el viento $\dot{W}_{wind}$ (F2)

$$\begin{aligned}\dot{W}_{wind} &= \frac{1}{2} \rho A V_w^3 = \frac{1}{2} (1,20) (122,72) (10,0)^3 \\ \dot{W}_{wind} &= 0,6 (122,72) (1000) = 73\,632,000 \text{ W} = 73,632 \text{ kW} \\ \dot{W}_{wind} &= 7,360 \times 10^4 \text{ W} = 73,630 \text{ kW}\end{aligned}$$

## Paso 3. Potencia mecánica al eje $\dot{W}_{shaft}$ usando $C_P$ (F3)

$$\begin{aligned}\dot{W}_{shaft} &= C_P \dot{W}_{wind} = (0,40) (73,632 \text{ kW}) = 29,453 \text{ kW} \\ \dot{W}_{shaft} &= 29,450 \text{ kW}\end{aligned}$$

## Paso 4. Potencia eléctrica $\dot{W}_e$ usando $\eta_{gg}$ (F4)

$$\begin{aligned}\dot{W}_e &= \eta_{gg} \dot{W}_{shaft} = (0,85) (29,453 \text{ kW}) = 25,035 \text{ kW} \\ \dot{W}_e &= 25,030 \text{ kW}\end{aligned}$$

## Respuesta final

$$\dot{W}_e \approx 25,000 \text{ kW}$$

## Comentario técnico breve

El coeficiente de potencia  $C_P = 0,40$  es una meta conservadora y se encuentra por debajo del límite de Betz ( $C_{P,\text{máx}} \approx 0,593$ ), por lo cual el cálculo es físicamente consistente. La eficiencia  $\eta_{gg} = 0,85$  reduce la potencia mecánica del eje a potencia eléctrica útil entregada por el generador.