UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INSTRUCTIVOS DE PRACTICAS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA

ADRIANA CAFAGGI FELIX
ARIEL FRIEDMANN FREUNDLICH
LUIS FCO. LEON VIZCAINO
FLORENTINO MEJIA CHAVEZ
ARTURO NAVA MASTACHE

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDRAULICA

FI/DICTG/86-070

HIDRAULICA I

PRESENTACION

Uno de los objetivos del Laboratorio de Hidráulica es apoyar la enseñanza teórica, propiciando el contacto directo del alumno con los fenómenos hidráulicos.

Para cumplir con este objetivo se tienen implementadas una serie de prácticas que permitan al estudiante comprender dichos fenómenos y comprobar los fundamentos teóricos vistos en clase.

En esta publicación se presentan los instructivos de las prácticas que actualmente se realizan en el laboratorio. Estos instructivos tienen como antecedente los que han sido elaborados desde 1980 hasta la fecha por los Profesores del Laboratorio. Ahora se pretende unificar criterios de impartición de prácticas y la elaboración de informes.

Algunas prácticas podrán sufrir algunas modificaciones, por lo cual es necesario que el alumno consulte el tablero instalado en el laboratorio.

Por último, agradecemos de antemano todos los comentarios y sugerencias, tanto de profesores, como de alumnos que permitan mejorar este trabajo.

LABORATORIO DE HIDRAULICA
Cd. Universitaria a Julio de 1986.

En la elaboración del presente trabajo se agradece la colaboración de los Sres. Ernesto Ibañez Estens y Claudio Lomnitz por brindarnos las facilidades en cuanto al equipo de cómputo utilizado.

C O N T E N I D O

HIDRAULICA I

NUMERO DE REYNOLDS

OBJETIVO. Calcular el número de Reynolds que corresponde al inicio de la transición de un flujo dentro de un tubo liso.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cronómetro, probeta graduada y termómetro.

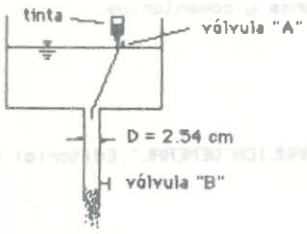


Figura 1

PROCEDIMIENTO.

1. Abra lentamente la válvula "A" hasta que salga la tinta (Fig. 1).

2. Abra la válvula "B" hasta que la tinta forme un segmento rectilíneo dentro del tubo, permitiendo así la visualización del régimen laminar.

3. Continue abriendo la válvula "B" hasta que el filamento oscile, entonces se presentará el inicio de la transición de régimen laminar a régimen turbulento (Fig. 2).

4. Afore volumétricamente el gasto ($Q=\forall/t$) y mida la temperatura [T].

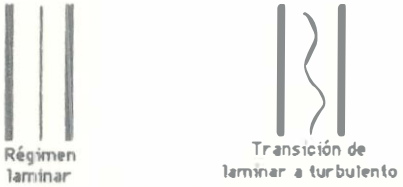


Figura 2.

INFORME.

a. Determine la viscosidad cinemática del agua [ν] (fig 1.8, referencia 1).

b. Calcule la velocidad [V] y el número de Reynolds [Re] que corresponden al gasto obtenido.

c. Determine con el diagrama de Moody (fig 8.3, referencia 1) si el número de Reynolds encontrado corresponde al régimen observado en el laboratorio.

d. Presente sus datos y resultados en una tabla como la mostrada.

$\forall$ cm^3	t s	T °C	ν cm^2/s	Q cm^3/s	V cm/s	Re

e. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Sotelo, G.,"HIDRAULICA GENERAL",Editorial Limusa, México,D.F.

HIDRAULICA I

HIDROSTATICA

OBJETIVO. Observar el comportamiento de una compuerta sujeta a empuje hidrostático y comprobar el principio de Arquímedes.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Báscula y cinta métrica.

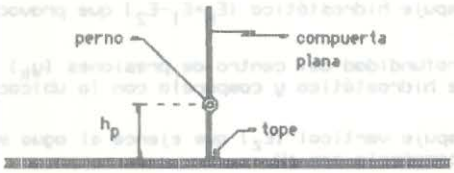


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1a. Parte:

1. Mida la distancia que hay desde el fondo del recipiente hasta el perno $[h_p]$, y la altura del tope $[y_2]$.

2. Encienda la bomba y observe como se eleva el nivel del agua; en el momento que empiece a girar la compuerta, mida la altura $[y_1]$ de volteo.

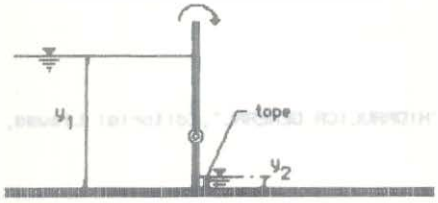


Figura 2.

2a. parte:

1. Pese un recipiente con agua.

2. Sumerja y mantenga en suspensión un cuerpo de volumen $[V]$ conocido y registre el incremento de peso $[\Delta W]$ que marca la báscula.

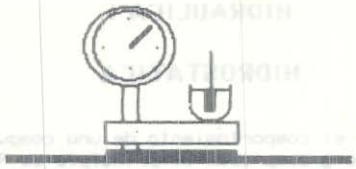


figura 3.

INFORME.

a. Calcule el empuje hidrostático $[E_H=E_1-E_2]$ que provoca el volteo de la compuerta.

b. Calcule la profundidad del centro de presiones $[y_k]$ de la resultante del empuje hidrostático y compárela con la ubicación del perno.

c. Calcule el empuje vertical $[E_z]$ que ejerce el agua sobre el cuerpo sumergido y compárelo con ΔW.

d. Presente sus datos y resultados en una tabla como la mostrada:

h_p cm	y_1 cm	y_2 cm	$\forall$ cm^3	ΔW gr	E_1 gr	E_2 gr	E_H gr	y_{k1} cm	y_{k2} cm	y_k cm	E_z gr

e. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Sotelo, G.,"HIDRAULICA GENERAL",Editorial Limusa, México, D.F.

HIDRAULICA I

ORIFICIOS

OBJETIVO. Obtener la curva de gastos y los coeficientes de descarga, contracción y velocidad de un orificio de pared delgada.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cronómetro, cinta métrica, limnímetro, probeta graduada, termómetro y vernier.

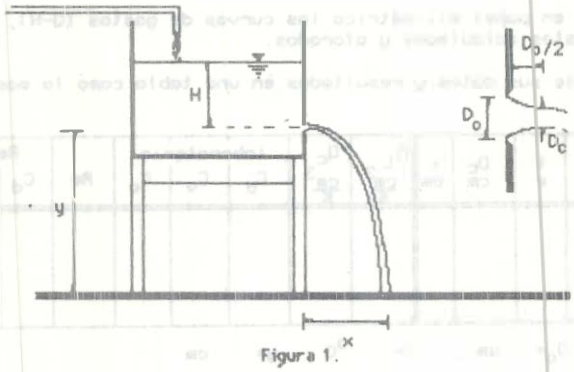


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida el diámetro del orificio [D_o], la temperatura del agua [T] y la distancia vertical que hay desde el centro del orificio hasta el piso [y] (Fig. 1).

2. Fije un gasto [Q_L] y afórelo volumétricamente cuando la distancia [x] deje de variar.

3. Mida la carga sobre el orificio [H], el diámetro de la vena contracta [D_c] y la distancia horizontal "x".

4. Repita los dos pasos anteriores para otros tres gastos.

INFORME.

a. Obtenga para cada gasto los coeficientes de descarga [C_d], velocidad [C_v] y contracción [C_c], a partir de los datos medidos en el laboratorio, empleando las siguientes expresiones:

$$C_d = \frac{Q_L}{Ao\sqrt{2gH}} \qquad C_v = \frac{\sqrt{x^2 g/2y}}{\sqrt{2gH}} \qquad C_c = \left(\frac{D_c}{D_o}\right)^2$$

b. Determine la viscosidad cinemática [ν] y calcule el número de Reynolds [Re] correspondiente a cada gasto.

$$Re = \frac{D_o\sqrt{2gH}}{\nu}$$

c. Obtenga los valores de "C_d", "C_v" y "C_c" propuestos en la figura 6.4 de la referencia 1.

d. Calcule el gasto [Q_c] que corresponde a cada carga medida en el laboratorio, empleando los "C_d" del inciso anterior.

e. Dibuje en papel milimétrico las curvas de gastos [Q-H], empleando los gastos calculados y aforados.

f. Presente sus datos y resultados en una tabla como la mostrada.

H cm	$\forall$ cm^3	t s	D_c cm	x cm	Q_L $\frac{cm^3}{s}$	Q_c $\frac{cm^3}{s}$	laboratorio C_d	laboratorio C_v	laboratorio C_c	Re	Refer. 1 C_d	Refer. 1 C_v	Refer. 1 C_c

D_o= cm ; T= ^oC ; ν= cm

g. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Sotelo, G.,"HIDRAULICA GENERAL",Editorial Limusa, México,D.F.

HIDRAULICA I

COMPUERTAS

OBJETIVO. Obtener los coeficientes de descarga de una compuerta plana correspondientes a diferentes aberturas y condiciones de operación.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Limnímetros.

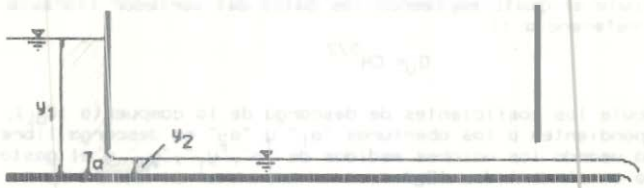


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor y el ancho del canal (b).

2. Fije y mida una abertura (a_1) en la compuerta.

3. Abra la válvula de alimentación y establezca un gasto (Q). La compuerta aguas abajo debe estar totalmente abierta (Fig.1)

4. Mida la carga sobre el vertedor (H) y los tirantes que se presentan antes de la compuerta (y_1) y en la sección contracta (y_2).

5. Fije una abertura (a_2) mayor que la primera y mida los nuevos tirantes "y_1" y "y_2".

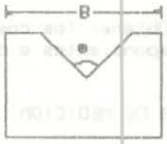
6. Ahogue la descarga de la compuerta aguas arriba reduciendo la abertura de la compuerta aguas abajo (Fig.2).

Figura 2.

7. Mida los tirantes "y_1" y "y_3" correspondiente a la descarga ahogada.

8. Cierre la válvula y mida "a_2".

DATOS.



Angulo del vertedor $\theta=90°$
Ancho del canal de llegada del vertedor $B=1.05m$

INFORME.

a. Calcule el gasto empleando lo datos del vertedor (fórmula 7.11 de la referencia 1).

$$Q_v = CH^{5/2}$$

b. Calcule los coeficientes de descarga de la compuerta (C_{dL}), correspondientes a las aberturas "a_1" y "a_2" en descarga libre y ahogada usando los valores medidos de "b", "y_1", "y_2" y el gasto aforado en el vertedor (Q_v).

$$C_{dL} = Q_v/(ab\sqrt{2gy_1})$$

c. Obtenga los valores de "C_d" a partir de las figuras 6.15 o 6.16 de la referencia 1, utilizando los valores de "a", "b", "y_1" y "y_3" medidos en el laboratorio.
Compare estos valores con los obtenidos experimentalmente.

d. Calcule el gasto con los coeficientes "C_d" obtenidos en el punto anterior. Compárelo con el aforado en el laboratorio.

$$Q_c = abC_d\sqrt{2gy_1}$$

e. Calcule el coeficiente de contracción (C_c) para las descargas libres.

$$C_c = y_2/a$$

f. De sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Sotelo, G. "HIDRAULICA GENERAL", Editorial Limusa, México, D.F.

HIDRAULICA I

VERTEDOR TRIANGULAR

OBJETIVO. Obtener los coeficientes de descarga de un vertedor de pared delgada correspondientes a diferentes gastos y dibujar la curva de gastos del vertedor.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Báscula, cinta métrica, cronómetro, limnímetro y recipiente de aforo.

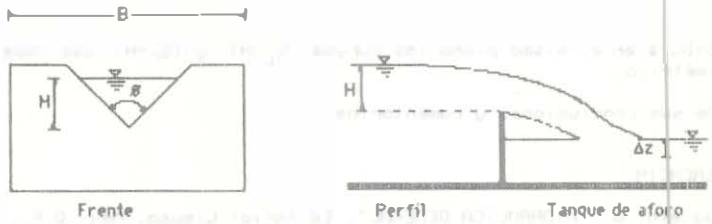


Figura 1.

1. Mida el ángulo del vertedor [θ], el ancho del canal de llegada [B], el área del tanque de aforo [A] y la tara del vertedor (Fig.1).

2. Fije y mida una carga sobre el vertedor [H], menor de 10 cm.

3. Afore volumétricamente el gasto [Q_L], pesando el volumen de agua que se almacena en el recipiente de aforo en un tiempo "t".

4. Establezca un gasto mayor y mida la carga.

5. Mida el tiempo que tarda en subir el nivel del agua una altura Δz en el tanque.

6. Repita los dos pasos anteriores, para 3 gastos diferentes.

INFORME.

a. Obtenga los coeficientes de descarga [C_L] a partir de las cargas y los gastos medidos.

$$C_L = \frac{Q_L}{H^{5/2}}$$

b. Calcule los coeficientes de descarga [C_r] con la referencia 1.

$$C_r = \frac{8}{15}\sqrt{2g}\,\tan(\theta/2)\mu K$$

c. Calcule el gasto [Q_r] con los coeficientes [C_r] y las cargas medidas.

d. Compare los coeficientes [C_L] con [C_r] y los gastos [Q_L] con [Q_r].

Tabla de resultados:

tara= cm ; θ= ° ; A= m^2 ; B= m

h_{lim} (cm)	W(kg) o Δz(cm)	t s	$\forall$ cm^3	Q_L cm^3/s	H cm	C_L $cm^{1/2}/s$	C_r $cm^{1/2}/s$	Q_r cm^3/s

e. Dibuje en el mismo plano las curvas $[Q_L-H]$ y $[Q_r-H]$, use papel milimétrico.

f. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA

1. Sotelo, G. "HIDRAULICA GENERAL", Editorial Limusa, Mex. D.F., pag. 253.

HIDRAULICA I

PERDIDAS DE ENERGIA EN TUBERIAS

OBJETIVO. Medir las pérdidas de energía en un sistema de tuberías y comparar coeficientes con los proporcionados en la referencia 1.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Báscula, cronómetro, limnímetro, recipiente de aforo, termómetro y vertedor triangular.

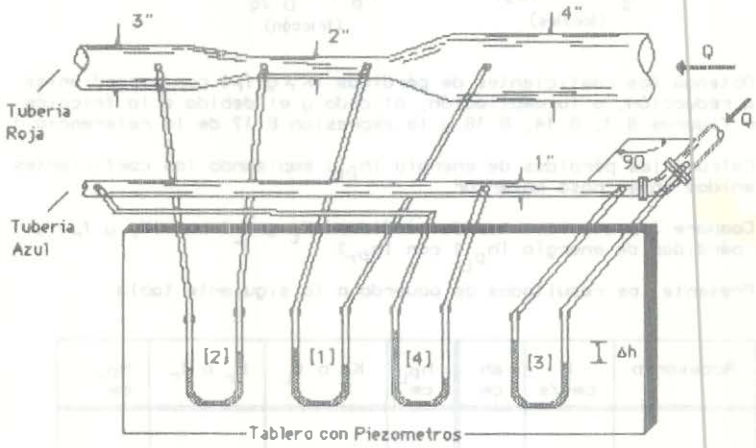


Figura 1

PROCEDIMIENTO

1. Pese el recipiente de aforo vacío.

2. Encienda la bomba y abra completamente las válvulas de las tuberías azul y roja.

3. Purgue los piezómetros.

4. Mida las diferencias de cargas de presión [Δh] en los piezómetros correspondientes a: reducción [1], ampliación [2], codo regular [3] y longitud [4] (Fig.1).

5. Afore los gastos. Para la tubería azul use el recipiente y el cronómetro y para la tubería roja emplee el vertedor triangular.

6. Mida la temperatura del agua, cierre las válvulas y apague la bomba.

DATOS.
Tuberías de fierro galvanizado
Angulo del vertedor triangular θ=53.32°
Ancho del canal de llegada del vertedor B=0.77 m
Longitud del tramo azul L=9m

INFORME.

a. Calcule los gastos en las tuberías.

b. Calcule las pérdidas de energía [h_{p_L}] locales y por fricción

$$h_{p_{L_{1\to 2}}} = (z + p/\gamma + V^2/2g)_1 - (z + p/\gamma + V^2/2g)_2$$

c. Determine los coeficientes de pérdidas [K_L y f_L] a partir de las pérdidas de energía [h_{p_L}]

$$h_p = K(V^2/2g) \quad \text{(locales)} \qquad\qquad h_p = f\,\frac{L}{D}\,\frac{V^2}{2g} \quad \text{(fricción)}$$

d. Obtenga los coeficientes de pérdidas [K_r y f_r] correspondientes a la reducción, a la ampliación, al codo y el debido a la fricción. Ver figuras 8.3, 8.14, 8.18 y la expresión 8.17 de la referencia 1

e. Calcule las pérdidas de energía [h_{p_r}] empleando los coeficientes obtenidos en el paso anterior.

f. Compare los coeficientes de pérdidas [K_L y f_L] con [K_r y f_r] y las pérdidas de energía [h_{p_L}] con [h_{p_r}].

g. Presente los resultados de acuerdo a la siguiente tabla:

Accesorio	Q cm^3/s	Δh cm	h_{p_L} cm	K_L ó f_L	K_r ó f_r	h_{p_r} cm

h. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

Sotelo, G.,"HIDRAULICA GENERAL" Editorial Limusa, México, D.F.

HIDRAULICA II

HIDRAULICA II

AFORO EN CAUCES

OBJETIVO. Obtener el gasto en un ca al utilizando diferentes dispositivos de medición.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cinta métrica, cronómetro, flotador, limnímetro, micromolinete y tubo de Pitot.

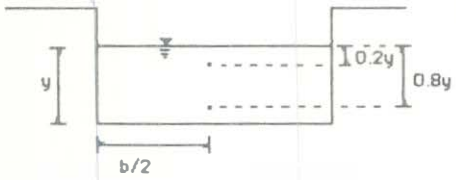


Figura 1

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor triangular y encie da la bomba.

2. Establezca un gasto (Q) en el canal con un tirante (y) de 10 a 20 cm; las compuertas deben estar totalmente abiertas.

3. Mida la carga en el vertedor triangular.

4. Mida, co el micromolinete y con el tubo de Pitot, la velocidad del flujo en los pu tos indicados en la figura 1. La constante del micromolinete es 1 golpe/s=0.3m/s.

5. Coloque un flotador sobre la superficie libre del agua y mida el tiempo (t) que tarda en recorrer una distancia (d) previamente determinada.

DATOS.

Ancho del canal b=24.5 cm
Ancho del canal de llegada B=1.05 m
Angulo del vertedor θ=90°

INFORME.

a. Calcule el gasto empleando la fórmula de vertedores (Q_v).

b. Calcule la velocidad media a partir de las velocidades puntuales medidas con el micromolinete y el tubo de Pitot. Con el principio de continuidad calcule el gasto para cada caso (Q_m,Q_p).

$$v = \frac{v_{0.2y} + v_{0.8y}}{2}$$

c. Calcule la velocidad media y el gasto a partir de los datos del flotador superficial, considere

$$V=0.9v_{superficial}$$

d. Presente los resultados en forma ordenada y compare los gastos obtenidos en los incisos b. y c. con Q_v.

e. Analice los resultados y dé sus comentarios.

REFERENCIA.

Sotelo, G. "APUNTES DE HIDRAULICA II", Fac. de Ingeniería, UNAM

HIDRAULICA II

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES

OBJETIVO. Obtener la distribución de velocidades en la sección transversal de un canal y los coeficientes de Coriolis y de Boussinesq.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Limnimétro, piezómetro y tubo de Pitot.

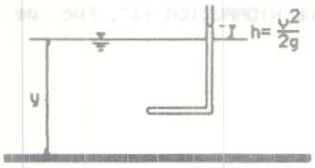


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor triangular y encienda la bomba que alimenta al canal.

2. Conecte el tubo de Pitot al piezómetro.

3. Establezca un gasto en el canal [Q] con un tirante [y] de 20 a 25 cm. Las compuertas del canal deben estar totalmente abiertas.

4. Mida la carga [H] sobre el vertedor triangular.

5. Mida las cargas de velocidad [h] en los puntos que se indican en la figura 2.

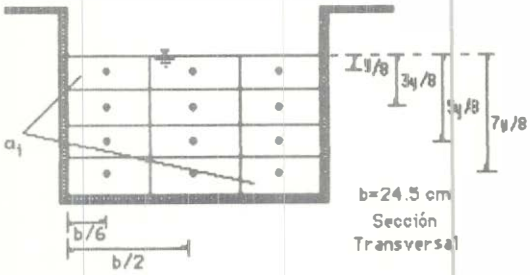


Figura 2.

6. Apague la bomba.

INFORME.

a. Calcule el gasto con la fórmula de vertedores.

$$Q = CH^{5/2}$$

b. Calcule la velocidad media en el canal con el principio de continuidad, y a partir de las velocidades puntuales, compare ambos resultados.

$$V_U = \frac{Q}{A} \quad ; \qquad U = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} v_i \quad , \; n \text{ -- número de secciones de área } a_i.$$

c. Calcule los coeficientes de Coriolis [α] y de Boussinesq [β].

$$\alpha = \frac{1}{nU^3}\sum_{i=1}^{n} v_i^3 \qquad\qquad \beta = \frac{1}{nU^2}\sum_{i=1}^{n} v_i^2$$

d. Compare los valores de α y β obtenidos en el punto anterior con los propuestos por Kolupaila en la referencia 1.

$$\alpha = 1 + 3\varepsilon^2 - 2\varepsilon^3 \qquad\qquad \varepsilon = \left(\frac{v_{max}}{U} - 1\right)$$

$$\beta = 1 + \varepsilon^2$$

e. Dibuje en papel milimétrico los perfiles de la distribución vertical y transversal de velocidades.

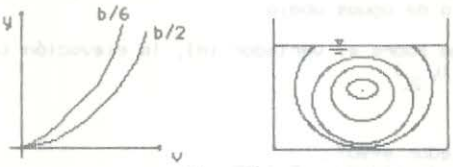


Figura 3.

f. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

Sotelo,G.,"APUNTES DE HIDRAULICA II",Facultad de Ingeniería, UNAM.

HIDRAULICA II

ENERGIA ESPECIFICA

OBJETIVO. Observar y medir el cambio en el perfil de la superficie libre del agua, debido a un cambio en la sección.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Flexómetro y limnímetro.

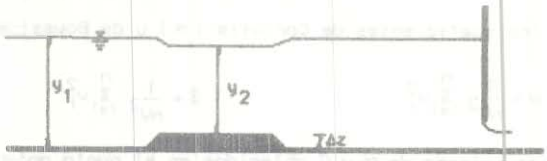


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor triangular.

2. Establezca un gasto [Q] en el canal.

3. Provoque un perfil como el mostrado en la figura 1, regulándolo con la compuerta de aguas abajo.

4. Mida la carga sobre el vertedor [H], la elevación [Δz] y los tirantes [y_{1L}] y [y_{2L}].

DATOS.
Angulo del vertedor θ=90°.
Ancho del canal de llegada B=1.05m
Ancho del canal b=24.5cm

INFORME.

a. Calcule el gasto con la fórmula de vertedores.

b. Calcule el tirante en la sección (2) [y_{2c}], a partir de "y_{1L}" y "Δz". Considere despreciables las pérdidas de energía [h_p].

$$y_{1L} + \frac{v_{1L}^2}{2g} = y_{2c} + \frac{v_{2c}^2}{2g} + \Delta z + h_p$$

c. Determine la pérdida de energía entre las secciones (1) y (2), a partir de los valores de "y_{1L}", "y_{2L}" y "Δz".

d. Compare y_{2c} con y_{2L} y analice si fue correcto despreciar la pérdida de energía al calcular y_{2c}.

e. Grafique en papel milimétrico las curvas "Q-y" para las secciones (1) y (2) considerando la energía específica [E_o] constante. Consi-

dere que para $Q=0$, $y=E_0$ y $y=0$; y para $Q=Q_{max}$, $y=(2/3)E_0$. Al graficar considere h_p y Δz como se muestra en la figura 2.

g. Dibuje el perfil de la superficie libre del agua sobre las gráficas construidas (Fig. 2).

h. Dé sus conclusiones y comentarios.

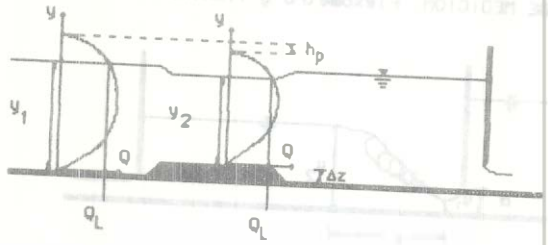


Figura 2.

REFERENCIA.

Sotelo, G. "APUNTES DE HIDRAULICA II", Fac. de Ingeniería, UNAM

HIDRAULICA II

SALTO HIDRAULICO

OBJETIVO. Observar y medir las características de un salto hidráulico y compararlas con las que se obtienen haciendo uso de la ecuación de la cantidad de movimiento y las fórmulas sugeridas en la referencia 1

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Flexómetro y limnímetros.

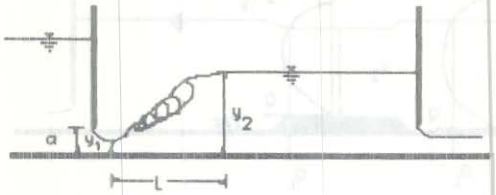


Figura 1

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor.

2. Fije una abertura [a_1] en la compuerta de aguas arriba.

3. Establezca un gasto [Q] y mida la carga sobre el vertedor [H].

4. Provoque un salto hidráulico aguas abajo de la compuerta y dentro del vidrio de observación, utilizando para ello la compuerta de aguas abajo (Fig. 1).

5. Mida los tirantes conjugados menor [y_{1L}] y mayor [y_{2L}] y la longitud del salto [L_L].

6. Fije otra abertura [a_2] y repita los dos pasos anteriores.

DATOS.
Angulo del vertedor θ=90º
Ancho del canal de llegada B=1.05m
Ancho del canal b=24.5cm

INFORME.

a. Calcule el gasto.

b. Calcule el tirante crítico [y_c].

c. Calcule los tirantes conjugados mayores [y_{2c}] para cada abertura.

$$y_{2c} = \frac{y_{1L}}{2}\left(\sqrt{1+8Fr_1^2}-1\right)$$

d. Calcule la función momentum [M] que corresponde a "y_c" y a los "y_1".

$$M = \frac{Q^2}{gA} + z_G A$$

e. Calcule la longitud de cada salto [L_c] a partir de los tirantes medidos, usando la tabla 4.1 de la referencia 1.

f. Calcule la pérdida de energía [ΔH] y la eficiencia [η] de cada salto.

$$\Delta H = H_1 - H_2 \quad ; \quad \eta = \frac{\Delta H}{H_1} * 100$$

g. Dibuje en papel milimétrico la curva "M-y".

h. Compare los valores medidos [y_{2L}, L_L] con los calculados [y_{2c}, L_c].

i. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Sotelo,G.,"APUNTES DE HIDRAULICA II",Facultad de Ingeniería.UNAM.

HIDRAULICA II

FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

OBJETIVO. Medir el perfil de flujo en un canal y compararlo con el que se obtiene mediante la ecuación de la energía.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cinta métrica y limnímetros.

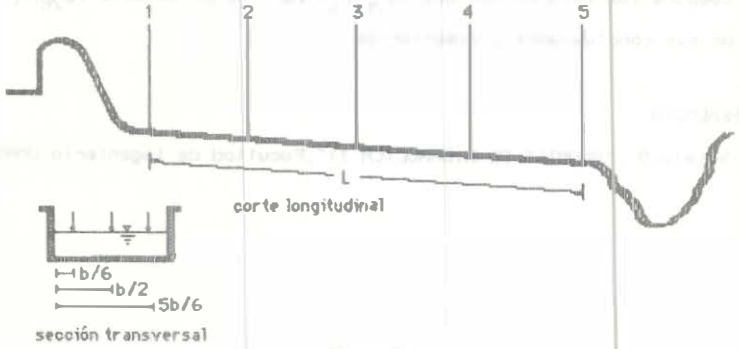


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor triangular.

2. Establezca el gasto [Q] que corresponda a una carga [H] en el vertedor entre 10 y 20 cm y mida la carga.

3. Mida en las cinco secciones longitudinales indicadas en la fig.1 tres tirantes transversales, tomando la lectura del piso y el nivel del agua en los 15 casos.

DATOS.

Angulo del vertedor θ=53.8°
Ancho del canal de llegada B=1.10m
Ancho del canal b=0.40m
Coeficiente de rugosidad, n=0.011
Pendiente del canal, S_o=0.008

INFORME.

a. Calcule el gasto.

b. Calcule el tirante normal [y_n].

c. Calcule el tirante crítico [y_c].

d. Clasifique el perfil que se forma en el canal.

e. Ubique la sección de control y calcule el perfil del flujo, se recomienda usar el método de incrementos finitos.

f. Grafique en la <u>misma</u> hoja de papel milimétrico el perfil medido y el calculado (distorsione la escala horizontal).

g. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Sotelo,G.,"APUNTES DE HIDRAULICA II",Facultad de Ingenieria.UNAM.

HIDRAULICA III

HIDRAULICA III

BOMBA DE FLUJO RADIAL

OBJETIVO. Obtener las curvas características y de isoeficiencia en el plano "Gasto-Carga" (Q-H) de una bomba de flujo radial.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Limnímetro, manómetros, tacómetro y wattmetro.

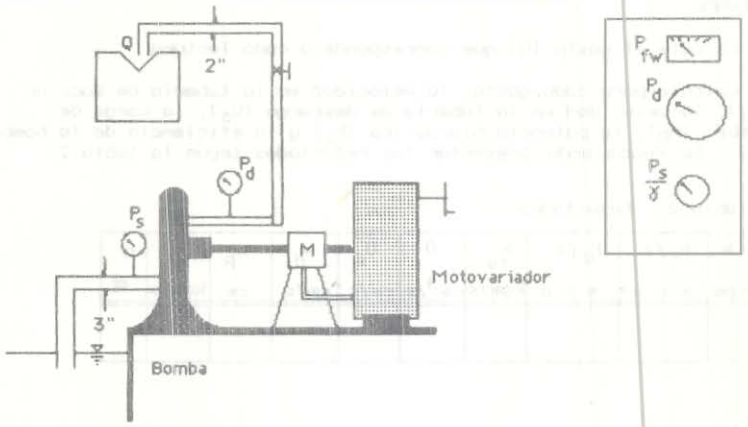


Figura 1

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara del vertedor.

2. Encienda la bomba. La válvula en la descarga debe estar abierta.

3. Fije con el motovariador una velocidad angular [N_m] entre 800 y 1300 rpm.

4. Cierre la válvula y tome las lecturas de la carga de presión en la succión [P_s/γ], la presión en la descarga [P_d] y la potencia al freno [P_{fw}]. La válvula no debe permanecer cerrada por más de un minuto.

5. Fije cinco aberturas en la válvula, y para cada una mida P_s/γ, P_d, P_{fw} y la carga sobre el vertedor [h_v]. Al variar las aberturas observe el manómetro de la descarga para cubrir todo el rango de P_d. Se recomienda hacer una tabla como la mostrada para anotar los datos del laboratorio.

N_m rpm	P_s/γ cm de Hg	P_d kg/cm^2	P_{fw} kw	h_v cm

6. Repita dos veces los dos pasos anteriores para otras dos velocidades angulares, que se encuentren dentro del rango de operación de la bomba.

7. Apague la bomba.

DATOS.

Ancho del canal de llegada del vertedor, B=116cm.
Angulo del vertedor, θ=54.16°
La velocidad angular que corresponde a la flecha de la bomba es 1.5 veces mayor que la del motovariador, $N=1.5N_m$

INFORME.

a. Calcule el gasto [Q] que corresponde a cada lectura.

b. Calcule para cada gasto, la velocidad en la tubería de succión [V_s], la velocidad en la tubería de descarga [V_d], la carga de bombeo [H_B], la potencia hidráulica [P_H] y la eficiencia de la bomba [η]. Se recomienda presentar los resultados según la tabla 2.

Tabla 2. Resultados

N	P_s/γ	P_d/γ	P_{fw}	Q	V_s	V_d	H_B	P_H	η
rpm	m.c.a.	m.c.a.	kgm/s	cm^3/s	cm/s	cm/s	cm	kgm/s	%

c. Dibuje las curvas de isoeficiencia sobre el plano "Q-H", como se muestra en la figura 2.

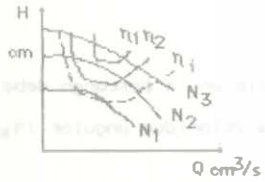


Figura 2. Curvas de isoeficiencia

d. Calcule la velocidad específica [N_s], empleando los valores de N, H y Q que corresponden a la máxima eficiencia obtenida en el laboratorio.

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad ; \quad \text{(rpm, gal/min, ft.)}$$

e. Indique si N_s corresponde al del rango de una bomba de flujo radial (ver figura 2.15, referencia 1).

f. De sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Polo Encinas, M "TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS", Ed. Limusa, 1980.

HIDRAULICA III

BOMBA DE FLUJO AXIAL

OBJETIVO. Obtener las curvas características "Gasto-Carga" (Q-H) de una bomba de flujo axial.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cinta métrica, limnímetro, tacómetro y wattímetro.

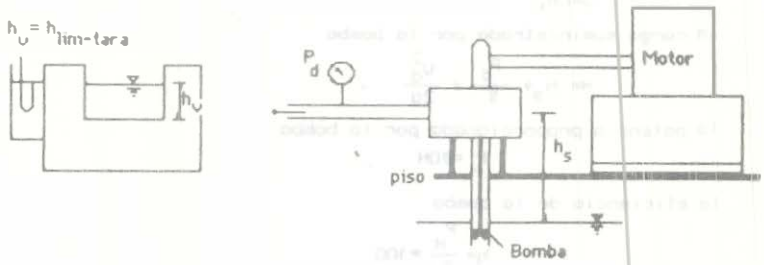


Figura 1

PROCEDIMIENTO

1. Mida la tara del vertedor de aforo y la carga de succión (h_s) (Fig. 1).

2. Abra la válvula de descarga y haga funcionar la bomba.

3. Fije una velocidad angular en el motor entre 800 y 1400 r.p.m.

4. Cierre la válvula y tome las lecturas de presión de descarga (P_d) y potencia eléctrica proporcionada al sistema (P_e). La válvula no debe permanecer cerrada más de 1/2 minuto.

5. Abra la válvula viendo el manómetro de descarga y fije 4 o 5 aberturas cubriendo el rango de P_d. Para cada abertura lea P_d, P_e y la carga en el limnímetro (h_{lim}).

6. Repita los dos pasos anteriores para cuatro velocidades angulares diferentes.

7. Apague la bomba.

8. **Ordene los datos** en una tabla como la siguiente.

N r.p.m.	P_d Kg/cm^2	P_e Kw	h_{lim} cm

Tabla 1

DATOS.

Ancho del vertedor rectangular b=50cm
Considere que a la bomba le llega un 60% de la potencia suministrada al sistema ($P_B=0.6P_e$). El diámetro de la tubería de descarga es D =25.4cm. Desprecie las pérdidas de energía en la tubería de succión.

INFORME.

a. Calcule, para cada lectura:
El gasto

$$Q=Ch_v^{1.5}$$

la carga suministrada por la bomba

$$H= h_s+ \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} \quad ;$$

la potencia proporcionada por la bomba

$$P_H=\gamma QH \quad ;$$

la eficiencia de la bomba

$$\eta= \frac{P_H}{P_B} *100$$

b. Presente sus resultados como se indica en la tabla 2.

N	Q	V_d	H	P_e	P_H	η
rpm	$m^3/s*10^{-3}$	m/s	m	kg m/s	kg m/s	%

Tabla 2.

c. Trace las curvas "Q-H" para cada velocidad angular, y sobre éstas las curvas de isoeficiencia.

d. Determine las condiciones óptimas de operación y con éstas, calcule la velocidad específica [N_s]

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Donde N en rpm, Q en gal/min y H en ft.

e. Revise si la velocidad específica obtenida está dentro del rango que corresponde a la bomba de flujo axial (referencia 1), si no corresponde, diga a que se debe.

REFERENCIA.

1. Polo Encinas, "TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS", Ed. Limusa, 1980.

HIDRAULICA III

TURBINA PELTON

OBJETIVO. Obtener las curvas características y de isoeficiencia de un modelo de turbina Pelton, en el plano "Velocidad angular - Potencia al freno".

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Báscula, manómetro, tacómetro y Venturi.

ESQUEMA DE LA INSTALACION

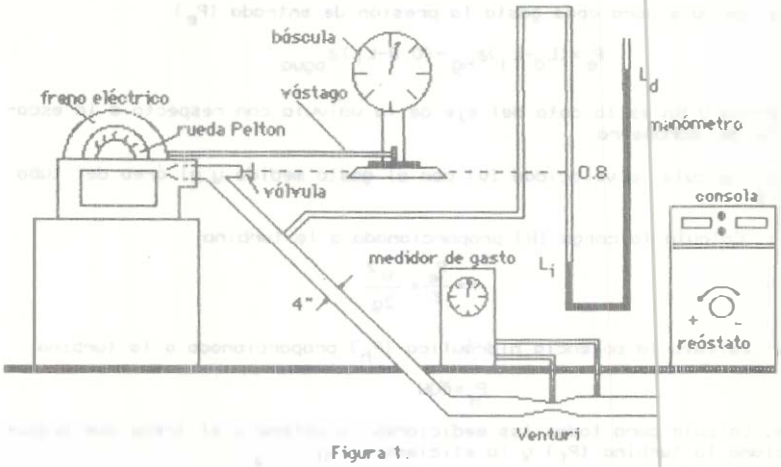


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la tara de la báscula y encienda la consola.

2. Encienda la bomba que alimenta a la turbina, verificando que las válvulas de bifurcación y entrada estén abiertas.

3. Purgue el medidor de gasto (Venturi) y el piezómetro.

4. Fije una abertura [α] de la válvula que alimenta el chiflón de la turbina, mida el gasto [Q] en el Venturi, las columnas izquierda [L_i] y derecha [L_d] del manómetro, la velocidad angular del generador [N] y la fuerza en la báscula [F_b].

5. Varíe cuatro veces la velocidad angular con el reóstato de la consola y mida la fuerza que ejerce el vástago sobre la báscula. Se recomienda hacerlo entre 300 y 800 r.p.m.. El gasto y la presión a la entrada de la turbina no varían.

6. Repita los dos pasos anteriores para otros tres gastos diferentes. Se recomiendan aberturas entre 10 y 40.

7. Apague la bomba y la consola.

8. Presente sus datos en una tabla como la que sigue:

α	Q l/s	L_i cm	L_d cm	N r.p.m.	F_b kg

INFORME

a. Calcule para cada gasto la presión de entrada [P_e]:

$$P_e = (L_d - L_i)\gamma_{Hg} - (0.8 - L_i)\gamma_{agua}$$

donde 0.8m es la cota del eje de la válvula con respecto a la escala del manómetro.

b. Calcule la velocidad [V] con el gasto medido y el área del tubo (ϕ=4").

c. Calcule la carga [H] proporcionada a la turbina.

$$H = \frac{P_e}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

d. Calcule la potencia hidráulica [P_h] proporcionada a la turbina.

$$P_H = \gamma Q H$$

e. Calcule para todas las mediciones la potencia al freno que proporciona la turbina [P_f] y la eficiencia [η].

$$P_f = wFd \qquad \eta = \frac{P_f}{P_H} * 100$$

donde: $F = F_b$ - tara (kg), d=0.70m es la longitud del brazo del par y $w = \frac{2\pi N}{60}$ (rad/s)

f. Presente sus resultados en una tabla como la que sigue:

α	Q $m^3/s*10^{-3}$	$\frac{P_e}{\gamma}$ m	$\frac{V^2}{2g}$ m	H m	P_H kg m/s	N r.p.m.	F kg	P_f kg m/s	η %

g. Trace en papel milimétrico las curvas "N-P_f" para cada abertura.

h. Dibuje las curvas de isoeficiencia en el plano "N-P_f" del paso anterior.

i. Calcule la velocidad específica de la turbina para el punto de máxima eficiencia

$$N_s = \frac{N\sqrt{P_f}}{H^{5/4}}$$

con : N en r.p.m., P_f en C.V. y H en m.

j. Revise si la N_s corresponde a una turbina Pelton (Referencia 1, fig. 4.2).

k. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Polo Encinas,M. "TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS", Ed. Limusa, México, 1980.

HIDRAULICA III

TURBINA KAPLAN

OBJETIVO. Obtener las curvas características "Velocidad angular-potencia al freno" de un modelo de turbina Kaplan y determinar la velocidad específica de la misma.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Báscula, freno eléctrico, manómetros de mercurio, Venturi y tacómetro.

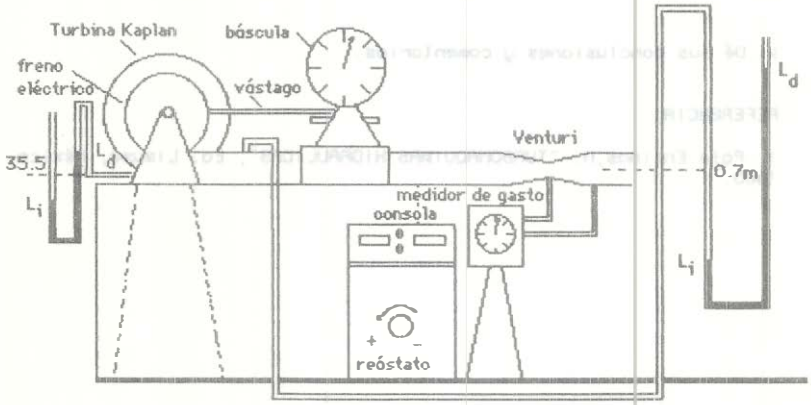


Figura 1

PROCEDIMIENTO.

1. Construya una tabla como la que se indica para tomar los datos de la práctica.

α	N	F_b	Q	Manómetro a la entrada de la turbina		Manómetro a la salida de la turbina	
				L_i	L_d	L_i	L_d
	r.p.m.	Kg	lt/s	cm de Hg		cm de Hg	

2. Mida la tara de la báscula.

3. Prenda la bomba que alimenta la turbina y abra la válvula de alimentación.

4. Encienda el freno eléctrico de la turbina.

5. Fije una abertura (α) en los álabes directrices de la turbina.

6. Con el reóstato del freno eléctrico provoque una velocidad angular (N) entre 500 y 1900 r.p.m.

7. Mida la fuerza que registra la báscula [F_b], el gasto [Q] con el Venturi y las columnas L_i y L_d en los manómetros de entrada y salida.

8. Varíe 4 veces la velocidad angular y para cada una repita el paso anterior.

9. Fije otras dos aberturas y repita los pasos 6,7, y 8.

INFORME.

a. Calcule, para cada velocidad angular:

- Las presiones de entrada y salida.

$$P_e=(L_i-L_d)\gamma_{Hg}+(70-L_i)\gamma_{agua} \qquad [kg/cm^2]$$

$$P_s=-(L_i-L_d)\gamma_{Hg}+(35.5-L_d)\gamma_{agua}$$

donde 70cm es la elevación del eje de la tubería con respecto a la escala del manómetro de entrada y 35.5cm es la elevación del eje de la tubería con respecto al manómetro a la salida.

- La carga proporcionada a la turbina

$$H_T=\left(\frac{P_e}{\gamma}-\frac{P_s}{\gamma}\right) \quad ; \; V_e=V_s$$

- La potencia hidráulica [P_h] proporcionada a la turbina.

$$P_H=\gamma QH$$

- La potencia al freno que proporciona la turbina [P_f] y su eficiencia [η].

$$P_f=\omega Fd \qquad \eta=\frac{P_f}{P_H}*100$$

donde: $F=F_b$-tara (kg), d=0.70m es la longitud del brazo del par y $\omega=\frac{2\pi N}{60}$(rad/s)

b. Presente sus resultados en una tabla como la siguiente.

α	Q	$\frac{P_e}{\gamma}$	$\frac{P_s}{\gamma}$	H	P_H	ω	F	P_f	η
	$m^3/s*10^{-3}$	m	m	m	kg m/s	rad/s	kg	kg m/s	%

c. Trace en papel milimétrico las curvas "N-P_f" para cada abertura.

d. Dibuje las curvas de isoeficiencia en el plano "N-P_f" del paso anterior.

e. Calcule la velocidad específica de la turbina para el punto de máxima eficiencia

$$N_s=NP_f^{1/2}/H^{5/4}$$

donde: N en r.p.m., P_f en C.V. y H en m.

f. Revise si la N_s corresponde a una turbina Kaplan (Referencia 1, fig. 4.2).

g. ¿Cuántos focos de 60 watts puede encender la turbina (sin conside-

rar las pérdidas en el generador).

h. ¿Cuántos polos debe tener el generador que se acople a la turbina?

I. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Polo E., "TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS", Edit. Limusa, 1980

HIDRAULICA III

GOLPE DE ARIETE

OBJETIVO. Observar en un osciloscopio la variación de la presión en una tubería, debida al cierre instantáneo de una válvula y compararla con la obtenida mediante la fórmula de Michaud.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cronómetro, manómetro, osciloscopio y probeta graduada.

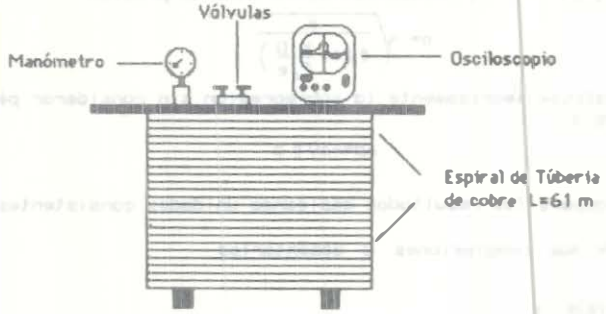


Figura 1.

NOTA. El manejo del osciloscopio será hecho exclusivamente por el personal del laboratorio, el cual lo calibrará previamente de tal manera que una presión de 3 bares corresponda a una variación en el haz luminoso de 1 cm.

PROCEDIMIENTO.

1. Abra las válvulas de purga (BY PASS), la de alimentación al sistema y la salida de agua del sistema (OUT LET).

2. Cierre la válvula de purga y deje correr el agua unos instantes para expeler el aire del sistema.

3. Cierre la válvula de salida y abra lentamente la purga hasta que el manómetro marque un bar.

4. Abra la válvula de salida hasta tener un gasto no mayor a 0.1 l/s haga tres aforos. Es muy importante respetar este límite para evitar presiones dañinas en el aparato. El flujo dentro de la tubería esta listo para la prueba. De ser necesario se puede reducir la presión en el sistema.

5. Cierre el interruptor de la válvula (SOLENOID VALVE), en ese instante se producirá una sobrepresión (Δp) en el sistema que se verá reflejada en la pantalla del osciloscopio. Mida Δp. Cuando el fenómeno termine, suelte el interruptor.

6. Repita dos veces el punto anterior, calcule la sobrepresión como el promedio de las tres mediciones.

DATOS.

Diámetro de la tubería	D=1.27 cm
Espesor de la tubería	e=0.119 cm
Modulo de elasticidad volumétrico del agua	$K=2.23 * 10^{8}$ kg/m^2
Módulo de elasticidad volumétrico del cobre	$E_c=1.21 * 10^{10}$ kg/m^2

INFORME.

a. Calcule la celeridad (a) de la onda de presión.

$$a=\sqrt{\frac{K}{\rho\left(1+\frac{K}{E_c}\frac{D}{e}\right)}}$$

b. Calcule teóricamente la sobrepresión sin considerar pérdidas de energía.

$$\Delta p=-\Delta V \rho a$$

c. Compare los resultados empleando unidades consistentes.

d. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

Comisión Federal de Electricidad, "MANUAL DE OBRAS CIVILES" Hidrotecnia A.2.6, Golpe de Ariete, México 1982.

HIDRAULICA III

POZOS DE OSCILACION

OBJETIVO. Observar el funcionamiento hidráulico dentro de un pozo de oscilación cuando se produce un cierre brusco. Comparar las oscilaciones máximas y mínimas que se miden en el laboratorio con las que se obtienen usando los parámetros de Calame y Gaden.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cinta métrica.

Figura 1.

PROCEDIMIENTO

1. Mida la tara del vaso con respecto al eje de la tubería.

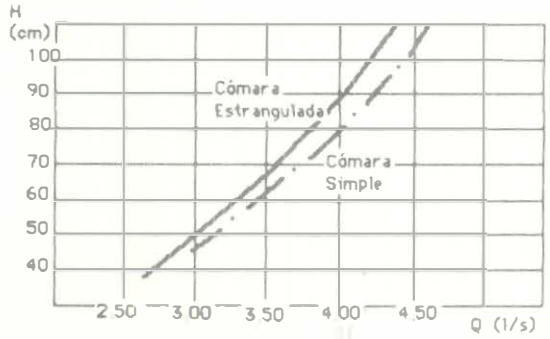
2. Abra la válvula de alimentación y mida la carga (H) cuando se estabilice el nivel del agua dentro del vaso.

3. Mida la pérdida de energía (z_o) entre el vaso y el pozo (Fig. 1).

4. Cierre rápidamente la válvula aguas abajo del pozo y mida los valores máximo y mínimo de la oscilación dentro del pozo (z_m, z_d).

INFORME.

a. Calcule el gasto con la gráfica 1.



Gráfica 1.

b. Calcule la pérdida de energía y compárela con la medida.

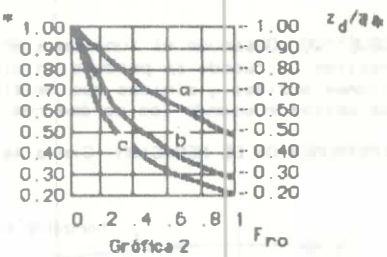
c. Calcule los parámetros de Calame y Gaden $[z_*, F_{ro}]$ y con la gráfica 2 obtenga teóricamente los máximos y mínimos de la oscilación.

$$z_* = V_o \sqrt{(L/g)(A_t/A_c)}$$

$$F_{ro} = z_o / z_*$$

Curvas:

a. 1er. máximo
b. 1er. mínimo
c. 2o. máximo



Gráfica 2

d. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. León V. Luis F., "CAMARAS DE OSCILACION, MEDIDAS EXPERIMENTALES Y SOLUCION NUMERICA", Tésis de Licenciatura, 1984.

HIDROLOGIA

HIDROLOGIA

ESTACION CLIMATOLOGICA

OBJETIVO. Conocer el funcionamiento y la forma de obtener información de los aparatos que integran una estación climatológica.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Anemógrafo, evaporímetro, pluviógrafo, pluviómetro, regla graduada, termómetros temperaturas máxima y mínima y de bulbo seco y bulbo húmedo.

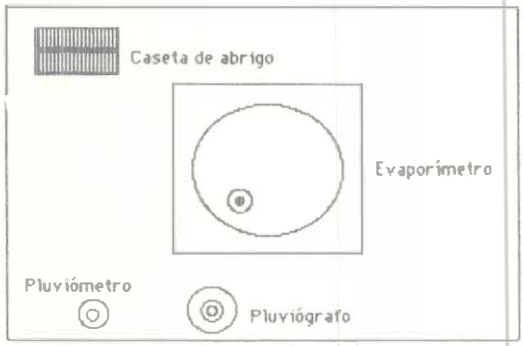


Figura 1.

NOTA. Para realizar esta práctica se debe visitar dos veces la estación climatológica, con un intervalo de 24 horas.

PROCEDIMIENTO.

-El primer día:

1. Anote la fecha y hora que se toman las lecturas.

2. Mida la temperatura ambiente (bulbo seco) y la depresión del bulbo húmedo.

3. Revise que las flechas de los termómetros de temperatura máxima y mínima estén al nivel del mercurio.

4. Mida el nivel del agua en el evaporímetro.

5. Mida el nivel del agua en el pluviómetro.

6. Ponga un registro nuevo al pluviógrafo y revise su buen funcionamiento, para esto vierta entre 50 y 100 ml de agua y mida la marca. Regrese la aguja a cero.

7. Coloque un registro nuevo en el anemógrafo.

- El segundo día:

8. Tome las lecturas de los termómetros de temperatura máxima y mínima.

9. Mida el nivel del agua en el pluviómetro.

10. Quite el registro al pluviógrafo.

11. Mida el nivel del agua en el evaporímetro.

12. Quite el registro al anemógrafo.

NOTA. A los registros se les deberá sacar una copia por alumno y anexarla al informe; el original se regresará al laboratorio.

INFORME

a. Calcule a partir de las lecturas de bulbo seco y húmedo la humedad relativa (H.R.), la presión de saturación (e_s) y la presión de vapor del agua (e_a). Utilice la tabla que se le proporcionará en el laboratorio.

b. Compare la precipitación que registró el pluviógrafo cuando se vertió el volumen de prueba, con la que resulta de dividir ese volumen entre el área de captación (diámetro= 10cm).

c. Compare la precipitación medida con el pluviógrafo con la del pluviómetro.

d. Dibuje el hietograma de la lluvia a cada hora desde su inicio.

e. Determine la velocidad media del aire.

f. Calcule la evaporación mensual usando la fórmula de Meyer, determine la correspondiente a un día y compárela con la medida. Recuerde tomar en cuenta la precipitación.

g. Si no llovió, indíquelo y no tome en cuenta los puntos del c al d.

h. De sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA

1. Springall, R. "HIDROLOGIA", Publicación D7 del Instituto de Ingeniería, UNAM.

HIDROLOGIA

SIMULACION DE ACUIFEROS

OBJETIVO. Observar el cono de abatimiento que se presenta en un acuífero al extraerse un gasto y determinar el coeficiente de permeabilidad del material que conforma al acuífero.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Piezómetros, regla graduada y rotámetro.

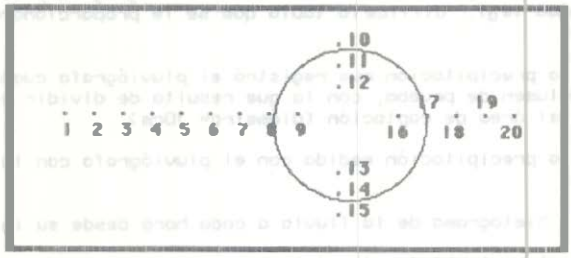


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Inicie la extracción del agua desde el acuífero y espere a que se estabilice el flujo. Se logra cuando el nivel en los piezómetros se mantiene constante.

2. Mida el gasto con el rotámetro.

3. Mida el nivel piezométrico de los ocho pozos de observación (dos en cada dirección, Fig.1).

4. Mida el nivel en algún piezómetro que no tenga influencia del cono de abatimiento (20 de la Fig.1).

INFORME.

a. Calcule, con la ecuación de Thiem, el valor del coeficiente de permeabilidad [k_L] en las cuatro direcciones.

b. Calcule el valor de k_L del acuífero, como el promedio de las 4 obtenidos.

c. Diga que tipo de material conforma al acuífero y estime el valor que le corresponde al coeficiente de permeabilidad [k_r] según la referencia 1.

d. Compare los valores de las permeabilidades k_L y k_r.

e. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERENCIA.

1. Juarez Badillo y Rico Rodríguez, "MECANICA DE SUELOS" Tomo I. Ed. Limusa.

OBRAS HIDRAULICAS

OBRAS HIDRAULICAS

TRANSITO DE AVENIDAS

OBJETIVO. Simular una avenida y generar su hidrograma. Comparar el hidrograma de salida real con el calculado teóricamente.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cinta métrica, cronómetro.

ESTRUCTURA PARA EL TRANSITO DE AVENIDAS

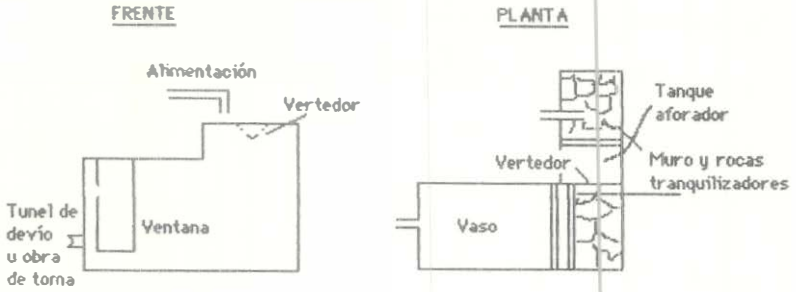


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Llene de agua el vaso y vacíelo cuando estén saturados los tabiques.

2. Revise que los niveles del agua en el tanque aforador y en el vaso estén a punto de verter.

3. Pegue una cinta adhesiva en la ventana del vaso y otra junto al piezómetro del vertedor.

4. Genere los hidrogramas de entrada y salida del vaso como sigue:

   * Abra lentamente la válvula de alimentación hasta llegar al máximo y después ciérrela lentamente.

   * A partir del momento que el agua empieza a verter se marcan los niveles en las cintas a cada Δt=10 segundos, hasta que el vaso se vacíe. Se recomienda marcar de un lado de la cinta las subidas y del otro las bajadas. Si se repite una medición use una marca vertical.

DATOS.

Angulo del vertedor, θ=53.8°, Ancho del canal de llegada B=1.30m

INFORME.

a. Calcule el gasto en el vertedor para cada nivel medido.

b. Determine el gasto en el vaso para todos los Δt con la curva de "Gastos-Elevaciones" [Q-E] proporcionada en el laboratorio.

c. Dibuje en papel milimétrico los hidrogramas de entrada y salida

medidos en el laboratorio.

d. Calcule el hidrograma de salida a partir del hidrograma de entrada generado. Para esto use el método semigráfico descrito en la referencia 1 o 2. Para la curva auxiliar se necesita además de la curva Q-E la de "Volúmenes-Elevaciones" [V-E] proporcionada en el laboratorio.

e. Grafique el hidrograma de salida calculado en el mismo plano del hidrograma medido y compare los resultados.

f. Dé sus conclusiones y comentarios.

REFERNCIAS.

1. Mejía Ch. Florentino, "TRANSITO DE AVENIDAS EN VASOS", Apuntes de la Fac. de Ingeniería, UNAM

2. IIE,CFE, "MANUAL DE OBRAS CIVILES",Tomo A.I.8, "TRANSITO DE AVENIDAS EN VASOS",CFE

3. Sotelo A. G., "HIDRAULICA GENERAL", Limusa, México 1980.

PERFIL CIMACIO CREAGER

OBJETIVO. Medir el perfil de la lámina inferior del flujo que pasa sobre un vertedor rectangular de pared delgada, y compararlo con el que se obtiene al calcular un cimacio tipo Creager.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Cinta métrica.

Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. En el vertedor de pared delgada del canal basculante, establezca un gasto de tal manera que se tenga una carga de diseño [H_d] de entre 3 y 15 cm (Fig. 1).

2. Coloque una hoja de papel cebolla en la pared del canal y calque el perfil de la lámina inferior, así como la carga H_d.

INFORME.

a. Calcule, para la carga medida, el perfil de un cimacio Creager, utilizando el siguiente criterio.

$$\frac{y}{H_d} = k\left(\frac{x}{H_d}\right)^n$$

El origen de las coordenadas coincide con el nivel de la cresta (Fig.2). Los valores de [k] y [n] son empíricos y constantes, tal que para un paramento vertical valen k=0.5 y n=1.87

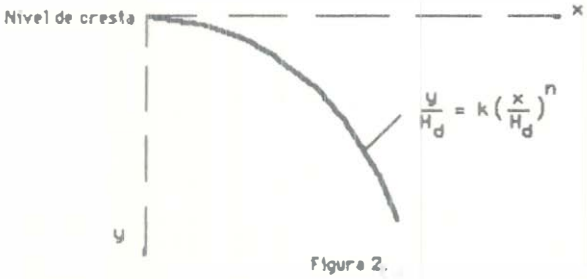


Figura 2.

b. Determine el perfil del cimacio aguas arriba de la cresta como se indica en la figura 3.

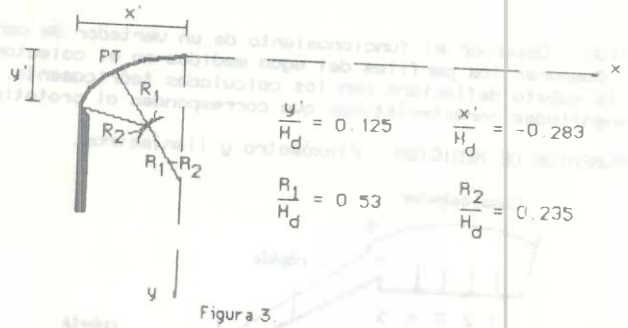


Figura 3.

c. Grafique en el mismo papel milimétrico, el perfil del cimacio Creager y el perfil de la lámina inferior medida

d. Discuta las semejanzas o diferencias que tengan los perfiles.

e. Dé sus conclusiones y comentarios

REFERENCIA.

1. U.S.B.R. Departement of Interior, "DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS", Editorial C.E.C.S.A., México 1982.

OBRAS HIDRAULICAS

VERTEDOR DE CANAL LATERAL

OBJETIVO. Observar el funcionamiento de un vertedor de canal lateral. Comparar los perfiles del agua medidos en el colector, la rápida y la cubeta deflectora con los calculados teóricamente. Obtener las magnitudes características que corresponden al prototipo.

INSTRUMENTOS DE MEDICION. Flexómetro y llaníметros.

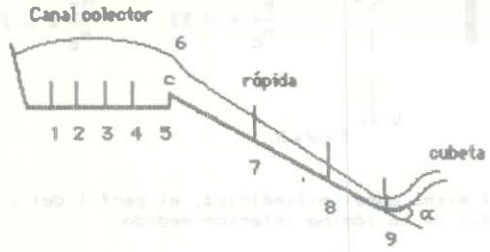


Figura 1.

PROCEDIMIENTO.

1. Mida la longitud de cresta del vertedor [L], la longitud del canal colector [L_c], la de la rápida [L_r] y el paramento [p].

2. Mida la tara del vertedor triangular, la de la cresta de la obra de excedencias y las del piso en las secciones indicadas en la figura 1.

3. Establezca un gasto [Q_v] al cual le corresponda una carga en el vertedor triangular [h_v] de entre 10 y 15 cm.

4. Mida los tirantes en el canal colector y en la rápida en las secciones 1 a 9.

5. Mida la altura máxima y el alcance del chorro que sale de la cubeta deflectora.

DATOS.

Angulo de la cubeta $\alpha = 19^o$

	canal colector	rápida
Ancho de plantilla	14.0 cm	14.0 cm
Talud	0.5	0.25
Pendiente	0.008	0.161
Coeficiente de rugosidad	0.012	0.012

INFORME.

a. Calcule el perfil del agua en el canal colector considerando y_{SL} como tirante inicial. Se recomienda emplear el método explicado por el asesor.

b. Calcule el perfil del agua en la rápida.

c. Calcule empleando las ecuaciones de tiro parabólico la altura máxima y el alcane del chorro que sale de la cubeta deflectora.

d. Calcule el gasto en el vertedor triangular [Q_V].

e. Calcule el gasto en el vertedor de excedencias [Q_E] con los valores medidos de la carga sobre la cresta, su longitud y el paramento.

f. Considere una escala de líneas l_e=70 y obtenga los valores que corresponden al prototipo para los siguientes parámetros:

* gasto
* carga sobre la cresta
* longitud de la cresta
* ancho de plantilla
* longitud de los canales
* paramento
* velocidad media en las secciones 6 y 9
* alcance y altura del chorro

REFERENCIAS.

1. León V., Luis, "Diseño Hidráulico de Vertedores de Canal Lateral", Apuntes Facultad de Ingenieria.

2. USBR,"DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS", CECSA, México.