

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

## **Homework N-08**

**Turbine Scaling Laws – Example 5 (Specific Speed)**

**Instructor:** Dr. Joaquín Valencia

**Estudiante:** Antonio Pérez

**ID:** 158655

**Fecha de entrega:** 22 de enero de 2026

## Problema. Turbine Scaling Laws – Example 5 (Turbine specific speed)

### Turbine Scaling Laws

#### Example 5

Calculate and compare the turbine specific speed for both the small (A) and large (B) turbines of Example 5.

Figura 1: Diapositiva: “Turbine Scaling Laws – Example 5” (enunciado).

### Turbine Scaling Laws

**Turbine Specific Speed,  $N_{St}$ :** Turbine specific speed is used to characterize the operation of a turbine at its optimum conditions (best efficiency point) and is useful for preliminary turbine selection.

$$N_{St} = \frac{C_P^{1/2}}{C_H^{5/4}} = \frac{\omega(\text{bhp})^{1/2}}{\rho^{1/2}(gH)^{5/4}}$$

**Turbine Specific Speed,  $N_{St}$**

$$N_{St} = N_{Sp}\sqrt{\eta_t}$$

**Pump-turbine specific speed relationship at the same flow rate and rpm:**

$$\begin{aligned} N_{St} &= N_{Sp}\sqrt{\eta_t} \left(\frac{H_p}{H_t}\right)^{3/4} \\ &= N_{Sp}(\eta_t)^{5/4}(\eta_p)^{3/4} \left(\frac{bhp_p}{bhp_t}\right)^{3/4} \end{aligned}$$

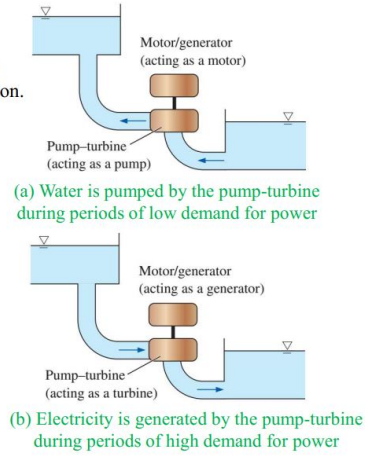


Figura 2: Diapositiva: definición de “Turbine Specific Speed”  $N_{St}$ .

# Turbine Scaling Laws

**Maximum efficiency** as a function of **turbine specific speed** for the three main types of dynamic turbines.

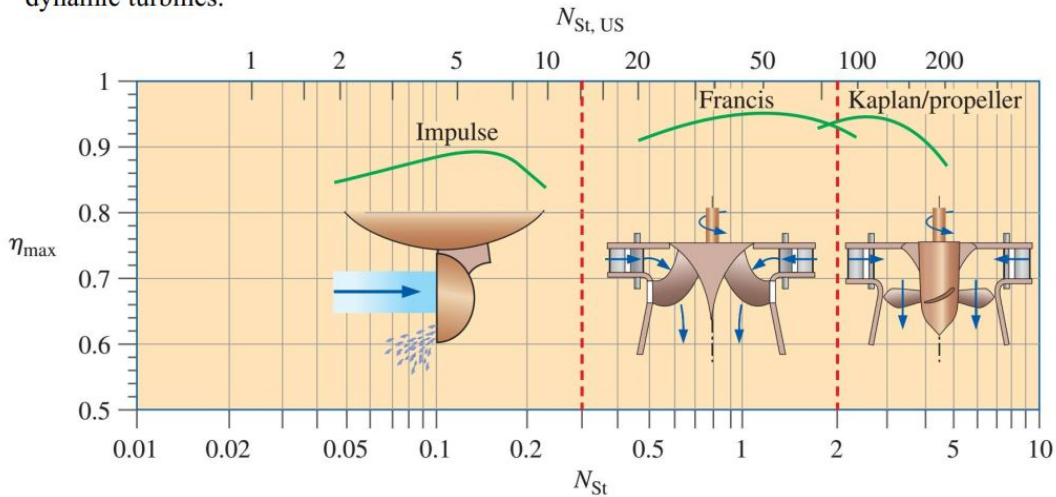


Figura 3: Diapositiva:  $\eta_{\max}$  como función del turbine specific speed para Impulse, Francis y Kaplan/propeller.

## Cuadro comparativo: Tipos de turbina vs. velocidad específica

Tipo de turbina	Rango típico de $N_{St}$	Rango de head $H$	Características principales	Aplicaciones típicas
<b>Impulso (Pelton)</b>	$N_{St} \lesssim 0,2$	Alto head, bajo caudal	Conversión basada en chorro libre; no opera sumergida; alta eficiencia a grandes alturas	Centrales de montaña, presas con grandes desniveles
<b>Reacción (Francis)</b>	$0,2 \lesssim N_{St} \lesssim 2$	Head medio, caudal medio	Flujo mixto (radial-axial); amplio rango operativo; alta eficiencia en condiciones variadas	Centrales hidroeléctricas convencionales
<b>Reacción (Kaplan / Propeller)</b>	$N_{St} \gtrsim 2$	Bajo head, alto caudal	Flujo axial; álabes ajustables (Kaplan); ideal para grandes volúmenes de agua	Ríos, presas de baja altura, mareomotriz

## Enunciado

Calcular y comparar la **velocidad específica de turbina** (*turbine specific speed*) para la turbina **pequeña (A)** y la turbina **grande (B)** del *Example 4*.

Datos usados (Tomados del ejemplo 4):

$$\omega = 12,570 \text{ rad/s (120,000 rpm)}, \quad \rho = 998,000 \text{ kg/m}^3, \quad g = 9,810 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Turbina A: } H_A = 75,000 \text{ m, } \text{bhp}_A = 242,000 \text{ MW}$$

$$\text{Turbina B: } H_B = 104,000 \text{ m, } \text{bhp}_B = 524,000 \text{ MW}$$

## Tabla de variables iniciales

Variable	Valor (SI)	Descripción
$\omega$	12.570 rad/s	Velocidad angular (para A y B)
$\rho$	998.000 kg/m <sup>3</sup>	Densidad del agua (aprox. 20.000 °C)
$g$	9.810 m/s <sup>2</sup>	Gravedad
$H_A$	75.000 m	Head neto de turbina A
$\text{bhp}_A$	242.000 MW	Potencia al eje turbina A
$H_B$	104.000 m	Head neto de turbina B
$\text{bhp}_B$	524.000 MW	Potencia al eje turbina B

## Tabla de fórmulas (según diapositiva)

ID	Fórmula	Uso
F1	$N_{St} = \frac{C_P^{1/2}}{C_H^{5/4}}$	Definición con coeficientes adimensionales
F2	$N_{St} = \frac{\omega(\text{bhp})^{1/2}}{\rho^{1/2}(gH)^{5/4}}$	Forma práctica para calcular con $\omega$ , bhp, $H$

## Desarrollo

### Paso 1. Calcular $N_{St}$ para la turbina A (F2)

$$N_{St,A} = \frac{\omega \sqrt{\text{bhp}_A}}{\sqrt{\rho} (gH_A)^{5/4}}$$

Sustituyendo:

$$N_{St,A} = \frac{(12,57) \sqrt{242 \times 10^6}}{\sqrt{998} [9,81(75)]^{5/4}} = 1,615$$

$$N_{St,A} = 1,615$$

### Paso 2. Calcular $N_{St}$ para la turbina B (F2)

$$N_{St,B} = \frac{\omega \sqrt{\text{bhp}_B}}{\sqrt{\rho} (gH_B)^{5/4}}$$

Sustituyendo:

$$N_{St,B} = \frac{(12,57) \sqrt{524 \times 10^6}}{\sqrt{998} [9,81(104)]^{5/4}} = 1,580$$

$$N_{St,B} = 1,580$$

### Paso 3. Comparación e interpretación con la gráfica

De la diapositiva de selección, valores  $N_{St} \approx 1,6$  caen en la región típica de turbinas **Francis** (zona intermedia entre impulso y Kaplan/propeller), lo cual es consistente con el tipo de turbina del Example 4.

## Resumen final

$$N_{St,A} = 1,615$$

$$N_{St,B} = 1,580$$

**Conclusión:** ambos valores son muy cercanos (< 3 % de diferencia), consistente con el escalamiento y operación eficiente.