



# Centrales y Máquinas Hidráulicas

## **GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS**

**Profesor: M. Sc. Ing. WEBER, Juan F.**

---



# Centrales y Máquinas Hidráulicas

## GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS

### INDICE

<b><u>Trabajo Práctico</u></b>	<b><u>Página</u></b>
Trabajo Práctico 1	11
Trabajo Práctico 2	14
Trabajo Práctico 3	16
Trabajo Práctico 4	18
Trabajo Práctico 5	21
Trabajo Práctico 6	23
Figuras	27



## Trabajo Práctico 1

- 1) En el esquema de la Figura 1, determinar la carga neta sobre la turbina. ¿Cuál será la cota del agua en la chimenea de equilibrio en régimen permanente? Suponiendo  $\eta = 0,85$ , ¿Cuál será la máxima potencia producible?

Datos:

- Caudal  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$
  - Toma sumergida,  $K_e = 0,8$  (entrada y rejas)
  - Galería a presión.  $D_2 = 1,50 \text{ m}$ ;  $L_2 = 1800 \text{ m}$ ;  $\varepsilon_2 = 2 \text{ mm}$
  - Chimenea de equilibrio
  - Tubería forzada de acero remachado.  $D_4 = 600 \text{ mm}$ ;  $L_4 = 120 \text{ m}$ ; pérdida localizada a la entrada  $K_{e4} = 0,5$
  - Tubo de desagüe  $D_5 = 800 \text{ mm}$
- 2) Se desea proyectar una central de paso, y para ello se desea estudiar la variación de la potencia en función del caudal y de la carga. Se prevé la construcción de un azud. Sobre un tramo de río de 20 m de ancho, con pendiente longitudinal de 0,5 ‰, de acuerdo a la figura 2. Se puede considerar que aguas debajo del azud se establece el flujo uniforme. En estas condiciones trazar una curva carga versus caudal y otra potencia versus caudal.

Datos:

Río:  $20 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $n = 0,030$

Turbina:  $20 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $\eta = 0,9$  (cte)

C del vertedero: 2,1

Despreciar la pérdida de energía en el conducto de alimentación a la turbina.

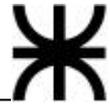
- 3) Una población de 30000 habitantes se abastece de energía hidroeléctrica a través de un aprovechamiento a tal fin, consistente en una central de paso, ubicada aguas debajo de una presa de regulación total. La eficiencia total del aprovechamiento se estima en 0,75. En la figura 3 se puede observar el diagrama de cargas, adimensionalizado respecto de la media. Para cubrir los picos diarios, se estudia la instalación de una estación de acumulación por bombeo. Teniendo en cuenta los datos siguientes, ¿En cuánto tiempo amortizará el inversor la instalación? ¿Cuál será la capacidad necesaria del depósito de acumulación?

Datos:

a) Central de paso: -  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$   
-  $H = 1,5 \text{ m}$

b) Precio de energía suministrada: - 0.50 \$/KWh de 9:00 a 18:00 hs  
- 0.15 \$/KWh de 18:00 a 9:00 hs

c) Central de bombeo: - eficiencia global:  $\eta = 0.80$  (como bomba)  
 $\eta = 0.85$  (como turbina)  
- Cota de sala de máquinas: 528  
- Cota del fondo del depósito de acumulación: 559  
- Costo de la instalación: \$ 2.000.000,-  
- Tasa de interés bancaria: 10 % anual.



- 4) Se desea realizar el aprovechamiento hidroeléctrico mareomotriz del golfo de la figura 4. se estima que la carrera de marea media anual es de 8 m. Dado que la energía a producir será utilizada por una instalación fabril, no se requiere continuidad en el suministro eléctrico, por lo que es aceptable el uso de centrales de efecto simple. Suponiendo que las turbinas cesan de trabajar para cargas menores a 0,5 m, calcular la energía total anual producida por una central de flujo y otra de reflujos, y hallar su relación.

Datos:

- turbinas:  $\eta = 0.90$
- Compuertas: 5 de 5 m de ancho c/u,  $K_c = 0,4$ .

- 5) En una zona semidesértica cercana al Océano Atlántico, en el nordeste de Brasil, se estudia la posibilidad de instalar un aprovechamiento por evaporación. Para ello se cuenta con una depresión natural cuya topografía se adjunta en la figura. El ingreso del agua de mar se hará a través de un canal revestido, de 25 km de longitud y pendiente del 0,1 ‰. Dadas las condiciones climáticas descriptas a continuación, se pide:

- a) Determinar la cota óptima de operación del sistema.
- b) Calcular la energía total anual a producir.
- c) Determinar la vida útil del sistema.

Datos:

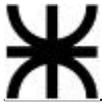
- de la región:            evaporación total anual:        2800 mm  
                                 precipitación total anual:        170 mm
- turbinas:                 $\eta = 0.87$
- mar:                      peso específico del agua de mar:    1030 kg/m<sup>3</sup>  
                                 concentración salina:                35 g/l

- 6) Para evitar problemas de erosión, crecidas intermitentes, etc. en un tramo de río ubicado aguas debajo de una central hidroeléctrica, se desea construir un embalse regulador. Se supone que el embalse que provee agua a la central es de regulación total, por lo que el mencionado embalse regulador debe amortiguar las variaciones de caudal debidas a la operación de las turbinas exclusivamente. Se pretende una regulación semanal. En la figura 6 se encuentran las variaciones del consumo medio diario a lo largo de una semana típica, y el diagrama de cargas horario, ambos adimensionalizados respecto de la media propia. Se supone que el rendimiento global del aprovechamiento es 0.78. Se pide determinar la capacidad del embalse regulador.

Datos:

- Cota del embalse (supuesta cte):    128
- Cota de las turbinas:                79
- Consumo medio de energía:        6746 MWh semanales

- 7) Una localidad de 9000 habitantes, ubicada a 150 km del nodo de la red interconectada más cercano, desea proveerse de energía eléctrica. Para ello tiene dos posibilidades: (a) proveerse de la red interconectada a través de una línea de alta tensión; (b) construir un aprovechamiento hidroeléctrico. En este último caso, el recurso disponible asegura la



provisión eléctrica a 40.000 habitantes. Sabiendo que la tasa de crecimiento poblacional es  $r = 1,8 \%$ , determinar:

- a) el periodo de diseño del aprovechamiento hidroeléctrico, supuesto éste único y construido de una vez;
- b) el precio del KWh para el consumidor, si se opta por realizar el aprovechamiento del recurso;
- c) el precio del KWh para el consumidor, si se opta por traer energía de la red interconectada;
- d) ¿Cuál es la T.I.R. en cada caso?

Datos:

- Red de alta tensión:
  - costo de instalación: \$ 10.000,- /km
  - costo de operación y mantenimiento: \$20.000,- anuales
  - Financiación: 11 % anual (a 10 años)
  - costo del KWh en la red interconectada: 0,35 \$
  - Eficiencia de la red: 0.85
  
- Aprovechamiento:
  - costo de la instalación: \$ 2.200.000,-
  - costo de operación y mantenimiento: \$ 22.000,- anuales
  - Financiación: 9 % anual (a 10 años)
  
- Prestatario: Beneficios: 12% alternativa red interconectada  
desregulado para la alternativa del aprovechamiento



## Trabajo Práctico 2

- 8) Utilizar las fórmulas de Kruschmer y Fellenius para determinar la pérdida de carga en la reja si la velocidad del flujo frente a ella es de 0,9 m/s, y cuyo esquema se encuentra en la figura 7. ¿Cuál es el cambio en la pérdida de carga si la velocidad se incrementa a 1,3 m/s?
- 9) Resolver el problema anterior si el flujo se inclina  $\delta = 20^\circ$ .
- 10) Dado el esquema del aprovechamiento de la figura 8, determinar la pendiente óptima del canal de aproximación. Despreciar las pérdidas localizadas de energía.

Datos:

$$Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Canal: } L_1 = 3000 \text{ m} \quad n_1 = 0,020 \quad \text{taludes laterales: } z = 2$$

$$\text{Tubería forzada: } L_2 = 300 \text{ m} \quad D_2 = 600 \text{ mm} \quad \varepsilon_2 = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Período de diseño: } 20 \text{ años}$$

$$\text{Costo de excavación: } 15 \text{ \$/m}^3 \quad \text{Precio de la energía producida: } 0,35 \text{ \$/MWh}$$

- 11) Con los datos del ejercicio anterior, y considerando que el material de excavación del canal es suelo limoso, decidir la conveniencia entre la solución sin revestir y la solución con revestimiento de hormigón ( $n = 0,013$ ). ¿Cuál es en este caso la pendiente óptima?

Datos:

$$\text{Espesor del revestimiento de hormigón: } 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Costo del hormigón: } 300 \text{ \$/m}^3$$

- 12) Diseñar una transición de acuerdo parabólico entre las secciones de la figura 9, considerando que en ambas se establece el flujo uniforme.

Datos:

$$Q = 8 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{pendiente general del canal: } S_0 = 0,5 \text{ ‰}$$

$$n \text{ en ambas secciones: } 0,014$$

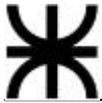
- 13) Diseñar una transición de acuerdo lineal entre las secciones de la figura 10, considerando que en ambas se establece el flujo uniforme.

Datos:

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{pendiente general del canal: } S_0 = 0,3 \text{ ‰}$$

$$n \text{ en ambas secciones: } 0,015$$

- 14) Considerando técnicamente factible la excavación de la roca de la formación de la figura 11, decidir la solución más conveniente entre una alternativa con canal a cielo abierto y otra por medio de galería a presión. Despreciar la infiltración. ¿Cuál sería el incremento de carga bruta útil si la solución elegida se revistiera? ¿Sería conveniente económicamente?



Datos:

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

n en roca excavada: 0,025.

n del revestimiento de hormigón: 0,015.

Costo de excavación:   - a cielo abierto:   20 \$/m<sup>3</sup>  
                                  - en túnel:           65 \$/m<sup>3</sup>

Revestimiento de hormigón:   espesor:   - a cielo abierto:   0,15 m  
  - en túnel:        0,25 m  
  costo:            300 \$/m<sup>3</sup>



## Trabajo Práctico 3

- 15) Determinar la altura mínima necesaria de una chimenea de equilibrio circular, ubicada en el extremo aguas debajo de una galería de presión también circular. Realizar el cálculo en forma simplificada (método de Gardel) y por medio de los métodos de Pressel y Escande.

Datos:

Nivel máximo de operación del embalse: 750  
Nivel mínimo de operación del embalse: 745  
Caudal máximo: 50 m<sup>3</sup>/s

Galería de presión: diámetro  $D_g = 3,5$  m  
 $\varepsilon = 5$  mm  
pérdidas localizadas (salida):  $K_s = 0,2$   
Longitud  $L = 1000$  m

Chimenea: diámetro  $D_c = 22$  m

- 16) Realizar un estudio de oscilaciones, por medio del método de Pressel, en la chimenea de equilibrio de la figura 12, para un cierre brusco.

Datos:

$L = 4200$  m  
 $F_k = 100$  m<sup>2</sup>  
 $F_s = 4,91$  m<sup>2</sup>  
 $f = 4,91$  m<sup>2</sup>  
 $Q_0 = 10,3$  m<sup>3</sup>/s  
 $h = 7,5$  m  
 $y_k = -3,5$  m

- 17) Realizar un estudio de oscilaciones, por medio del método de Escande, en la chimenea de equilibrio de la figura 13, para una apertura brusca.

Datos

$L = 4200$  m  
 $F_k = 50$  m<sup>2</sup>  
Chimenea de sección cuadrada de 2,2 m de lado  
 $f = 4,91$  m<sup>2</sup>  
 $Q_0 = 10,3$  m<sup>3</sup>/s  
 $h = 9$  m  
 $y_k = 11,1$  m

- 18) Dado el esquema de la figura 14, determinar las dimensiones óptimas de la chimenea de equilibrio, por medio del método de Pressel.

Datos:

Nivel estático: 350



Nivel del terreno: 365

Caudal máximo: 75 m<sup>3</sup>/s

Galería de presión: diámetro  $D_g = 4$  m  
 $\varepsilon = 10$  mm  
pérdidas localizadas  $\Sigma K_s = 0,5$   
Longitud  $L = 3000$  m



## Trabajo Práctico 4

- 19) Determinar el espesor necesario de una cañería de acero sometida a una carga máxima de 70 m, si su diámetro interior es de 600 mm.
- 20) Calcular el espesor mínimo necesario de una cañería que debe transportar un caudal de 3 m<sup>3</sup>/s, si puede estar sometida a una sobrepresión de 20 m. Carga estática: 50 m. Material: acero.
- 21) Suponga que la tubería anterior se halla instalada en el exterior, con apoyos cada 6 m. ¿El espesor calculado es adecuado?. Caso contrario recálculélo. Pendiente del terreno: 20 %.
- 22) Resuelva el ejercicio anterior suponiendo que el caño se halla empotrado en sus apoyos y se espera una variación térmica anual de 30 °C. El caño se colocó en el verano.
- 23) Resuelva el ejercicio 20, suponiendo que el material es hormigón. Predimensione además la armadura necesaria. Haga y justifique sus propias suposiciones.
- 24) Dimensione y esquematice los apoyos del ejercicio 22.
- 25) Una tubería de desarrollo horizontal sufre un cambio de dirección de 30 ° en planta. La misma tiene un diámetro interior de 60 cm y transporta 6 m<sup>3</sup>/s, y se ubica a 1 m sobre el nivel del terreno. El nivel de fundación es -1m. Diseñar, dimensionar y dibujar el anclaje correspondiente.
- 26) La tubería del ejercicio anterior, en un tramo recto en planta, sufre un cambio de pendiente del 10 % al 35 %. Diseñar, dimensionar y dibujar el anclaje correspondiente.
- 27) Suponga que en el punto del ejercicio anterior a su vez hay un cambio de dirección en planta de 40 °. Diseñar, dimensionar y dibujar el anclaje correspondiente.
- 28) Determinar el diámetro óptimo de la siguiente tubería

Datos:

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 1800 \text{ m}$$

Material: fundición dúctil,  $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$

Costo cañería 2 \$/kg

Valor de venta de la energía: 0,08 \$/KWh

Período de diseño: 50 años



Tubos comerciales de fundición dúctil

diámetro nominal	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)
80	98	6.0
100	118	6.1
150	170	6.3
200	222	6.4
250	274	6.8
300	326	7.2
350	378	7.7
400	429	8.1
450	480	8.6
500	532	9.0
600	635	9.9
700	738	10.8
800	842	11.7
900	945	12.6
1000	1048	13.5
1200	1255	15.3

29) Resolver el problema anterior, suponiendo que pueda encargarse la fabricación de cualquier diámetro de tubería; el precio del material asciende a 2,15 \$/kg. ¿Cuál es la solución más conveniente, utilizar el diámetro comercial o fabricar la cañería?. Para determinar los espesores, interpole linealmente sobre la tabla del ejercicio anterior.

30) Una tubería de hormigón transporta un caudal de 8 m<sup>3</sup>/s; la demanda eléctrica se reduce a 0 en un tiempo de 3 seg. Determinar la máxima presión esperada por:

- a) La fórmula de Michaud
- b) la fórmula de Allievi
- c) el programa ARIETE

Datos

$$L = 2300 \text{ m}$$

$$e = 30 \text{ cm}$$

$$D = 2,5 \text{ m}$$

$$E_c = 300000 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = 1,5 \text{ mm}$$

$$H = 120 \text{ m}$$

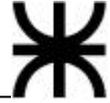
31) Una tubería de acero puede transportar un caudal de 5 m<sup>3</sup>/s. En 20 seg se opera una válvula desde su posición cerrada a su máxima apertura. Determinar la presión mínima que ocurrirá y en qué momento se producirá. ¿corresponde utilizar la fórmula de Michaud? Utilizar:

- a) La fórmula de Allievi
- b) El programa ARIETE

Datos

$$L = 3000 \text{ m}$$

$$e = 2 \text{ cm}$$

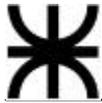


$D = 1,2 \text{ m}$   
 $E_C = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   
 $T = 15^\circ \text{ C}$   
 $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$   
 $H = 180 \text{ m}$

- 32) Suponiendo que la tubería del ejercicio anterior consta de dos tramos, donde el primero es de 1000 m y pendiente del 10 %, determinar si es necesario o no rever la traza de la misma. En caso negativo, ¿será necesario instalar válvula de aire en algún punto?
- 33) Diseñar la tubería óptima para salvar una altura de 120 m, para un caudal de 1,5 m<sup>3</sup>/s. Suponer que la misma será fabricada ex profeso.

#### Datos

$L = 2400 \text{ m}$   
Material de acero:  $E_C = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   
 $T = 15^\circ \text{ C}$   
 $\varepsilon = 0,2 \text{ mm}$   
Costo cañería por metro:  $(1,1 + 2P) \text{ \$/m}$ ; donde P es el peso en kg de tubería por metro.  
Valor de venta de la energía: 0,095  $\text{\$/KWh}$   
Período de diseño: 40 años



## Trabajo Práctico 5

- 34) A través de los álabes del distribuidor de una turbina fluyen  $22 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua con una componente tangencial de la velocidad de  $2 \text{ m/s}$  para una distancia radial de  $1,25 \text{ m}$ . Si el rotor gira a  $180 \text{ rpm}$ , descargando el agua en dirección axial ¿cuánto vale el momento torsor ejercido sobre el eje?.
- 35) Determiné la carga del problema anterior, despreciando las pérdidas.
- 36) Se desea emplear un generador con velocidad angular de  $240 \text{ rpm}$ , con una turbina en un lugar donde  $H = 120 \text{ m}$  y  $Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Al despreciar las pérdidas, determiné la velocidad tangencial que deben impartir los álabes del distribuidor al agua a una distancia radial  $r = 1 \text{ m}$ , ejercido sobre el rodete y la potencia producida.
- 37) Una prueba sobre un modelo de turbina cuyo impulsor es de  $25 \text{ cm}$  de diámetro indicó una eficiencia de  $90 \%$ . ¿Qué eficiencia se podrá esperar en un impulsor de  $1,20 \text{ m}$  de diámetro?
- 38) Se desea instalar 3 turbinas Francis para turbinar un caudal total de  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ , sometidas a una carga de  $80 \text{ m}$ . Determinar:
- La velocidad específica, si el generador será de  $50 \text{ Hz}$ .
  - Las dimensiones de las turbinas.
- 39) El tubo de descarga de una turbina se expande de  $1,8 \text{ m}$  a  $5,4 \text{ m}$ . En la sección de entrada, la velocidad es de  $9 \text{ m/s}$  para una presión de vapor de  $0,3 \text{ m}$  y presión atmosférica normal en la salida. Determine la altura de succión en la cavitación incipiente.
- 40) ¿Cuál será el rendimiento de una turbina Francis que trabaja con una carga de  $50 \text{ m}$  y un caudal de  $70 \text{ m}^3/\text{s}$ , si se produce un cierre parcial del distribuidor que inclina sus álabes  $8^\circ$  respecto de su posición óptima? ¿cuál es la velocidad específica?

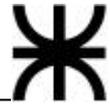
### Datos

- generador:  $30$  pares de polos  
 $50 \text{ Hz}$
- rendimiento máximo:  $93 \%$
- ángulo óptimo del distribuidor:  $25^\circ$
- ángulo del álabe del rotor:  $120^\circ$

- 41) Dimensione una turbina Francis para las siguientes condiciones:

$$Q = 32 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$H = 110 \text{ m}$$
$$f = 50 \text{ Hz}$$

- 42) Diseñar los ángulos de inclinación de los álabes del distribuidor y el rotor en la turbina del problema anterior, y admitiendo que el caudal puede variar en  $\pm 20 \%$  del caudal de diseño, dibujar la curva teórica de rendimientos si el máximo es del  $90 \%$ .
- 43) Para una turbina Kaplan sometida a  $25 \text{ m}$  de carga, con  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $f = 60 \text{ Hz}$ , determinar:



- a) Velocidad específica
- b) número de álabes
- c) dimensiones

44) para la turbina del ejercicio anterior, determinar la forma de los álabes del rotor, sabiendo que los álabes del distribuidor se inclinan  $35^\circ$  respecto de la dirección tangencial.

45) Determinar la energía teórica transferida a la turbina en el problema anterior.

46) Determinar el diámetro de la rueda Pelton siguiente; si es de eje horizontal y 1 chorro.

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 650 \text{ m}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

47) Una instalación para rueda Pelton provee 55 l/s con una velocidad del chorro de 75 m/s. Si el ángulo de los álabes es de  $174^\circ$ ,  $C_V = 0,98$  y la frecuencia en la línea eléctrica por alimentar es de 60 Hz, determínense (despreciando las pérdidas):

- a) el diámetro de la rueda
- b) su velocidad
- c) la potencia desarrollada
- d) la energía que permanece en el agua

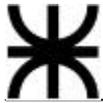
48) Se desea utilizar una rueda Pelton para generar electricidad a 50 Hz, en un desarrollo hidroeléctrico donde  $H = 120 \text{ m}$  y  $Q = 75 \text{ l/s}$ . Determínense el diámetro y la velocidad de la rueda.  $C_V = 0,97$  y  $\eta = 82 \%$ .

49) Diseñar el aprovechamiento por medio de una turbina Pelton a instalar en las condiciones siguientes:

$$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 250 \text{ m}$$

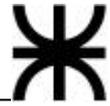
$$f = 50 \text{ Hz}$$



## Trabajo Práctico 6

### Unidad 11

- 50) Una bomba cuyo impulsor tiene un diámetro de 200 mm, descarga 100 l/s y opera a 1140 rpm para 10 m, en condiciones de máxima eficiencia. ¿Cuánto vale su velocidad específica?
- 51) Dibújese la curva teórica carga – caudal para las siguientes características de una bomba centrífuga:  $r_1 = 5$  cm,  $r_2 = 10$  cm,  $b_1 = 2,5$  cm,  $b_2 = 2$  cm,  $N = 1200$  rpm y  $\beta_2 = 30^\circ$ .
- 52) Una bomba centrífuga que maneja agua tiene un impulsor cuyas dimensiones son:  $r_1 = 7,5$  cm,  $r_2 = 16$  cm,  $b_1 = 5$  cm,  $b_2 = 3$  cm,  $\beta_1 = \beta_2 = 30^\circ$ . Para una descarga de 55 l/s y entrada sin choque a los álabes, calcúlese (despreciando las pérdidas y tomando  $\alpha_1 = 90^\circ$ ):
- La velocidad
  - La carga
  - El momento de torsión
  - La potencia
  - La elevación de presión en el impulsor
- 53) Selecciónense los valores de  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $b_1$  y  $b_2$  para un impulsor centrífugo que tome 30 l/s de agua de una tubería de 10 cm de diámetro y aumente su energía en 12 m. Despréciense las pérdidas y supóngase que  $N = 1200$  rpm y  $\alpha_1 = 90^\circ$ .
- 54) Una bomba debe rendir un caudal de 640000 l/min contra una columna de 4 m funcionando a 300 rpm. ¿Qué tipo de bomba se necesitará?. Suponer que la velocidad se eleva a 450 rpm ¿Qué podría hacerse?
- 55) Considerar una bomba que entrega un caudal de 5,25 m<sup>3</sup>/s contra una columna de 70 m. Determinar las velocidades de rotación y los diámetros máximos de impulsor para velocidades específicas de 500, 1000, 2000, 5000, 10000 y 15000.
- 56) Una bomba centrífuga tiene un diámetro del impulsor de 7,25 cm, funciona a 20000 rpm y entrega un caudal de 950 l/min contra una columna de 215 m con un rendimiento del 60 %. Calcular la velocidad periférica, la velocidad específica y el coeficiente  $\phi$ .
- 57) Se necesita una bomba para un caudal de 9000 l/min contra una columna de 45 m, funcionando a 1750 rpm. Determinar las dimensiones principales del impulsor.
- 58) Una bomba centrífuga tiene un gasto de agua de 18,9 l/s girando a 1450 rpm. El ángulo del álabe a la salida  $\beta_2 = 30^\circ$ . La luz entre cubiertas a la salida es  $e = 0,85$  cm. La componente radial es constante e igual a 1,8 m/s.
- Dibuje el diagrama vectorial a la salida
  - Calcule la carga suponiendo un rendimiento de 100 %.
  - Dibuje la curva carga – caudal.
  - Señale la carga correspondiente a la salida cerrada
- 59) El agua alcanza al impulsor de una bomba centrífuga en dirección axial a una velocidad de 2,4 m/s operando en condiciones de diseño. El diámetro exterior del ojo es de 10 cm, el interior es de 3,81 cm y el del impulsor 35,6 cm. La luz entre cubiertas a la salida es de 2,5



cm. El caudal es de 63,1 l/s y la velocidad de giro 1760 rpm. Los álabes están curvados hacia atrás y  $\beta_2 = 35^\circ$ .

- a) Defina rendimientos y calcule la carga y la potencia
- b) Calcule el grado de reacción
- c) Calcule los ángulos del álabe a la entrada, en los puntos interior y exterior del ojo
- d) Demuestre que se produce golpeo o separación al modificar el caudal a valores de  $\pm 50\%$  sobre los valores de diseño.

60) Se desea construir una bomba prototipo para un gasto de 566 l/s y una carga total de 15 m. Se procede antes de realizar unas pruebas en el laboratorio con un modelo de características similares, donde se dispone de un motor de 10 HP nominales y un caudal de 85 l/s. Determine para el modelo:

- a) Tipo de bomba
- b) Velocidad de giro en rpm
- c) Diámetro del impulsor

61) Calcule el caudal de una bomba centrífuga de las características siguientes:  $N = 2400$  rpm, diámetro del impulsor = 25,4 cm; luz entre las cubiertas a la salida,  $e = 4,45$  cm; álabes curvados hacia atrás,  $\beta_2 = 30^\circ$ . No hay componente tangencial de la velocidad del agua a la entrada. La bomba se mueve con un motor de 150 HP nominales y el rendimiento global del grupo es de 65 %.

62) Para secar una laguna, cerrada por un dique, se emplean bombas axiales que permiten mover grandes caudales aunque a cargas reducidas. Justifique el empleo de este tipo de bombas al tratar de instalar unidades para un caudal de 2,52 m<sup>3</sup>/s y una carga de 9 m. Calcule la velocidad de giro, el diámetro del impulsor y la potencia del motor por unidad.

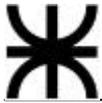
63) Para dar servicio a un poblado se toma agua de una presa y se eleva a un tanque desde donde se efectúa la distribución al vecindario. La diferencia de niveles entre la presa y el tanque es de 76 m; la longitud de la tubería, de acero comercial, es de 12200 m y el caudal necesario 30,3 m<sup>3</sup>/min. Defina la estación de bombeo necesaria, el tipo de bombas, la velocidad de giro, el diámetro de los impulsores, y la potencia total necesaria para dar este servicio.

64) De un tanque de almacenamiento situado en una loma se alimenta otro tanque de servicio por corriente natural, manteniéndose una diferencia de niveles de 27 m con un caudal de 56,6 l/s. Se quiere aumentar el caudal a 70,8 l/s poniendo una bomba auxiliar y conservando la misma tubería. Supuestas las pérdidas en tubería proporcionales al cuadrado del gasto, calcular:

- a) Tipo de bomba
- b) Velocidad de rotación
- c) Diámetro del impulsor
- d) Potencia del motor

65) Una bomba radial que gira a 1200 rpm impulsa agua por una tubería contra una columna de 36,6 m. El diámetro del impulsor es de 35,6 cm y la luz entre cubiertas a la salida es 2,5 cm. Los álabes están curvados hacia atrás y  $\beta_2 = 35^\circ$ . Suponiendo  $\eta_h = 80\%$ , calcule el gasto y la potencia del motor. Las pérdidas en tubería son 7,6 m y no hay giro del agua en el ataque del agua al álabe a la entrada.

66) El impulsor de una bomba centrífuga tiene un diámetro de 20 cm y gira a 1200 rpm. Los álabes están curvados hacia atrás y  $\beta_2 = 28^\circ$ . La luz entre cubiertas a la salida es de 19



mm. La voluta convierte el 60 % de la carga dinámica en carga de presión. En la succión hay una pérdida de carga equivalente a  $0,8 V_R^2/2g$ . No hay giro del agua a la entrada y  $V_R = \text{cte}$ . Calcular el valor de  $V_R$  que hace máxima la energía de salida y los valores correspondientes de  $Q$ ,  $H$  y el rendimiento global. Considere que los álabes son bidimensionales y que el espesor de los álabes reduce el área de salida en un 12 %.

- 67) Una bomba de tipo radial con álabes bidimensionales tiene las siguientes características:  $r_1 = 10 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 30 \text{ cm}$ ,  $\beta_1 = 30^\circ$ ,  $\beta_2 = 25^\circ$ ,  $e_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $e_2 = 19 \text{ mm}$ ,  $N = 1750 \text{ rpm}$ . Despreciando el espesor de los álabes y suponiendo que no hay giro del agua a la entrada, calcule el gasto y el gradiente de presión creado por la bomba entre la entrada y la salida. Desprecie las pérdidas.
- 68) Para incrementar el caudal de agua en una tubería se instala una bomba auxiliar. Sin la bomba y debido a una pendiente natural de 15 m entre la toma y la descarga, el caudal es de 631 l/s; con la bomba instalada se espera tener un caudal de 1,26 m<sup>3</sup>/s. Defina la bomba que puede hacer este servicio.
- 69) Con fines de recuperación de energía, se almacena agua en un gran depósito situado en una loma. El agua se eleva de un río cercano por medio de bombas que trabajan un turno de 8 horas por día; la recuperación se efectúa con turbinas que operan en otro turno de 8 horas por día. Suponiendo que la diferencia media de niveles entre el río y el depósito es de 350 m y el caudal a mover es de 20 m<sup>3</sup>/s, calcular las características de la estación de bombeo.
- 70) Dada las curvas altura - caudal y rendimiento – caudal de una bomba, y las características de una cañería, determinar en punto de funcionamiento ( $H$  y  $Q$ ) del sistema conjunto bomba – cañería, y la potencia requerida en el impulsor de la bomba.

#### Datos

Bomba: carga a caudal nulo: 62,1 m – rendimiento: 0  
carga óptima: 46,2 m – caudal óptimo: 180 l/s – rendimiento: 75 %  
caudal a carga nula: 275 l/s – rendimiento: 0

Cañería:  $L = 1000 \text{ m}$   
diámetro interno: 275 mm  
Material: acero laminado,  $\varepsilon = 0.2 \text{ mm}$

- 71) Se está proyectando un acueducto que proveerá un caudal medio de 5 m<sup>3</sup>/s de agua a cierta localidad del interior del Chaco paraguayo, la cual se tomará desde el río Paraguay. Entre la obra de toma y el depósito de llegada media una distancia de 165 km, en tanto que el último se encuentra a 313,2 m por encima de la primera. Se planea utilizar bombas centrífugas y cañería de fundición dúctil, con los diámetros comerciales que se indican en el problema 28. Si bien se instalarán al menos dos bombas por estación de bombeo, una de ellas se proveerá por razones de seguridad, por lo que una de ellas no funcionará en un instante determinado. Se pide determinar el número de estaciones de bombeo y el diámetro de tubería que hace óptimo el diseño, en base a los siguientes datos:

a) Bombas disponibles:

- B1 curva real altura – caudal:
  - carga a caudal nulo: 75,8 m – rendimiento: 0
  - carga óptima: 37,2 m – caudal óptimo: 1.5 m<sup>3</sup>/s – rendimiento: 81 %
  - caudal a carga nula: 2.8 m<sup>3</sup>/s – rendimiento: 0

