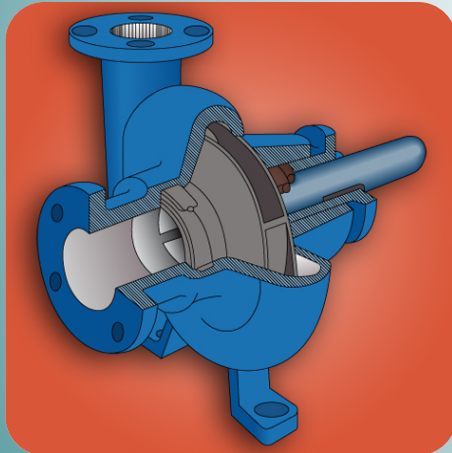


Sistemas y Máquinas Fluido Mecánicas

Bloque I. Problemas Tema 3. Turbinas Hidráulicas



Carlos J. Renedo

Inmaculada Fernández Diego

Juan Carcedo Haya

Félix Ortiz Fernández

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución



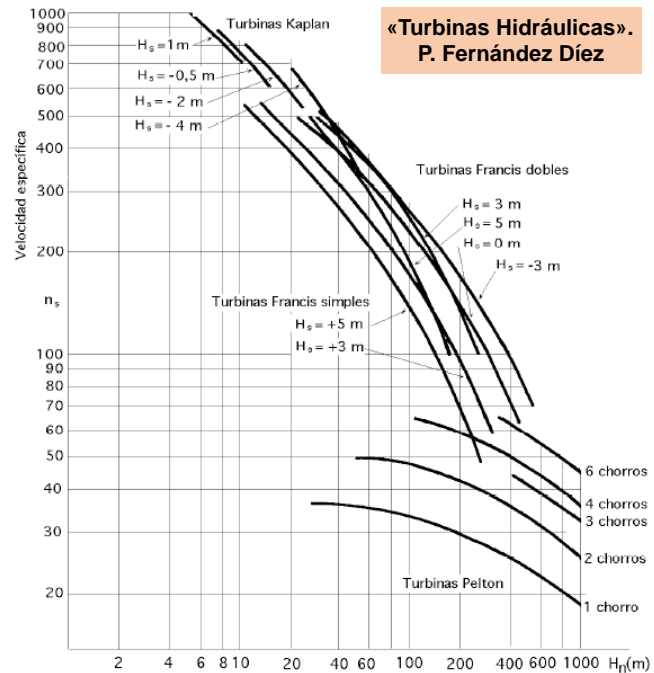
BLOQUE 1: Máquinas de Fluidos Incompresibles



Problemas del Tema 3 Turbinas Hidráulicas

Seleccionar el tipo de turbina así como la velocidad de giro

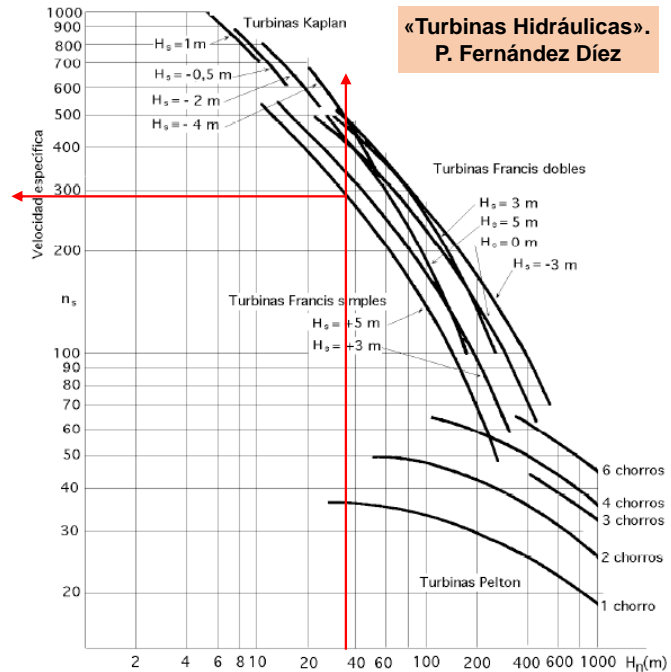
$$\left\{ \begin{array}{l} H_n = 35 \text{ m} \\ Q = 20 \text{ m}^3 / \text{s} \end{array} \right.$$



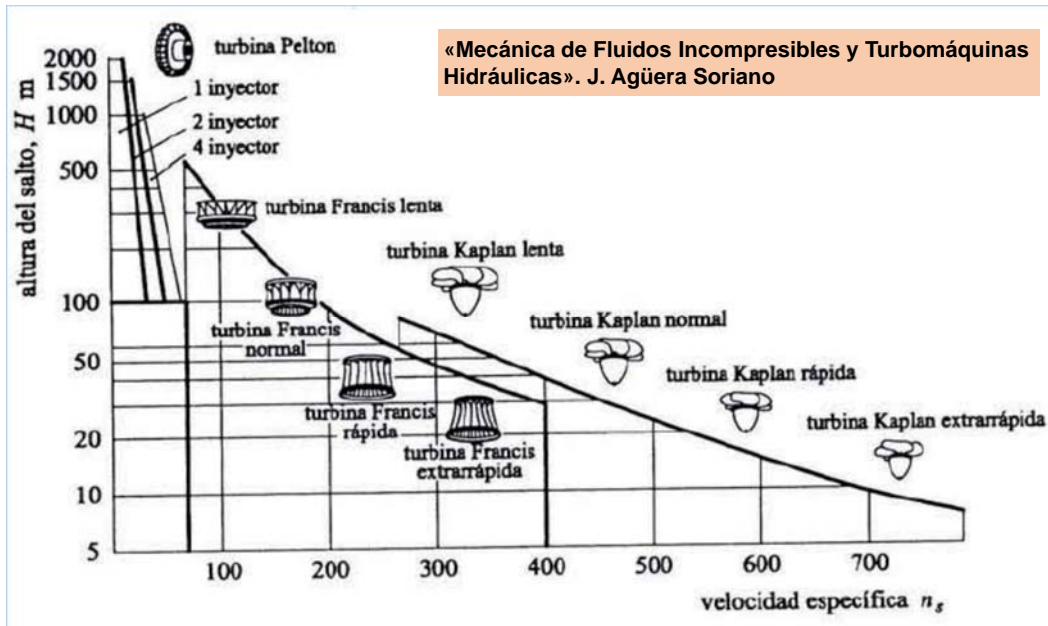
Seleccionar el tipo de turbina así como la velocidad de giro

$$\left\{ \begin{array}{l} H_n = 35 \text{ m} \\ Q = 20 \text{ m}^3 / \text{s} \end{array} \right.$$

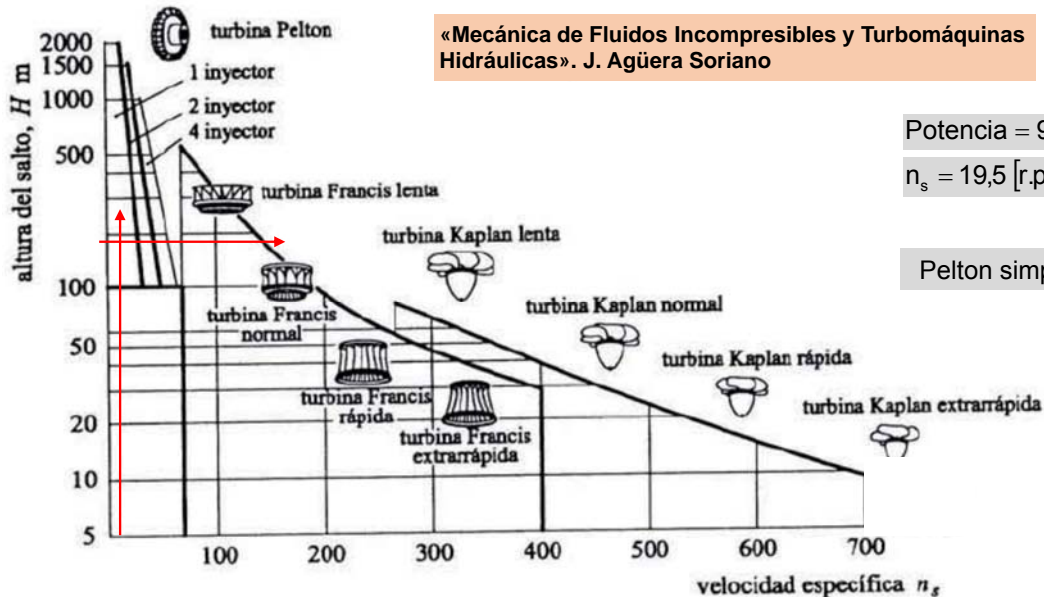
⇒ T. Francis Simple con $n_s = 293 \text{ r.p.m.}$



Una turbina trabaja en un salto de 190 m, un caudal de 42 l/s y una velocidad de giro de 1.450 rpm. Suponer que los $\eta_{mec} = \eta_{vol} = 1$ y $\eta_{man} = 0,85$. Determinar el tipo de turbina más conveniente



Una turbina trabaja en un salto de 190 m, un caudal de 42 l/s y una velocidad de giro de 1.450 rpm. Suponer que los $\eta_{mec} = \eta_{vol} = 1$ y $\eta_{man} = 0,85$. Determinar el tipo de turbina más conveniente



Potencia = 90,44 CV

$n_s = 19,5$ [r.p.m.]

Pelton simple de 1 inyector

Una turbina Pelton trabaja en un salto de 240 m. Los diámetros del chorro y rodete son 150 mm y 1.800 mm. Si: $c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ $\alpha_1 = 0^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ $w_2 = 0,7 \cdot w_1$ $u_1 = 0,45 \cdot u_2$

Calcular:

- La fuerza tangencial ejercida por el chorro en las cucharas
- La potencia transmitida por el agua al rodete
- El rendimiento hidráulico de la turbina
- El rendimiento total si el mecánico es del 0,97

Una turbina Pelton trabaja en un salto de 240 m. Los diámetros del chorro y rodete son 150 mm y 1.800 mm. Si: $c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ $\alpha_1 = 0^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ $w_2 = 0,7 \cdot w_1$ $u_1 = 0,45 \cdot u_2$

Calcular:

- La fuerza tangencial ejercida por el chorro en las cucharas
- La potencia transmitida por el agua al rodete
- El rendimiento hidráulico de la turbina
- El rendimiento total si el mecánico es del 0,97

$$F = 74,4 \text{ kN}$$

$$Pot = 2.247 \text{ kW}$$

$$\eta_h = 79,6\%$$

$$\eta_{Tot} = 77,2\%$$

Una turbina Pelton de 1 inyector de 90 mm de diámetro se alimenta de un embalse situado 300 m más alto por una tubería de 6 km, diámetro de 680 mm y $\lambda = 0,032$. Si la velocidad periférica de los álabes es $(0,47 \cdot c_1)$, el coeficiente de reducción de velocidad a la entrada del rodete 0,97, las cazoletas desvían el chorro 175° y en ellas la velocidad se reduce un 15%, y $\eta_{\text{mec}} = 0,8$. Calcular:

- Las pérdidas en el inyector y en la tubería
- Los triángulos de velocidades
- El rendimiento manométrico, el caudal, la altura neta de la turbina y la de Euler
- La potencia útil en el eje de la máquina

Una turbina Pelton de 1 inyector de 90 mm de diámetro se alimenta de un embalse situado 300 m más alto por una tubería de 6 km, diámetro de 680 mm y $\lambda = 0,032$. Si la velocidad periférica de los álabes es $(0,47 \cdot c_1)$, el coeficiente de reducción de velocidad a la entrada del rodete 0,97, las cazoletas desvían el chorro 175° y en ellas la velocidad se reduce un 15%, y $\eta_{\text{mec}} = 0,8$. Calcular:

- Las pérdidas en el inyector y en la tubería
- Los triángulos de velocidades
- El rendimiento manométrico, el caudal, la altura neta de la turbina y la de Euler
- La potencia útil en el eje de la máquina

$$H_{L-\text{Tub}} = 22,54 \text{ m}$$

$$H_{L-\text{iny}} = 16,38 \text{ m}$$

$$c_1 = 71,55 \text{ m/s}$$

$$u_1 = 33,63 \text{ m/s}$$

$$w_1 = 37,92 \text{ m/s}$$

$$\alpha_1 = \beta_1 = 0^\circ$$

$$c_2 = 3,2 \text{ m/s}$$

$$u_2 = 33,63 \text{ m/s}$$

$$w_2 = 32,23 \text{ m/s}$$

$$\alpha_2 = 61,38^\circ$$

$$\beta_2 = 5^\circ$$

$$\eta_{\text{man}} = 0,866$$

$$Q = 0,455 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{neto}} = 277,47 \text{ m}$$

$$H_{\text{Euler}} = 240,3 \text{ m}$$

$$\text{Pot} = 854 \text{ kW}$$

Una turbina Francis funciona con un caudal de $11 \text{ m}^3/\text{s}$ a 500 rpm bajo un salto neto de 256 m . Si su $\eta_{\text{Vol}} = 1$, determinar:

- η_s , η_{man} , el grado de reacción, D_1 y D_2
- La altura del tubo de aspiración si su rendimiento es el 85%

Una turbina Francis funciona con un caudal de $11 \text{ m}^3/\text{s}$ a 500 rpm bajo un salto neto de 256 m . Si su $\eta_{\text{Vol}} = 1$, determinar:

- η_s , η_{man} , el grado de reacción, D_1 y D_2
- La altura del tubo de aspiración si su rendimiento es el 85%

$$\eta_s = 85$$

$$\xi_1 = 0,67$$

$$\varphi_1 = 0,63$$

$$\xi_2 = 0,45$$

$$\varphi_2 = 0,14$$

$$\alpha_1 = 18^\circ$$

$$b_1 / D_1 = 0,12$$

$$\eta_{\text{man}} = 80,4\%$$

$$\sigma = 0,6227$$

$$d_1 = 1,81 \text{ m}$$

$$d_2 = 1,22 \text{ m}$$

$$H_s = 3,83 \text{ m}$$

Una turbina Francis de eje vertical tiene: diámetros de entrada y salida del rodete 45 y 30 cm; ancho del rodete a la entrada y salida de 5 y 7 cm; los álabes ocupan un 8% del área a la entrada del rodete, en la salida están afilados; ángulo de salida del distribuidor 24° ; ángulo de entrada y salida a los álabes del rodete 85° y 30° ; las pérdidas hidráulicas en la turbina son de 6 m.c.a.; velocidad de entrada en la turbina 2 m/s; altura geométrica 54 m; rendimientos mecánico y volumétrico 94% y 100%; no hay tubo de aspiración

Calcular:

- r.p.m
- Alturas neta y útil
- Rendimientos hidráulico y total
- Caudal
- Potencias interna y al freno

Una turbina Francis de eje vertical tiene: diámetros de entrada y salida del rodete 45 y 30 cm; ancho del rodete a la entrada y salida de 5 y 7 cm; los álabes ocupan un 8% del área a la entrada del rodete, en la salida están afilados; ángulo de salida del distribuidor 24°; ángulo de entrada y salida a los álabes del rodete 85° y 30°; las pérdidas hidráulicas en la turbina son de 6 m.c.a.; velocidad de entrada en la turbina 2 m/s; altura geométrica 54 m; rendimientos mecánico y volumétrico 94% y 100%; no hay tubo de aspiración

Calcular:

- r.p.m
- Alturas neta y útil
- Rendimientos hidráulico y total
- Caudal
- Potencias interna y entregada

b_1

b_2

D_1

D_2

β_1

β_2

α_1

$$V_{\text{EntTurb}} \neq V_{\text{EntRod}}(C_1)$$

Una turbina Francis de eje vertical tiene: diámetros de entrada y salida del rodete 45 y 30 cm; ancho del rodete a la entrada y salida de 5 y 7 cm; los álabes ocupan un 8% del área a la entrada del rodete, en la salida están afilados; ángulo de salida del distribuidor 24° ; ángulo de entrada y salida a los álabes del rodete 85° y 30° ; las pérdidas hidráulicas en la turbina son de 6 m.c.a.; velocidad de entrada en la turbina 2 m/s; altura geométrica 54 m; rendimientos mecánico y volumétrico 94% y 100%; no hay tubo de aspiración

Calcular:

- r.p.m
- Alturas neta y útil
- Rendimientos hidráulico y total
- Caudal
- Potencias interna y al freno

$$n = 878 \text{ rpm}$$

$$H_T = 50,2 \text{ m}$$

$$\eta_H = 86\%$$

$$Q = 0,57 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{Pot}_{U,T} = 243 \text{ kW}$$

$$H_{U,T} = 43,5 \text{ m}$$

$$\eta_T = 81,4\%$$

$$\text{Pot}_{\text{Entregada}} = 228 \text{ kW}$$

Una turbina trabaja en un salto de 190 m, un caudal de 42 l/s y una velocidad de giro de 1.450 rpm. Suponer que los $\eta_{\text{mec}} = \eta_{\text{vol}} = 1$ y $\eta_{\text{man}} = 0,85$. Determinar:

- El tipo de turbina más conveniente
- Las características de la turbina para un salto de 115 m
- Las características de una turbina semejante 3 veces más pequeña (en 190 m)

Una turbina trabaja en un salto de 190 m, un caudal de 42 l/s y una velocidad de giro de 1.450 rpm. Suponer que los $\eta_{\text{mec}} = \eta_{\text{vol}} = 1$ y $\eta_{\text{man}} = 0,85$. Determinar:

- El tipo de turbina más conveniente
- Las características de la turbina para un salto de 115 m
- Las características de una turbina semejante 3 veces más pequeña (en 190 m)

$$n_2 = 1.228 \text{ r.p.m.}$$

$$Q_2 = 32,6 \text{ l/s}$$

$$\text{Pot}_2 = 42,58 \text{ CV}$$

$$n_2 = 4.350 \text{ r.p.m.}$$

$$Q_2 = 4,67 \text{ l/s}$$

$$\text{Pot}_2 = 10,05 \text{ CV}$$

Una T.F. tiene los $\varnothing_{ent} = 630$ mm y $\varnothing_{sal} = 390$ mm, con los anchos de entrada y salida de 95 y 100 mm, si $\alpha_1 = 8^\circ$ y $\beta_1 = 70^\circ$. Los álabes ocupan el 15% de la entrada al rodete, siendo afilados a la salida. Los rendimientos son $\eta_{man} = 0,89$, $\eta_{vol} = 1$, y $\eta_{mec} = 0,92$. $H_{L-Dis-Rod} = 2,5 \cdot c_{2m}^2/g$. La entrada a la turbina y la salida del rodete están 4 m por encima del canal de desagüe. Si cuando fluye el agua un manómetro a la entrada marca 25 m.c.a. (y se puede despreciar la energía cinética en la tubería de alimentación), calcular:

- H_n , rpm, Q, Pot_{Util} , n_s , $L_{Tubo-Asp}$
- % de la energía recuperada en el tubo de aspiración (suponiendo que la energía del agua a la entrada, la energía cinética del agua a la salida del rodete y la fricción en el mismo son ctes)
- Presión en la entrada del tubo de aspiración

Una T.F. tiene los $\varnothing_{ent} = 630$ mm y $\varnothing_{sal} = 390$ mm, con los anchos de entrada y salida de 95 y 100 mm, si $\alpha_1 = 8^\circ$ y $\beta_1 = 70^\circ$. Los álabes ocupan el 15% de la entrada al rodete, siendo afilados a la salida. Los rendimientos son $\eta_{man} = 0,89$, $\eta_{vol} = 1$, y $\eta_{mec} = 0,92$. $H_{L-Dis-Rod} = 2,5 \cdot c_{2m}^2/g$. La entrada a la turbina y la salida del rodete están 4 m por encima del canal de desagüe. Si cuando fluye el agua un manómetro a la entrada marca 25 m.c.a. (y se puede despreciar la energía cinética en la tubería de alimentación), calcular:

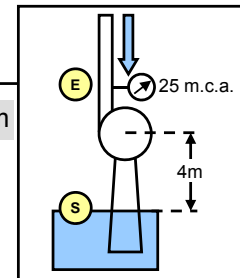
- H_n , rpm, Q, Pot_{Util}, n_s , L_{Tubo-Asp}
- % de la energía recuperada en el tubo de aspiración (suponiendo que la energía del agua a la entrada, la energía cinética del agua a la salida del rodete y la fricción en el mismo son ctes)
- Presión en la entrada del tubo de aspiración

$$H_n = 29 \text{ m} \quad n = 494,6 \text{ rpm} \quad Q_T = 0,348 \text{ m}^3 / \text{s} \quad \text{Pot}_U = 81 \text{ kW} \quad n_s = 77,7 \text{ rpm}$$

$$H_{L-T} = 3,19 \text{ m} \quad H_{L-Dis-Rod} = 2,06 \text{ m} \quad H_{L-TAsp} = 1,13 \text{ m}$$

$$\% \Delta = 12,7\%$$

$$\frac{p_2}{\gamma} = -3,28 \text{ m}$$



Una T.F. tiene los $\varnothing_{ent} = 630$ mm y $\varnothing_{sal} = 390$ mm, con los anchos de entrada y salida de 95 y 100 mm, si $\alpha_1 = 8^\circ$ y $\beta_1 = 70^\circ$. Los álabes ocupan el 15% de la entrada al rodete, siendo afilados a la salida. Los rendimientos son $\eta_{man} = 0,89$, $\eta_{vol} = 1$, y $\eta_{mec} = 0,92$. $H_{L-Dis-Rod} = 2,5 \cdot c_{2m}^2/g$. La entrada a la turbina y la salida del rodete están 4 m por encima del canal de desagüe. Si cuando fluye el agua un manómetro a la entrada marca 25 m.c.a. calcular:

- % de la energía recuperada en el tubo de aspiración

Una T.F. tiene los $\varnothing_{ent} = 630$ mm y $\varnothing_{sal} = 390$ mm, con los anchos de entrada y salida de 95 y 100 mm, si $\alpha_1 = 8^\circ$ y $\beta_1 = 70^\circ$. Los álabes ocupan el 15% de la entrada al rodete, siendo afilados a la salida. Los rendimientos son $\eta_{man} = 0,89$, $\eta_{vol} = 1$, y $\eta_{mec} = 0,92$. $H_{L-Dis-Rod} = 2,5 \cdot c_{2m}^2/g$. La entrada a la turbina y la salida del rodete están 4 m por encima del canal de desagüe. Si cuando fluye el agua un manómetro a la entrada marca 25 m.c.a. calcular:

- Presión en la entrada del tubo de aspiración

Bernouilli entre salida del rodete y el canal de desagüe

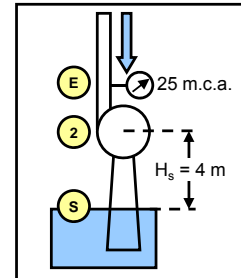
Despreciando las pérdidas en la Salida del TAsp

$$\left(\frac{c_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) - H_{L-TAsp} = \left(\frac{c_s^2}{2 \cdot g} + \frac{p_s}{\gamma} + z_s \right)$$

$$\left(\frac{c_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) - H_{L-TAsp} = 0 \Rightarrow \frac{p_2}{\gamma} = H_{L-TAsp} - \left(\frac{c_2^2}{2 \cdot g} + z_2 \right)$$

$$\frac{p_2}{\gamma} = 1,13 - \left(\frac{2,84^2}{2 \cdot 9,8} + 4 \right) = 1,13 - (0,41 + 4) = -3,28 \text{ m}$$

$$\left. \begin{aligned} H_{L-T-Asp} &= 1,13 \text{ m} \\ c_2 &= 2,84 \text{ m/s} \\ z_2 &= 4 \text{ m} \end{aligned} \right\}$$



Una turbina Kaplan que gira a 75 rpm desarrolla 3.350 kW en un salto de 4,8 m.
Calcular n_s y el caudal de diseño

Una turbina Kaplan que gira a 75 rpm desarrolla 3.350 kW en un salto de 4,8 m.
Calcular n_s y el caudal de diseño

$$n_s = 817$$

$$Q = 88 \text{ m}^3/\text{s}$$