



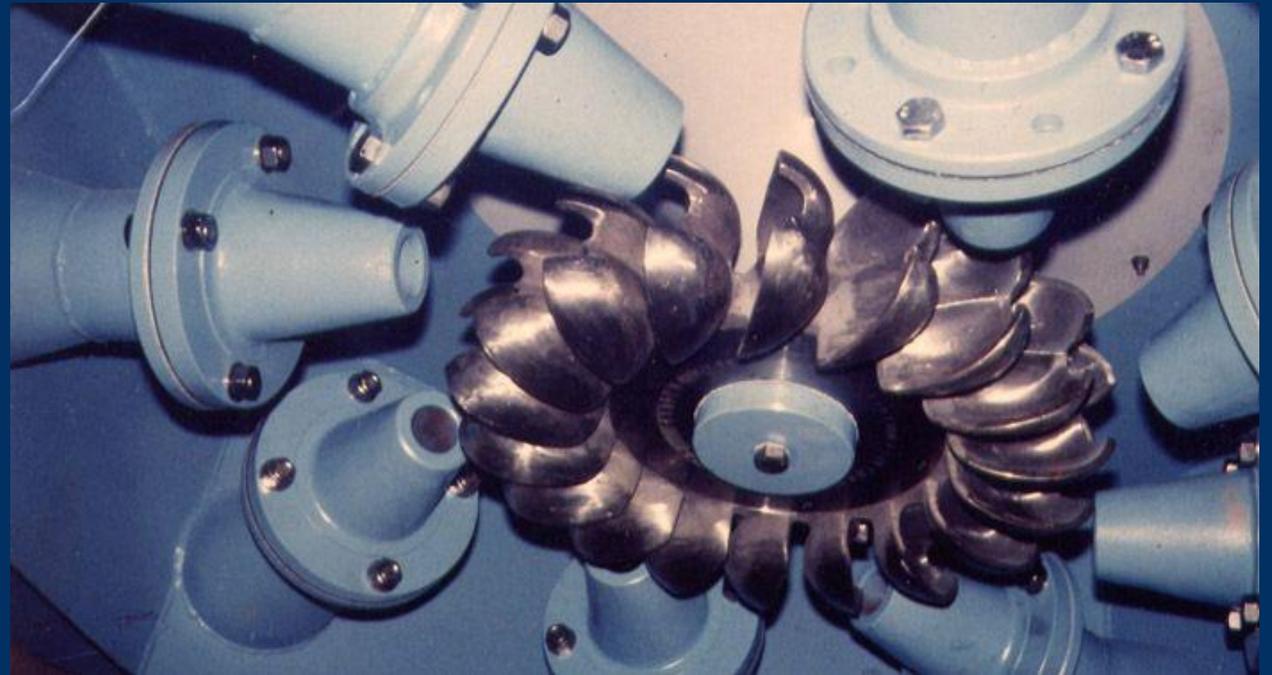
Seminario de Turbinas Pelton

**Aprovechamientos
Hidráulicos
2020**

**Bonora Luz
Seballos Sergio**

CONTENIDO

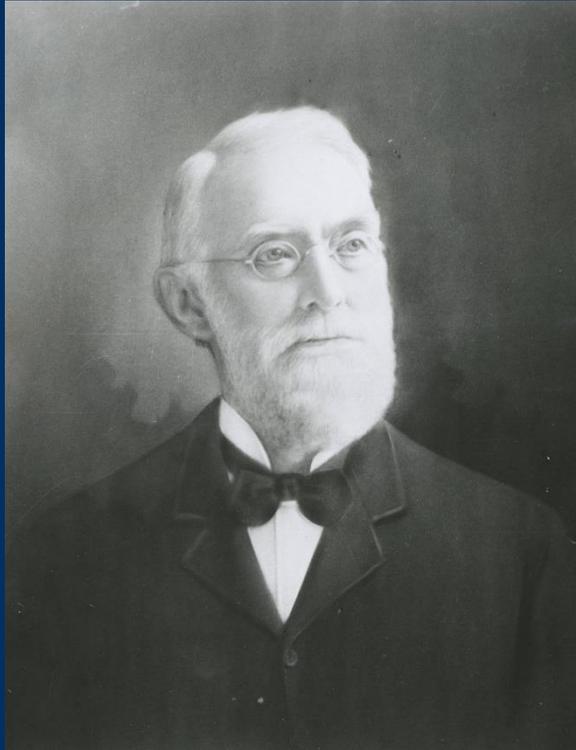
1. Introducción y reseña histórica
2. Principio de funcionamiento
3. Ámbito de aplicación
4. Clasificación
5. Componentes
6. Regulación de turbinas Pelton
7. Salto Neto en turbinas Pelton
8. Dimensionamiento
9. Características constructivas
10. Centrales con turbinas Pelton



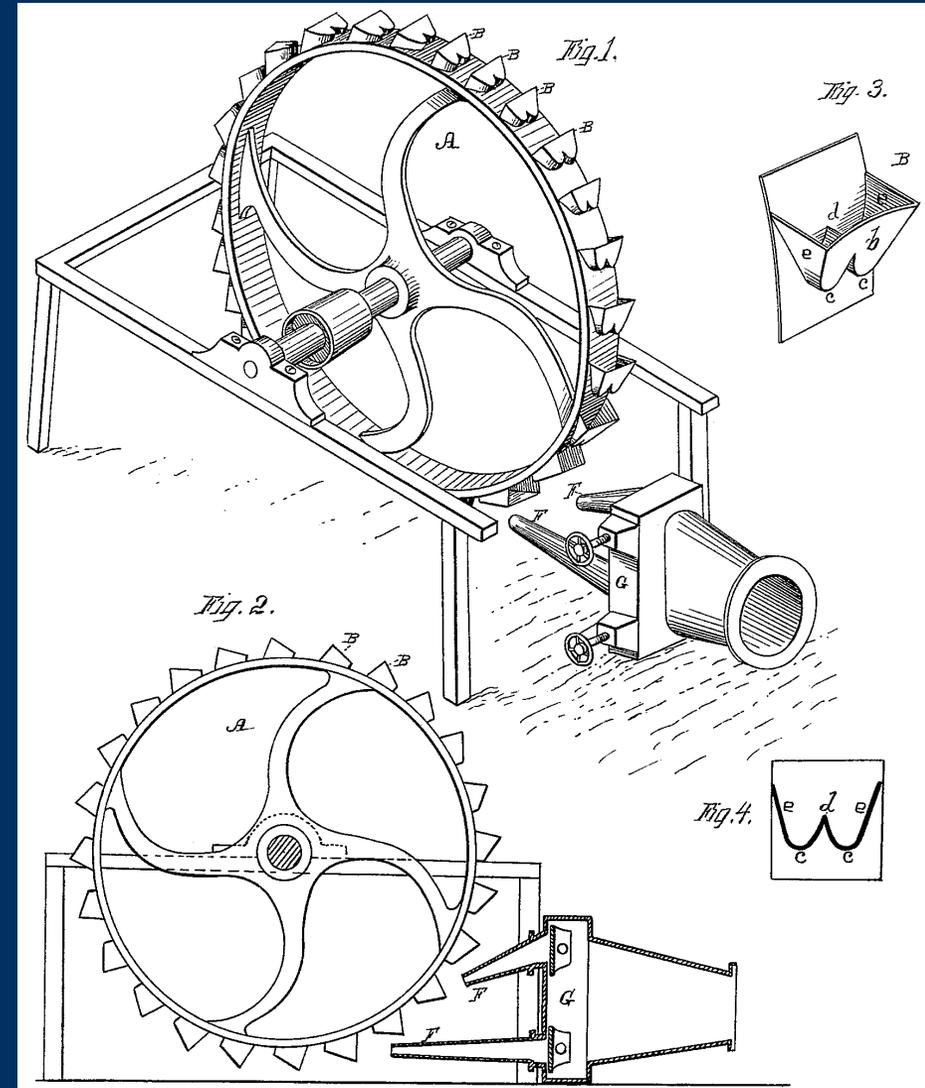


1. INTRODUCCIÓN Y RESEÑA HISTÓRICA

1. INTRODUCCIÓN



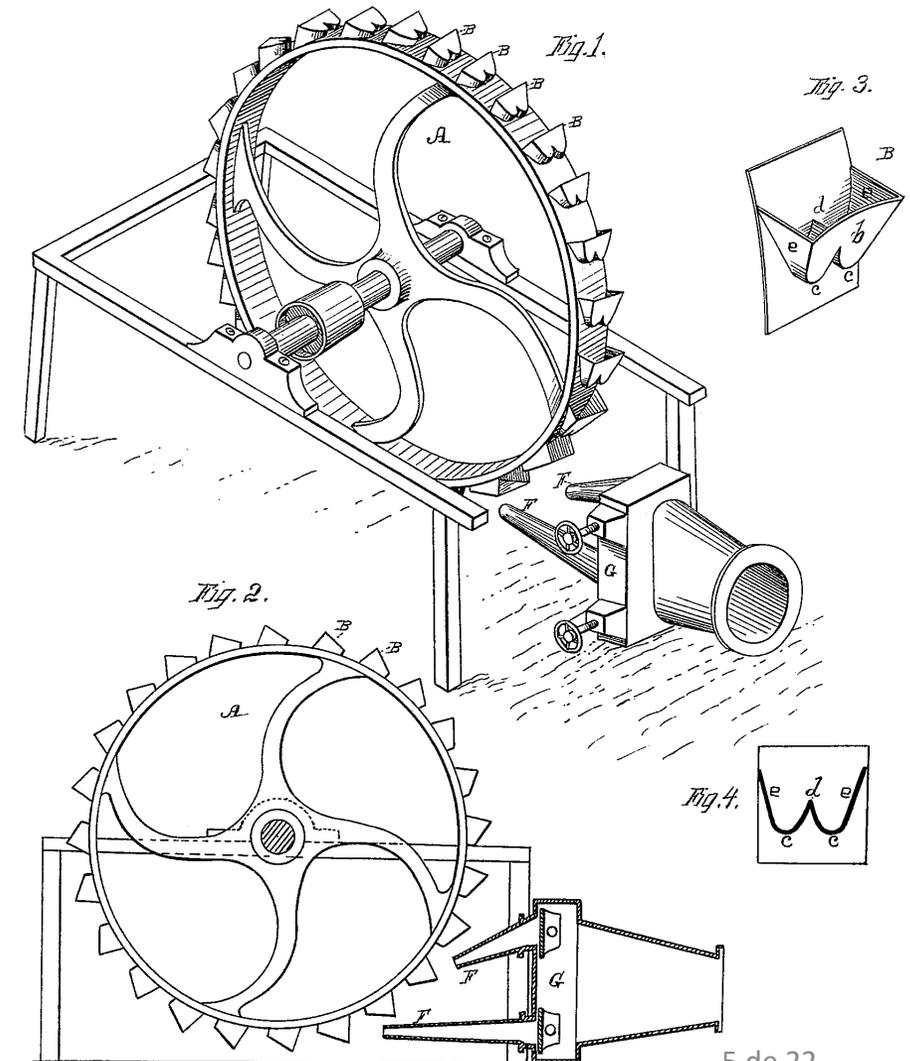
- Lester Allan Pelton (1829-1908)

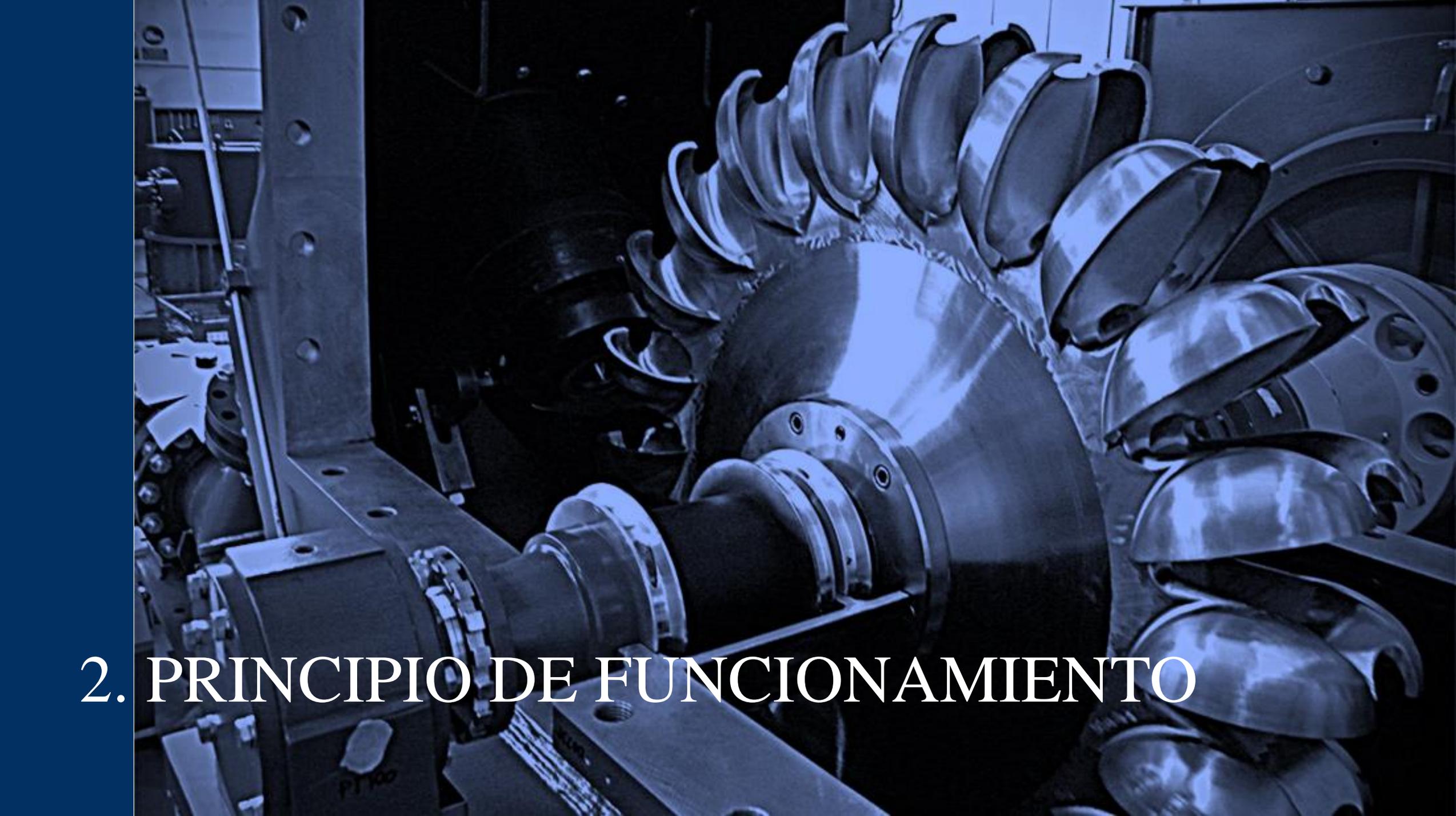


- Patente de rueda Pelton 1880, $\eta = 82,5\%$

1. INTRODUCCIÓN

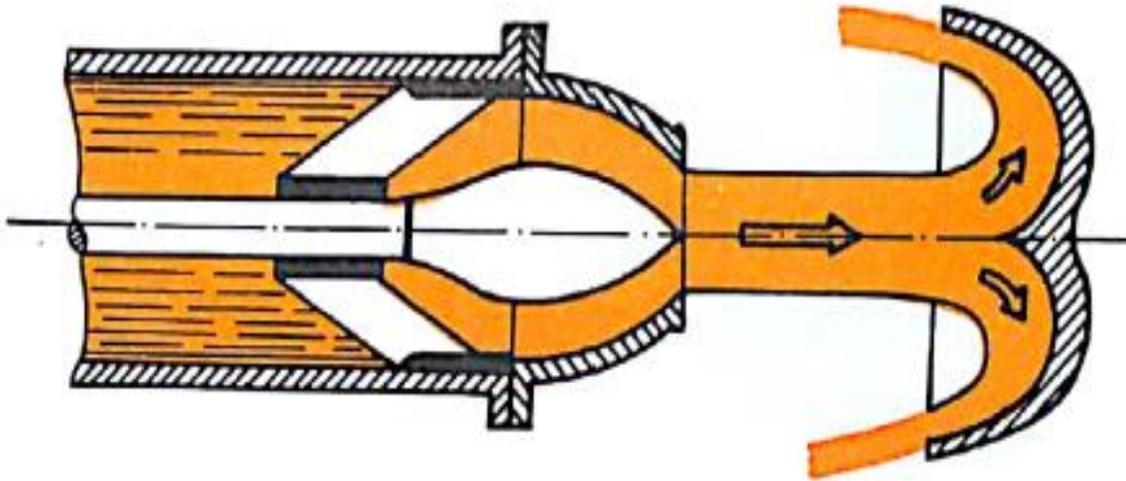
- La turbina de agua Pelton o rueda, es un rotor accionado por el impulso de un chorro de agua sobre cubos curvos fijados a su periferia, cada cubo se divide a la mitad por un borde divisor que divide el agua en dos corrientes, sección curva que invierte completamente la dirección del chorro de agua que los golpea.





2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

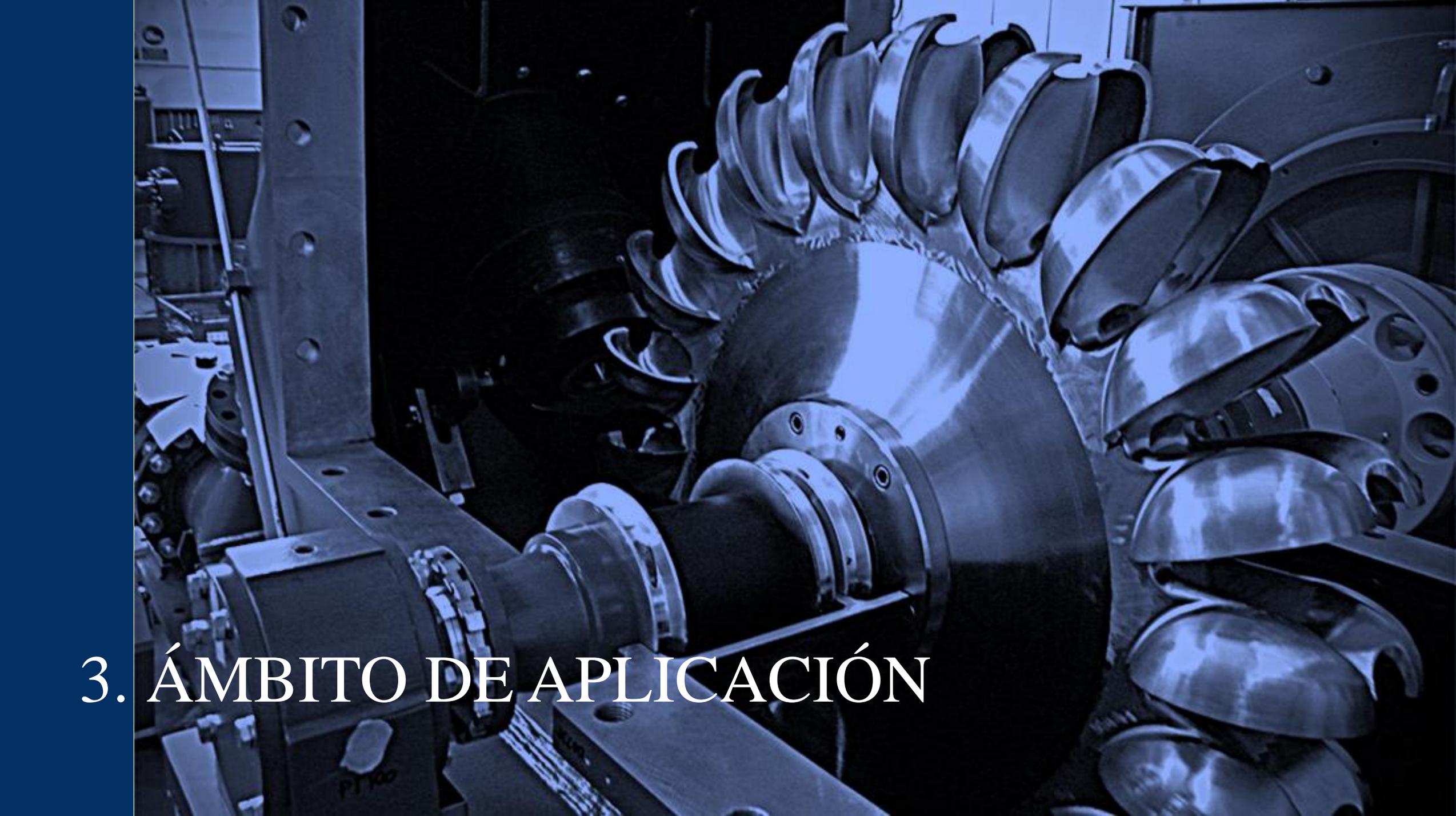


La energía potencial gravitatoria del agua embalsada llega hasta los orificios de las toberas y se convierte, en energía cinética al salir el agua a través de dichos orificios en forma de chorros libres.

Se dispone de la máxima energía cinética en el momento en que el agua incide tangencialmente sobre el rodete, empujando a los cangilones (o álabes) que lo forman obteniéndose el trabajo mecánico deseado.

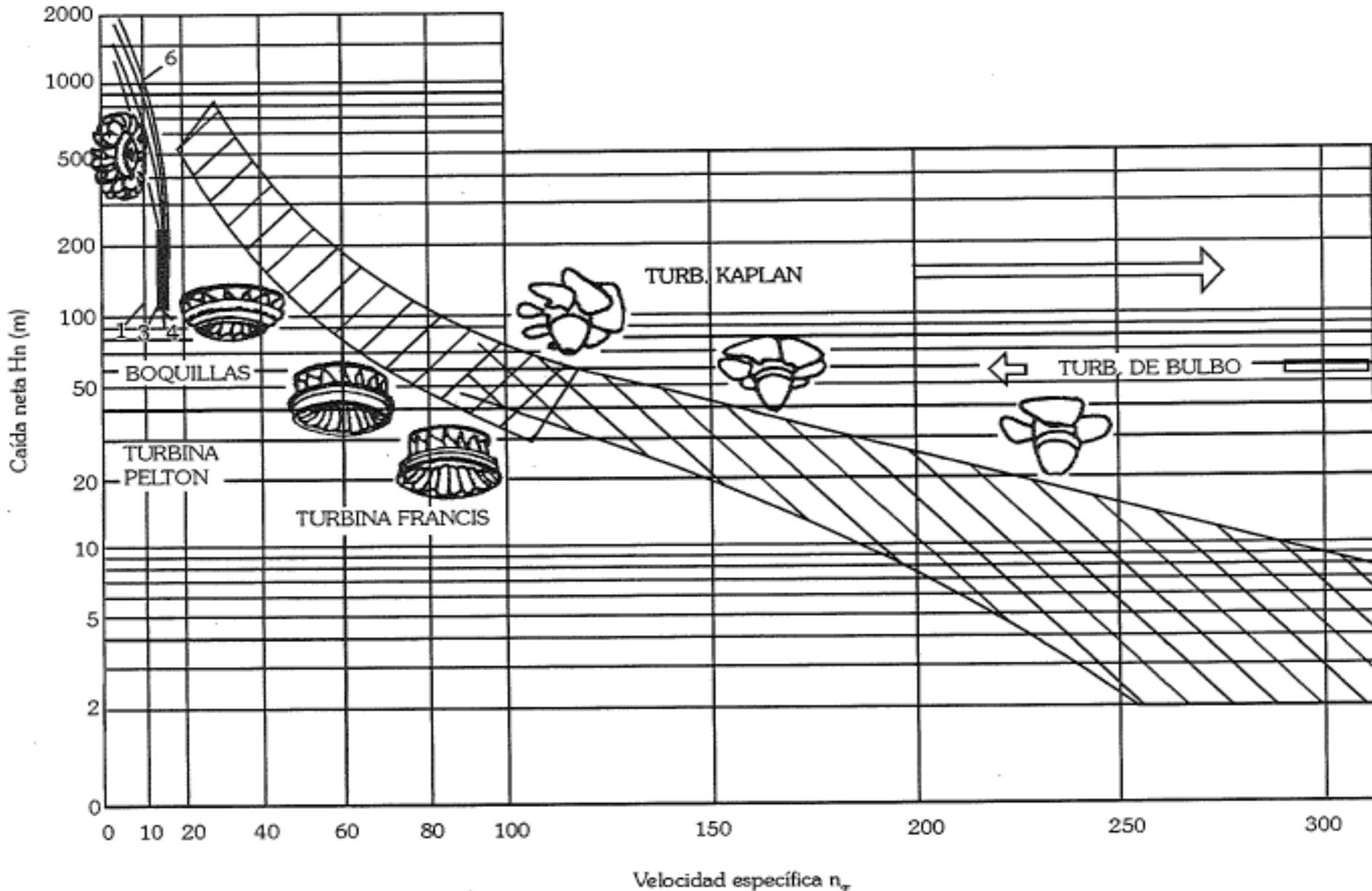
El chorro de agua transmite su energía cinética al rodete, donde queda transformada instantáneamente en energía mecánica.

La válvula de aguja, gobernada por el regulador de velocidad, cierra más o menos el orificio de salida de la tobera consiguiendo modificar el caudal de agua que fluye por ésta

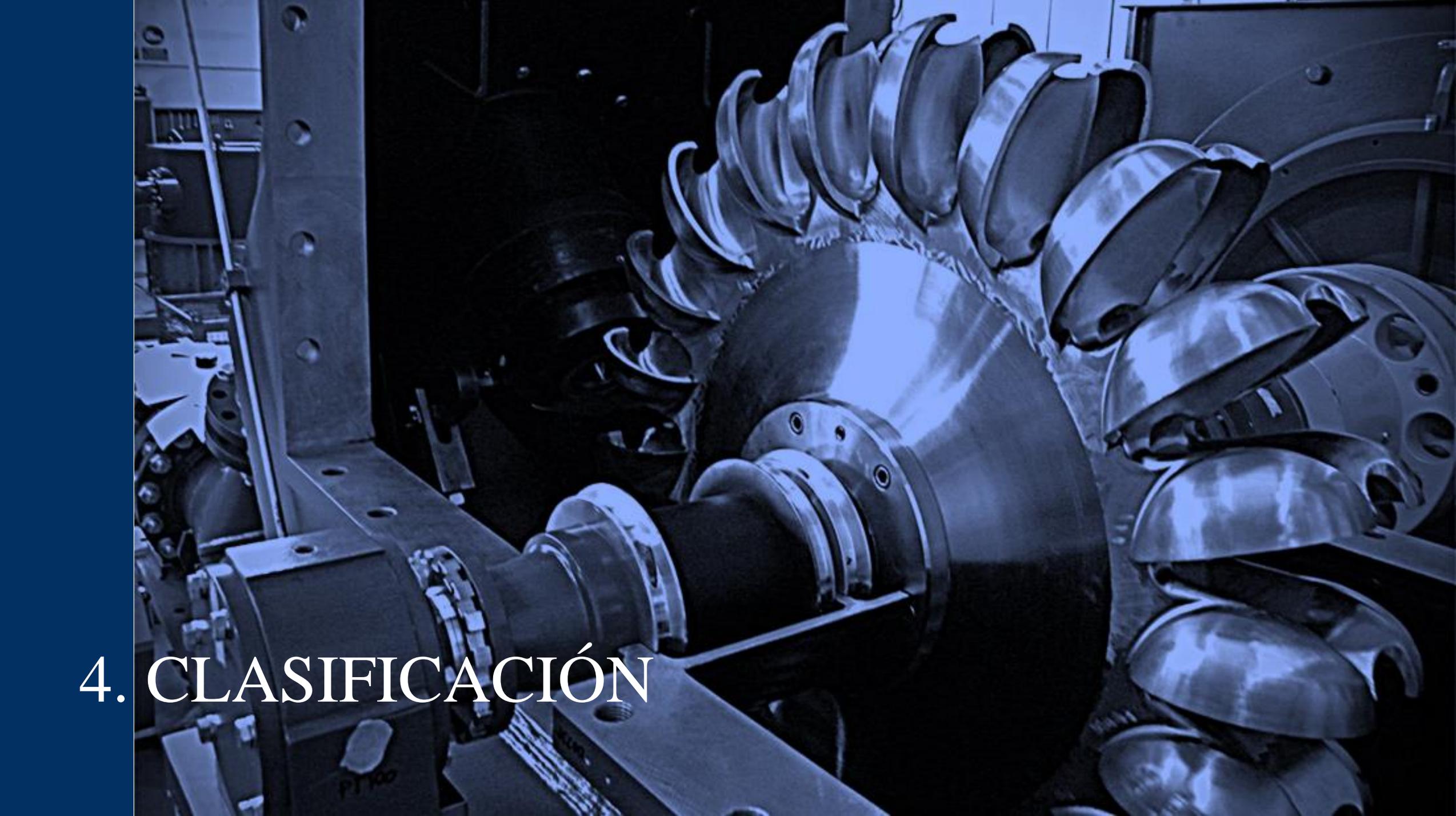


3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN



- Saltos comprendidos entre 2000 m – 60 m
- Caudales pequeños hasta $10 \text{ m}^3/\text{s}$
- Eficiencia entre 30 % y 100 % de caudal máximo



4. CLASIFICACIÓN

Turbinas

De Reacción

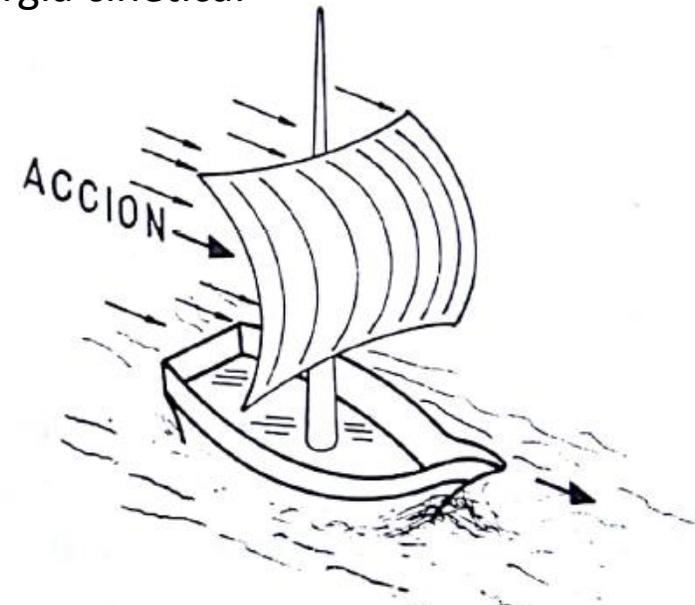
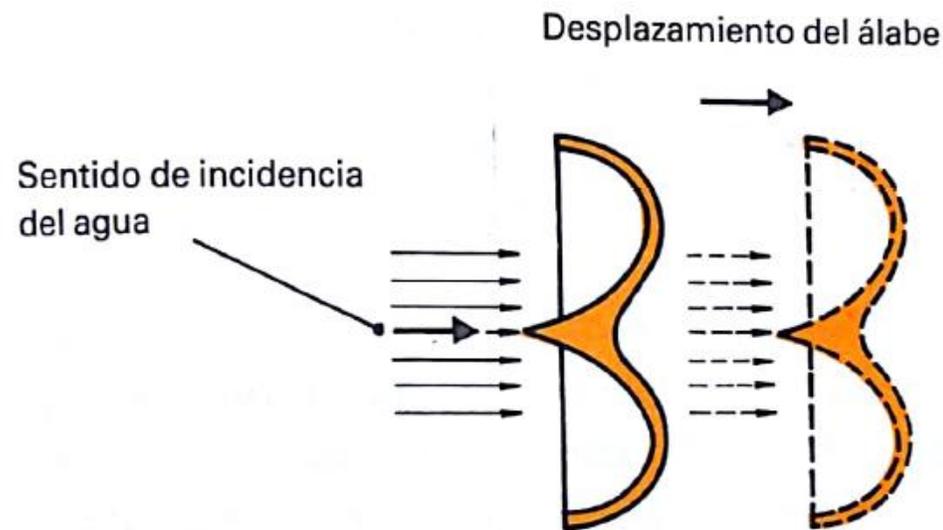


El agua se utiliza a una presión superior a la atmosférica, por lo que solo una parte de su energía es cinética.

De Acción

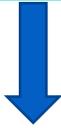


El caudal de agua se utiliza en forma de chorro a la presión atmosférica, para lo que previamente se ha de transformar toda la energía potencial del agua en energía cinética.



4. CLASIFICACIÓN

TURBINAS DE ACCIÓN	TURBINAS REACCIÓN
Partes fijas	
Conducto distribuidor	Cámara espiral y predistribuidor
Foso de la turbina	Tubo de aspiración
Carcasa	Tapa de la turbina
Partes móviles	
Inyectores	Distribuidor
Rodete	Rodete
Deflector	Eje
Eje	

 **PELTON**  **KAPLAN, FRANCIS**

Clasificación Turbinas Pelton

- Velocidad específica

Lenta vs. Rápida

- Posición del eje

Vertical vs Horizontal

Número de inyectores por
rueda y número de rotores
por eje.

Velocidad específica

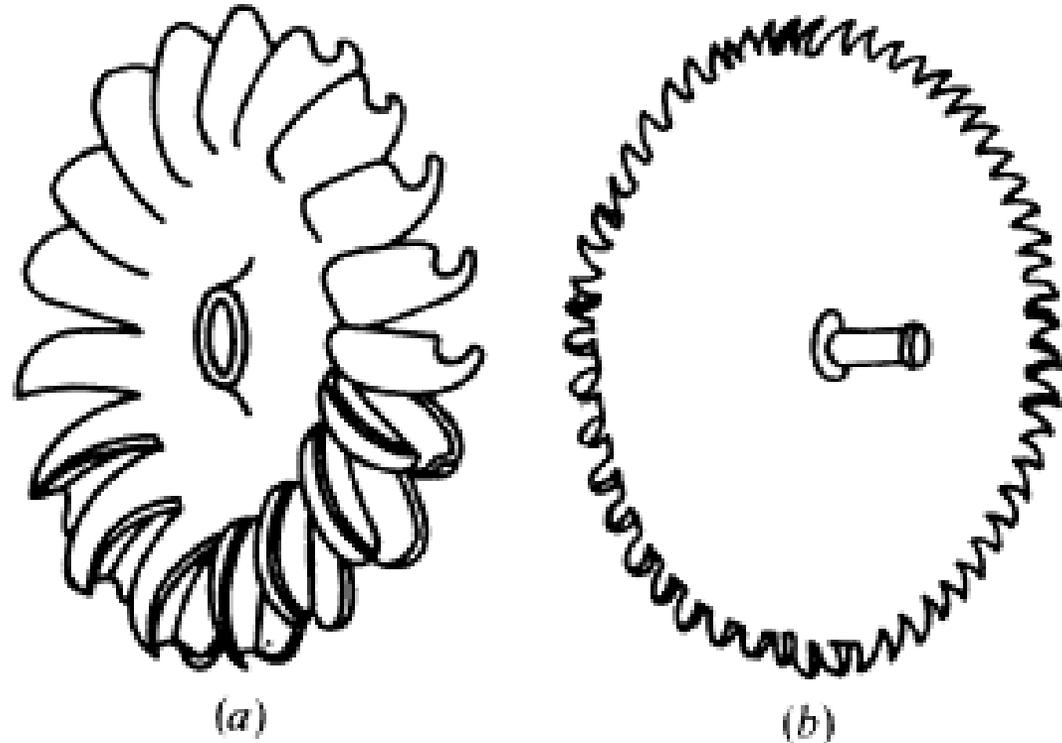
$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{p}}{H^{5/4}}$$

n_s : Velocidad específica

n : Número de revoluciones por minuto o velocidad sincrónica [rpm]

p : Potencia útil [kW]

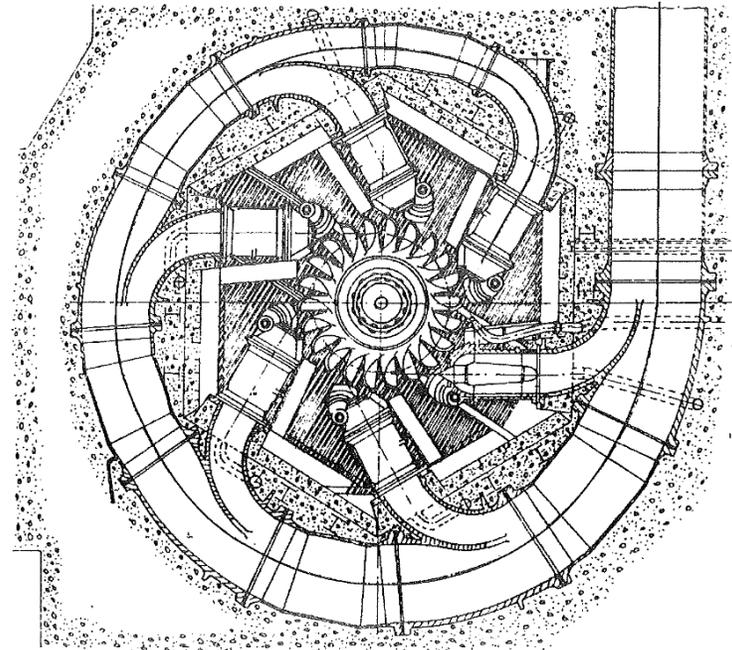
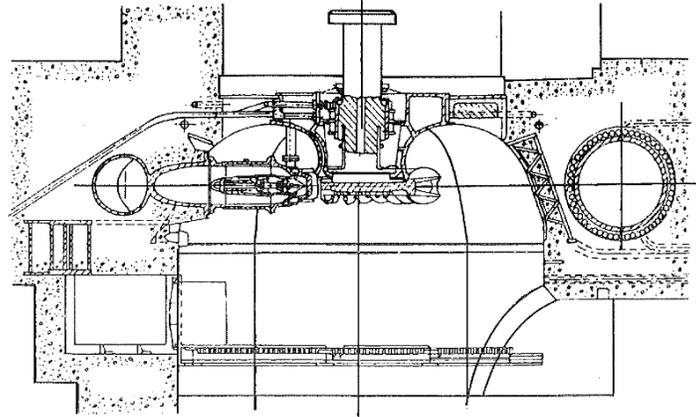
H : Salto neto [m]



(a) Rápido $n_s=35$; (b) Lento $n_s=4$

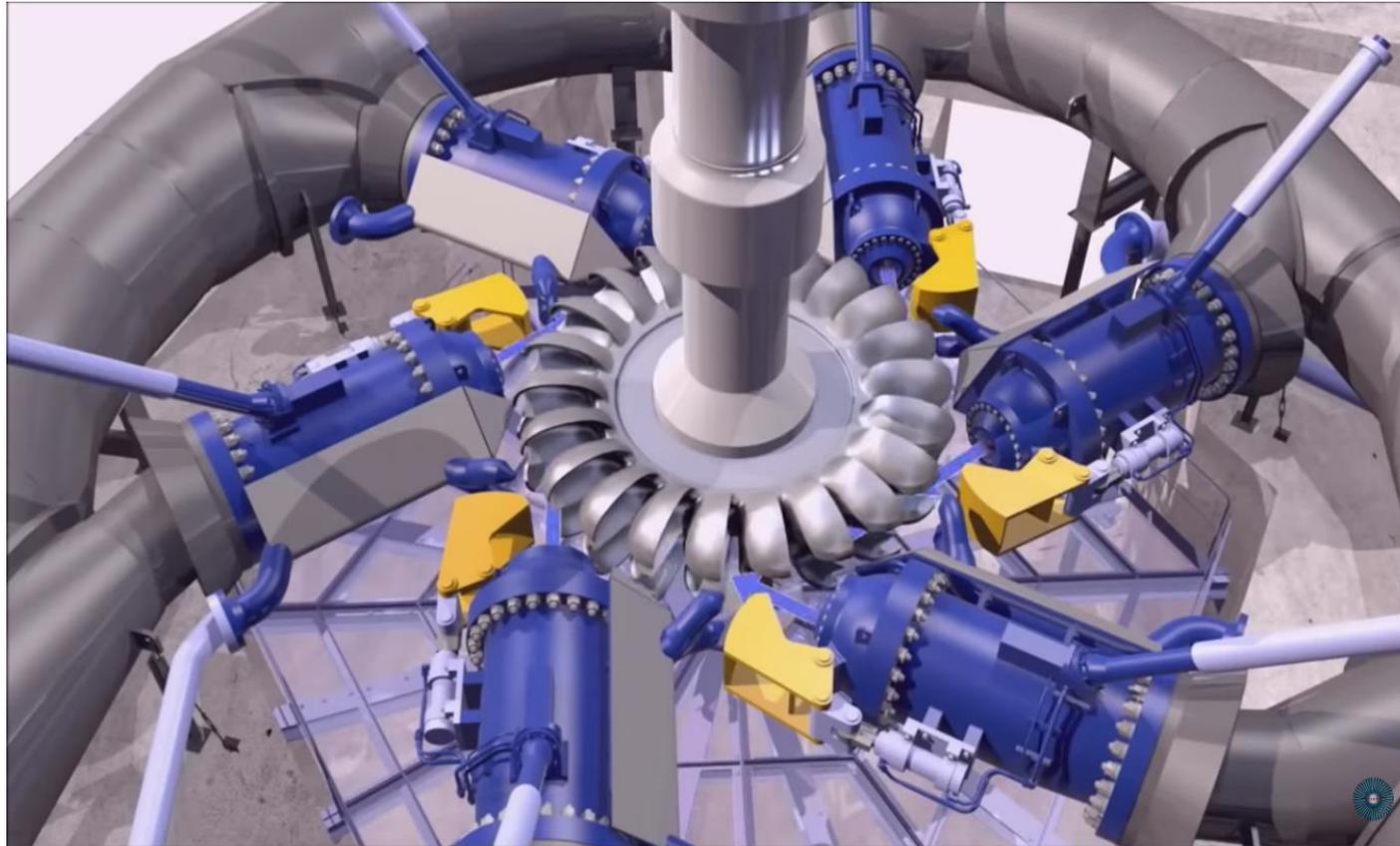
Posición del eje

a) Vertical

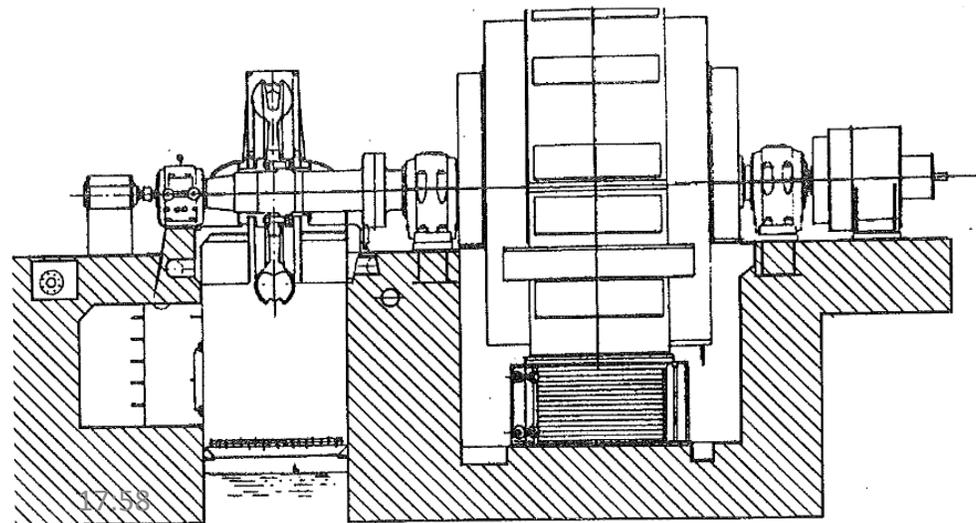
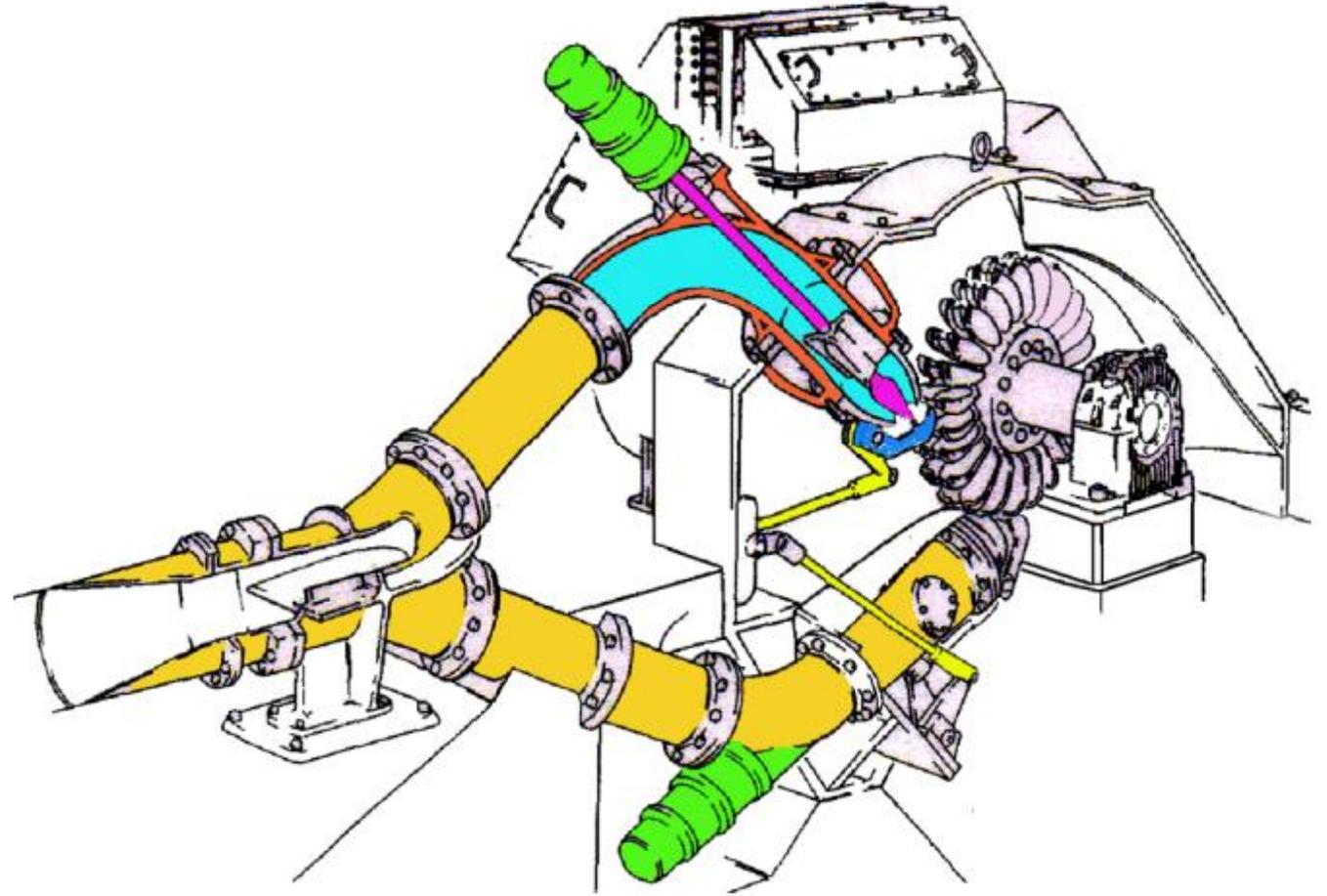
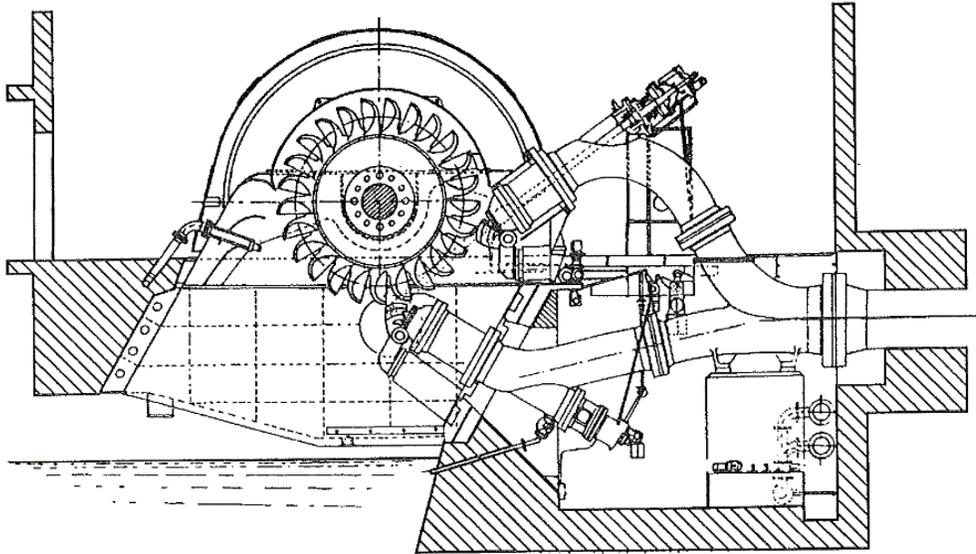


Posición del eje

a) Vertical

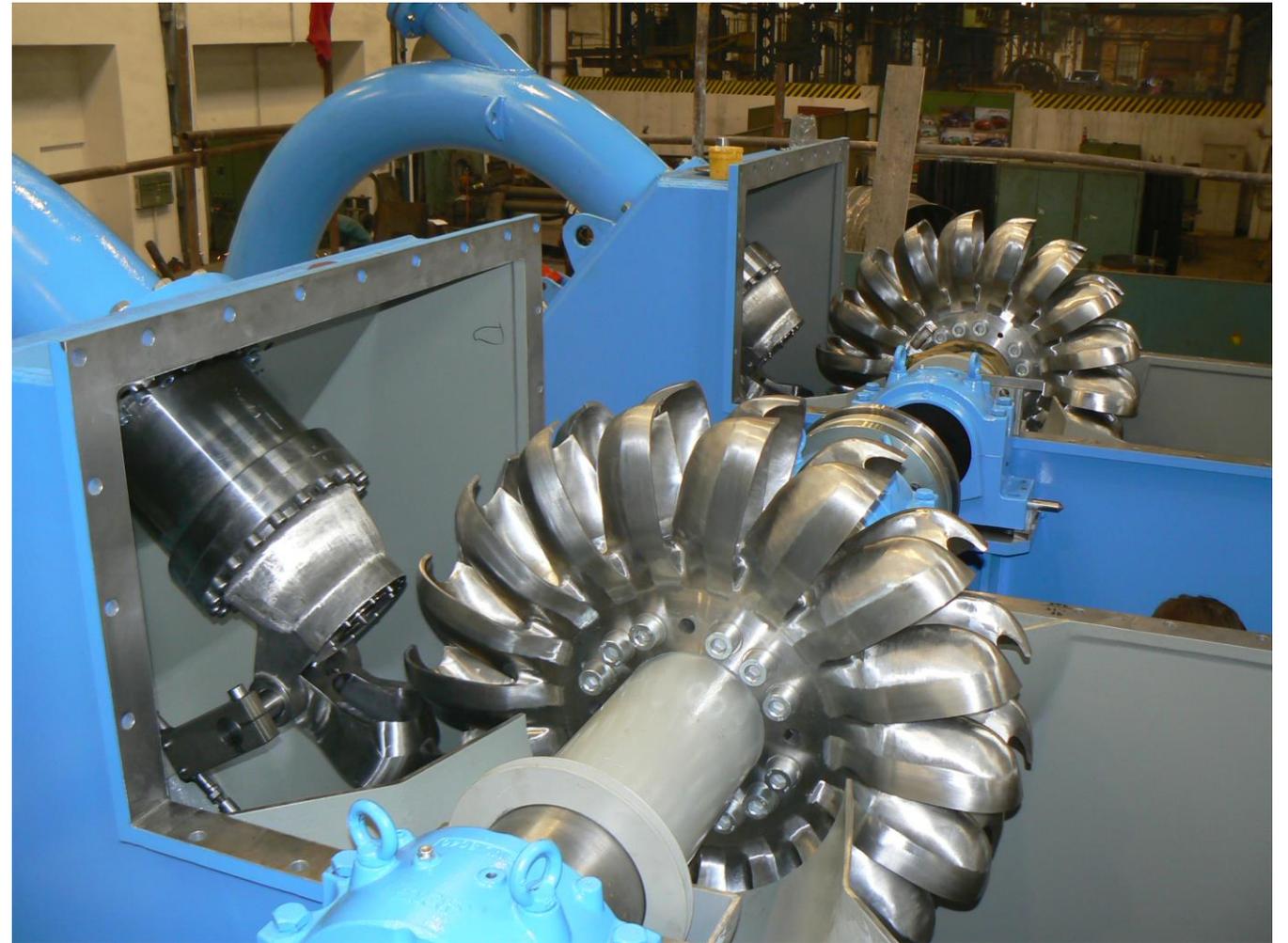


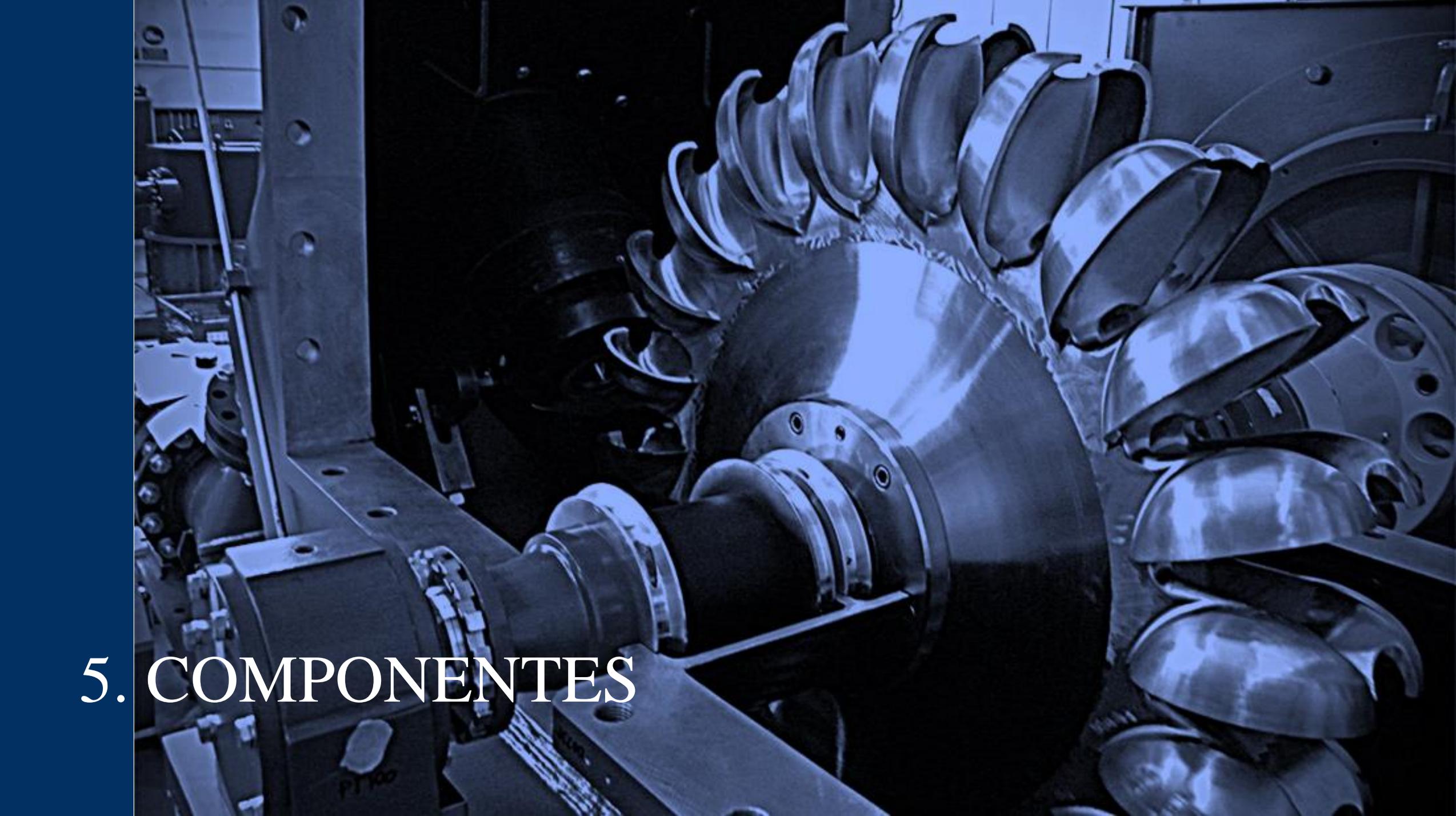
Posición del eje b) Horizontal



Posición del eje:

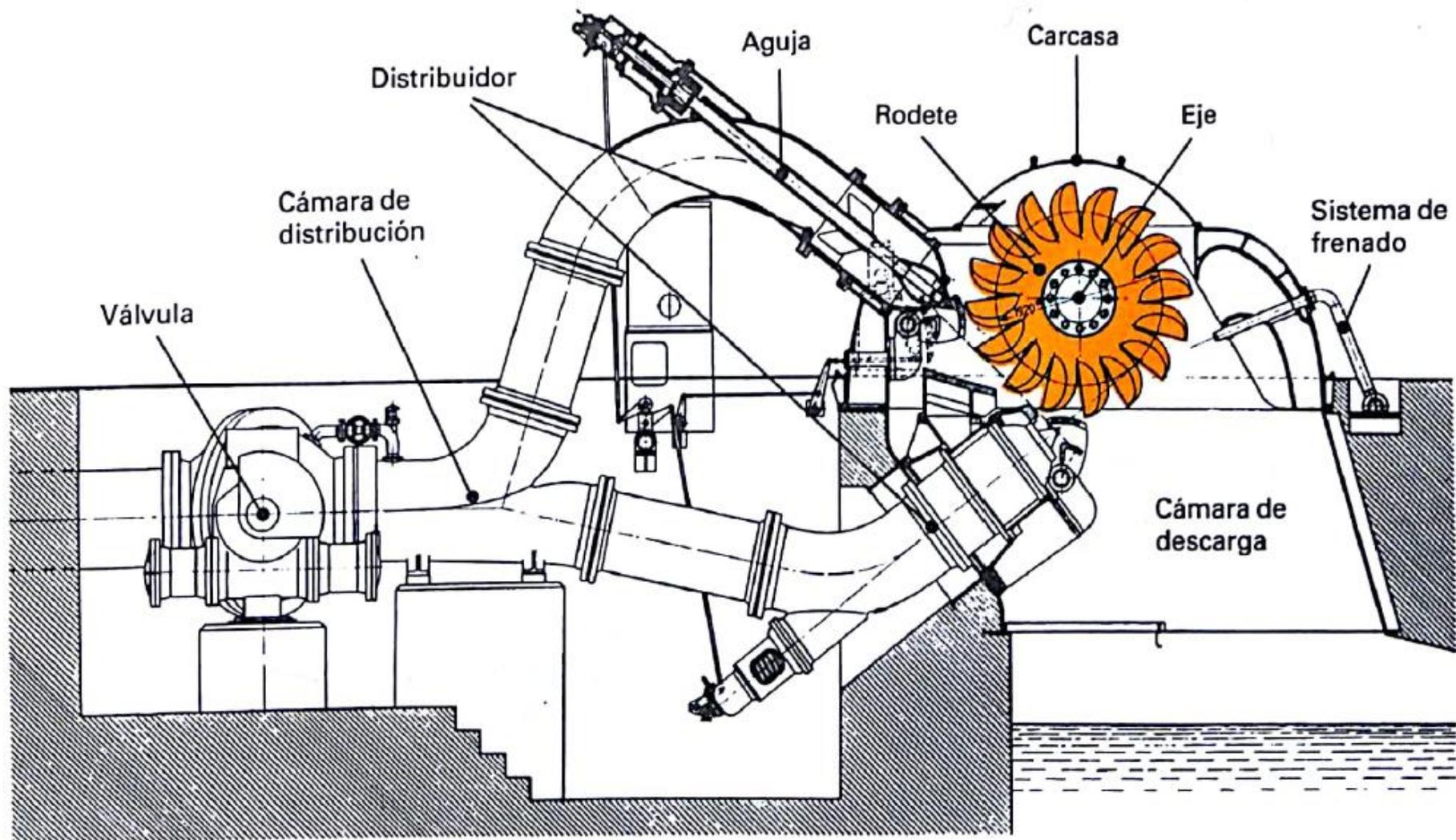
b) Horizontal





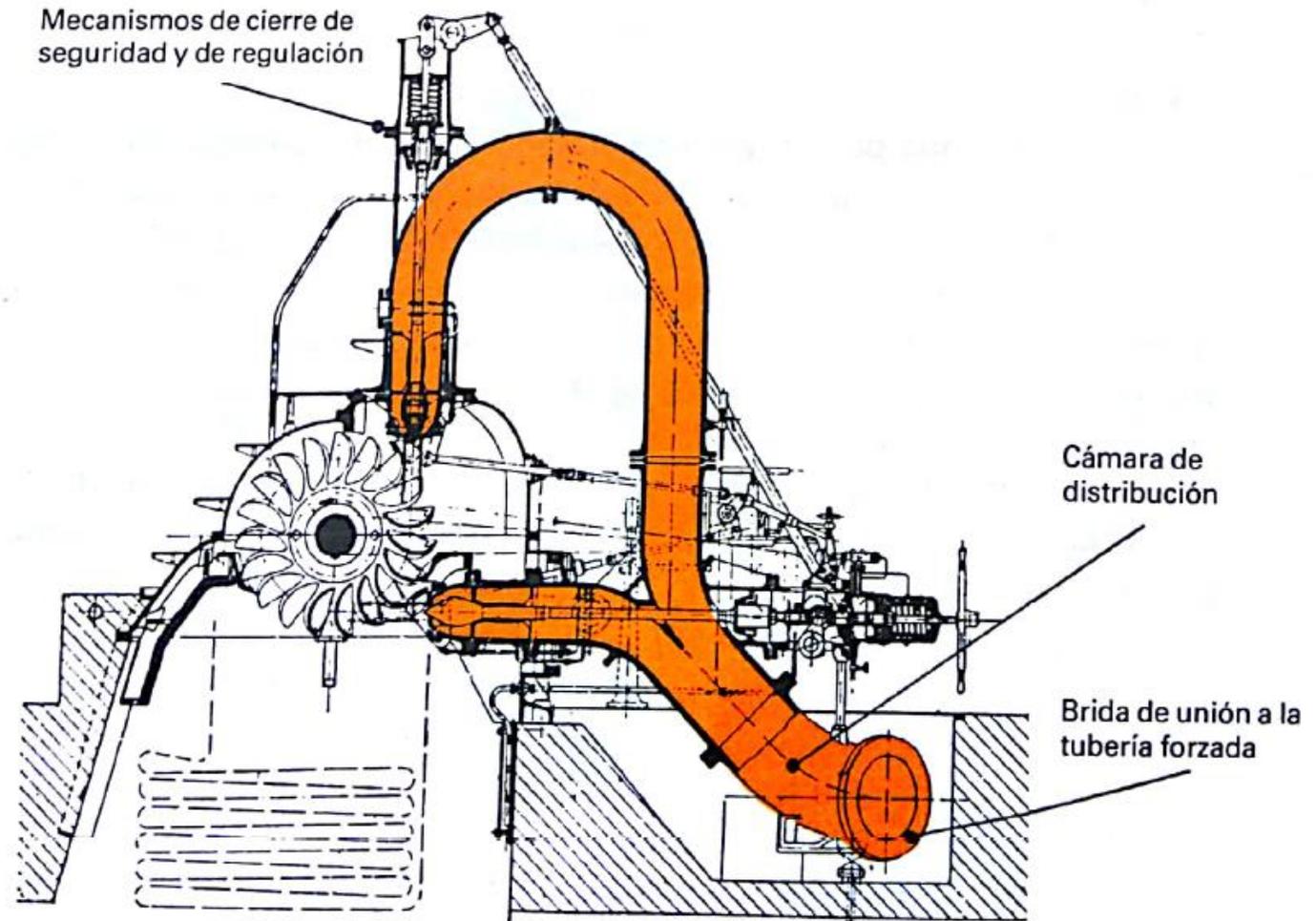
5. COMPONENTES

5. COMPONENTES



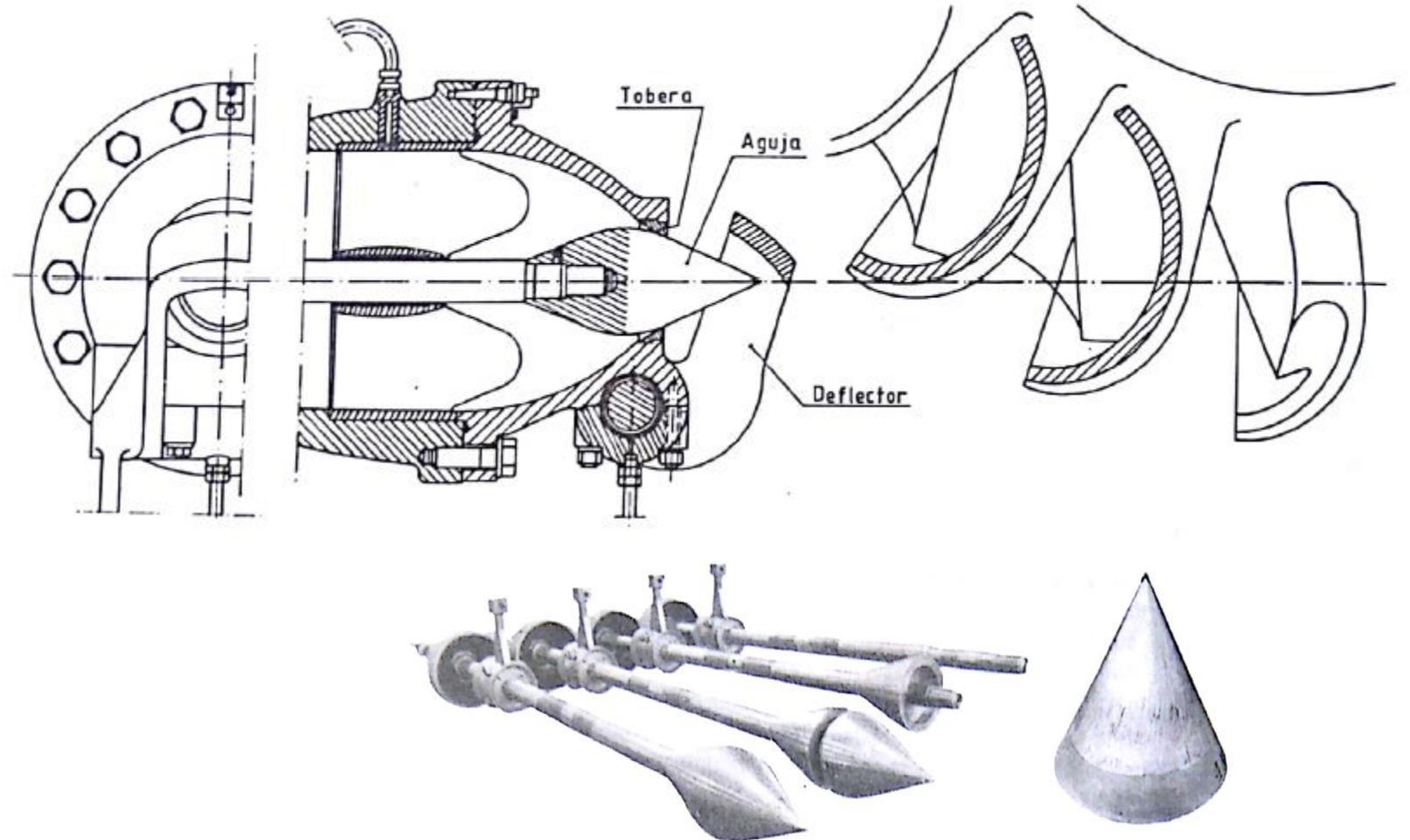
Distribuidor

- Tiene como misión dirigir, convenientemente, un chorro de agua, cilíndrico y de sección uniforme, que se proyecta sobre el rodete, así como también, regular el caudal preciso que ha de fluir hacia dicho rodete, llegando a cortarlo totalmente cuando proceda.

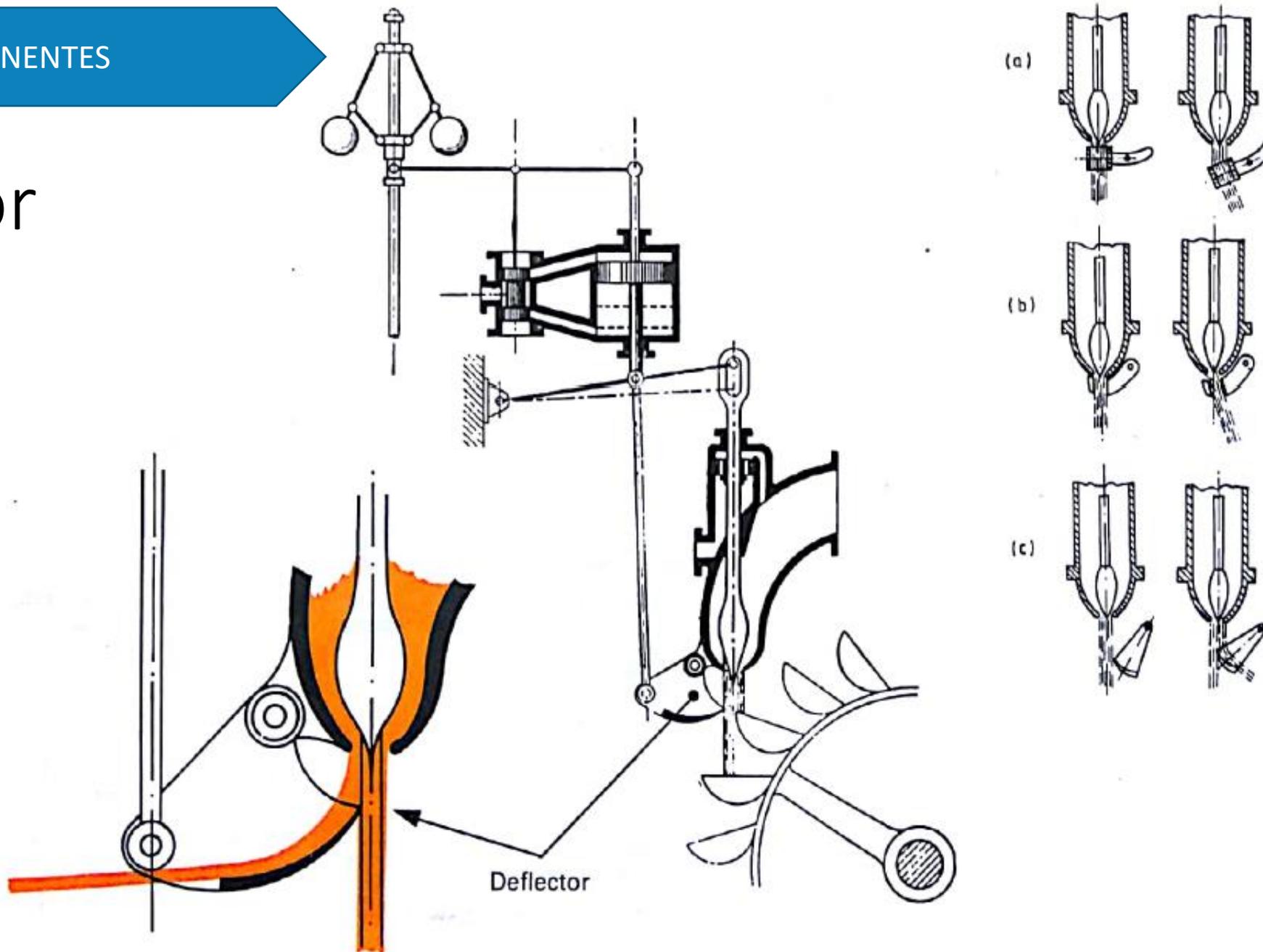


Inyector

- La tubería de presión que sirve el agua a una turbina Pelton termina en un inyector en forma de tobera convergente, con aguja de cierre cónica, que cumple las funciones de alimentador, de regulador del gasto y de convertidor de la energía potencial del agua en energía cinética para ser aprovechada por la turbina. Es el elemento mecánico destinado a dirigir y regular el chorro de agua.

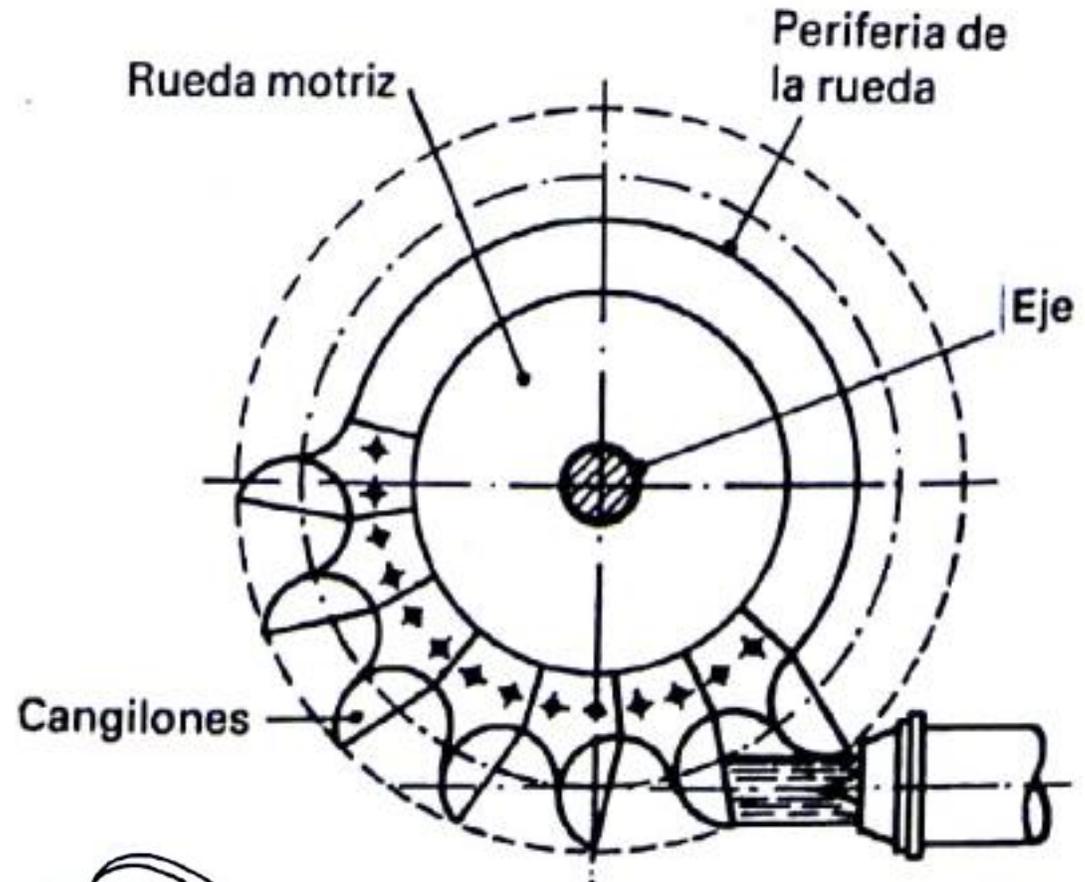


Inyector



Rodete

- Es la pieza clave donde se transforma la energía hidráulica del agua, en su forma cinética, en energía mecánica o, dicho de otra manera, en trabajo según la forma de movimiento de rotación.

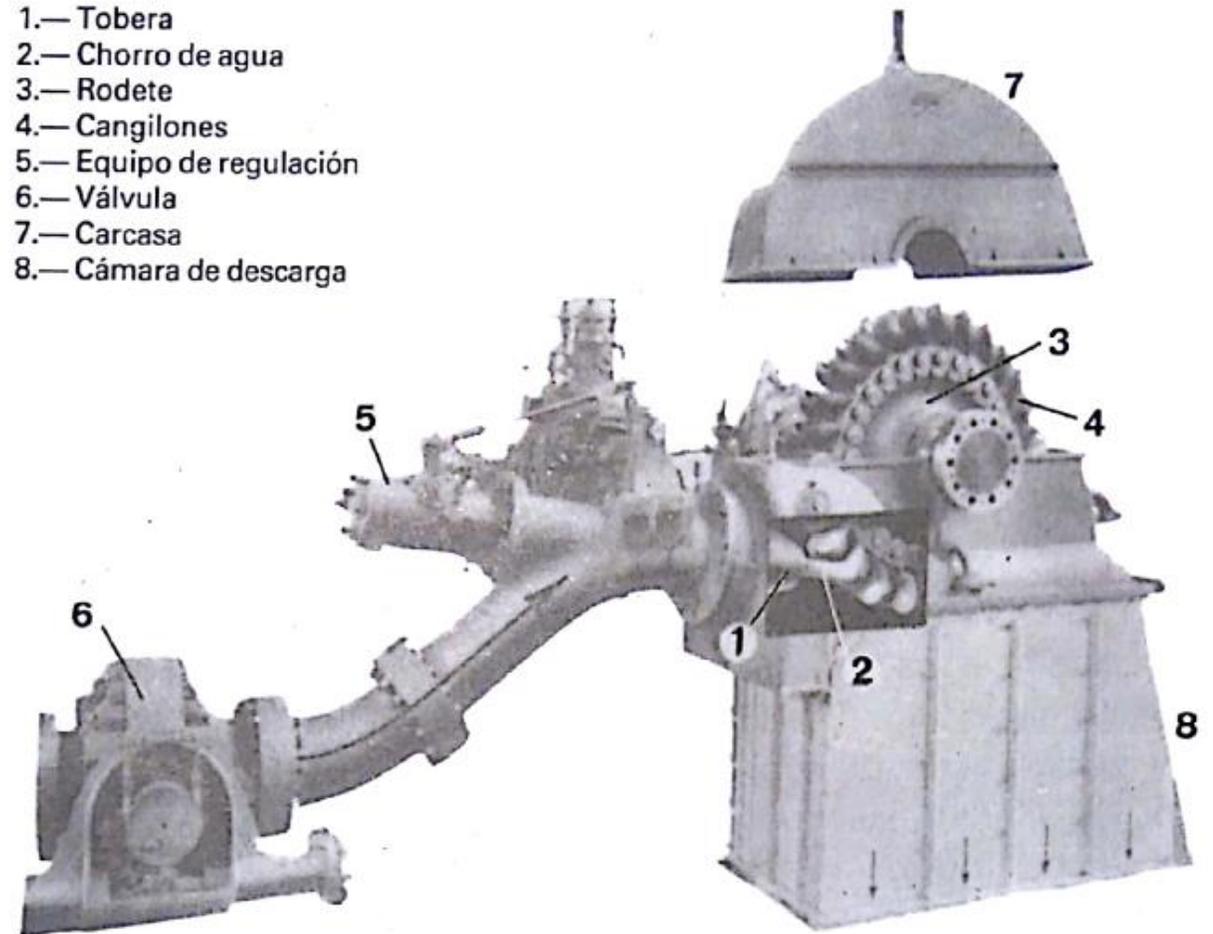


Rodete



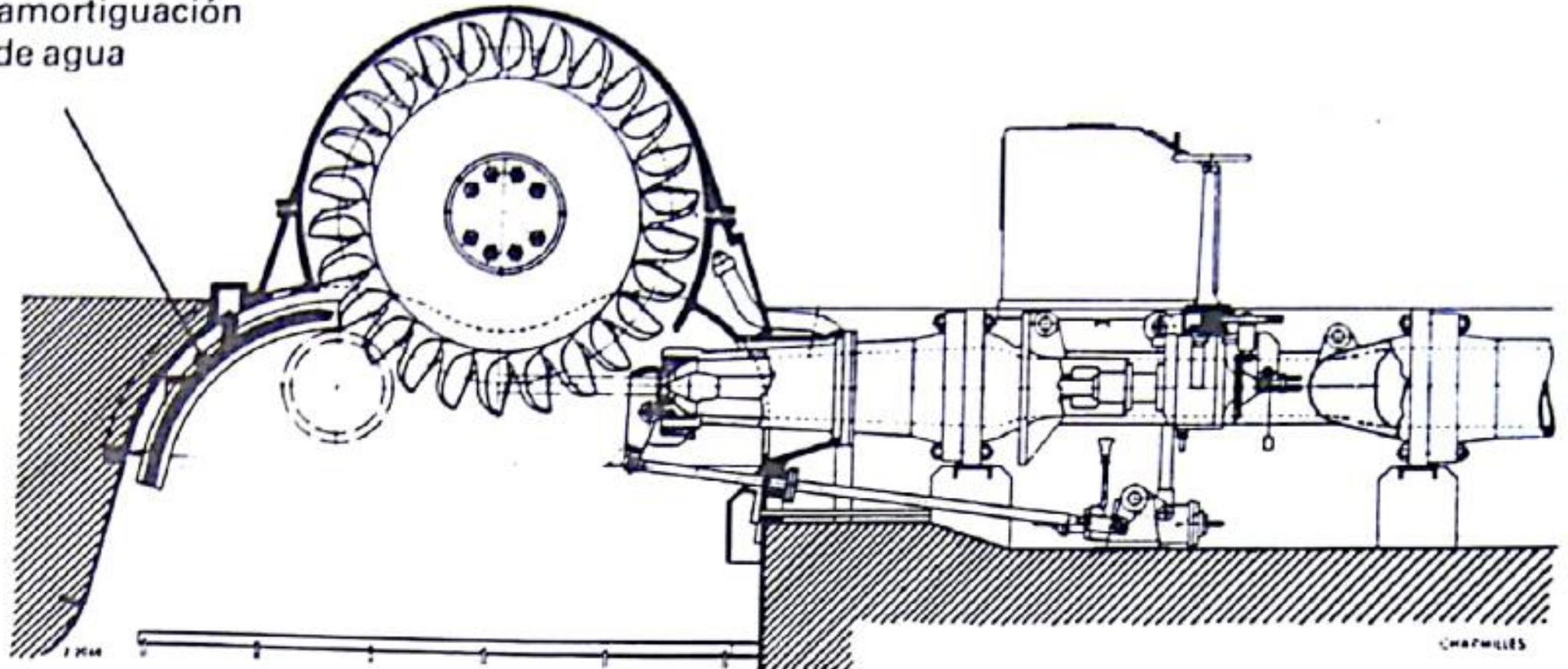
Carcasa

- Es la envoltura metálica que cubre los inyectores, rodete y otros elementos mecánicos de la turbina.
- Su misión consiste en evitar que el agua salpique al exterior cuando, después de incidir sobre los cangilones, abandona a éstos. Dispone de un equipo de sellado, en las zonas de salida del eje, a fin de eliminar fugas de agua.



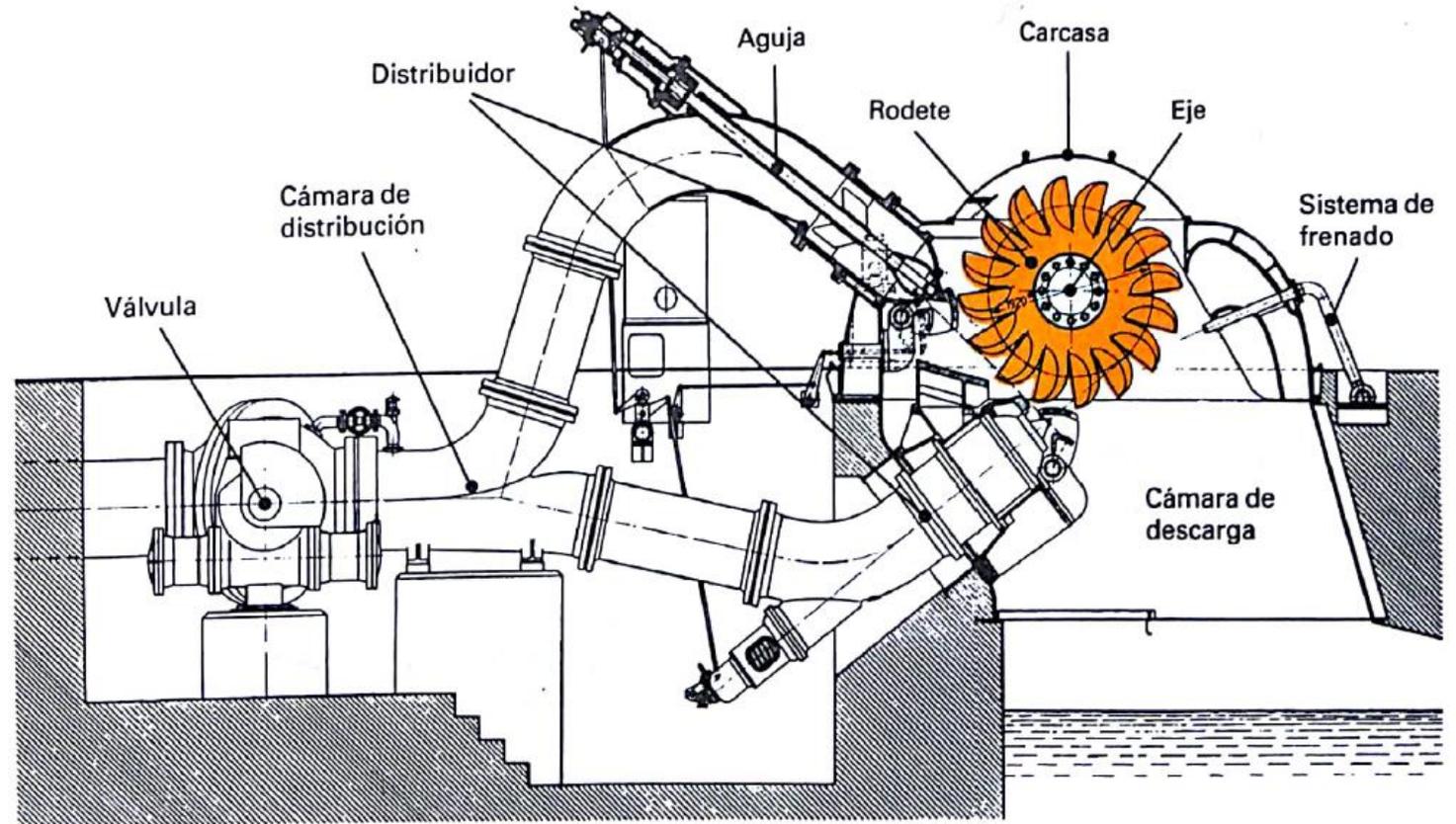
Cámara de descarga

Placa para amortiguación
del chorro de agua

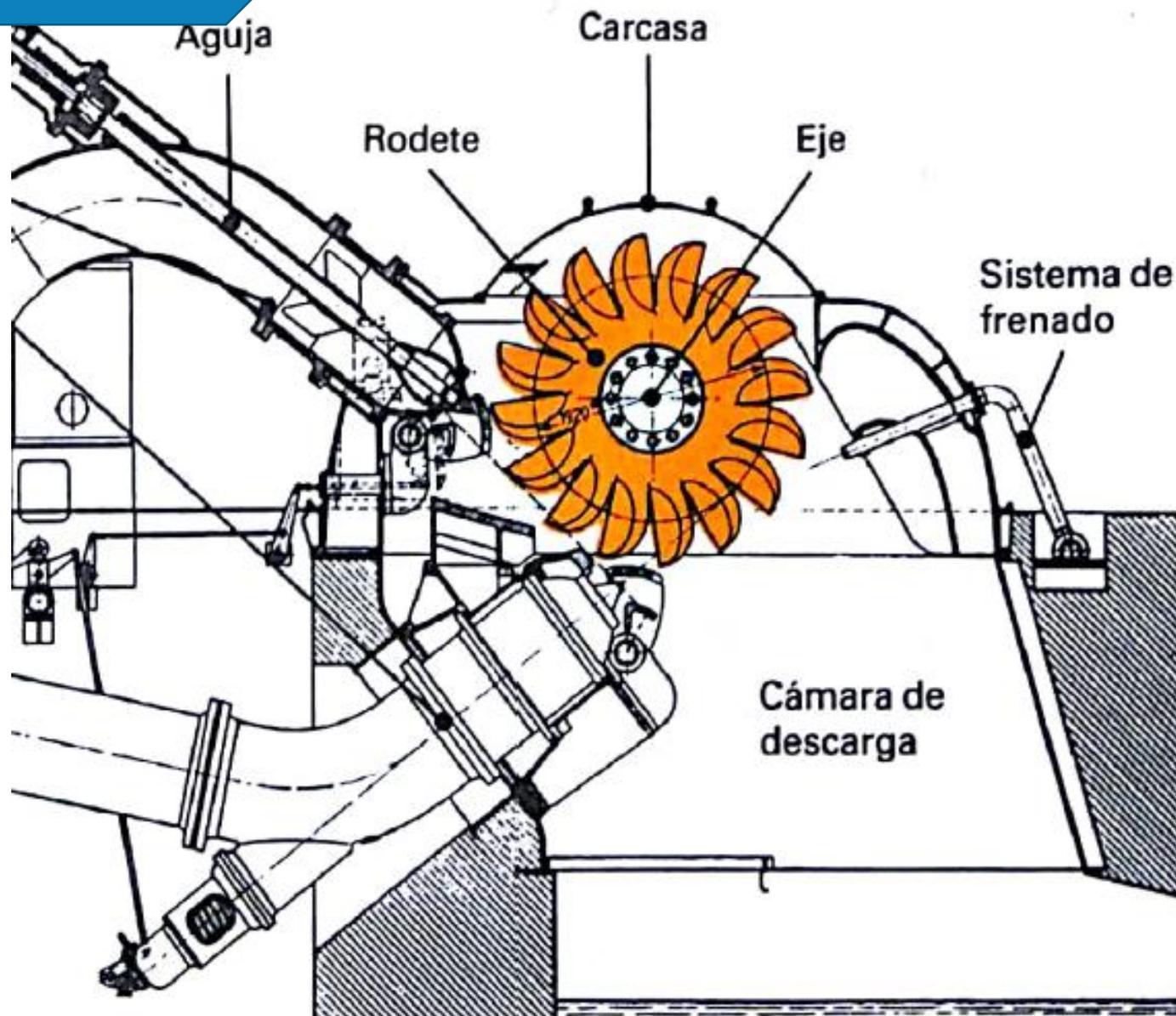


Sistema de frenado hidráulico

- Consiste en un circuito de agua derivado de la cámara de distribución. El agua, proyectada a gran velocidad sobre la zona convexa de los cangilones, favorece el rápido frenado del rodete, cuando las circunstancias lo exigen.

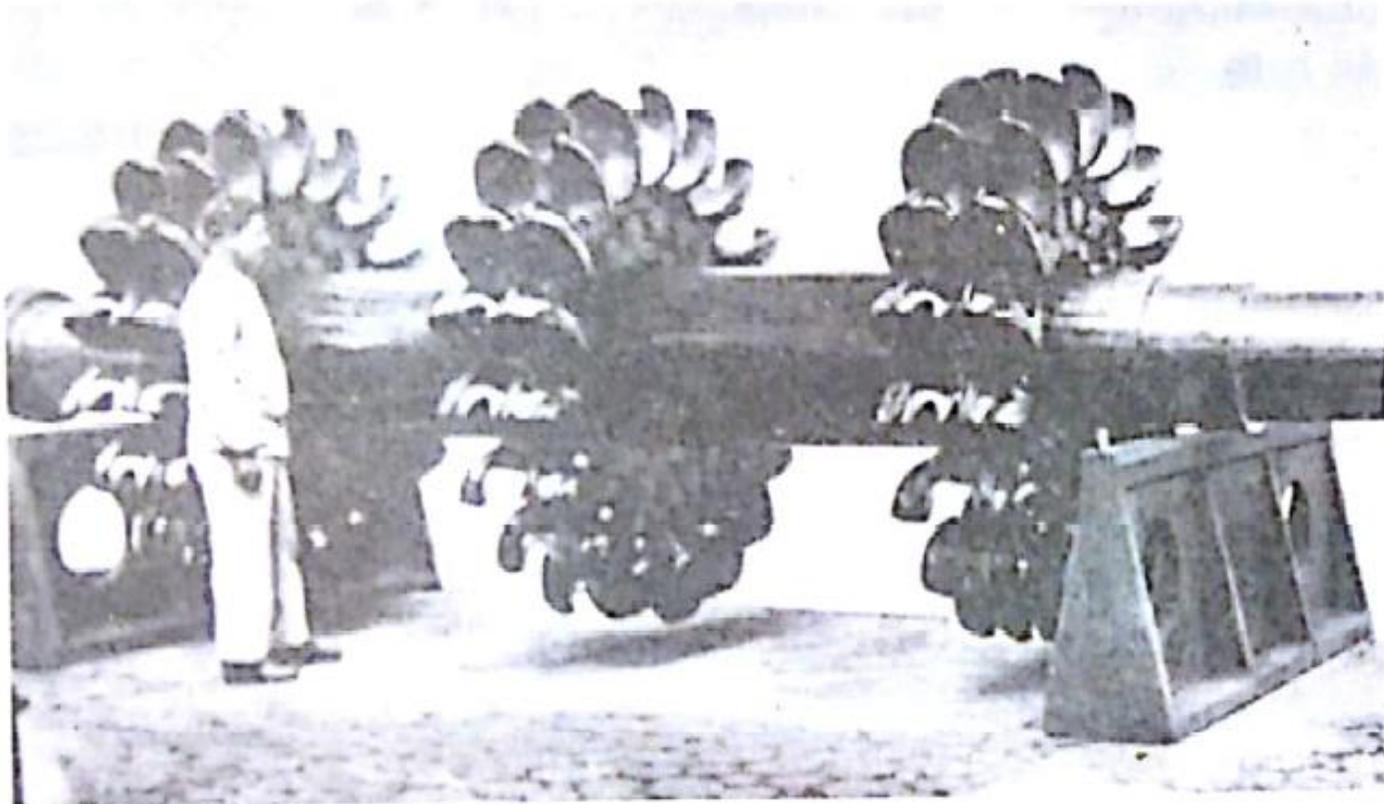


5. COMPONENTES

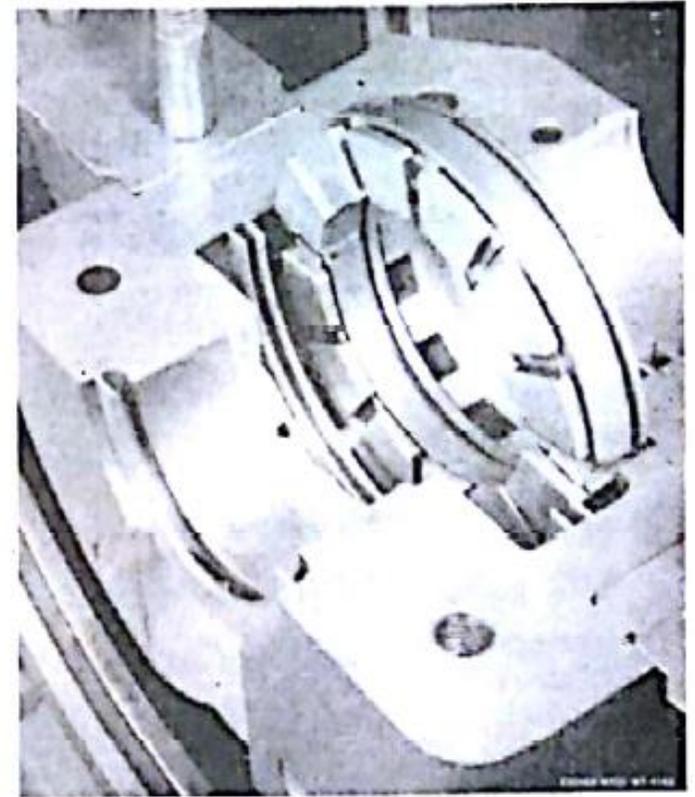


Eje

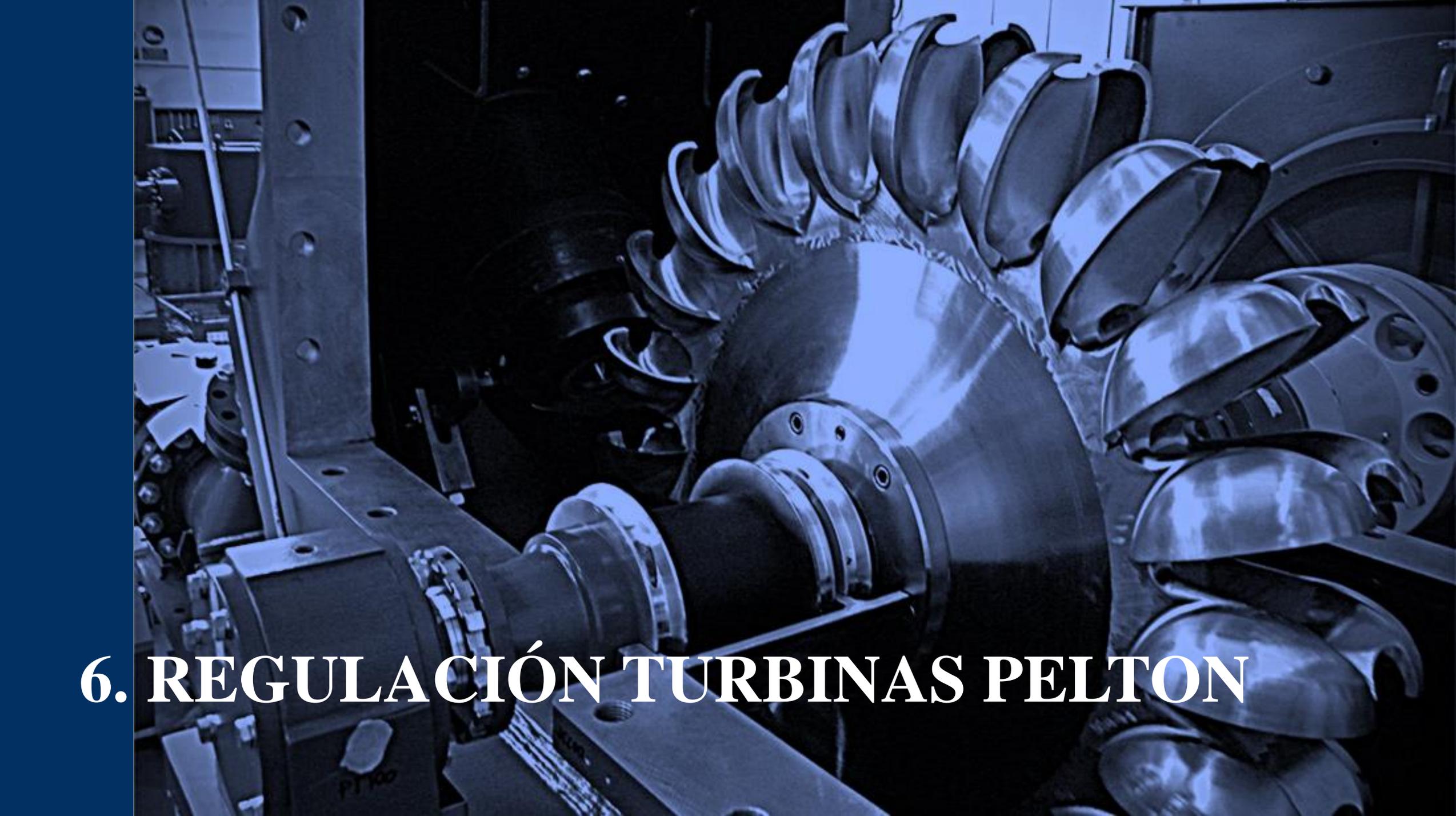
- Rígidamente unido al rodete, y situado adecuadamente sobre cojinetes debidamente lubricados, transmite el movimiento de rotación al eje del alternador.



17/30

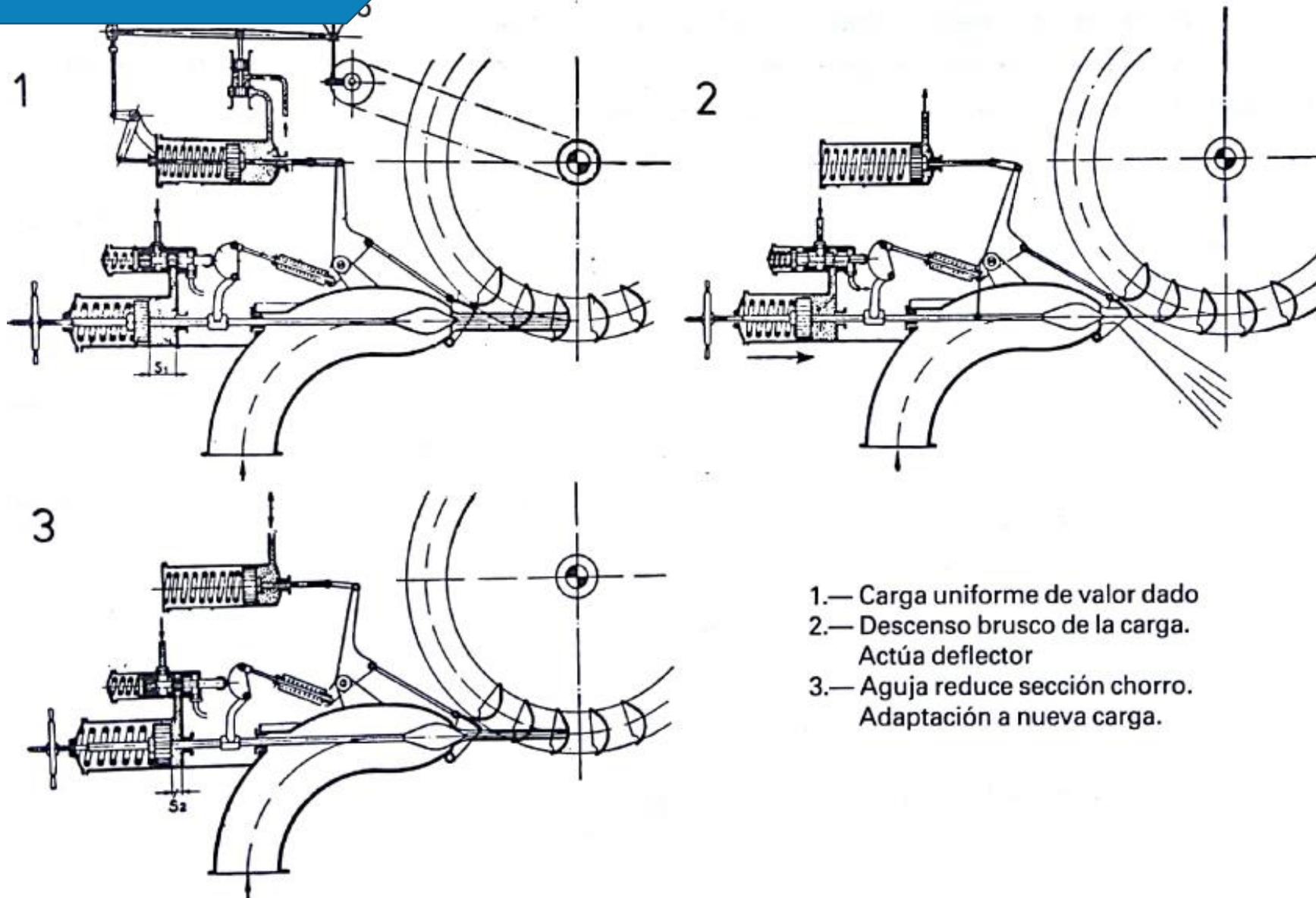


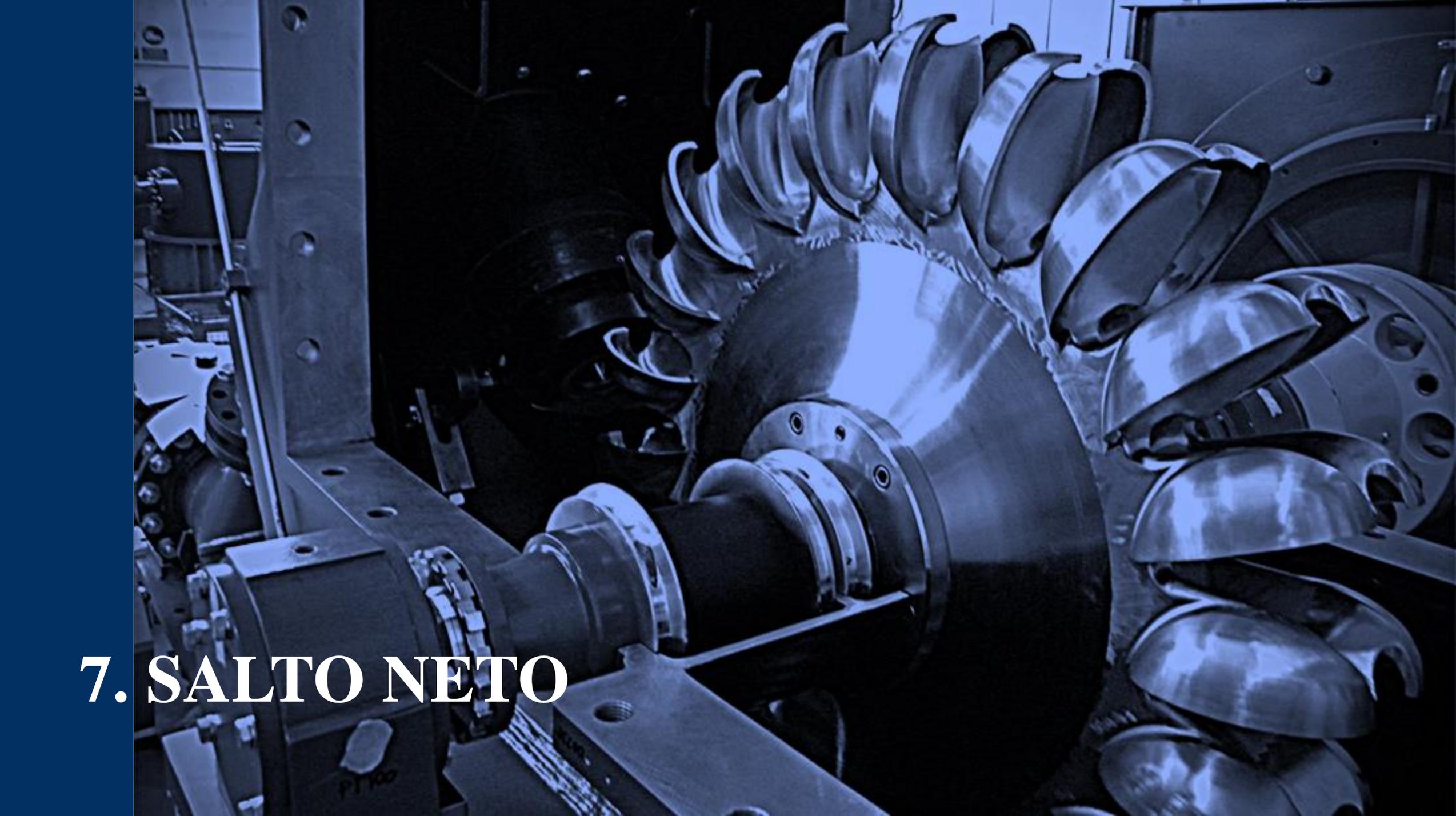
30 de 22

A detailed close-up photograph of a Pelton turbine runner, showing its characteristic series of buckets arranged in a circular pattern. The runner is mounted on a shaft, and the image highlights the intricate mechanical design and the polished surfaces of the buckets. The entire image is overlaid with a blue tint.

6. REGULACIÓN TURBINAS PELTON

6. REGULACIÓN



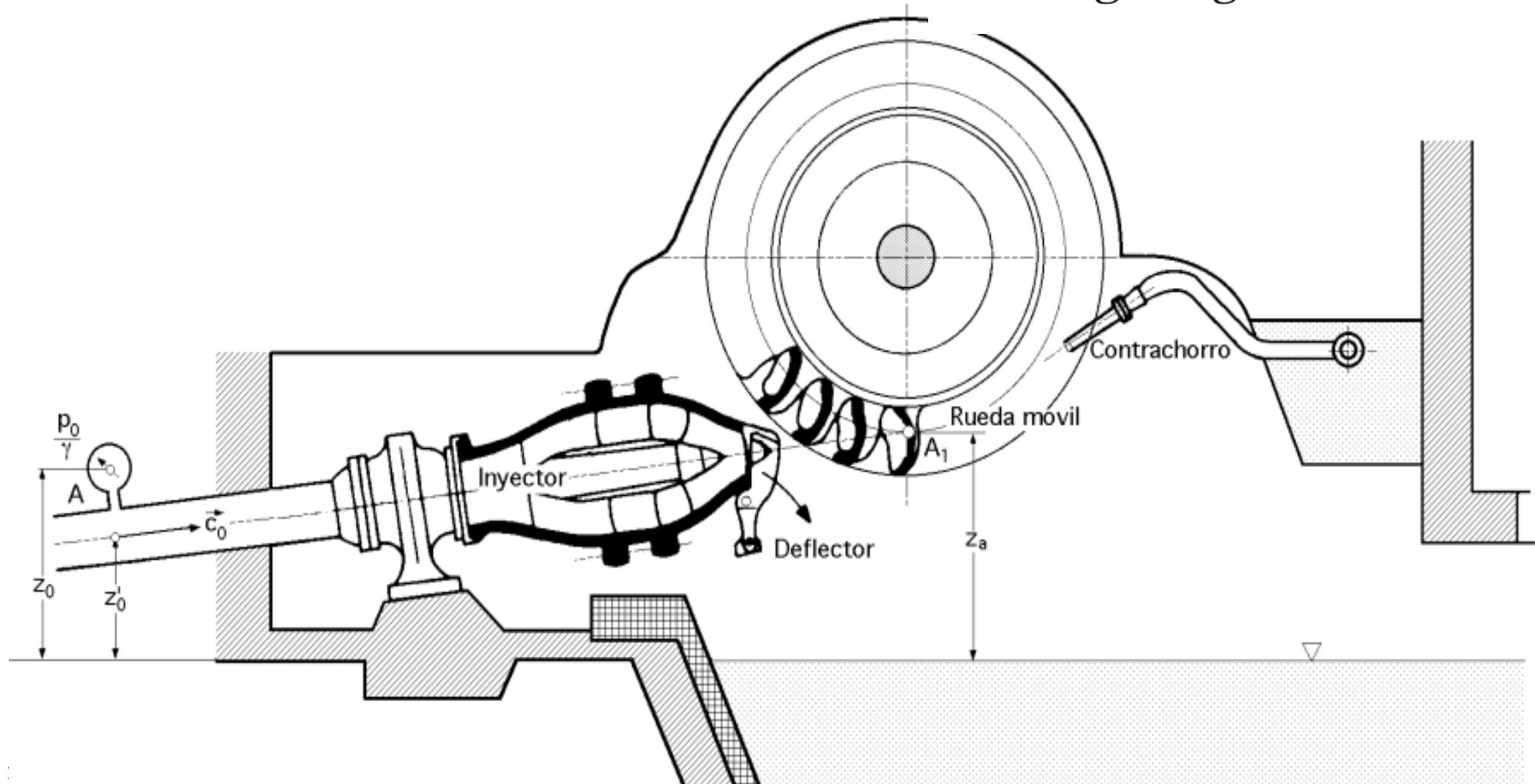


7. SALTO NETO

7. SALTO NETO

De un inyector

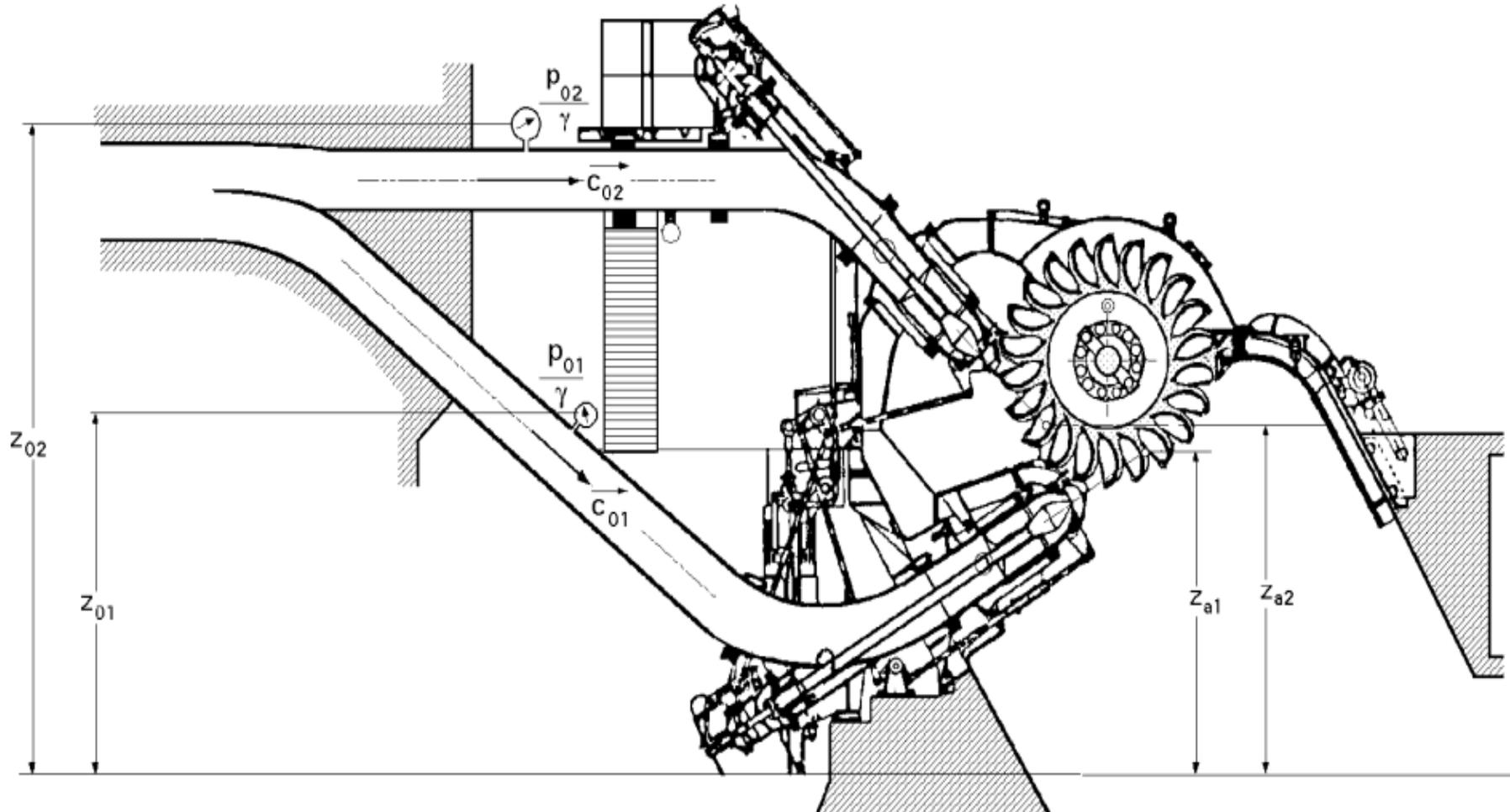
$$H_n = \frac{c_0^2}{2g} + \frac{p_0}{g} + z_0 - z_a$$



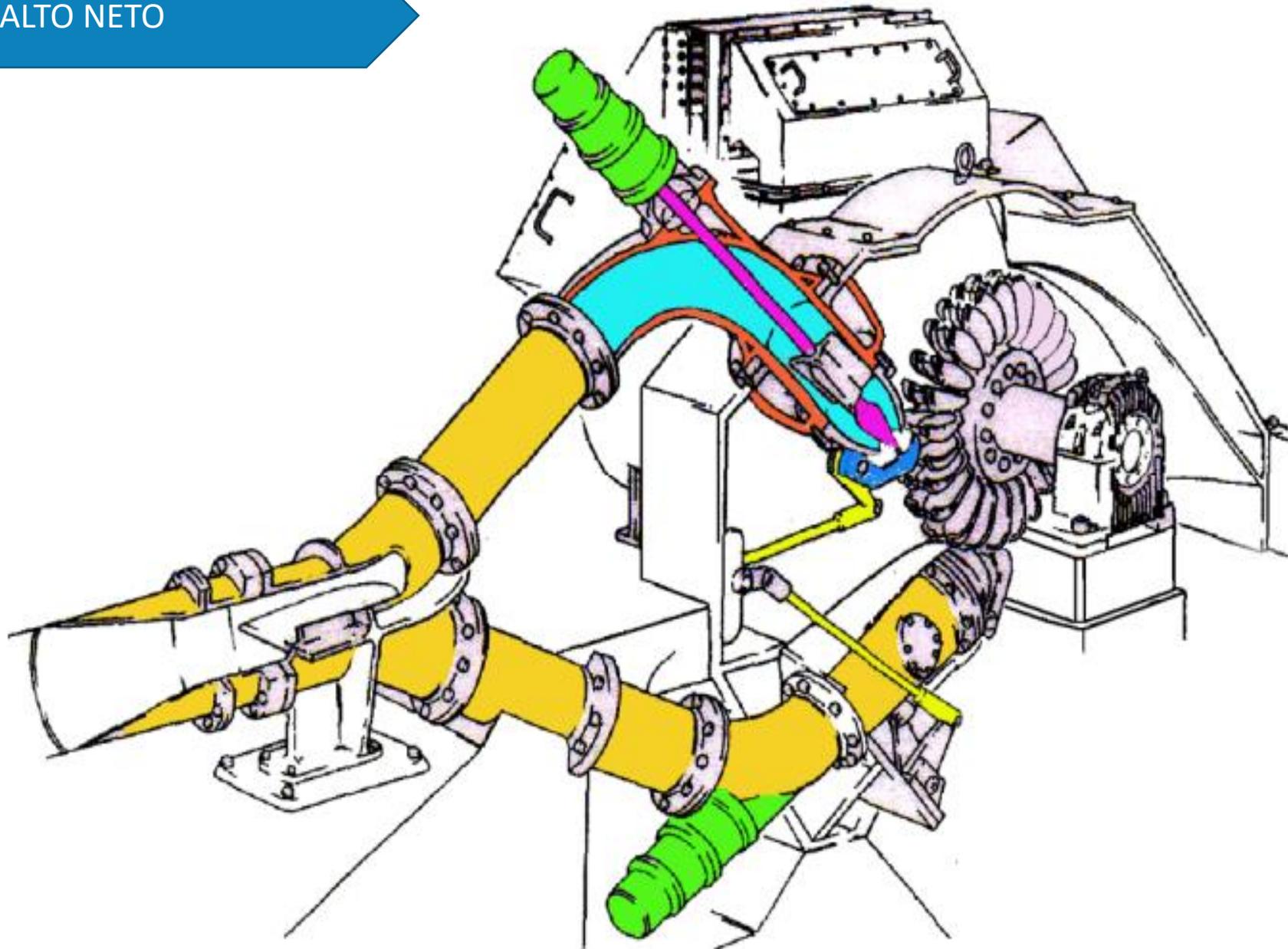
7. SALTO NETO

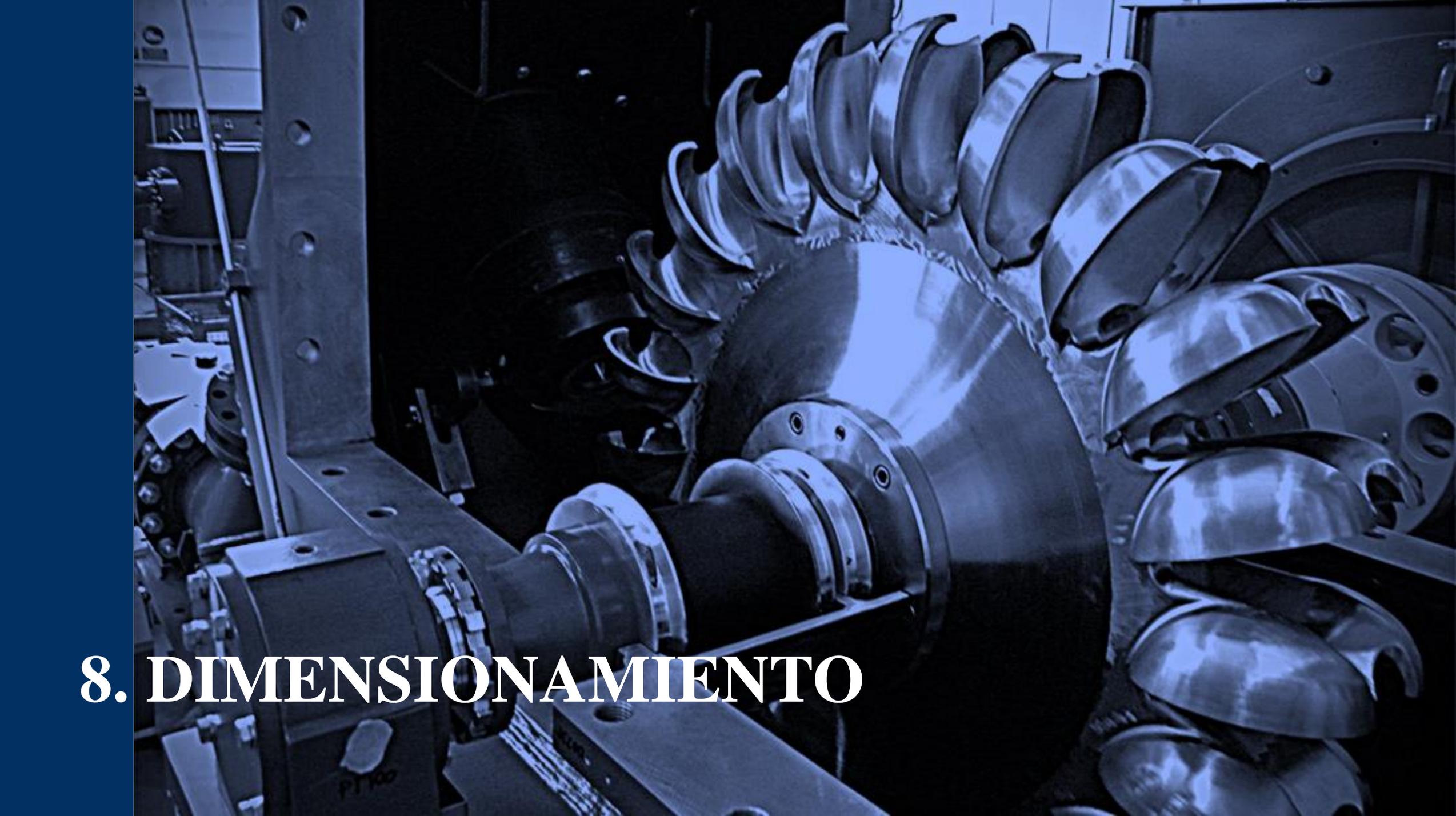
De varios inyectores

$$H_n = \frac{c_0^2}{2g} + \frac{p_0}{g} + z_0 - z_a$$



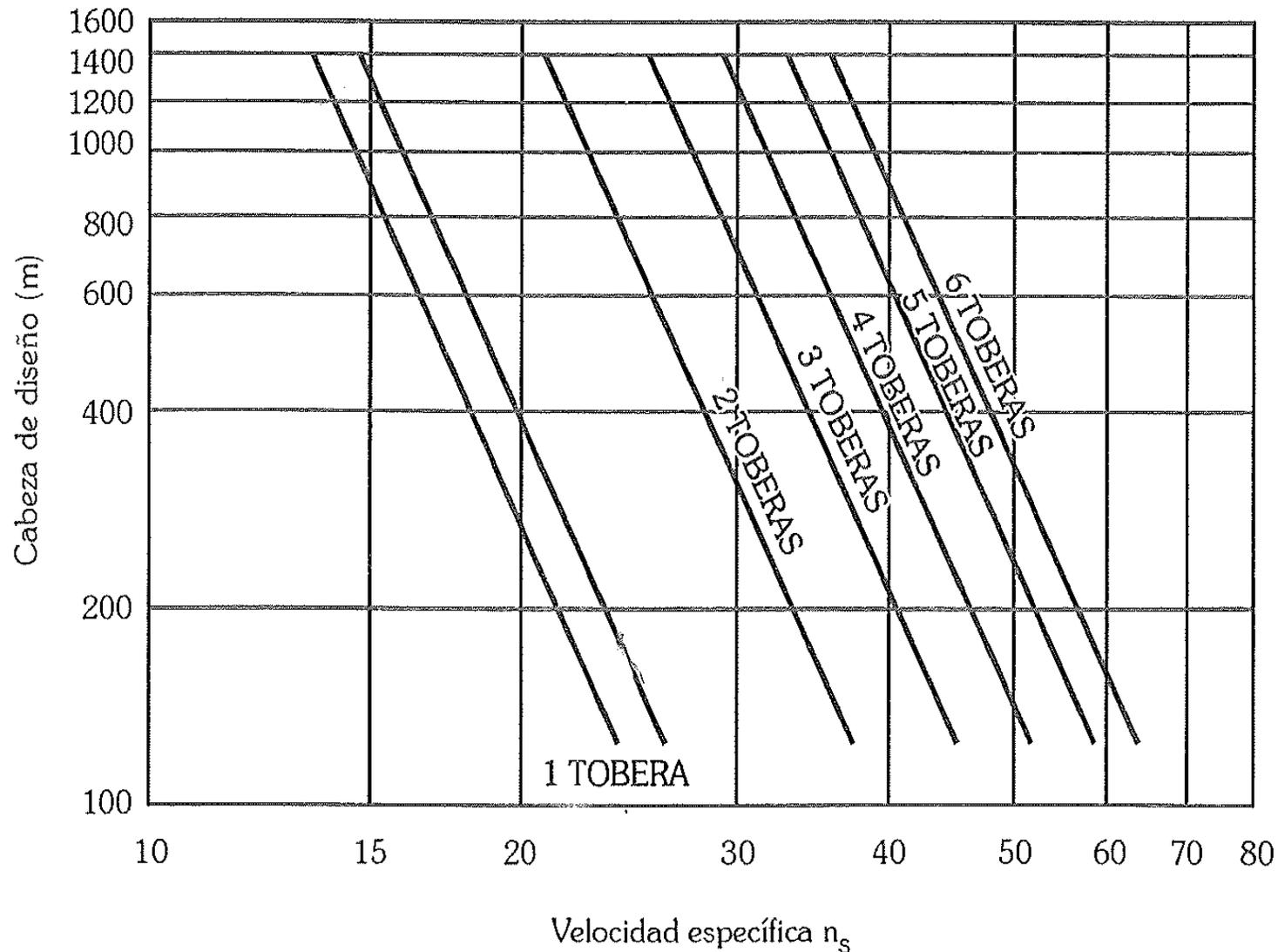
7. SALTO NETO





8. DIMENSIONAMIENTO

8. DIMENSIONAMIENTO



$$n_s = n * (P)^{\frac{1}{2}} * H_d^{-1.25} * 1,167$$

n : velocidad nominal [r.p.m.]

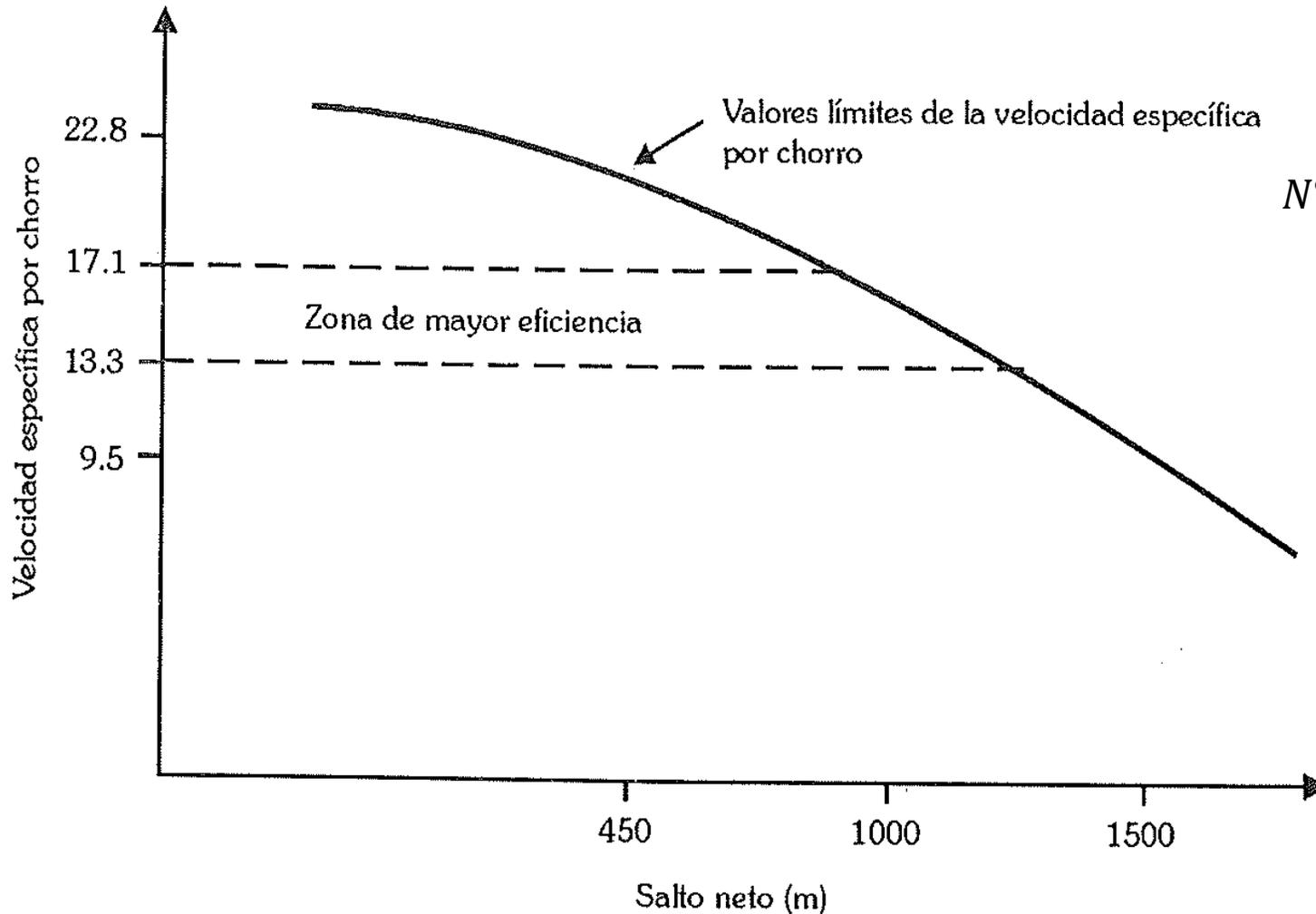
n_s : velocidad específica de la turbina

P : potencia nominal de la turbina [kW]

H_d : salto neto de diseño [m]

Determinación de la velocidad específica y el número de toberas en función de la cabeza de diseño (salto neto).

8. DIMENSIONAMIENTO



$$n = \frac{n_s}{P^{\frac{1}{2}} * H_d^{-1.25} * 1,167}$$

$$N^{\circ} \text{ par de polos} = 60 * \frac{f}{n}$$

$$N^{\circ} \text{ par de polos} = \frac{3000}{n} \text{ con } f = 50\text{Hz}$$

$$n_s = n_{AS} * P^{0,5} * H^{-1,25} * 1,167$$

$$n_{SC} = 85,49 * H^{-0,243}$$

Donde:

n_{SC} : velocidad específica del chorro

P : Potencial de la turbina [Kw]

i : número de chorros

n : velocidad nominal [rpm]

H : salto de diseño [m]

8. DIMENSIONAMIENTO

Diámetro del rodete y la tobera:

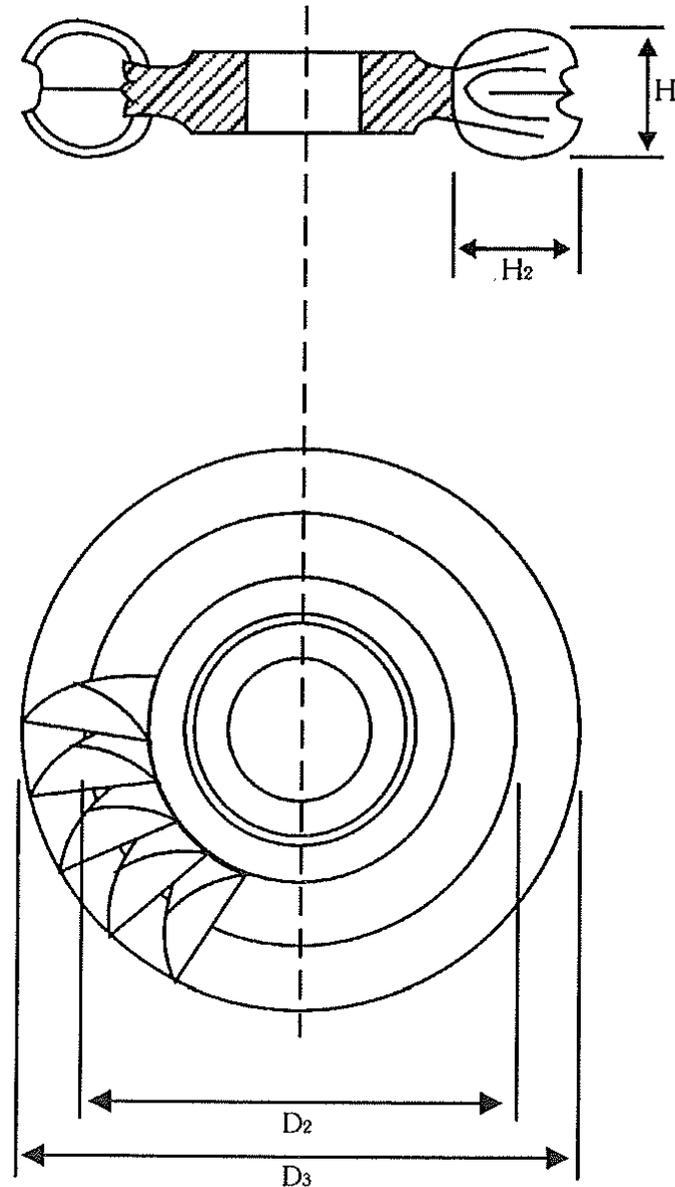
Coeficiente de velocidad periférica (ϕ):

$$\phi = 0,5445 - 0,0039n_{SC}$$

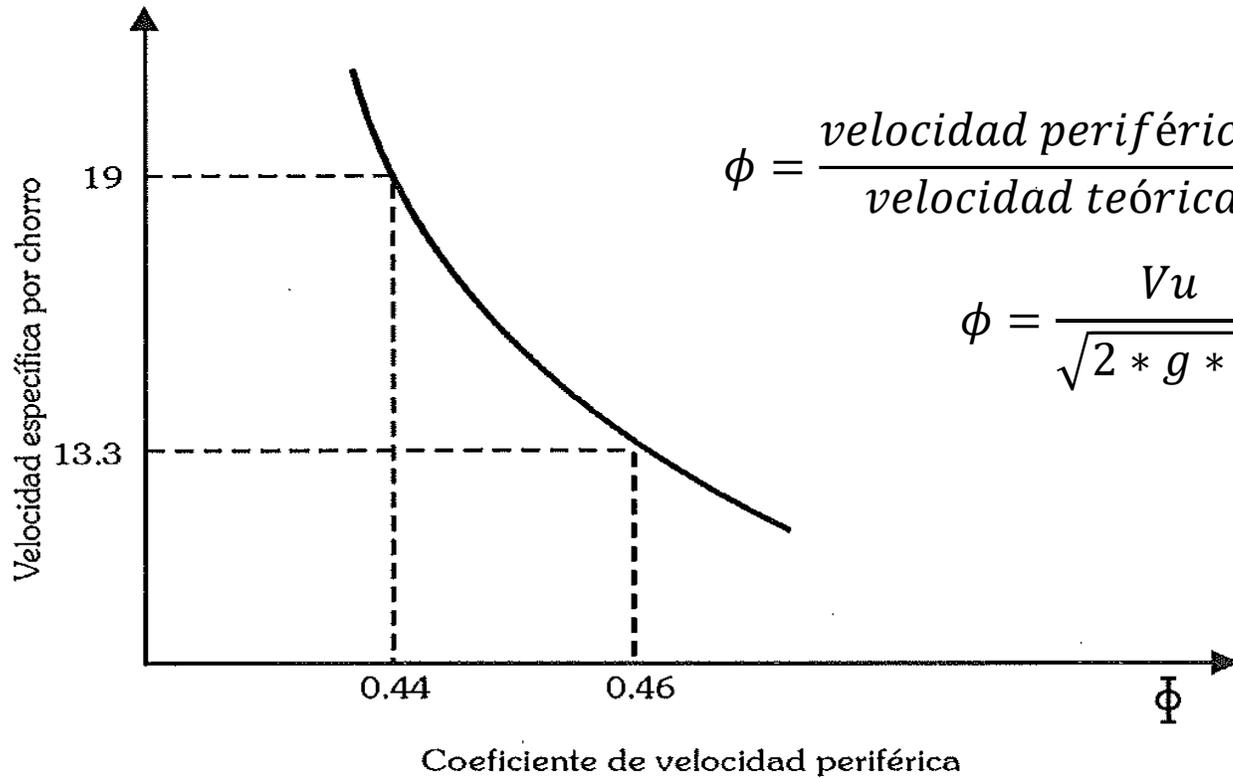
Diámetro medio del rodete (D_2)

$$D_2 = \phi * \left(60 * \frac{\sqrt{2 * g * H}}{\pi * n} \right) [m]$$

$$D_2 = \frac{60}{\pi} * \frac{Vu}{n}$$

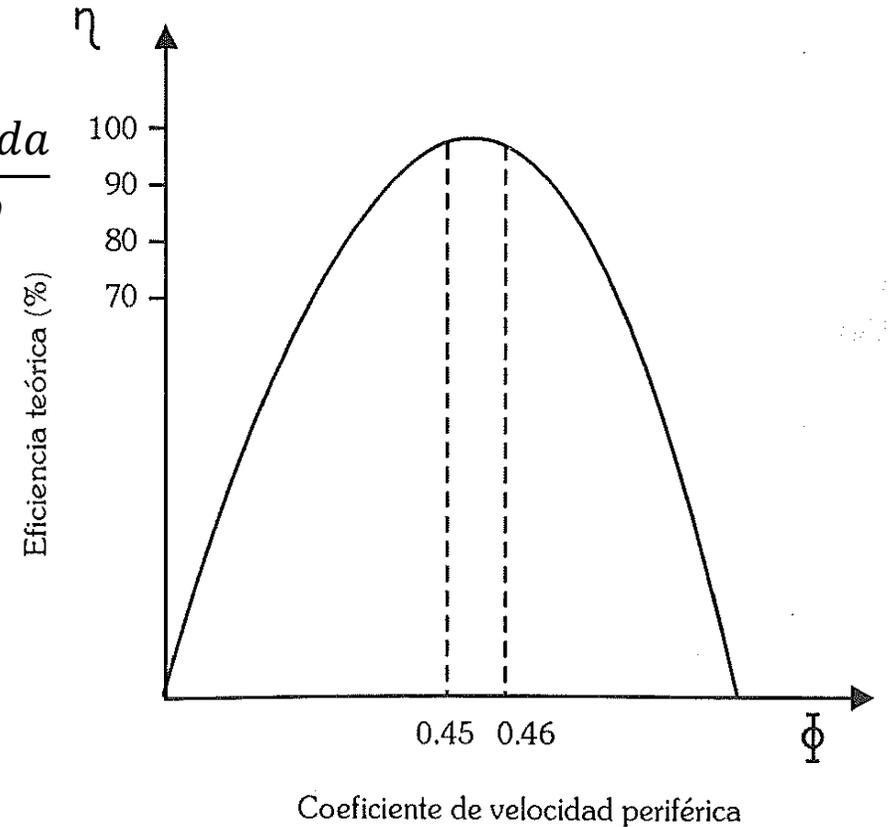


8. DIMENSIONAMIENTO



$$\phi = \frac{\text{velocidad periférica de la rueda}}{\text{velocidad teórica del chorro}}$$

$$\phi = \frac{Vu}{\sqrt{2 * g * H}}$$



Curva para determinar el coeficiente de velocidad periférica en función de la velocidad específica por chorro.

8. DIMENSIONAMIENTO

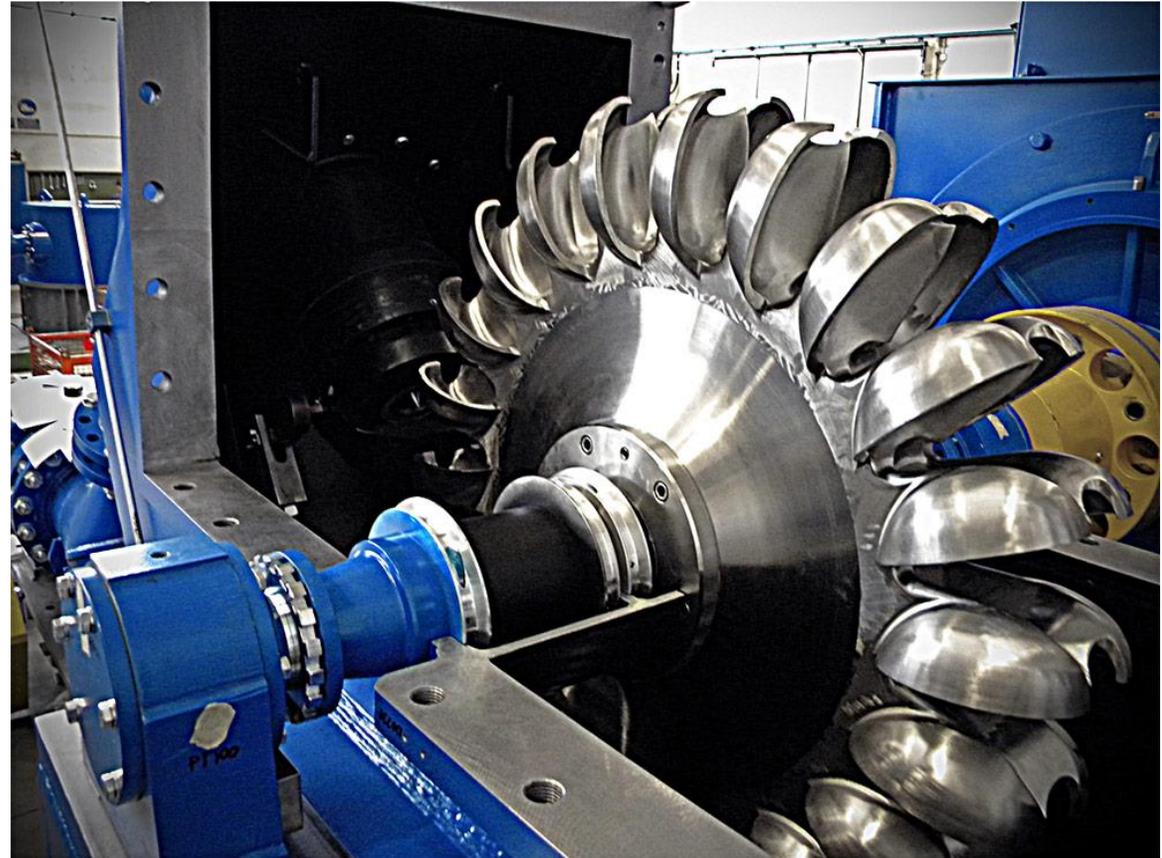
$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{q_c}{C}}$$

Donde:

q_c : caudal por chorro

C : velocidad del chorro

d : diámetro del chorro



8. DIMENSIONAMIENTO

Dimensiones principales de los cangilones

$$H_S = 1,87 + 2,24 * \left(\frac{Q}{n_S} \right)$$

$$H_1 = 3,20 * d^{0,96} [m]$$

$$H_2 = 3,23 * d^{1,02} [m]$$

$$D_3 = D_2 + H_2 [m]$$

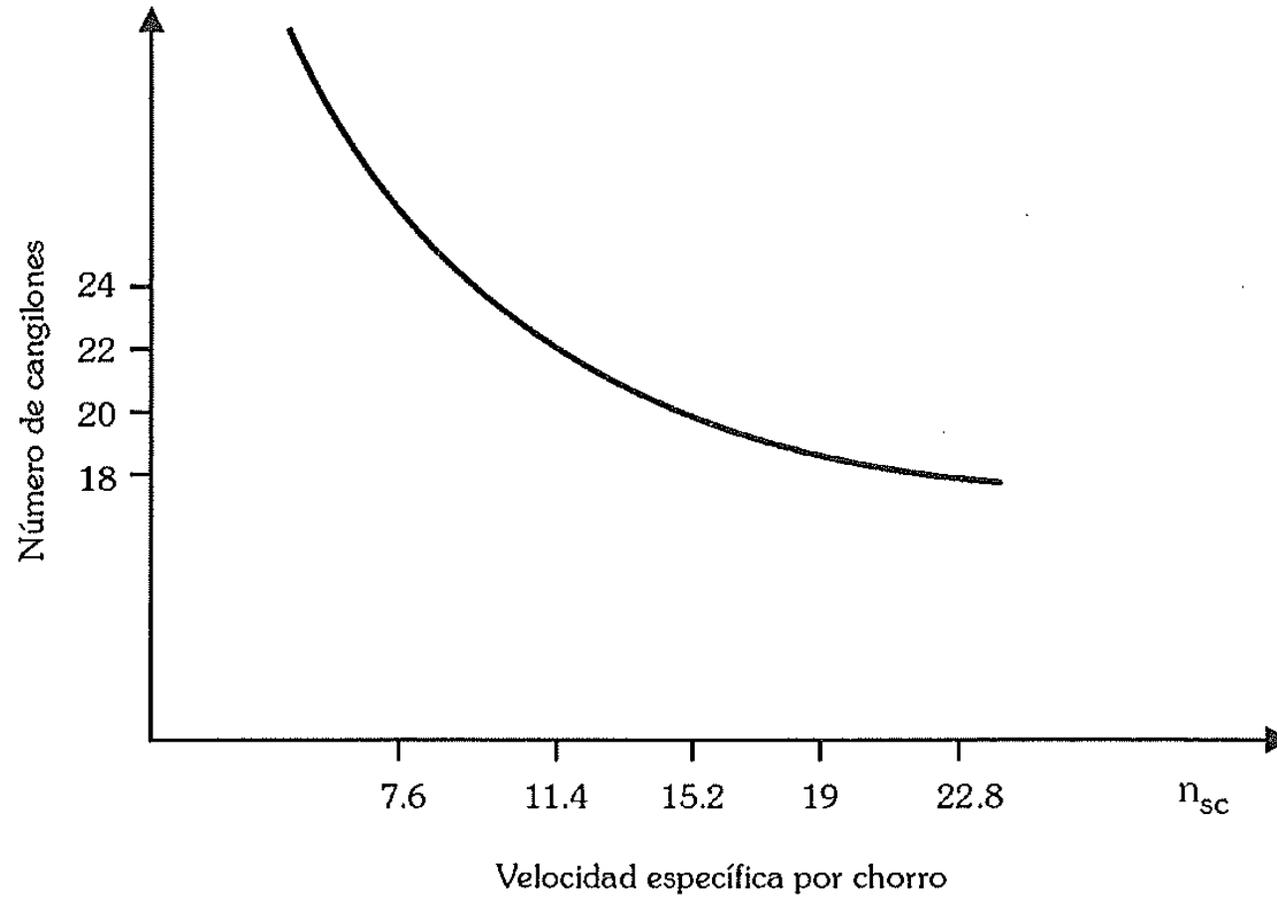
H_S : distancia entre el eje de la rueda y el nivel máximo del agua dentro de la cubierta.

Q : caudal de diseño de la turbina [m³/s]

n_S : velocidad específica de la turbina

8. DIMENSIONAMIENTO

Número de cangilones o cucharas



8. DIMENSIONAMIENTO

Dimensiones de la cubierta

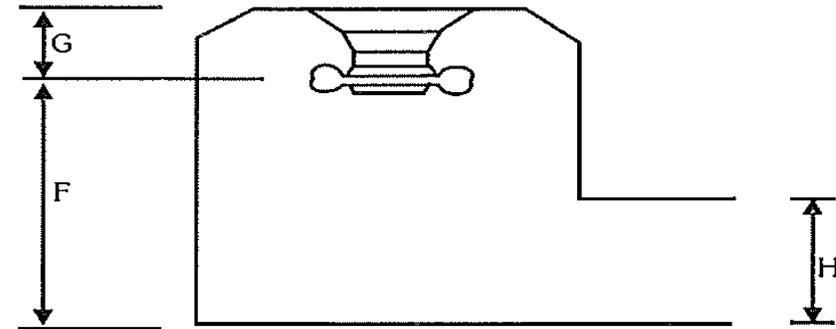
$$L = 0,78 + 2,06 * D_3$$

$$G = 0,196 + D_3$$

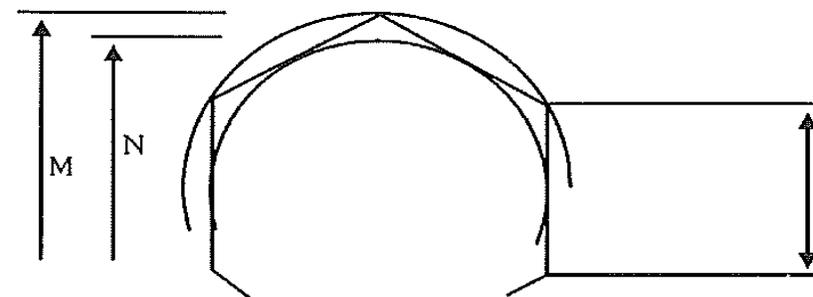
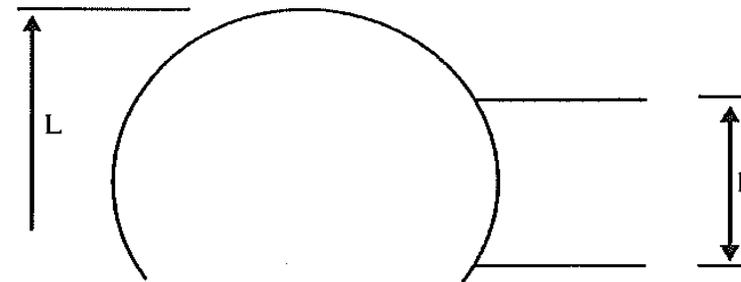
$$F = 1,09 + 0,71 * L$$

$$I = 1,28 + 0,37 * L$$

$$H = 0,62 + 0,513 * L$$



VISTA EN CORTE



VISTA EN PLANTA

8. DIMENSIONAMIENTO

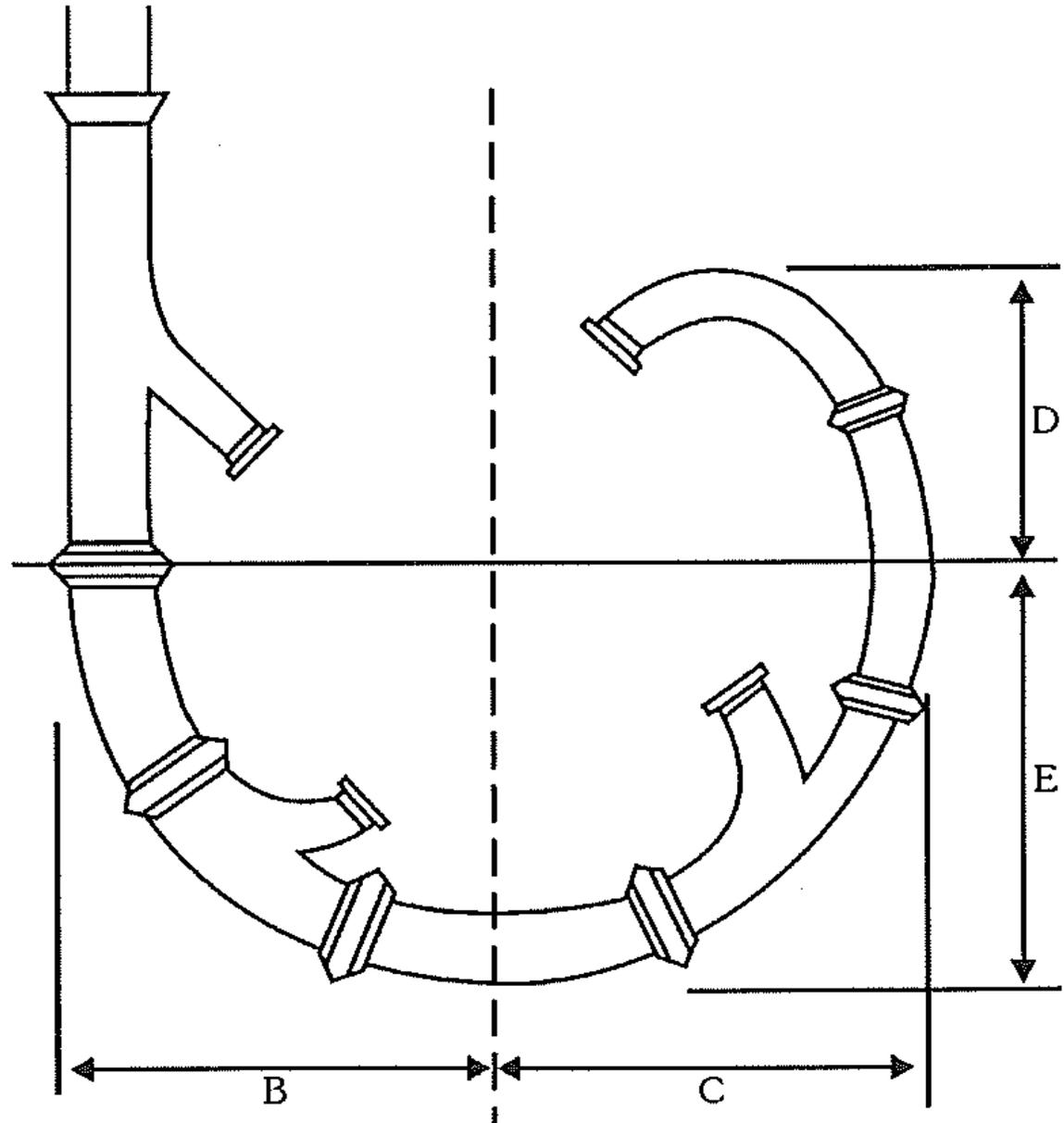
Tamaño del espiral

$$B = 0,595 + 0,69 * L$$

$$C = 0,362 + 0,68 * L$$

$$D = 0,7 * L - 0,219$$

$$E = 0,43 + 0,70 * L$$

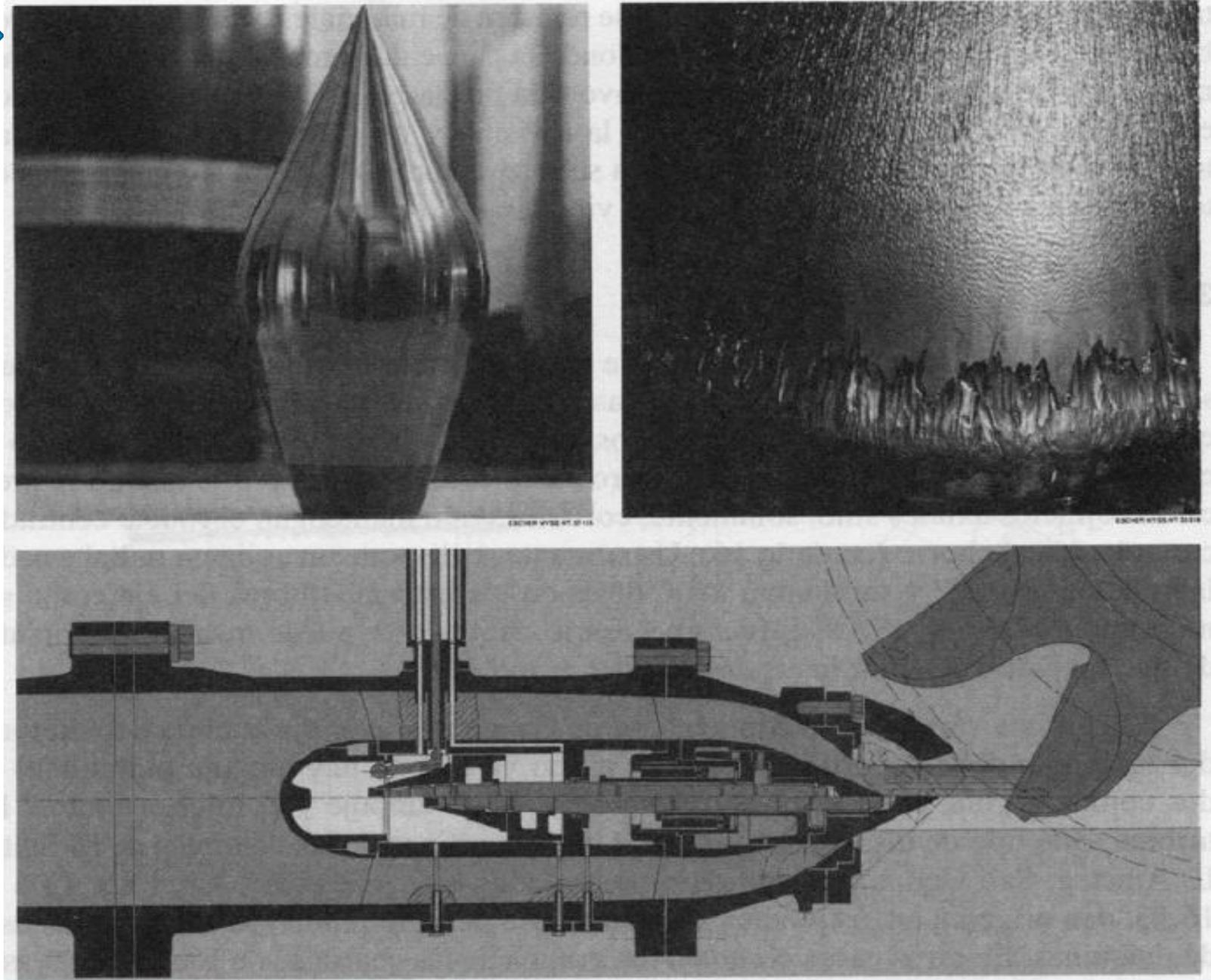




9. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

9. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Velocidad del chorro: 80 m/s – 140 m/s
- Alta capacidad erosiva
- Material de fabricación muy duro y resistente
- Número de álabes: 17 – 26





10. CENTRALES CON TURBINAS PELTON

CH de Jostedal, Noruega

- Potencia instalada: 301 MW
- Unidades: 1 turbina de 288 MW
- Salto bruto máximo: 1163 m
- Caudal por unidad: 28.5 m³/s



10. CENTRALES

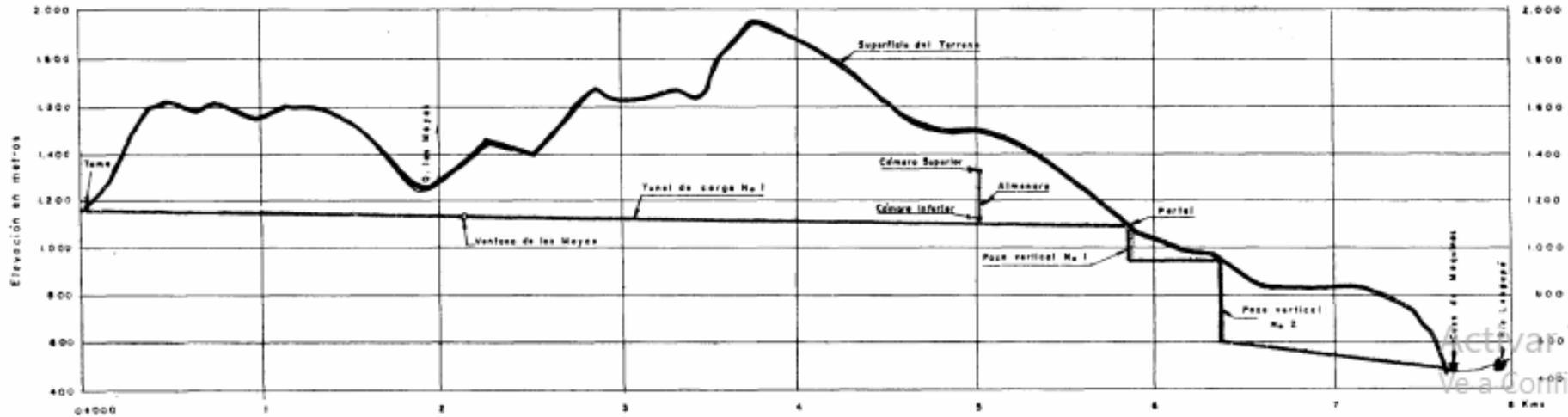
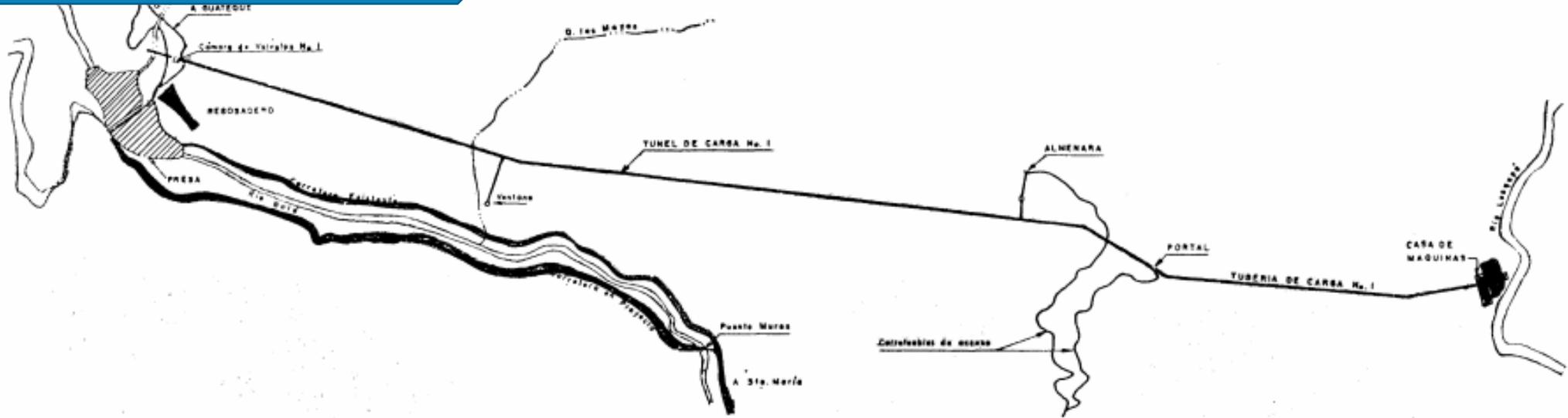


CH de Chivor, Colombia

- Potencia instalada: 1000 MW
- Unidades: 8 turbinas de 125 MW
- Salto bruto promedio: 756 m
- Caudal por unidad: 20.25 m³/s
- Año de inauguración: 1976 (4 unidades)



10. CENTRALES



10. CENTRALES

CH de La Tasajera, Colombia

- Potencia instalada: 315 MW
- Unidades: 3 turbinas de 105 MW
- Salto bruto máximo: 933 m
- Caudal por unidad: 13,25 m³/s
- Año de inauguración: 1998



10. CENTRALES



10. CENTRALES

CH de Bieudrón, Suiza

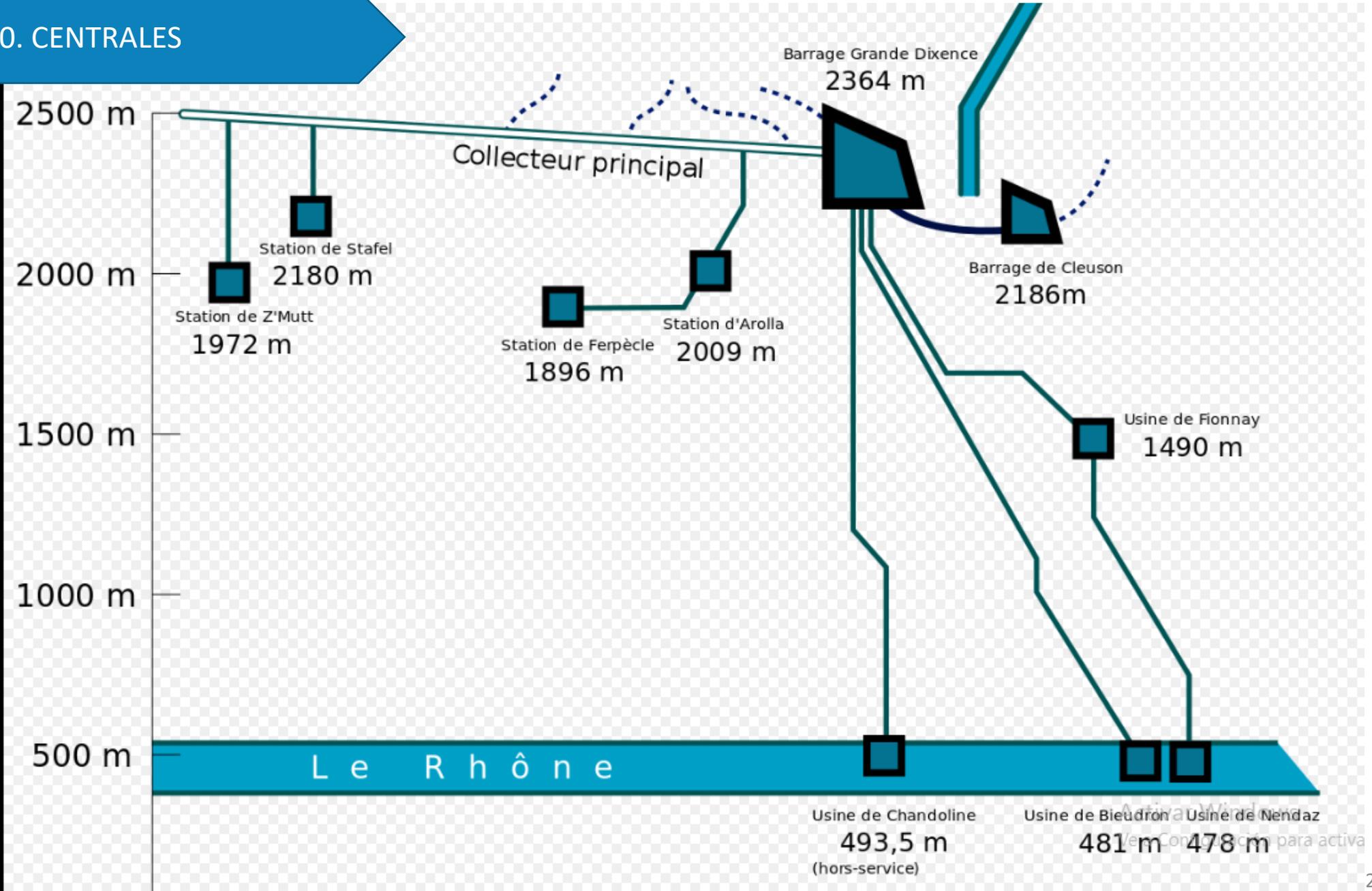
- Potencia instalada: 1269 MW
- Unidades: 3 turbinas de 423 MW
- Salto bruto máximo: 1869 m
- Caudal por unidad: 25 m³/s
- Año de inauguración: 1998



10. CENTRALES



10. CENTRALES



Videos

VOITH

Pelton turbine

Muchas gracias por su atención