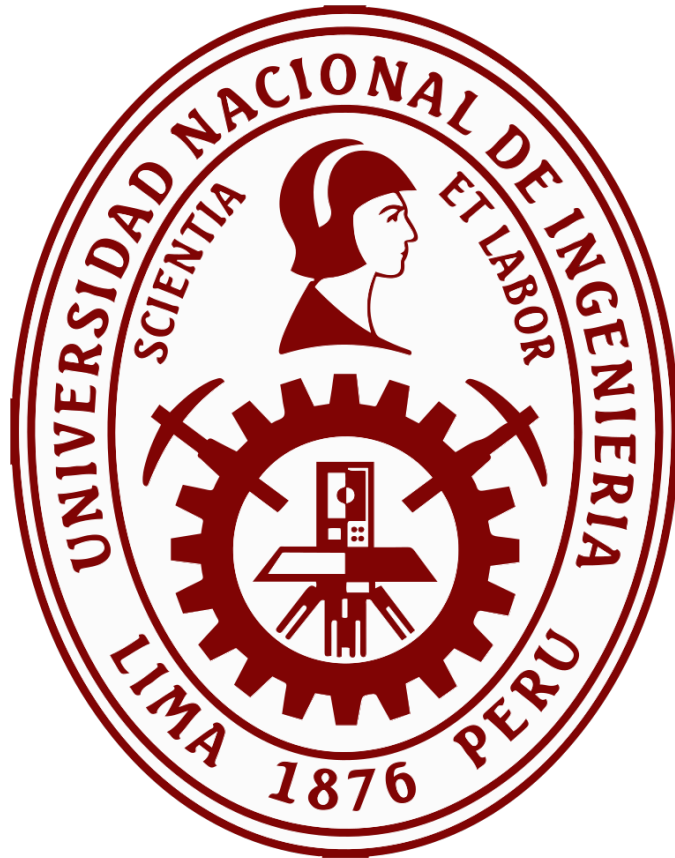


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



INFORME DE LABORATORIO
LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDICIÓN DE FLUJO

MEDICIÓN DE FLUJO

ENTREGADO:

06 OCTUBRE 2019

ALUMNOS:

Carranza Zavala David, 20174065E

Huaroto Villavicencio Josue, 20174070I

Landeo Sosa Bruno, 20172024J

Lino Carbajal Franklin, 20110146D

Quesquen Vitor Angel, 20170270C

Sotelo Caverro Sergio, 20172125K

PROFESOR:

ING. MORALES TAQUIRI OSWALDO

Índice general

| | |
|--|-----------|
| 1. Objetivos | 1 |
| 2. Cálculos y resultados | 2 |
| 2.1. Estudio del flujo en vertedero triangular | 2 |
| 2.1.1. Relación entre el tanque y el caudal en la salida | 2 |
| 2.1.2. Relación entre el caudal y la altura del medidor flotante para el perfil triangular | 3 |
| 2.2. Tubo de Venturi | 5 |
| 2.3. Placa orificio | 5 |
| 2.3.1. Procedimiento | 5 |
| 2.3.2. Cálculos y resultados | 6 |
| 3. Conclusiones | 8 |
| Bibliografía | 14 |

Capítulo 1

Objetivos

1. El objetivo de la medición con Venturi es determinar un factor que nos permita comparar resultados teóricos con los reales, recordemos que hay pérdidas en las tuberías y pues, este factor lo considerará.
2. Comparar la exactitud de este tubo, cuya instalación es cara, vs otro instrumento que tiene una instalación barata.
3. Calcular los coeficientes de descargas para la placa y el venturímetro.

Capítulo 2

Cálculos y resultados

2.1. Estudio del flujo en vertedero triangular

Cuadro con los datos obtenidos en esta parte experimental:

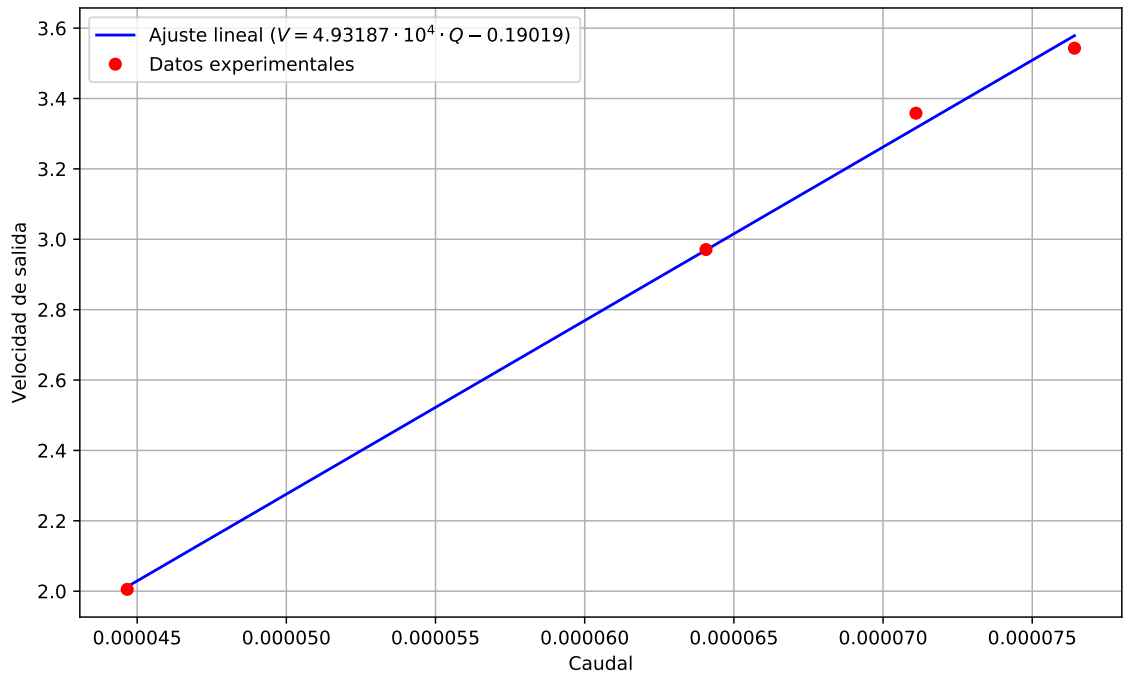
| Medición | Altura Tanque | Altura Flotador | Tiempo (seg) | Volumen (ml) | Caudal (ml/s) |
|----------|---------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | 20.5 cm | 0.4 in | 15 | 670 | 44.6667 |
| 2 | 45 cm | 0.49 in | 30.5 | 1954 | 64.0656 |
| 3 | 57.5 cm | 0.5 in | 15.33 | 1090 | 71.1024 |
| 4 | 64 cm | 0.75 in | 15.18 | 1160 | 76.4163 |

2.1.1. Relación entre el tanque y el caudal en la salida

Conocemos la relación teorica existente entre la altura (h) de agua presente en el tanque y la velocidad de salida por un orificio en la parte inferior del tanque. Esta relación se representa mediante la formula:

$$V_{\text{salida}} = \sqrt{2gh}$$

Entonces para un área de salida constante que desconocemos debería cumplirse que la relación caudal/velocidad debe ser lineal:



De esta grafica podemos deducir que el área de salida del orificio es de $2.02763 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$ aproximadamente.

2.1.2. Relación entre el caudal y la altura del medidor flotante para el perfil triangular

De los libros y manuales de hidráulica se puede obtener la siguiente formula para un vertedero triangular con ángulo de 90° :

$$Q_{teorico} = \frac{8}{15} \sqrt{2g} h^{5/2}$$

Esta expresión fue estudiada con mayor profundidad y James Thompson la replanteo considerando un coeficiente de descarga, lo que resulta en:

$$Q_{real} = 0.593 Q_{teorico} = 1.4 h^{5/2}$$

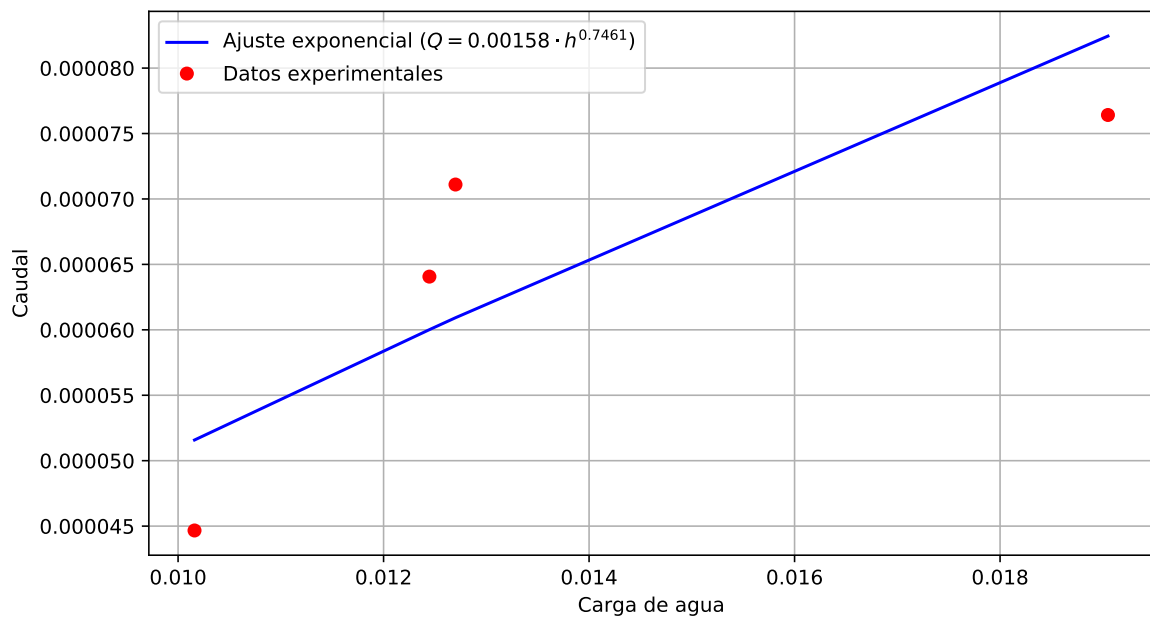
Con Q en m^3/s y h en metros. Además, esta formula sirve para valores de h entre 5 y 18 cm. Puesto que el coeficiente de descarga depende de las condiciones de ensayo y de los materiales; varios autores realizaron sus propios ensayos y obtuvieron distintas constantes

cercanas al valor de Thompson (1.4 ± 0.15 y 2.5 ± 0.2 aproximadamente). En general se puede deducir que el caudal depende únicamente de la altura por encima del vértice del triángulo o también llamado carga de agua.

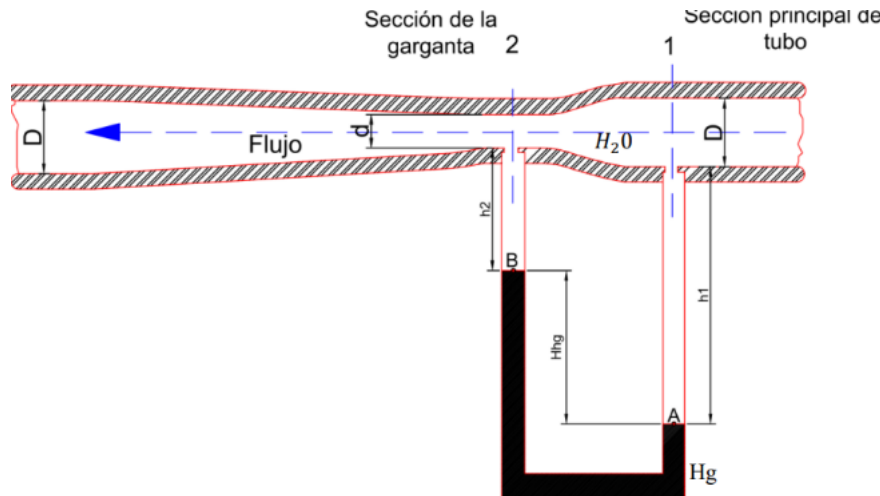
$$Q_h = K \cdot h^n$$

Para nuestro ensayo obtuvimos los siguientes datos de caudal y carga de agua (Altura del flotador):

| Carga de agua (m) | Caudal (m ³ /s) |
|-------------------|----------------------------|
| 0.01016 | 4.4667e-05 |
| 0.012446 | 6.406557e-05 |
| 0.0127 | 7.110241e-05 |
| 0.01905 | 7.64163e-05 |



2.2. Tubo de Venturi



Primera toma:

$$Q_1 = \frac{10 \text{ L}}{9.7 \text{ s}} = 0.0010309 \text{ m}^3/\text{sreal} \quad \Delta H = 0.101 \text{ m}$$

$$v_2 = 5.3559439 \text{ m/s} \rightarrow Q_2 = 0.001526 \text{ m}^3/\text{s}$$

Segunda toma

$$Q_2 = \frac{10 \text{ L}}{24.215 \text{ s}} = 0.000412967 \text{ m}^3/\text{sreal} \quad \Delta H = 0.022 \text{ m}$$

$$v_2 = 2.49969 \text{ m/s} \rightarrow Q_2 = 0.00071247 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora procederemos a calcular los coeficientes de descarga que tiene cada muestra la cual se calculará bajo esta expresión:

$$Cd_1 = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórico}}} = 0.6753 \quad Cd_2 = 0.5796$$

Entonces el $Cd_{\text{prom}} = 0.6274$.

2.3. Placa orificio

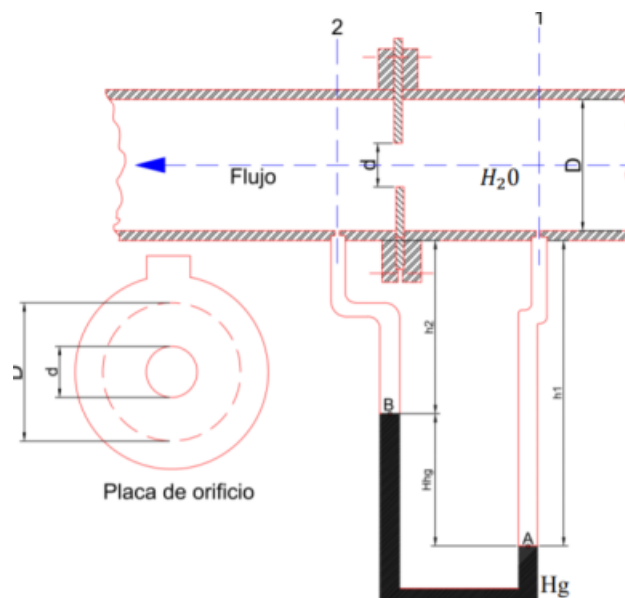
2.3.1. Procedimiento

1. Activar las bombas

2. De la misma manera que el ensayo de Venturi, se verifican que existan cantidades de agua en el tubo, si existiera, se cuantifican para corregir posibles errores.
3. Se abre la llave de agua y se anotan las diferentes alturas en los niveles de mercurio
4. La medición del caudal se hace de la misma manera que con la experiencia de Venturi.
5. Cuando se inicie la medición del caudal, se cierra la llave del tanque, luego se abre la llave de descarga para proseguir con las mediciones.

2.3.2. Cálculos y resultados

Se mostrará en detalle los cálculos y resultados del coeficiente de descarga (C_d) de la tubería placa orificio concéntrica interna al tubo.



| D (Diámetro mayor) | d (Diámetro menor) | A_D | A_d |
|----------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 5/4 in | 3/4 in | $7.917 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$ | $2.85 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$ |

Datos obtenidos en el laboratorio:

$$T_{amb} = 20^\circ\text{C} \quad \rho_{\text{agua}} = 998 \text{kg/m}^3 \quad \gamma_{\text{agua}} = 9790 \text{N/m}^3 \quad \mu_{\text{agua}} = 1.02 \cdot 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$$

| Medición | Δh (cm Hg) | Volumen (L) | t_1 | t_2 | Q_{real} (m^3/s) |
|----------|--------------------|-------------|---------|---------|--------------------------------------|
| 1 | 3 | 10 | 17.5 s | 17.85 s | 0.0005657 |
| 2 | 7.5 | 10 | 10.14 s | 9.54 s | 0.00102 |

Medición de la velocidad del fluido

Para ello se aplicará tres restricciones:

- Aplicar la ecuación de Bernoulli entre los puntos (1) y (2).
- Usar la ecuación de continuidad, por ser fluido incompresible entre los puntos (1) y (2).
- Análisis en el manómetro de mercurio entre los puntos (1) y (2).
- Se obtendrá la siguiente expresión matemática:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh_{Hg} \left(\frac{\rho_{Hg}}{\rho_{agua}} - 1 \right)}{1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4}} \quad Q_{teorico} = \frac{v_2 \pi d^2}{4}$$

Para la medición 1:

$$v_2 = 2.9152 \text{ m/s} \quad Q_{teorico} = 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Para la medición 2:

$$v_2 = 4.609 \text{ m/s} \quad Q_{teorico} = 1.3137 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Al obtener los dos caudales para ambas mediciones (Q_t, Q_r) se procede a calcular el coeficiente de descarga (Cd):

$$Cd_1 = \frac{Q_{real}}{Q_{teorico}} = 0.6867 \quad Cd_2 = 0.7765$$

De una $T = 20^\circ\text{C}$ según indica las propiedades del agua y los datos obtenido en cálculos anteriores podemos calcular el número de Reynold (Re):

$$Re_1 = 54336.755 \quad Re_2 = 85907.69320$$

Se procederá a obtener los promedios del Cd y Re :

$$Cd_{prom} = 0.7316 \quad Re = 70122.22$$

Según tablas, $Cd = 0.65$:

$$\%error = \frac{0.7316 - 0.65}{0.7316} = 11.1535 \%$$

Al tener un % error apreciable indica que para un $Re > 4000$ el flujo es turbulento, pero solo en la parte cercana al orificio, ya que después ello regresara a su estado laminar a medida que disminuye la velocidad y se tome constante.

Capítulo 3

Conclusiones

1. Se concluye que definitivamente hay pérdidas, pues los caudales son mayores teóricamente.
2. Es de utilidad tener el valor del coeficiente de descarga para estimar el caudal que se obtendrá al usar cualquier dispositivo que pueda afectar el caudal.

Anexos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Energía – Lab. 05

Medición de Flujo

Nentorri

Discol

[illegible]

OBSERVACIONES

Cronómetro
 Recipiente
 Probeta de laboratorio

FIRMA DEL PROFESOR: _____

Discos

1^{er} parte: $D_{\text{entrada}} = \frac{5}{4}$
 $D_{\text{garganta}} = \frac{3}{4}$

$\Delta P = 9,6 - 6,65 \text{ (3 cm)}_{H_2}$
 Tiempos $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} 17,5 \text{ s} \\ \textcircled{2} 17,85 \text{ s} \end{array} \right. \rightarrow 3 \text{ cm } H_2, 10 \text{ LITROS}$

2^{da} parte: $D_{\text{entrada}} = \frac{5}{4}$
 $D_{\text{garganta}} = \frac{3}{4}$ $\Delta P = (7,5 \text{ cm})_{H_2}$
 caudal teórico
 Tiempos $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} 10,14 \text{ s} \\ \textcircled{2} 9,54 \text{ s} \end{array} \right.$

1^{er} parte: $\Delta P = 20 - 9,4 \text{ (10,6 cm)}_{H_2}$
 caudal teórico $\left\{ \begin{array}{l} 9,6 \text{ seg} \\ 9,8 \text{ seg} \end{array} \right.$

2^{da} parte: $\Delta P = 16 - 13,8 \text{ (2,2 cm)}_{H_2}$
 caudal teórico $\left\{ \begin{array}{l} 24,06 \text{ seg} \\ 24,35 \text{ seg} \end{array} \right.$

Tubo de Reynold

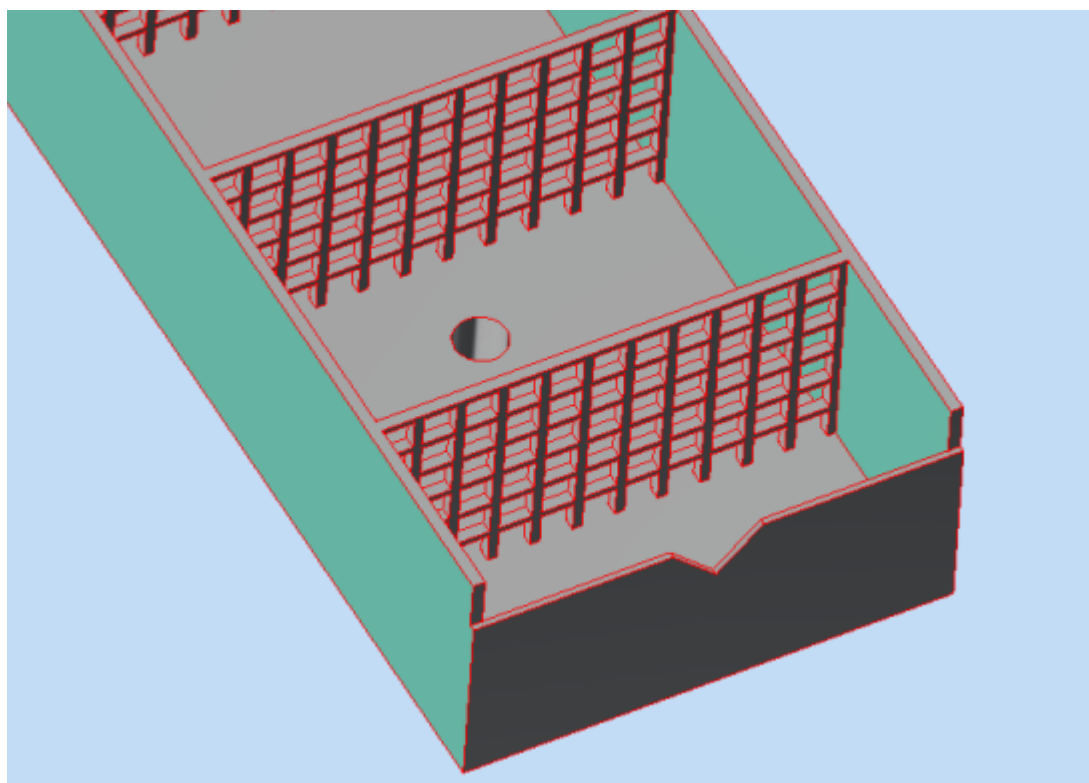
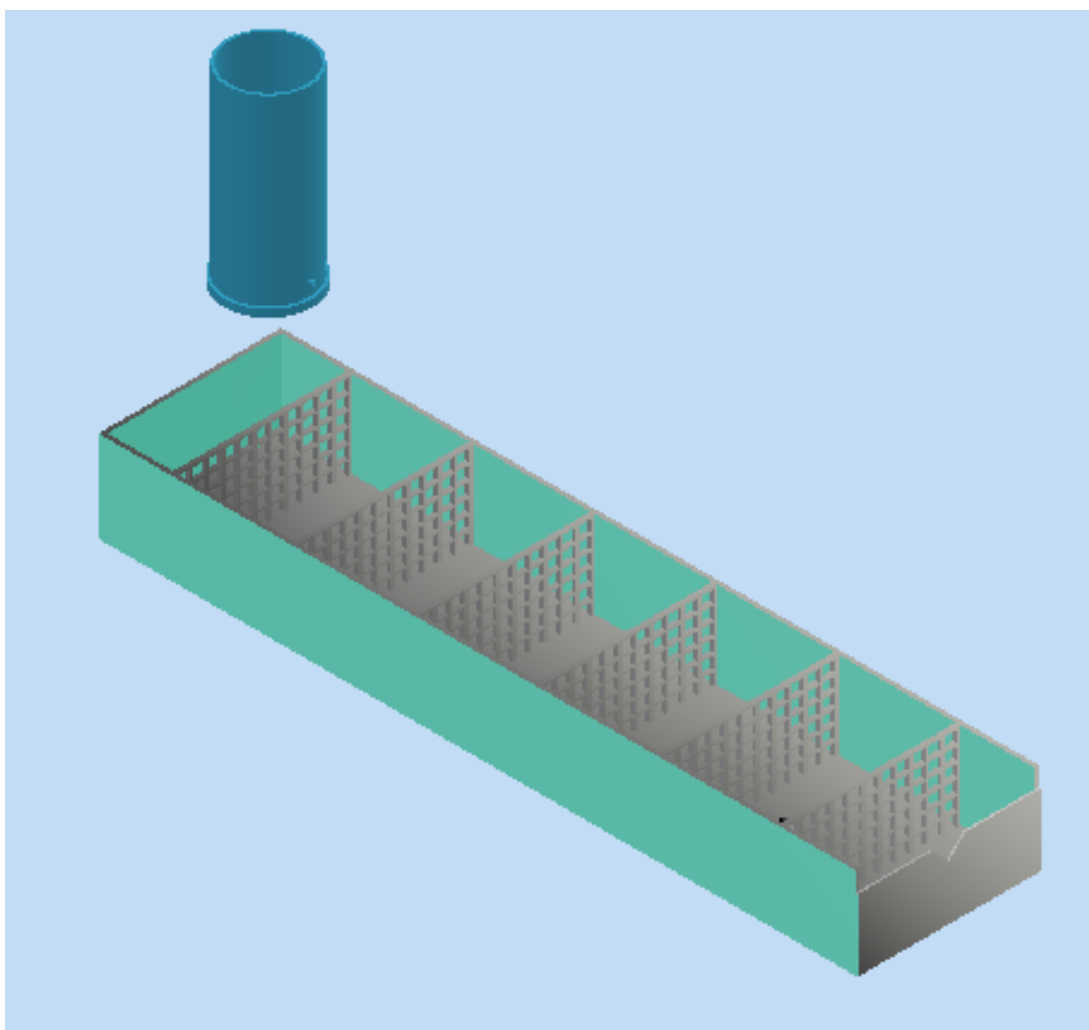
$\rightarrow Q = K \cdot h^n \rightarrow \ln Q = \ln K + n \ln h$ (GRÁFICO)
 Intercepto n (Pendiente)

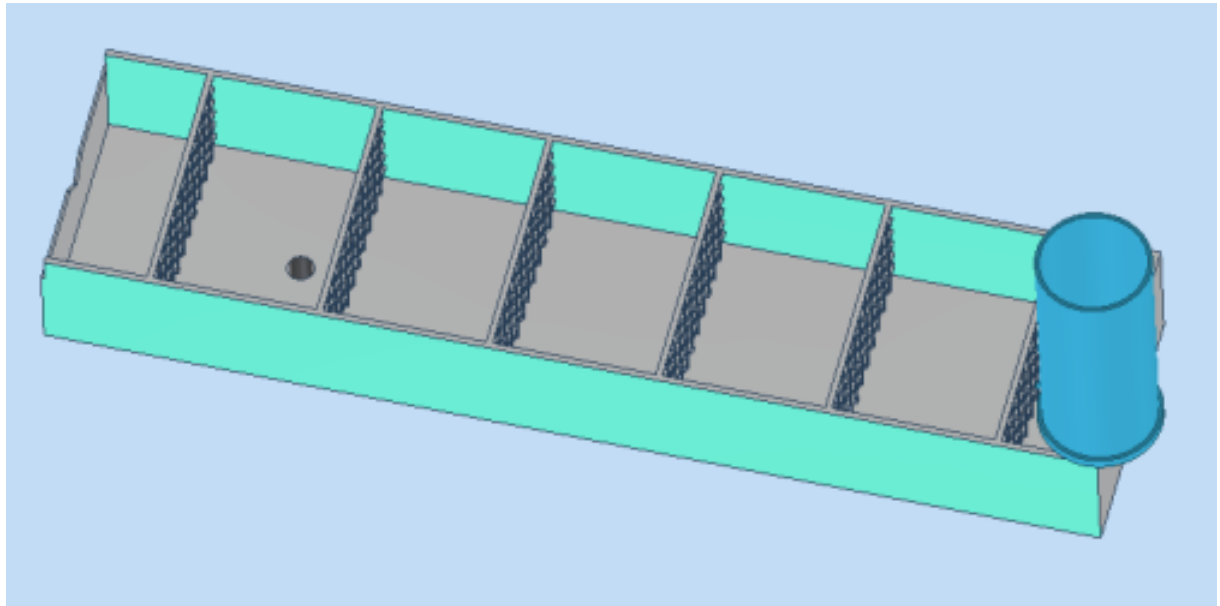
Mediciones:

| | Altura 1 | Altura 2 | Tiempo | Volumen |
|-----------------|--------------|------------|-----------|---------|
| 1 ^{er} | 45 cm | 0,5 pulg | 30,55 seg | 1954 ml |
| 2 ^{da} | 57,5 cm | 0,53 pulg | 15,23 seg | 1090 ml |
| 3 ^{er} | 64 cm | 0,755 pulg | 15,18 seg | 1160 ml |
| 4 ^{ta} | [21-20,5] cm | 0,41 pulg | 15 seg | 670 ml |

Altura 1 \rightarrow h de líquido en el tubo.

Altura 2 \rightarrow h de elemento flotante





Bibliografía

- [1] Chow, V. “Open Channel Hydraulics”. *McGraw-Hill*
- [2] Domínguez, F. “Hidráulica”.
- [3] Guevara, Robert (2009). “Manual de prácticas de laboratorio de energía II”.
- [4] Mott, R. “Mecánica de fluidos”. *Prentice-Hall*