



“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MODELO DIDÁCTICO DE CÁMARA DE
QUIEBRE DE PRESIÓN PARA LABORATORIO DE AGUAS”.

Juan Sebastian Segura Alfonso
Estudiante Ing. Civil

Universidad Santo Tomás
Facultad Ingeniería Civil
Bogotá D.C
2014



Contenido

1. INTRODUCCION	6
1.1 ANTECEDENTES	7
1.2 JUSTIFICACION	8
1.3 OBJETIVOS.....	9
1.3.1 Objetivo general	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
1.4 METODOLOGIA	10
2. ANALISIS FUNCIONANDO CON BOMBA.....	12
2.1 Especificaciones técnicas del banco hidráulico.	12
2.3 Comprobación de la carga	14
2.4 Dimensionamiento de la cámara de quiebre:	17
2.5 Experimentación	23
2.5.1 Pruebas en recipiente	23
2.5.2 Pruebas con flujo continuo	28
2.5.2.1 Diseño tubería de salida.....	28
2.5.2.2 Construcción de un modelo de pruebas con el volumen, peso y tubería de salida calculados.	30
2.5.3 Análisis de regímenes.	33
2.5.3.1 Régimen 1	33
2.5.3.2 Régimen 2	33
2.5.3.3 Régimen 3	34
2.5.4 Sección de aquietamiento	38
3. ANALISIS FUNCIONANDO CON TANQUE ELEVADO.....	42
3.1 Construcción tanque elevado.....	42
3.1.1 Ubicación en laboratorio.....	42
3.1.2 Caudal de abastecimiento	42
3.1.3 Tubería de salida.....	43
3.1.4 Construcción.....	44
3.2 Montaje con tanque elevado.	46



3.3	Secuencias de comportamiento de la cámara de quiebre.....	47
4.	Conclusión del diseño	49
5.	Construcción de cámara de quiebre.....	52
5.1	Construcción de cámara de quiebre según el resultado de los cálculos hechos con anterioridad.....	52
5.2.	Modificaciones al diseño original.....	54
5.3.	Pruebas con la cámara y resultados:	55
5.3.1.	Entrada a la cámara.....	55
5.3.2.	Salida de la cámara.	57
6.	GUIA DE LABORATORIO	72
I.1.	OBJETIVO	73
I.2.	EQUIPO	73
I.1.	Introducción	74
I.2.	Descripción del montaje	75
I.3.	Marco Teórico	76
	Caudal:	76
	Ecuación de Bernoulli:.....	76
	Perdidas Hidráulicas:.....	77
I.4.	Procedimiento Experimental.....	81
I.5.	Cuestiones de discusión	82
7.	Funcionamiento de la cámara	85
7.1.	Solución guía de laboratorio.....	87
	BIBLIOGRAFIA.....	96



1. INTRODUCCION

La reducción de presiones en tuberías es un requerimiento frecuente para el diseñador, en especial si el terreno de la línea de conducción o incluso de la red de distribución resultan ser bastantes escarpados como ocurre en la topografía colombiana; lo que desencadena en cabezas hidráulicas que pueden llegar a estallar las tuberías.

Sin embargo existen varios métodos para lograr disipar la energía que el agua va adquiriendo a medida que avanza por las tuberías; entre ellas se encuentran las válvulas disipadoras de presión, tanquillas rompe carga, cámara de quiebre de presión y obstáculos en el flujo entre otras.

En consecuencia se hace necesario que en la formación académica del ingeniero civil se incluyan diferentes métodos y su respectivo funcionamiento para tener un abanico de herramientas más amplio a la hora de plantear soluciones a las diferentes situaciones que se puedan presentar en su ejercicio profesional.

En este trabajo de grado se hará un análisis acerca de la construcción y la instalación de un modelo didáctico de una cámara de quiebre de presión que funcionará en el laboratorio de aguas de la Universidad Santo Tomás.



1.1 ANTECEDENTES

A lo largo de los tiempos se ha desarrollado varios estudios respecto al funcionamiento de una cámara de quiebre de presión; Hubert Chason en el 2004, realizó varios análisis en los que fue variando la altura de caída observando tres patrones de flujo: régimen 1, régimen 2 y régimen 3.

El régimen 1 consistió en caudales bajos donde el chorro impactaba en el fondo de la cámara directamente; el régimen 2 en caudales medios los cuales impactan directamente en la salida; y finalmente en el régimen 3 en donde se presentan caudales altos y el chorro impacta en la pared opuesta al canal de entrada.

En este experimento se pudo establecer que se presenta una mayor disipación de energía en el caso de los regímenes 1 y 3, además que la altura de caída y la profundidad de un pozo (en caso de que exista dentro de la cámara) no influye en la tasa de disipación.

Del mismo modo en 1988 Jairo Alben Avendaño Sánchez y Juan de Jesús Vargas Andrade realizaron como trabajo de grado el diseño y construcción de una cámara de quiebre de presiones para los laboratorios de la Universidad Santo Tomas, sin embargo su modelo fue removido en la remodelación que se llevó a cabo en los laboratorios.



1.2 JUSTIFICACION

Es conveniente complementar la formación teórica con prácticas que generen experiencia y comprensión del fenómeno que ocurre; como ingenieros tomasinos es necesario enfocarse en la solución de problemas de la vida real utilizando la formación teórica y la experiencia práctica obtenida en el aula de clases, para lo cual un modelo didáctico aporta en ambos aspectos, permitiendo una comprensión, el manejo de la presión y la disipación de energía en una cámara de quiebre de presión.

El modelo didáctico de cámara de quiebre de presión basado en el caudal que se obtiene en el laboratorio de aguas de la Universidad, será de gran utilidad para ver de cerca la aplicación de varios conceptos de la mecánica de fluidos e hidráulica, y la manera en la que los estudiantes pueden llegar aplicar diferentes conocimientos en conjunto.



1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Construir un modelo didáctico de una cámara de quiebre de presión

1.3.2 Objetivos específicos

- Revisar la teoría sobre disipación de energía
- Estudiar cómo y cuánto caudal se puede obtener en el laboratorio de aguas.
- Construir el modelo didáctico según el diseño propuesto.
- Producir una guía de laboratorio para las prácticas en las que se emplee el modelo didáctico



1.4 METODOLOGIA

Se manejaron los siguientes pasos para la construcción de una cámara de quebré de presiones de la siguiente manera:

- **Recolección de información**

Se recolecto todo tipo de información que sea pertinente para el diseño de cámaras de quiebre de presiones hidráulicas, ya sea literatura, formulas, trabajos de grado o ejemplos de proyectos de otras cámaras que puedan aportar a los siguientes pasos.

- **Pre diseño:**

Este se basó en el espacio de laboratorio, en donde se realizará un pre diseño más que todo con fines de ubicación, al mismo tiempo que se generarán las bases para una mejor orientación de la medición y el diseño.

- **Mediciones:**

Se realizó todas las mediciones en el laboratorio, pues se necesita conocer con cuánto caudal y presión trabajará en dicho espacio, además de conocer el área exacta con la cual se cuenta.

- **Diseño:**

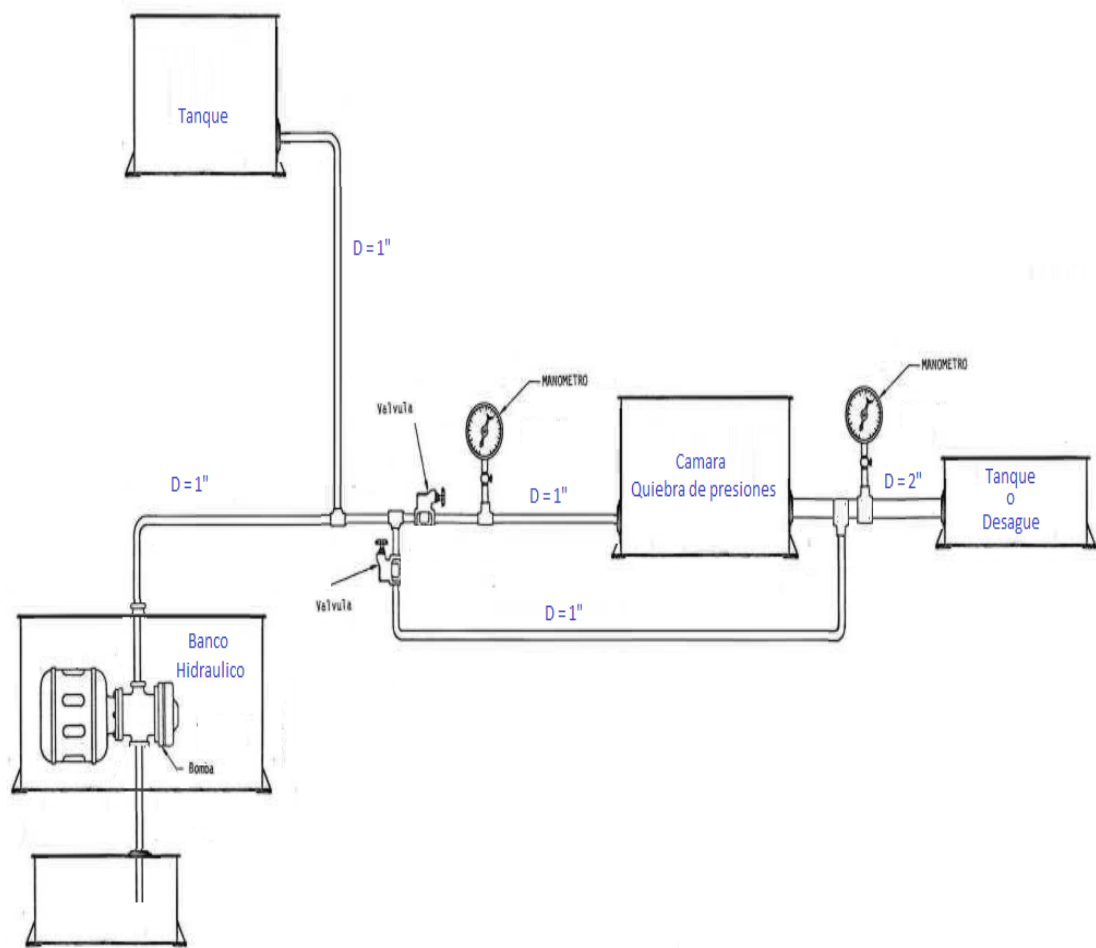
Una vez se conozcan los datos necesarios, se podrá empezar a diseñar un modelo que cumpla con las características propias de dichos instrumentos.

- **Construcción e instalación:**

Una vez terminado el diseño se inició con la construcción e instalación de modelo didáctico, para ellos se efectuaron pruebas con el fin de comprobar su correcto funcionamiento, al mismo tiempo se planteó una guía de laboratorio para las posteriores prácticas con este modelo.



El modelo didáctico de la cámara de quiebre de presión se diseñó en función de que pueda trabajar con la bomba incorporada en el banco hidráulico del laboratorio de aguas y con un tanque elevado:



Al ser un modelo didáctico se enfocó más en la facilidad de operación con el banco hidráulico ya que este aseguraba una cabeza de presión constante para practicidad en los laboratorios, aunque es importante aclarar a los estudiantes que en campo el funcionamiento es con una red de conducción y que este es solo un ejercicio académico.



2. ANALISIS FUNCIONANDO CON BOMBA



2.1 Especificaciones técnicas del banco hidráulico.

- Rango de velocidad: 1000-3000 rev/min
- Carga máxima: 12m
- Flujo máximo: 2.2 lt/seg
- Potencia motor: 0.74 KW (1 HP)

Tomadas del manual de operación de equipos del laboratorio de hidráulica.



2.2 Comprobación del caudal

Para comprobar este aspecto se realizó una medición acerca del tiempo que tomaría llenar un volumen determinado, en este caso fue de 40 Litros:



Luego se registró el tiempo, en segundos, que tomo llenar ese volumen; a continuación los datos mas representativos de la serie:

T (min"seg"mil")
00"18"18
00"18"19
00"18"16
00"18"18
00"18"17

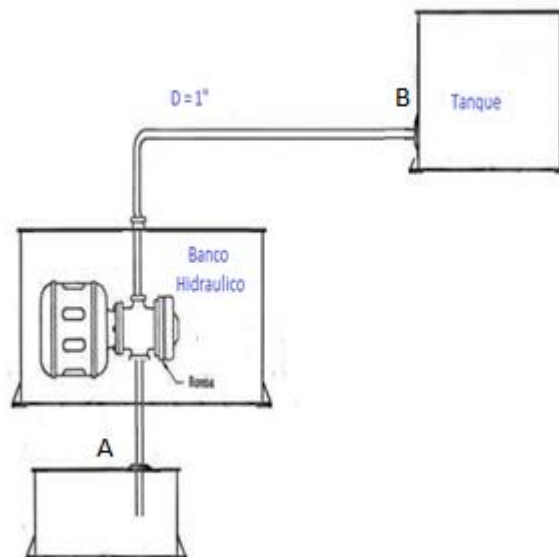


Finalmente se registraron los datos hallados en la siguiente tabla:

V (lts)	T (seg)	Q (lps)
40	18,18	2,20
40	18,19	2,20
40	18,16	2,20
40	18,18	2,20
40	18,17	2,20
Prom =		2,20

$$Q = 2.2 \text{ Lts/seg}$$

2.3 Comprobación de la carga





Para comprobar la carga de la bomba se utilizó la ecuación *Bernoulli* que permitió conocer la cabeza máxima de presión, de la siguiente manera:

$$Z + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + H_b - H_p = \text{altura linea de energia (c.m.a)}$$

Siendo:

Z: Cabeza topográfica

V: Velocidad de flujo

g: Gravedad

P: Presión

ρ : Densidad

H_b : Cabeza de la bomba

H_p : perdidas

El agua fue tomada de un pozo abierto $P = P$ atmosférica; para lo cual se trabajó con presión relativa, por lo tanto $P = 0$

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{2.2 \text{ Lts/seg} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lts}}}{\frac{\pi}{4} * (1 \text{ in} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ in}})^2}$$



$$V = 4.34 \text{ m/seg}$$

H_b :

$$P = \gamma * Q * H_b$$

$$H_b = \frac{P}{\gamma * Q}$$

$$H_b = \frac{0.75 \text{ watts}}{1000 \text{ Kg/m}^3 * 0.0022 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

$$H_b = 0.34 \text{ m}$$

H_p :

$$H_p = 0.1 * \frac{V^2}{2g}$$

$$H_p = 0.1 * \frac{(4.34 \text{ m/seg})^2}{2 * 9.8 \text{ m/seg}^2}$$

$$H_p = 0.1 * 0.97 \text{ m}$$

$$H_p = 0.097 \text{ m} \approx 0.1 \text{ m}$$

$c.m.a$:

$$Z + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + H_b - H_p = c.m.a$$

$$0 + \frac{(4.34 \text{ m/seg})^2}{2 * 9.8 \text{ m/seg}^2} + 0 + 0.34 \text{ m} - 0.1 \text{ m} = c.m.a$$

$$(0 + 0.97 + 0 + 0.34 - 0.1) \text{ m} = 1.21 \text{ m}$$

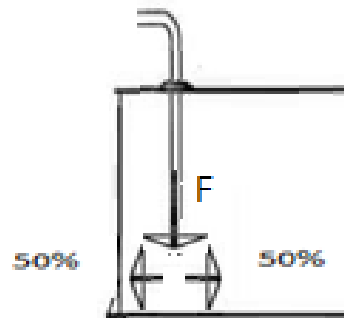
$$c.m.a = 1.2 \text{ m}$$



2.4 Dimensionamiento de la cámara de quiebre:

Cabe resaltar que la función prioritaria de la cámara de quiebre no es la de almacenamiento, sino disipación de la energía. Por lo que se dimensionó de tal manera que pudiera mantener un flujo constante.

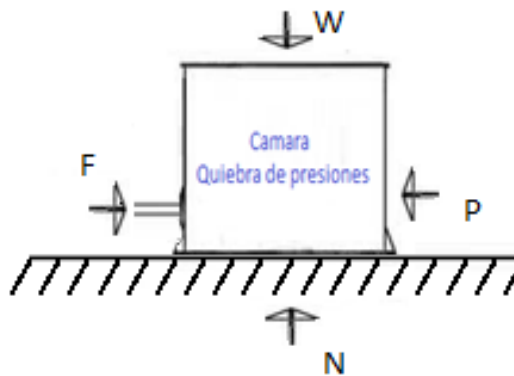
En relación a la entrada de agua, esta se dio de la siguiente forma:



Siendo f la fuerza del chorro.

Recomendación:

Se debe hacer de la siguiente manera en el caso en donde el chorro este ubicado de manera horizontal (ver el siguiente esquema):





Siendo:

F: fuerza del chorro

P: Fuerza de fricción que resiste

W: Peso de la cámara

N: Fuerza normal

Para que la fuerza F no arrastre a la cámara de quiebre esta debe hacer una fuerza P de igual magnitud, por lo tanto:

$$\sum F_y = W - N = 0$$

$$W = N$$

$$\sum F_x = F - P = 0$$

$$F = P$$

La fuerza que ejerció el chorro de agua se expresa de la siguiente manera:

$$F = \rho * Q * V$$

Siendo

ρ : Densidad del fluido

Q: Caudal

V: Velocidad de flujo



Luego se reemplazó con los datos hallados anteriormente

$$F = 1000 \text{ Kg/m}^3 * 2.2 \text{ lts/seg} * 4.34 \text{ m/seg}$$

$$F = 1000 \text{ Kg/m}^3 * 0.0022 \text{ m}^3/\text{seg} * 4.34 \text{ m/seg}$$

$$F = 9.55 \text{ Kg} * \text{m/seg}^2$$

Obteniendo una fuerza con un valor de 9.55 N.

La fuerza P es proporcional a la normal N por lo tanto sería igual a:

$$P = \mu * W$$

$$P = \mu * M * g$$

Siendo:

μ : Constante de proporcionalidad

M: Masa mínima de la cámara para que no sea arrastrada por la fuerza de agua

g: Gravedad



Coefficientes de rozamiento de algunas sustancias

Materiales en contacto	μ_e
Articulaciones humanas	0,02
Acero // Hielo	0,028
Acero // Teflón	0,04
Teflón // Teflón	0,04
Hielo // Hielo	0,1
Esquí (encerado) // Nieve (0 °C)	0,1
Acero // Acero	0,15
Vidrio // Madera	0,25
Madera // Cuero	0,5
Caucho // Madera	0,7
Acero // Latón	0,5
Madera // Madera	0,7
Madera // Piedra	0,7
Vidrio // Vidrio	0,9
Caucho // Cemento (seco)	1
Cobre // Hierro (fundido)	1

Tabla sacada del libro "Física. Jerry D. Wilson, Anthony J. Buffa – 2003. pag 124"

Por la superficie en el que estará apoyada la cámara (caucho // cemento) $\mu = 1$ y se remplazan los valores de F y P en la sumatoria de fuerzas.

$$F = P$$

$$10\text{ N} = M * 9.81\text{ m/seg}^2$$

Se despeja m

$$M = \frac{9.55\text{ N}}{9.81\text{ m/seg}^2}$$



$$M = 0.97kg \approx 1kg$$

Es importante resaltar que la cámara de quiebre debe tener mínimo una masa de 1 kg para no ser empujada por la fuerza con la que llega el agua.

Sabiendo que el material con el que fue construida fue acrílico y que su densidad es de:

$$\rho_{acrilico} = 1.18 \text{ g/cm}^3$$

Se halló el volumen del acrílico necesario para el peso requerido

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$V = \frac{M}{\rho}$$

$$V = \frac{1 \text{ kg}}{1.18 \text{ g/cm}^3}$$

$$V = \frac{1000 \text{ g}}{1.18 \text{ g/cm}^3}$$

$$V = 847,46 \text{ cm}^3$$

El grosor comercial de la lámina de acrílico fue de 3 mm

$$A = \frac{847,46 \text{ cm}^3}{0.3 \text{ cm}} = 2824.86 \text{ cm}^2$$

Para lo que se necesitó solo 5 láminas para la cámara de presión



$$A = \frac{2824.86 \text{ cm}^2}{5 \text{ laminas}} = 564.97 \text{ cm}^2$$

$$L = \sqrt{564.97 \text{ cm}^2} = 23.77 \text{ cm}$$

Cada lamina fue de 24 cm x 24 cm x 0.3 cm

La cámara quedó con dimensiones de 24cm x 24cm x 24cm.

Esto permitió un volumen de:

$$V = (0.24 * 0.24 * 0.24)m^3 = 0.0138 m^3 = 13.8 \text{ lts}$$

$$V = 13.8 \text{ lts}$$



2.5 Experimentación

2.5.1 Pruebas en recipiente

Se realizaron pruebas con un recipiente de peso y volumen similar para poder determinar su comportamiento.





Inserción de un litro de agua para que cumpliera el peso del análisis anteriormente realizado y se procedió a iniciar con las pruebas.



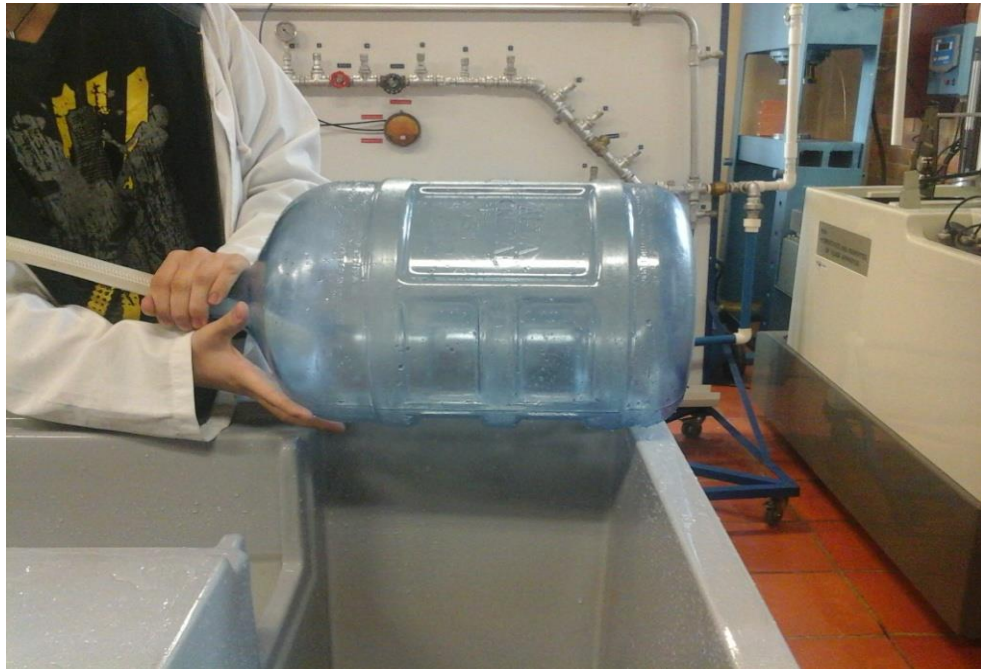


Encendido la bomba en su máxima capacidad, se observo que efectivamente no se movió el recipiente.





Cambio la orientación del chorro para observar su comportamiento, se notó que tampoco representaría problemas en una posición horizontal.







2.5.2 Pruebas con flujo continuo

2.5.2.1 Diseño tubería de salida

Utilizando un diámetro comercial de 2 pulgadas para la salida se realizaron los siguientes cálculos:

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * (2 * 0.0254)^2$$

$$A = 0.00203 \text{ m}^2$$

$$Q = V_r * A$$

$$V_r = \frac{Q}{A}$$

$$V_r = \frac{0.0022 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.00203 \text{ m}^2}$$

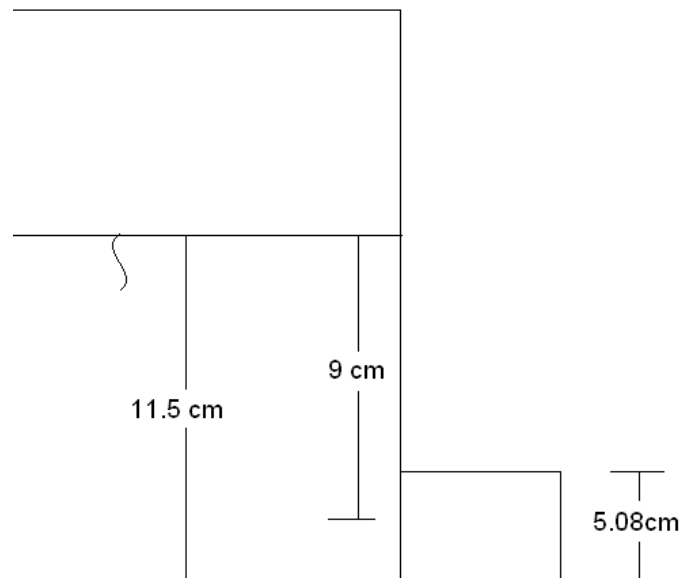
$$V_r = 1.085 \text{ m}/\text{seg}$$

Ya obtenida la velocidad se despejó la altura de agua necesaria para que saliera el líquido con esa velocidad por ese diámetro.

$$h = \frac{V_r^2}{2 * g} + K \frac{V_r^2}{2 * g}$$

$$h = \frac{(1.085 \text{ m}/\text{seg})^2}{2 * 9.81 \text{ m}/\text{seg}^2} + 0.5 * \frac{(1.085 \text{ m}/\text{seg})^2}{2 * 9.81 \text{ m}/\text{seg}^2}$$

$$h = 0.09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$



Se necesitó una altura de lámina de 11.5cm para que asegure un flujo continuo bajo las condiciones mencionadas anteriormente.



2.5.2.2 Construcción de un modelo de pruebas con el volumen, peso y tubería de salida calculados.

- Se escogió un recipiente que cumpliera con el volumen y altura de lámina requerida:



- Se le instaló un flanche de 2" de diámetro para la salida:



- Se observó cómo se comportaba ya en funcionamiento.

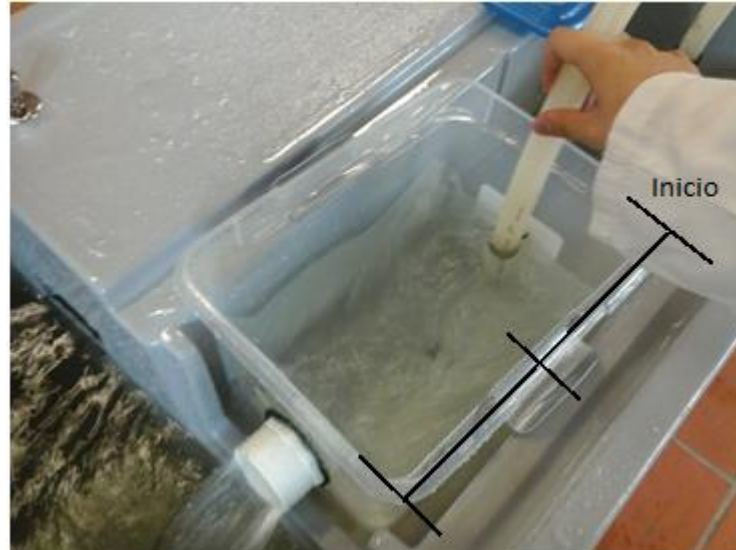




2.5.3 Análisis de regímenes.

2.5.3.1 Régimen 1

Entrada del agua al principio de la cámara



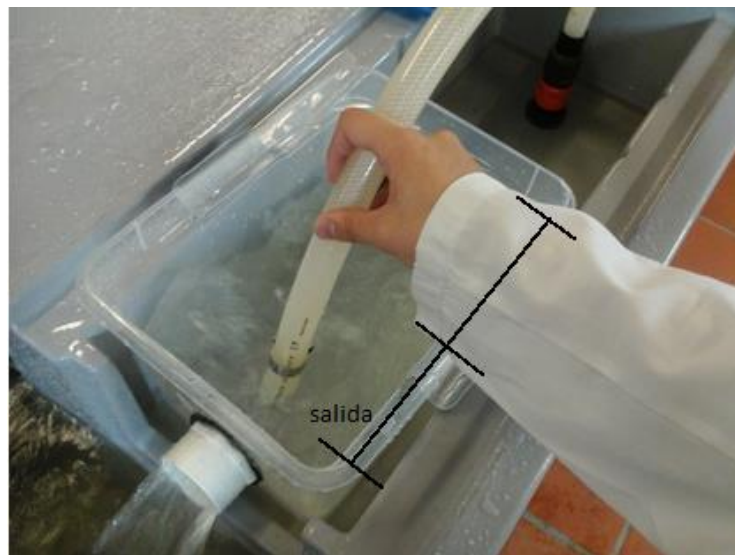
2.5.3.2 Régimen 2

Entrada del agua en un punto medio de la cámara



2.5.3.3 Régimen 3

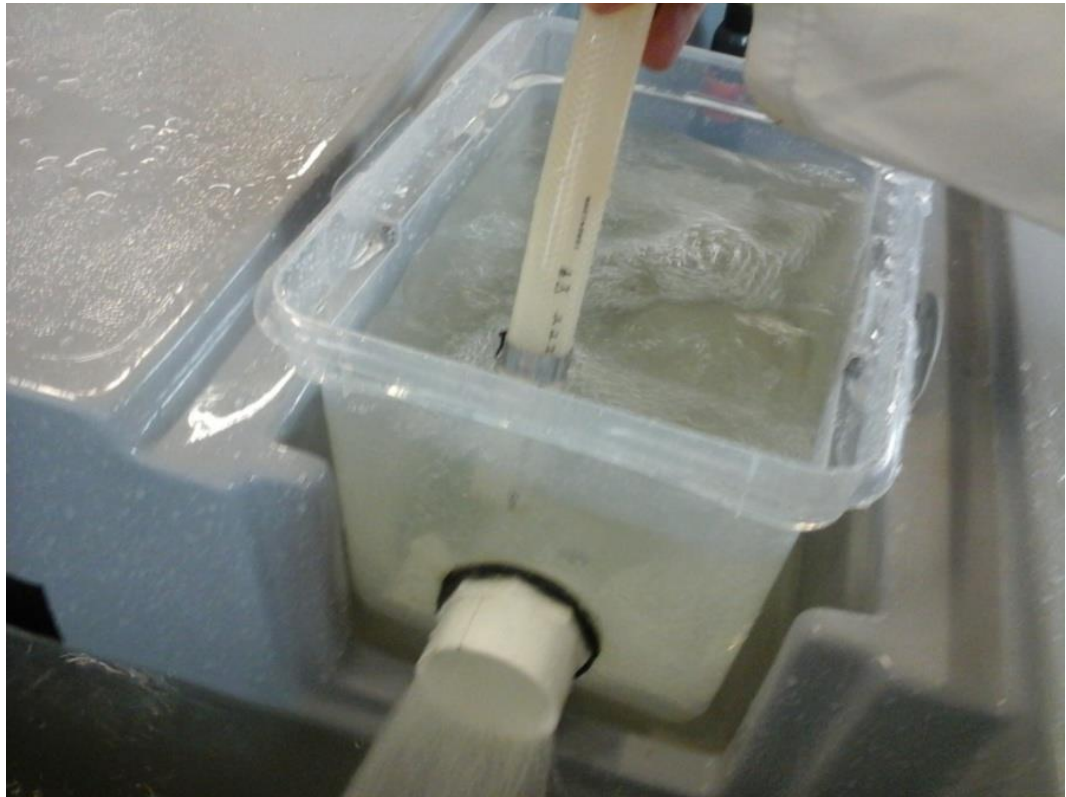
Entrada del agua en el punto de salida de la cámara



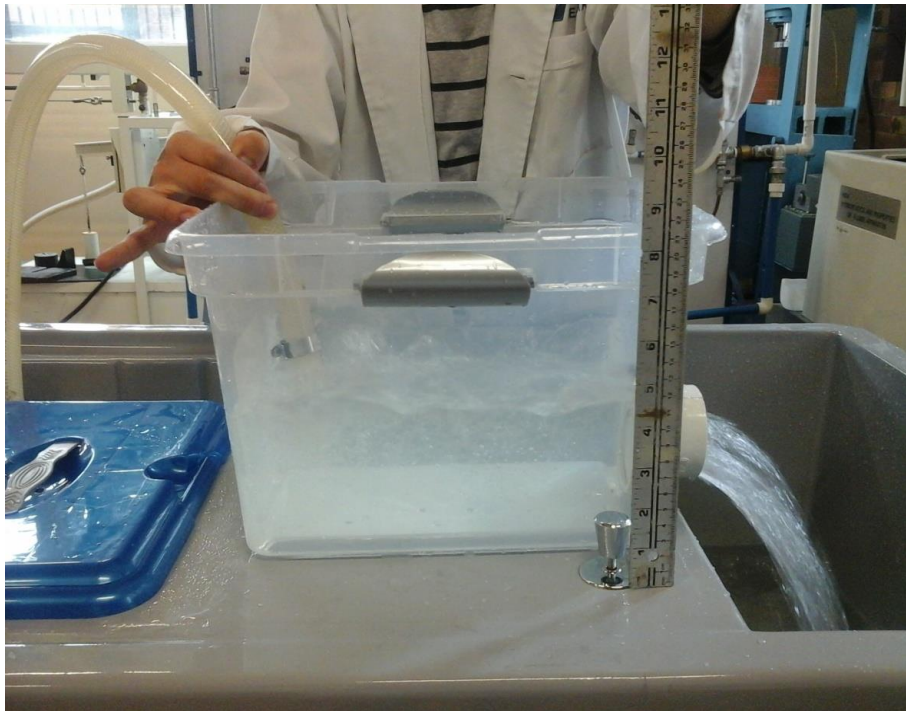
Los mayores problemas se reflejaron en el régimen 3, pues causaba que la lámina de agua aumentara su altura considerablemente debido a un cambio de densidad en el contenido de la cámara pues el burbujeo causado por la

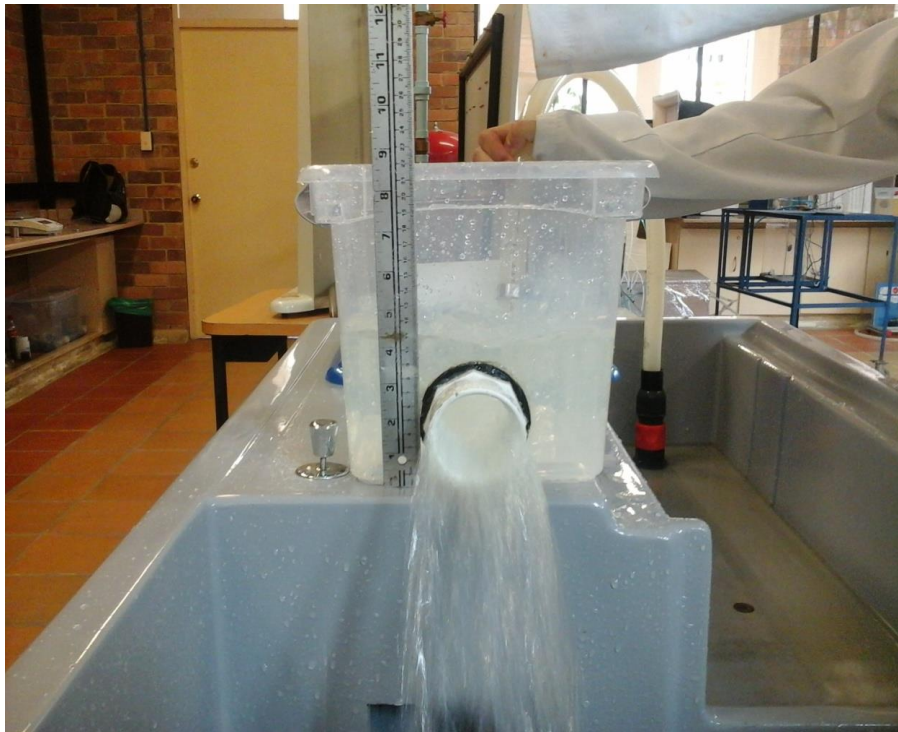


turbulencia mezclaba aire y agua generando una variación considerable de volumen, a pesar de esto no se llegó a desbordar:



En el régimen 2 no se vio mayor problema, pero en el régimen uno se notó que no se causaba tanta turbulencia y mantenía la lámina de agua constante todo el tiempo, por lo que se decidió trabajar en el régimen uno de la salida de agua:





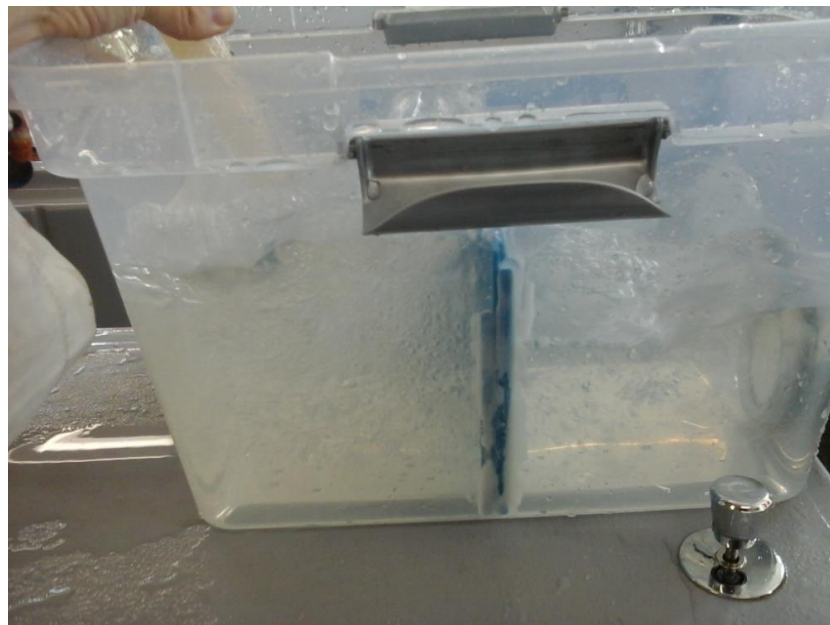
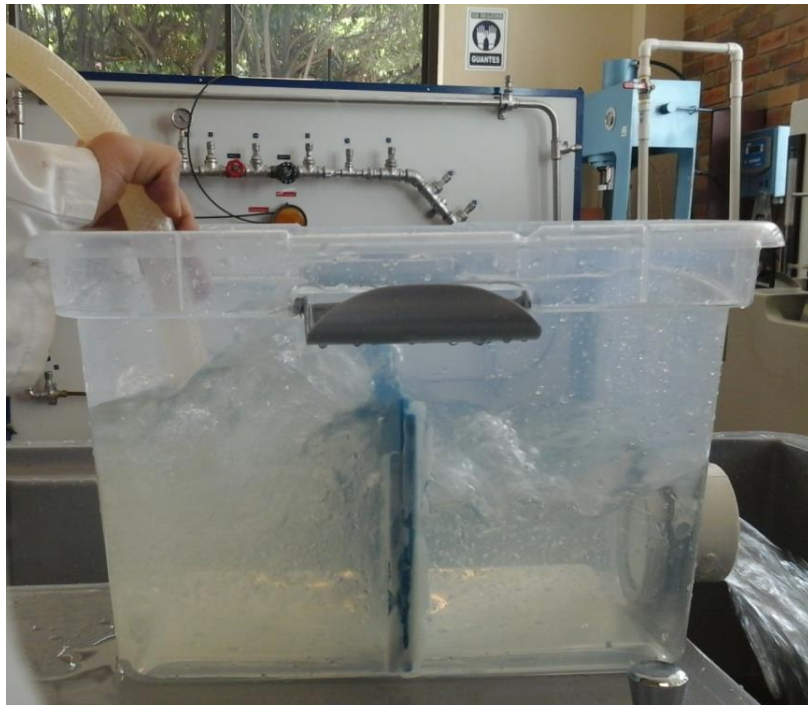


2.5.4 Sección de aquietamiento

Debido a que aún se nota una turbulencia en el régimen uno, se construyó una pared para generar una sección de aquietamiento (vertedero).



También se realizaron pruebas con la nueva modificación, de tal manera que se observara el comportamiento con esta sección de aquietamiento.





Como se pudo ver se redujo notablemente la turbulencia, lo que permitió una lámina de agua más estable, además de presentar un comportamiento de vertedero.



En consecuencia ayuda a disipar más la energía con la que llega el agua y permite un flujo de salida más controlado.



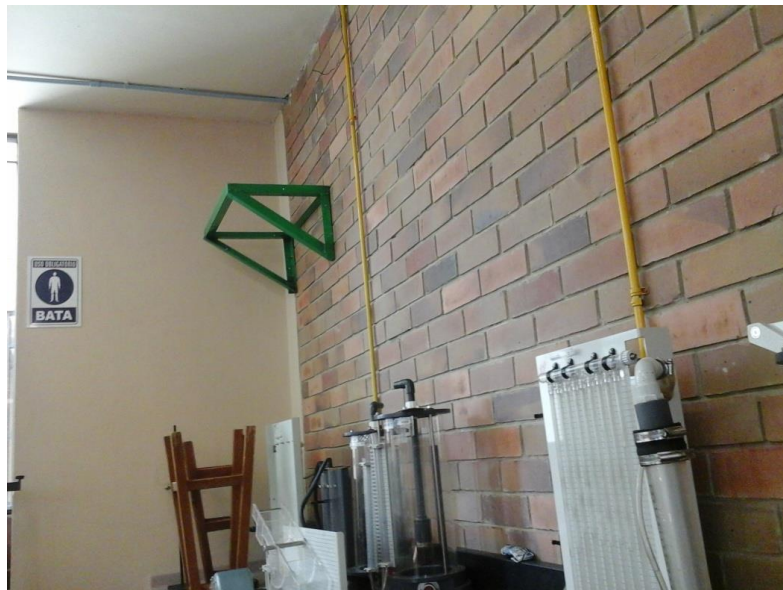


3. ANALISIS FUNCIONANDO CON TANQUE ELEVADO.

3.1 Construcción tanque elevado

3.1.1 Ubicación en laboratorio.

El tanque se ubica en el soporte verde que se puede ver en la siguiente imagen y se abasteció por medio de una manguera del grifo más cercano.



3.1.2 Caudal de abastecimiento

Se midió el caudal que proporciona el grifo llenando un volumen de 1 lts y se tomó el tiempo que tardó en hacerlo.

Con lo cual se realizó la siguiente tabla:



V (lts)	T (seg)	Q (lps)
1	6.67	0,150
1	6.60	0,152
1	6.69	0,149
1	6.65	0,150
1	6.68	0,150

Prom = 0,15

$$Q = 0.15 \text{ Lts/seg}$$

3.1.3 Tubería de salida

Por el teorema de *Torricelli* se sabe que la velocidad de salida es igual a:

$$V_r = C_v * \sqrt{2 * g * h}$$

Para lo cual se usó un diámetro comercial de 2 pulgadas, que permitió hacer los siguientes cálculos para la salida.

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * (1 * 0.0254)^2$$

$$A = 5.067 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = V_r * A$$

$$V_r = \frac{Q}{A}$$

$$V_r = \frac{0.00015 \text{ m}^3/\text{seg}}{5.067 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$



$$V_r = 0.296 \text{ m/seg}$$

Del mismo modo se usó el diámetro de una pulgada para que quedara compatible con la entrada a la cámara.

3.1.4 Construcción

Se utilizó un recipiente y un flanche para efectos de experimentación, al igual que la bomba la tubería de entrada a la cámara que fue de una pulgada de diámetro.



A continuación se armó la conducción con un adaptador macho o manguera de una pulgada de diámetro.



Después se procedió a ubicar el tanque a una altura de 1.58 metros, luego se llenó y observó el comportamiento de la cámara. Cabe aclarar que debido a que es un modelo didáctico está pensado para tener el montaje completo dentro del laboratorio de aguas de la Universidad Santo Tomás y por eso no es posible ubicar el tanque a una altura superior.



3.2 Montaje con tanque elevado.





3.3 Secuencias de comportamiento de la cámara de quiebre.





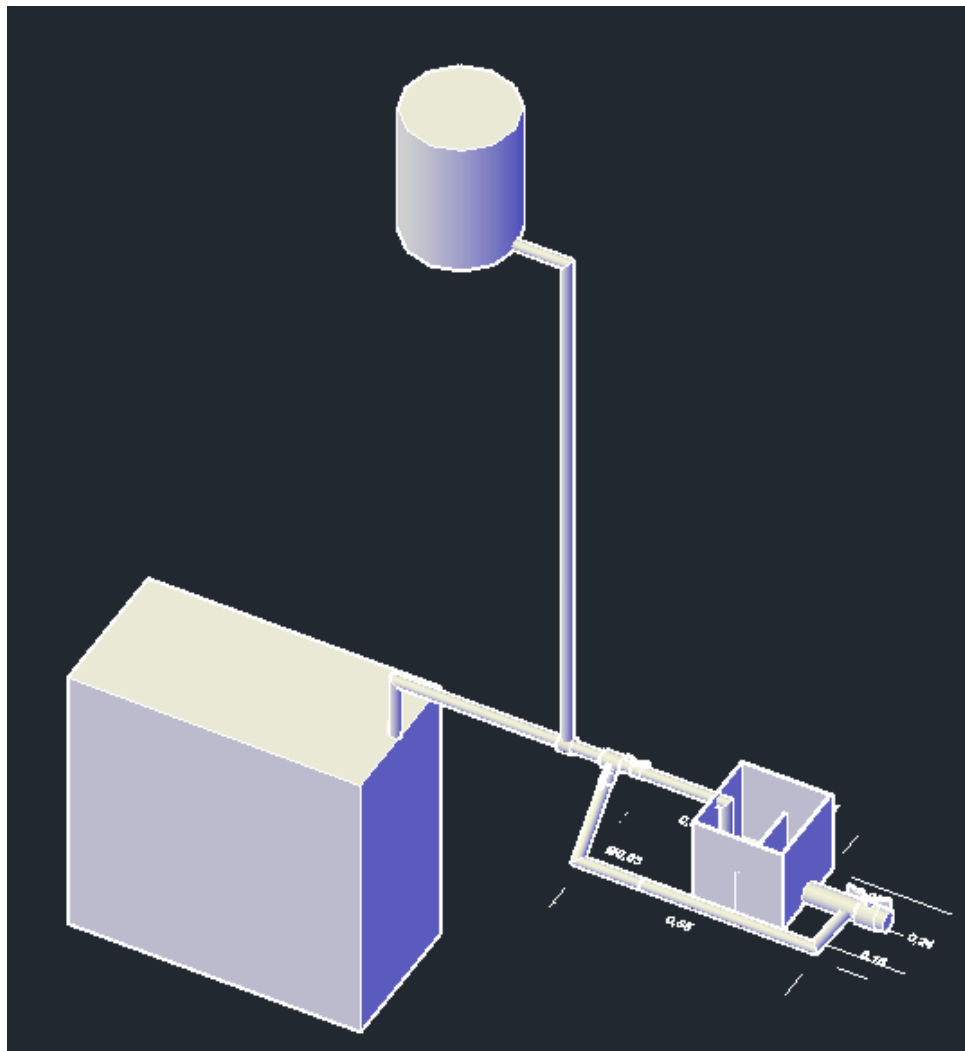
Como se puede observar en las imágenes anteriores, la cámara de aquietamiento permitió una lámina menos turbulenta en la sección de descarga.

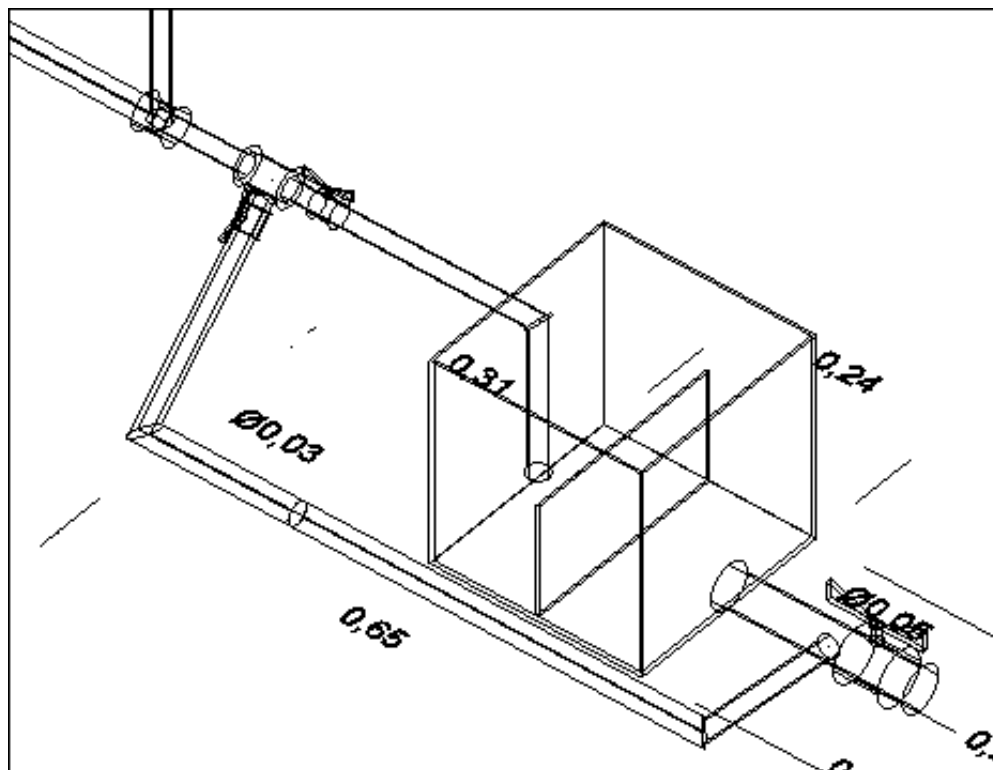
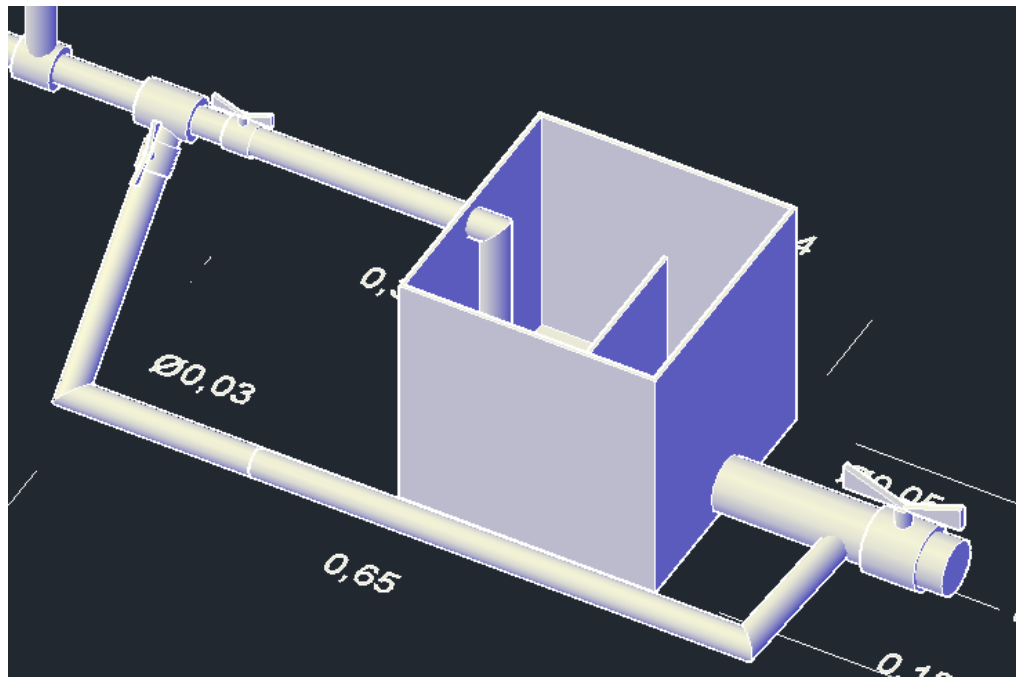


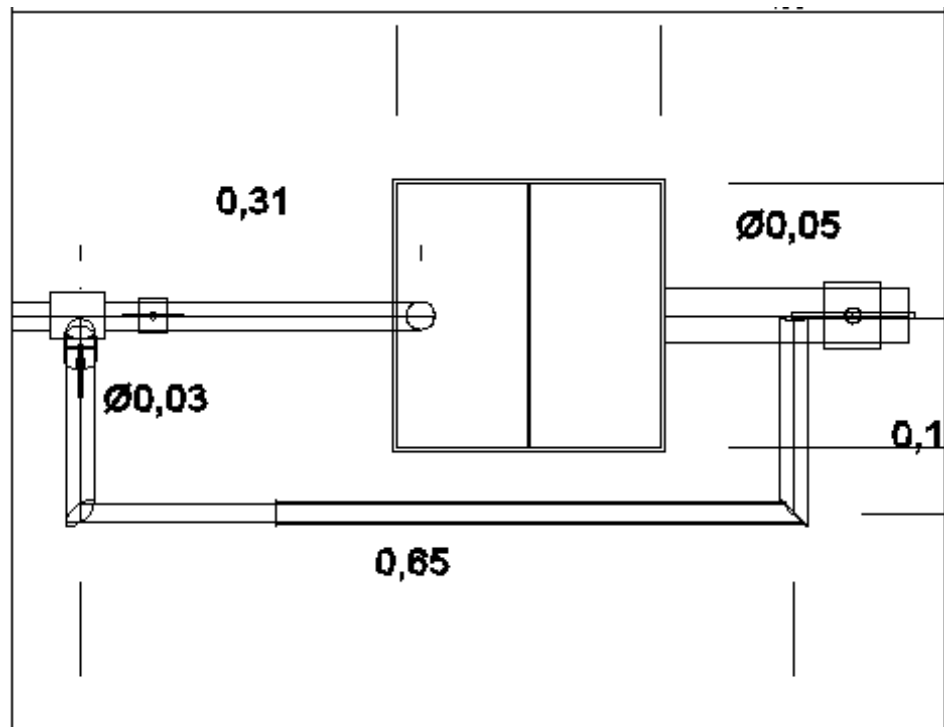
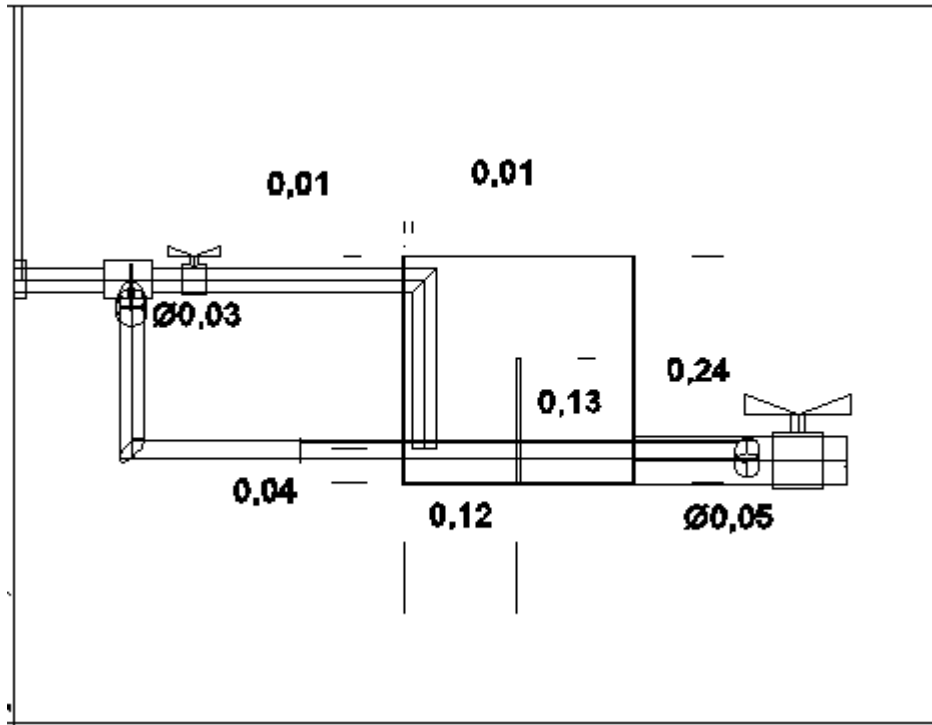
4. Conclusión del diseño

Por lo tanto se decidió mantener este diámetro de salida y trabajar con el régimen 1 para el diseño de la cámara de quiebre de presión y se dejó el muro que separa la sección de aquietamiento y la sección de descarga con la posibilidad de ser removido para que los estudiantes que realicen experimentos posteriores con el modelo didáctico puedan comparar su comportamiento.

Para el diseño del montaje y de la cámara de quiebre de presión se puede observar las siguientes imágenes que servirán de referencia, no obstante se adjunta documento en formato DWG



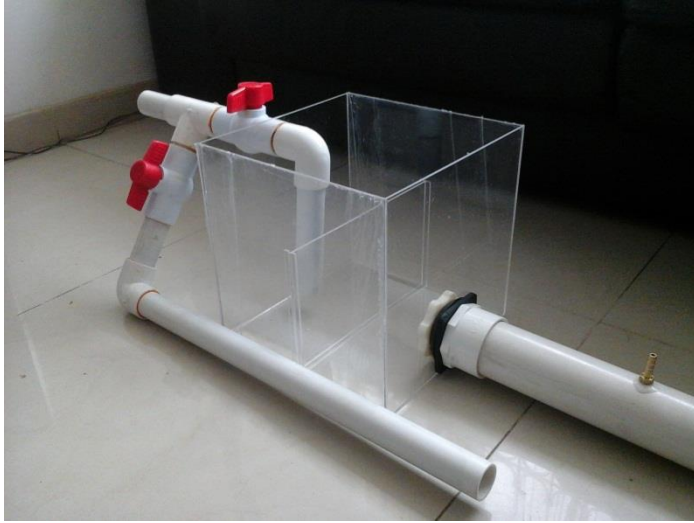






5. Construcción de cámara de quiebre

5.1 Construcción de cámara de quiebre según el resultado de los cálculos hechos con anterioridad.



Fuente: Propia

Implementación de un manómetro diferencial aguas arriba y aguas debajo de la cámara para conocer la presión con la que llega el agua y con la que sale; y un soporte en madera en donde estará apoyada sobre el banco hidráulico y estática para una lectura más fácil de los manómetros



Fuente: Propia



Fuente: Propia



5.2. Modificaciones al diseño original.

Se mostró al Par académico designado y este sugirió ciertas modificaciones.

- Cambiar manómetro diferencial por manómetro análogo.
- Cambiar soporte en madera por una base en acrílico de 0.6x0.33x0.05 m que permita a la cámara ser puesta en una mesa del laboratorio y dentro del banco hidráulico.
- Asegurar el bypass y la tubería de salida a la base de acrílico para una mayor rigidez a la estructura.

5.2.1. Modificaciones hechas:

Siguiendo las sugerencias anteriormente descritas se implementaron las modificaciones como se ve en la imagen a continuación:



Fuente: Propia



5.3. Pruebas con la cámara y resultados:

5.3.1. Entrada a la cámara.

El dial del manómetro a la entrada marco 24 mmHg

Si:

$$\gamma_{Hg} = 13.6 * \gamma_{H_2O}$$

Entonces:

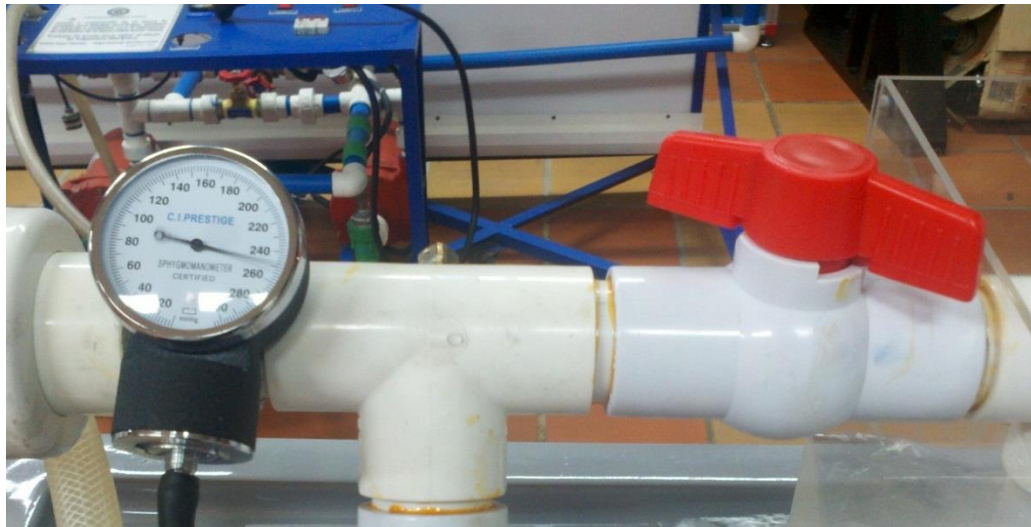
$$1 \text{ mm}_{Hg} = 13.6 \text{ mm}_{H_2O}$$

Por lo tanto:

$$24 \text{ mm}_{Hg} = (24 * 13.6) \text{ mm}_{H_2O}$$

$$24 \text{ mm}_{Hg} = 326.4 \text{ mm}_{H_2O} = 32.64 \text{ cm}_{H_2O} \approx 0.33 \text{ m}_{H_2O}$$

Para aumentar la presión dentro de la tubería de entrada se instaló una válvula de bola, la cual a medida que se cierra aumenta la presión registrada en el manómetro.



Fuente: Propia

RECOMENDACIÓN:

No cerrar la válvula más de un cuarto de giro pues la presión podría dañar el manómetro debido a la sensibilidad de este.



Fuente: Propia

No cerrar completamente la válvula de entrada a la cámara sin abrir previamente la válvula del bypass y/o apagar la bomba del banco hidráulico.

La presión máxima en este punto de seguridad registro 280 mm_{Hg}



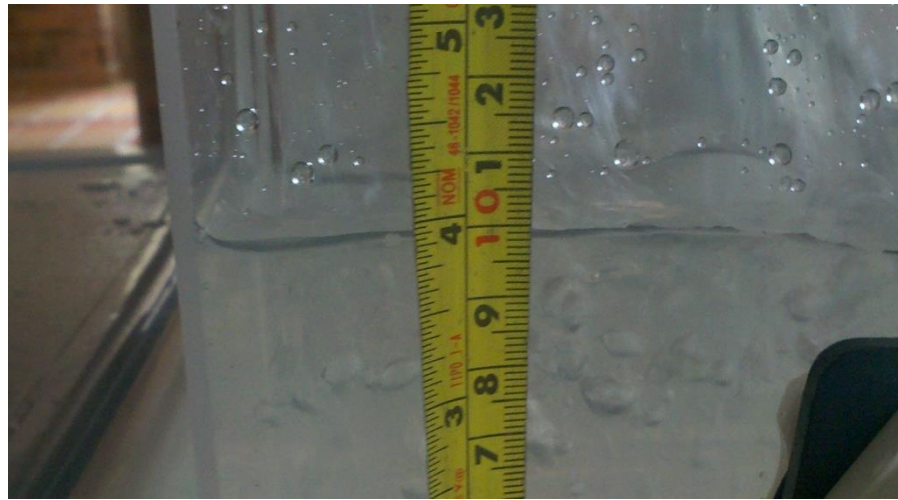
$$280 \text{ mm}_{Hg} = (280 * 13.6) \text{ mm}_{H_2O} = 3808 \text{ mm}_{H_2O} = 3.81 \text{ m}_{H_2O}$$

5.3.2. Salida de la cámara.

En la salida de la cámara se observó que la lámina de agua estaba a menor altura, por lo cual se midió y se encontró a 9.8 cm del fondo de la cámara. Esto llamo la atención pues ya se había comprobado con anterioridad que se cumplieran 12 cm de lámina de agua con una salida de dos pulgadas (como se observó en la entrega #1).

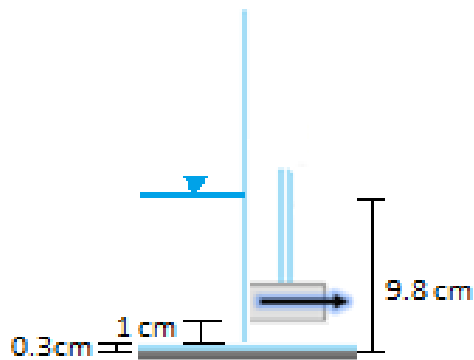


Fuente: Propia



Fuente: Propia

9.8 cm como se ve en la imagen anterior, menos la distancia de la lámina de acrílico hasta el orificio de salida



Fuente: Propia

$$9.8 \text{ cm} - 1.3 \text{ cm} = 8.5 \text{ cm}$$

Ya que el h es desde el punto medio de la tubería:

$$8.5 \text{ cm} - 2.54 \text{ cm} = 5.96 \text{ cm}$$



$$h = 5.96 \text{ cm}$$

$$h = 0.0596 \text{ m}$$

También fue notable que la tubería tuviera mitad aire mitad agua.



Fuente: Propia

Esto en un principio se debía a que, por acción del vertedero, causaba una turbulencia en la salida de la cámara y entraba una mezcla de agua-aire.



Fuente: Propia



Se removió la pared y se encontró que debido a el nivel tan bajo de la lámina de agua y las perdidas en la salida de la cámara, la tubería no funcionaba a flujo lleno aun así; por lo que se procedió a investigar cuales pueden ser la causa del nivel de lámina tan bajo.

Se comprobó el caudal que aportaba el banco hidráulico y se obtuvieron los siguientes resultados:

Vol (lts)	T (seg)	Q (lps)
15	11,28	1,330
	11,29	1,329
	11,27	1,331
	11,31	1,326
	11,25	1,333
	11,28	1,330
	11,26	1,332
	11,30	1,327
promedio	11,28	1,330

Como puede verse un $Q = 1.33 \text{ lps}$ es bajo, comparado a un $Q = 2.20 \text{ lps}$ que la misma bomba había proporcionado meses atrás. Esto quiere decir que la bomba ahora trabaja a 60% del caudal maximo. Además mientras se realizaron las medidas de caudal se vio que la bomba estaba teniendo fugas y cavitando; esto se le informo a los encargados del laboratorio de aguas.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

De igual manera se calculó con el estado actual de la bomba

$$Q = 1,33 \text{ lps} = 0,00133 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 2 \text{ in} = 0,0508 \text{ m}$$



$$A = 0,002 \text{ m}^2$$

$$V_r = \frac{Q}{A} = \frac{0,00133 \text{ m}^3/\text{s}}{0,002 \text{ m}^2} = 0.66 \text{ m/s}$$

Se conoce que $h = 0.0596 \text{ m}$ y del análisis usado en la entrega #1 despejaremos el K:

$$h = \frac{V_r^2}{2 * g} + K \frac{V_r^2}{2 * g}$$

$$K = \frac{h - \frac{V_r^2}{2 * g}}{\frac{V_r^2}{2 * g}}$$

$$K = \frac{0.0596 \text{ m} - \frac{(0.66 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}}{\frac{(0.66 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}}$$

$$K = 1.75$$

Este valor de K es muy alto comparado con los registrados en los libros y manuales de laboratorios sobre descargas en orificios; se atribuyó al accesorio puesto en la salida; para corroborar esto se removió el accesorio de salida y se dejó trabajando solo el orificio.

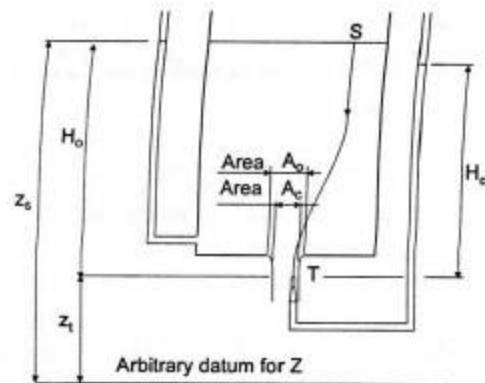


Fuente: Propia

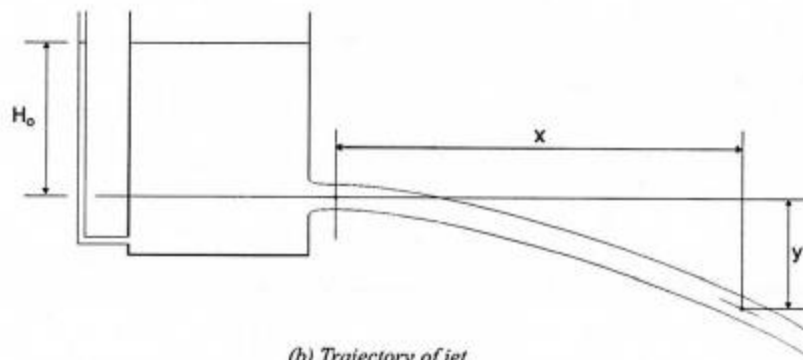
Se tomaron los siguientes datos:

- Diámetro del orificio: 0.006m
- Área: 0.0028 m^2
- H_o : 0.0376 m
- Q : $0.00133 \text{ m}^3/\text{s}$
- Altura después del orificio: 0.0246m
- Diámetro de contracción 0.049m:
- X : 0.031m
- Y : 0.01 m

Por el teorema de Torricelli sabemos que:



(a) Flow through orifice in base of tank



(b) Trajectory of jet issuing from side

Fuente: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

$$C_u = \sqrt{\frac{H_c}{H_o}}$$

$$C_u = \sqrt{\frac{0.0246 \text{ m}}{0.0376 \text{ m}}}$$

$$C_u = 0.81$$

$$C_u = \sqrt{\frac{x^2}{4 * H_o * y}}$$



$$C_u = \sqrt{\frac{(0.031 \text{ m})^2}{4 * 0.0376 \text{ m} * 0.001 \text{ m}}}$$

$$C_u = 0.80$$

El C_u por ambas ecuaciones da aproximado por lo cual se usara $C_u = 0.81$.

$$C_c = \frac{A_c}{A_o} = \left(\frac{D_c}{D_o}\right)^2$$

$$C_c = \left(\frac{0.049 \text{ m}}{0.06 \text{ m}}\right)^2$$

$$C_c = 0.67$$

Una vez se encontró C_u y C_c se procedió a hallar C_d .

$$C_d = \frac{Q}{\sqrt{2 * g * H_o * A_o}}$$

$$C_d = \frac{0.00133 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{2 * 9.81 \text{ m}/\text{s}^2 * 0.0376 \text{ m} * 0.0028 \text{ m}^2}}$$

$$C_d = 0.55$$

$$C_d = C_v * C_c$$

$$C_d = 0.81 * 0.67$$



$$C_d = 0.54$$

El valor de C_d da dentro de los parámetros normales del coeficiente de descarga.

$$V_c = C_u * \sqrt{2 * g * H_c}$$

$$V_c = 0.81 * \sqrt{2 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 0.0246 \text{ m}}$$

$$V_c = 0.56 \text{ m/s}$$

Una vez hallados estos datos se realizó el siguiente análisis:

Se sabe que

$$h = \frac{V^2}{2 * g} + K \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h = \frac{V^2}{2 * g} (1 + K)$$

Se despeja $2 * g$

$$2 * g = \frac{V^2}{h} (1 + K)$$

También se sabe que:

$$V = C_u * \sqrt{2 * g * h}$$



Se despeja $2 * g$

$$\frac{\left(\frac{V}{C_u}\right)^2}{h} = 2 * g$$

$$\frac{V^2}{h * C_u^2} = 2 * g$$

Se igualan ambas ecuaciones:

$$\frac{V^2}{h * C_u^2} = \frac{V^2}{h} (1 + K)$$

Se eliminan términos iguales en ambos lados de la ecuación y queda de la siguiente forma:

$$\frac{1}{C_u^2} = (1 + K)$$

Obtendremos una ecuación que convertirá el C_u del orificio en un K de perdida localizada:

$$K = \frac{1}{C_u^2} - 1$$

$$K = \frac{1}{0.81^2} - 1$$

$$K = 0.53$$



Para comprobar esto se remplazó el K en la siguiente ecuación:

$$h = \frac{V^2}{2 * g} (1 + K)$$

$$h = \frac{(0.56 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} (1 + 0.53)$$

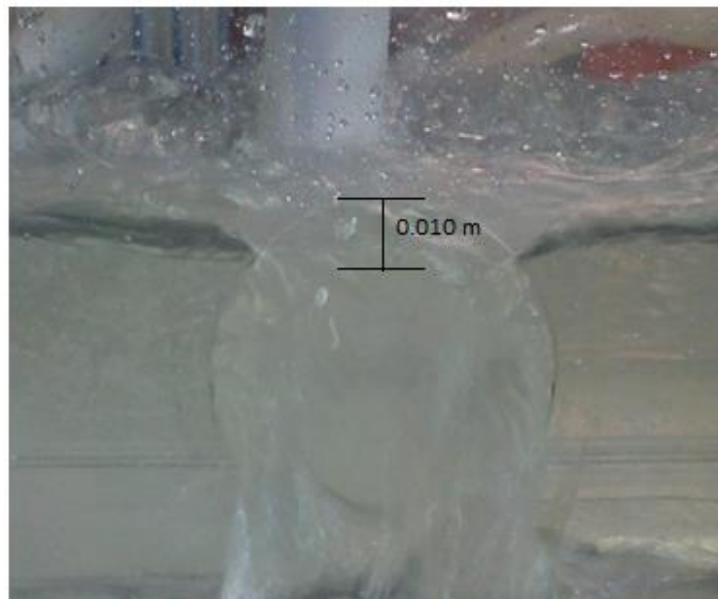
$$h = 0.0243 \text{ m}$$

Sumando la distancia que hay de la mitad de la tubería hasta la base:

$$h = 0.0243 \text{ m} + 0.0254 \text{ m} + 0.013 \text{ m}$$

$$h = 0.060 \text{ m}$$

Lo cual explica el espacio de aire que se observa en la siguiente imagen:



Fuente: Propia



Ya determinado el valor K del orificio y conociendo el valor K total podríamos hallar el K del accesorio.

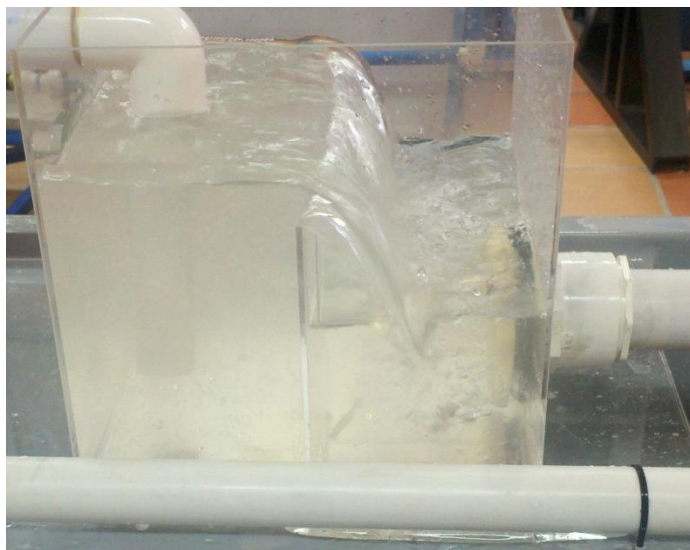
$$K_t = K_{acc} + K_o$$

$$1.72 = K_{acc} + 0.53$$

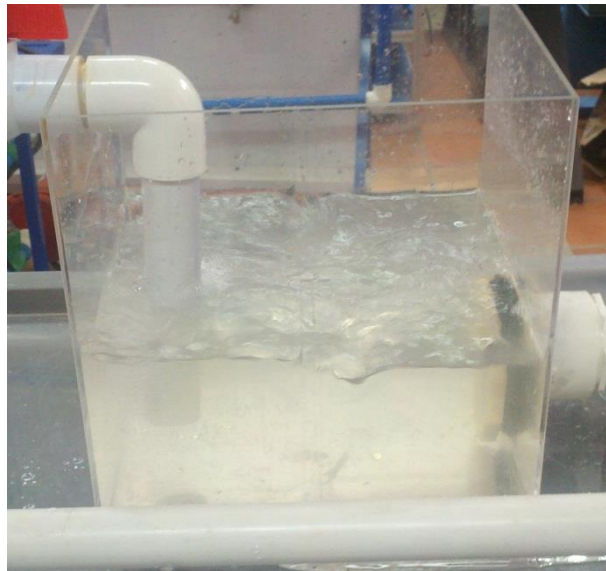
$$K_{acc} = 1.72 - 0.53$$

$$K_{acc} = 1.19$$

Para que la tubería de salida trabajara a flujo lleno se redujo el diámetro a 1.5 pulgadas y se procedió a experimentar; se mostraron los siguientes resultados:



Fuente: Propia



Fuente: Propia



Fuente: Propia

A medida que se realizaron pruebas con la bomba a su máxima potencia, fue notorio que el nivel del agua bajaba un poco cada día, por lo que se realizó la siguiente tabla de resultados:



MEDICION	Q (m3/s)	D (in)	A (m2)	V (m/s)	V*Cv (m/s)	cabeza velocidad (m)	Ho (m)	h (m)	K
1	0,0022	2	0,00203	1,09	0,88	0,060	0,125	0,0900	0,50
2	0,00133	2	0,00203	0,66	0,53	0,022	0,095	0,0596	1,72
3	0,00133	2,375	0,00283	0,47	0,38	0,011	0,065	0,0246	1,18
4	0,00133	1,5	0,00114	1,17	0,94	0,045	0,101	0,0720	0,59
5	0,00129	1,5	0,00114	1,13	0,92	0,043	0,097	0,0680	0,59
6	0,00127	1,5	0,00114	1,11	0,90	0,041	0,095	0,0660	0,59
7	0,00120	1,5	0,00114	1,05	0,85	0,037	0,088	0,0590	0,60

En la medición 1 se ve el comportamiento con el caudal máximo de la bomba en condiciones óptimas.

La medición 2 y 3 no trabajaban como un flujo lleno en la tubería, como se muestra anteriormente.

La medición 3 en adelante es el comportamiento de la cámara con el caudal máximo suministrado por la cámara día a día. Esto demuestra ya un comportamiento más normal en la sección de descarga.

Independientemente de la presión con la que el agua entre a la cámara, este siempre saldrá disipada por completo. En el caso que entre con una cabeza de 3.8m de agua, esta saldrá de la cámara con una cabeza máxima de 7 cm de agua.



6. GUIA DE LABORATORIO

CAMARA DE QUIEBRE DE PRESION



I.1. OBJETIVO

- Calcular el caudal de entrada a la cámara.
- Calcular la presión en cualquier punto a través de la ecuación de energía.
- Calcular las pérdidas reales y las perdidas por medio de la ecuación de Hazen-Williams y comparar.

I.2. EQUIPO

Cámara de quiebre de presión, Banco hidráulico H1D, cronometro.



Fig. 1 Montaje experimental impacto de chorro

Fuente: Propia



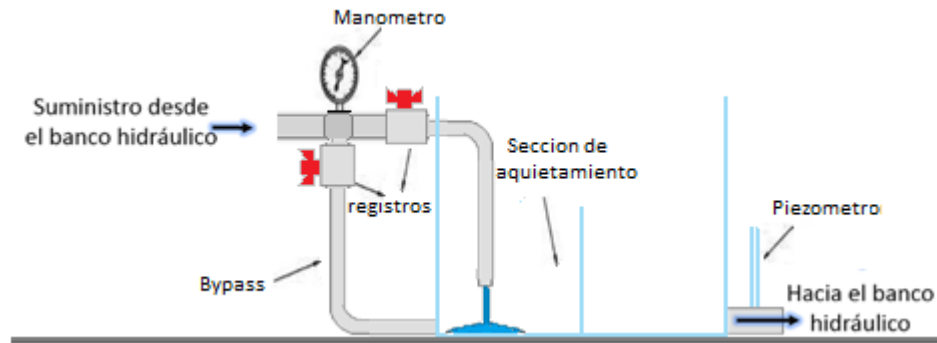
I.1. Introducción

La reducción de presiones en tuberías es un requerimiento frecuente para el diseñador, en especial si el terreno de la línea de conducción o incluso de la red de distribución resultan ser bastantes escarpados como ocurre en la topografía colombiana; lo que desencadena en cabezas hidráulicas que pueden llegar a estallar las tuberías.

Sin embargo existen varios métodos para lograr disipar la energía que el agua va adquiriendo a medida que avanza por las tuberías; entre ellas se encuentran las válvulas disipadoras de presión, tanquillas rompe carga, cámara de quiebre de presión y obstáculos en el flujo entre otras.



I.2. Descripción del montaje



Fuente: Propia

Fig. 1 Disposición del aparato

En la Fig. 1 se muestra la disposición del montaje en la cual el agua suministrada por el banco hidráulico entra en un tubo horizontal que continua a un codo de 90° y deposita el agua dentro de la sección de quietamiento dentro de la cámara. Esto produce el ingreso del agua en forma de chorro el cual, gracias a la sección de quietamiento, asegura una lámina de agua más estable en la salida de la cámara.

El Bypass permite el paso del agua en caso de que no se quiera dispar la presión en la tubería, solo se tendría que cerrar el registro que permite el paso a la cámara y abrir el registro del bypass. En ambos casos el manómetro registrara la presión en ese punto.



I.3. Marco Teórico

Caudal:

El caudal es el volumen de un líquido que se mueve en una unidad de tiempo.

$$Q = \frac{\nabla}{t} = A * V$$

Dónde:

∇ : Volumen

t: Tiempo

A: Área de la sección transversal

V: Velocidad del flujo

Ecuación de Bernoulli:

Esta ecuación permite calcular las diferentes transformaciones de energía mecánica dentro del flujo, en otras palabras cada término en la ecuación de Bernoulli se puede interpretar como una forma de energía:

$$Z + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + H_b - H_p = constante$$

Dónde:

Z: Cabeza de posición

$\frac{V^2}{2g}$: Cabeza de velocidad

$\frac{P}{\rho g}$: Cabeza de presión



H_b : Cabeza de la bomba (en caso de que exista dentro del sistema)

H_p : pérdidas

Pérdidas Hidráulicas:

Las pérdidas hidráulicas se deben a la forma, dimensiones y rugosidad del cauce, de la velocidad y viscosidad del fluido.

La pérdida total sería la suma de las pérdidas longitudinales y locales:

$$h_t = h_l + h_v$$

Dónde:

h_t : Pérdidas totales

h_l : Pérdidas longitudinales

h_v : Pérdidas de carga localizada

Las pérdidas locales se expresan como una fracción de la cabeza de velocidad, de modo que:

$$h_v = K * \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

h_v : Pérdidas de carga localizada

$\frac{V^2}{2g}$: Cabeza de velocidad

K : Coeficiente para cada tipo de punto



La siguiente tabla muestra los valores de K más comunes:

tipo de punto singular	<i>K</i>
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,2
Válvula de compuerta mitad abierta	5,6
Curva de 90°	1,0
Curva de 45°	0,4
Válvula de pie	2,5
Emboque (entrada en una tubería)	0,5
Salida de una tubería	1,0
Ensanchamiento brusco	$(1-(D_1/D_2)^2)^2$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5(1-(D_1/D_2)^2)^2$

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/148015821/VALORES-DEL-COEFICIENTE-K-EN-PERDIDAS-SINGULARES>

Las pérdidas longitudinales están expresadas de la siguiente manera:

$$h_l = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

h_l : Pérdidas longitudinales.

$\frac{V^2}{2g}$: Cabeza de velocidad.

L : Longitud del tramo.

D : Diámetro de la tubería.

f : Coeficiente que depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa, para tubería PVC es de 0.0058 aprox.



Por lo tanto:

$$h_t = h_l + h_v$$

$$h_t = \left(f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \right) + \left(K * \frac{V^2}{2g} \right)$$

Es posible calcular las pérdidas totales a través de la fórmula de Hazen-Williams usando la longitud del tramo y longitudes equivalentes en los accesorios (se incluye un nomograma para calcular el valor de la longitud equivalente dependiendo del accesorio):

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * (S)^{0.54}$$

Siendo:

$$S = \frac{h_t}{(L_t + L_e)}$$

Por lo tanto:

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * \left(\frac{h_t}{(L_t + L_e)} \right)^{0.54}$$

Si despejamos h_t de la ecuación, obtendremos:

$$h_t = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}} \right)^{0.185} * (L_t + L_e)$$

Dónde:

h_t : Pérdidas totales.

Q : Caudal.



C : Coeficiente que depende de la rugosidad de la tubería, 150 en caso de PVC.

D : Diámetro de la tubería.

L_t : Longitud del tramo.

L_e : Longitud equivalente



I.4. Procedimiento Experimental

Primero se tiene que conocer el caudal que suministra el banco hidráulico al aparato, para lo cual se apoyara en el medidor de volumen del banco y un cronometro, tomando el dato 3 o más veces y promediando. Se ubica la cámara dentro del banco hidráulico y se conecta; es necesario tomar los siguientes datos: diámetro de la tubería, cuáles y cuantos accesorios están presentes, longitud de la tubería.

Se suministra el agua del banco incrementando la tasa de flujo al máximo. Se observa como el agua va ingresando en la cámara y pasa de la sección de aquietamiento a la salida de la cámara con una lámina más estable; se observa la lectura que muestra el manómetro y en el piezómetro. Otras mediciones se realizan reduciendo la tasa de flujo.

El experimento se debe realizar dos veces, primero con pared que separa ambas secciones de la cámara y luego sin esta.

Anote los valores de los manómetros a diferentes aperturas de la bomba.



I.5. Cuestiones de discusión

1. Determine la expresión para la velocidad con la que el agua llega a la cámara haciendo uso de la ecuación de Caudal y el principio de conservación de la masa.
2. Determine la presión en cualquier punto del sistema por medio de la ecuación de Bernoulli teniendo en cuenta los siguientes criterios:
 - a. La posición relativa de la cámara con respecto a un nivel de referencia.
 - b. La velocidad del flujo.
 - c. La presión conocida por la lectura del manómetro
3. Analice y concluya sobre la gráfica realizada.
4. Determine las pérdidas hidráulicas por medio de la expresión:

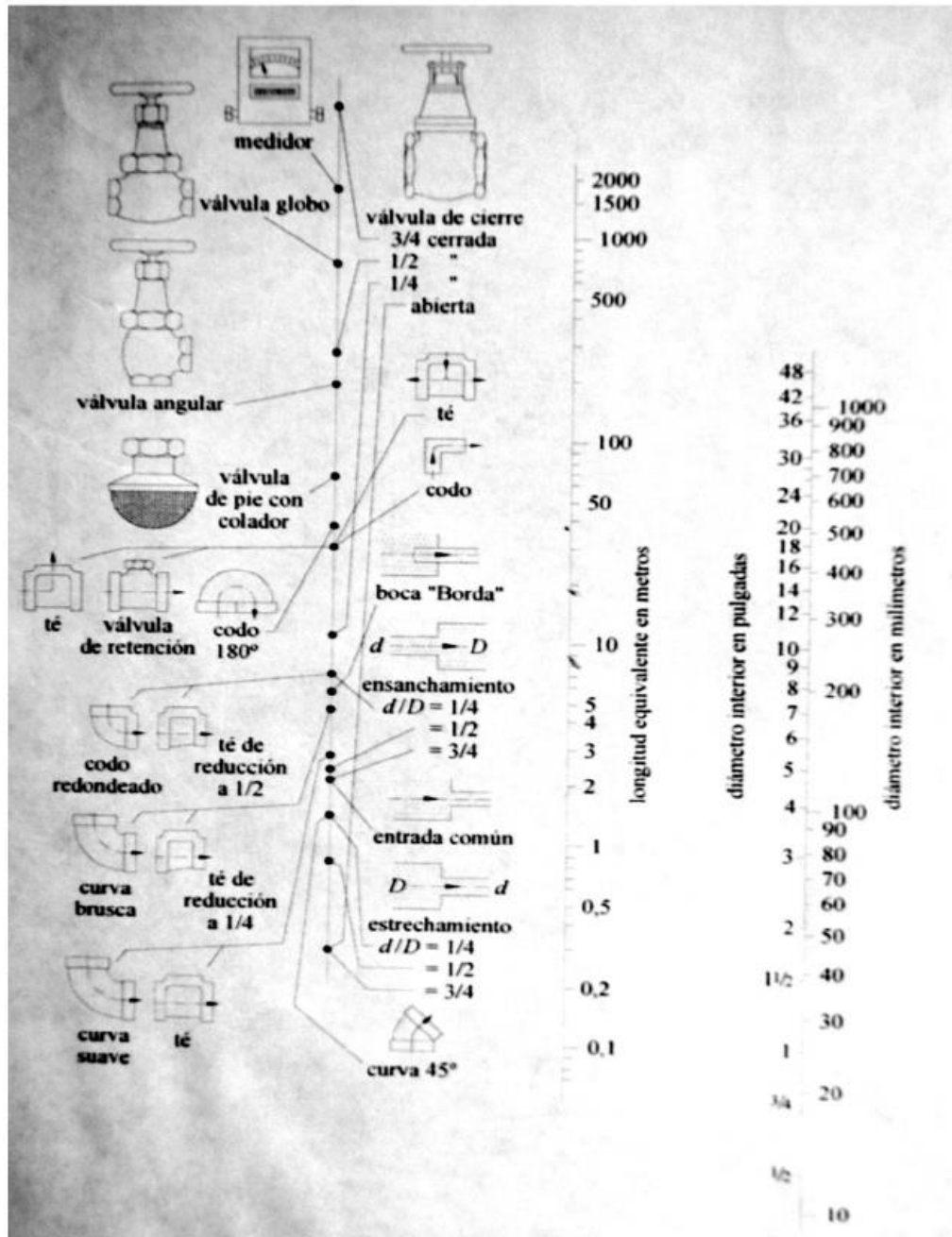
$$h_t = \left(f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \right) + \left(K * \frac{V^2}{2g} \right)$$

5. Utilice la fórmula de Hazen-Williams para determinar las pérdidas del sistema

$$h_t = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}} \right)^{0.185} * (L_t + L_e)$$

6. Graficar la línea de energía del sistema.
7. Convierta los valores del manómetro (mmHg) a cm de agua y concluya comparándolos a los valores del piezómetro a la salida de la cámara.





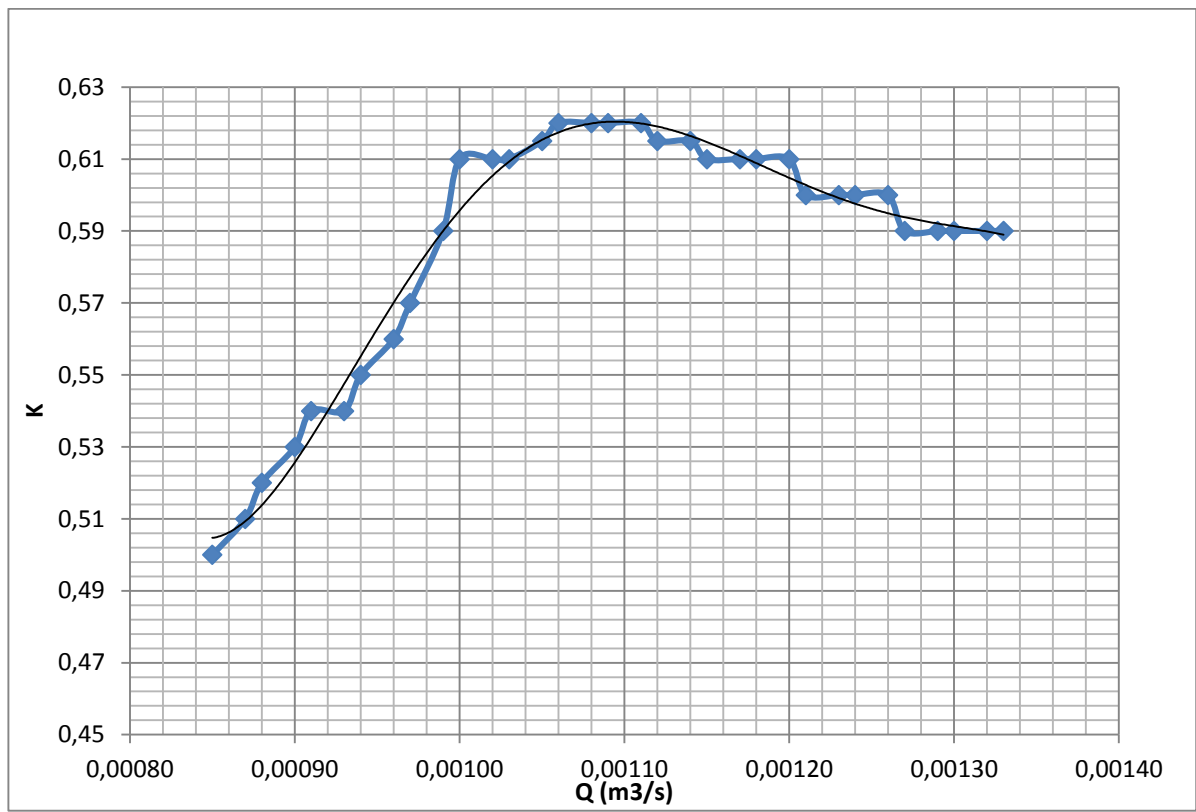
Fuente: <http://www.arzapalo.com/info/curvasbombas/nomogramas/Long%20de%20tubo%20equiv%20por%20accesorios.jpg>

7. Funcionamiento de la cámara

Para conocer el comportamiento de la cámara se realizó un muestreo de varios caudales, a continuación se expone los datos obtenidos:

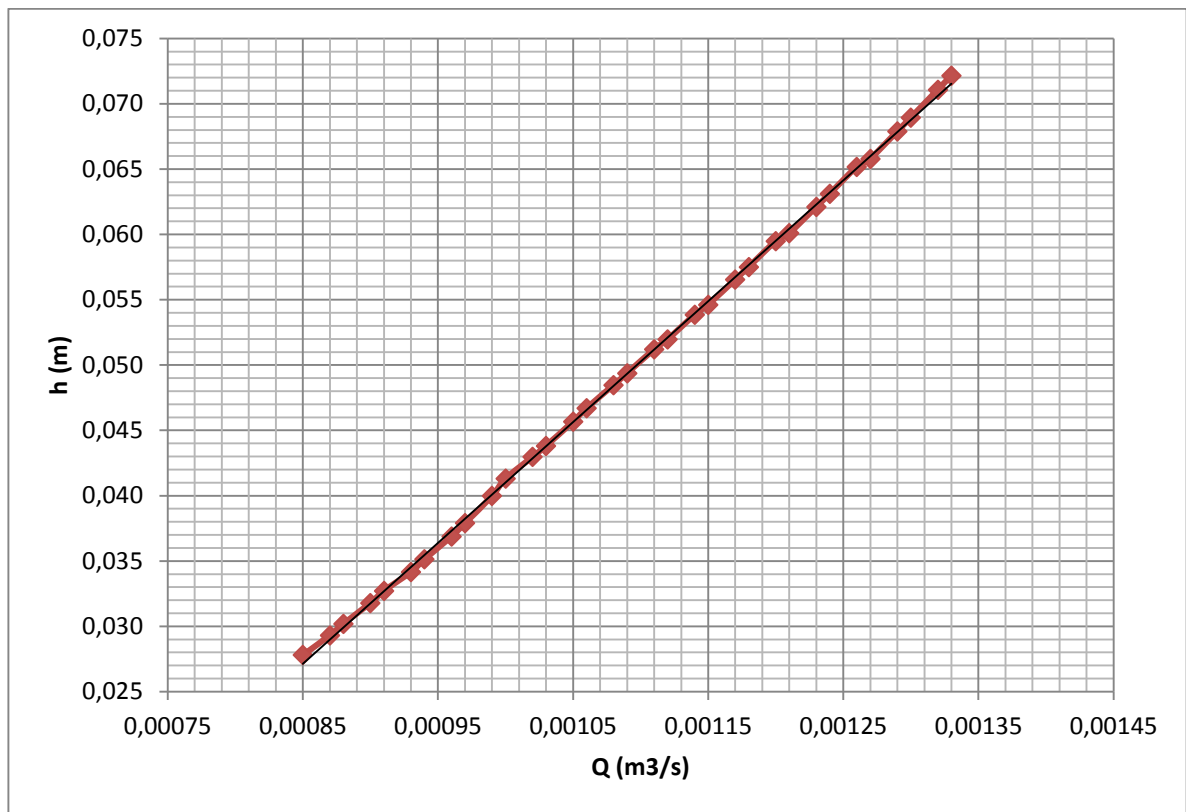
MEDICION	ENTRADA A LA CAMARA				SALIDA DE LA CAMARA							
	Q	D	A	V	D	A	V	V*Cv	cabeza velocidad	Ho	h	K
	(m3/s)	(in)	(m2)	(m/s)	(in)	(m2)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	
1	0,00133	1	0,00051	2,62478	1,5	0,00114	1,17	0,94	0,045	0,10	0,072	0,59
2	0,00132	1	0,00051	2,60505	1,5	0,00114	1,16	0,94	0,045	0,10	0,071	0,59
3	0,00130	1	0,00051	2,56558	1,5	0,00114	1,14	0,92	0,043	0,10	0,069	0,59
4	0,00129	1	0,00051	2,54584	1,5	0,00114	1,13	0,92	0,043	0,10	0,068	0,59
5	0,00127	1	0,00051	2,50637	1,5	0,00114	1,11	0,90	0,041	0,09	0,066	0,59
6	0,00126	1	0,00051	2,48664	1,5	0,00114	1,11	0,89	0,041	0,09	0,065	0,60
7	0,00124	1	0,00051	2,44717	1,5	0,00114	1,09	0,88	0,039	0,09	0,063	0,60
8	0,00123	1	0,00051	2,42743	1,5	0,00114	1,08	0,87	0,039	0,09	0,062	0,60
9	0,00121	1	0,00051	2,38796	1,5	0,00114	1,06	0,86	0,038	0,09	0,060	0,60
10	0,00120	1	0,00051	2,36822	1,5	0,00114	1,05	0,85	0,037	0,09	0,059	0,61
11	0,00118	1	0,00051	2,32875	1,5	0,00114	1,04	0,84	0,036	0,09	0,058	0,61
12	0,00117	1	0,00051	2,30902	1,5	0,00114	1,03	0,83	0,035	0,09	0,057	0,61
13	0,00115	1	0,00051	2,26955	1,5	0,00114	1,01	0,82	0,034	0,08	0,055	0,61
14	0,00114	1	0,00051	2,24981	1,5	0,00114	1,00	0,81	0,033	0,08	0,054	0,62
15	0,00112	1	0,00051	2,21034	1,5	0,00114	0,98	0,79	0,032	0,08	0,052	0,62
16	0,00111	1	0,00051	2,19061	1,5	0,00114	0,97	0,79	0,032	0,08	0,051	0,62
17	0,00109	1	0,00051	2,15114	1,5	0,00114	0,96	0,77	0,030	0,08	0,049	0,62
18	0,00108	1	0,00051	2,13140	1,5	0,00114	0,95	0,77	0,030	0,08	0,048	0,62
19	0,00106	1	0,00051	2,09193	1,5	0,00114	0,93	0,75	0,029	0,08	0,047	0,62
20	0,00105	1	0,00051	2,07220	1,5	0,00114	0,92	0,74	0,028	0,07	0,046	0,62
21	0,00103	1	0,00051	2,03273	1,5	0,00114	0,90	0,73	0,027	0,07	0,044	0,61
22	0,00102	1	0,00051	2,01299	1,5	0,00114	0,89	0,72	0,027	0,07	0,043	0,61
23	0,00100	1	0,00051	1,97352	1,5	0,00114	0,88	0,71	0,026	0,07	0,041	0,61
24	0,00099	1	0,00051	1,95379	1,5	0,00114	0,87	0,70	0,025	0,07	0,040	0,59
25	0,00097	1	0,00051	1,91432	1,5	0,00114	0,85	0,69	0,024	0,07	0,038	0,57
26	0,00096	1	0,00051	1,89458	1,5	0,00114	0,84	0,68	0,024	0,07	0,037	0,56
27	0,00094	1	0,00051	1,85511	1,5	0,00114	0,82	0,67	0,023	0,06	0,035	0,55
28	0,00093	1	0,00051	1,83537	1,5	0,00114	0,82	0,66	0,022	0,06	0,034	0,54
29	0,00091	1	0,00051	1,79590	1,5	0,00114	0,80	0,65	0,021	0,06	0,033	0,54
30	0,00090	1	0,00051	1,77617	1,5	0,00114	0,79	0,64	0,021	0,06	0,032	0,53
31	0,00088	1	0,00051	1,73670	1,5	0,00114	0,77	0,62	0,020	0,06	0,030	0,52
32	0,00087	1	0,00051	1,71696	1,5	0,00114	0,76	0,62	0,019	0,06	0,029	0,51
33	0,00085	1	0,00051	1,67749	1,5	0,00114	0,75	0,60	0,019	0,06	0,028	0,50

Se graficó el caudal vs K para analizar su comportamiento y se obtuvo el siguiente gráfico:



Se puede ver el comportamiento en campana que indica que a mayor caudal, lo que significa mayor velocidad, el K de pérdidas va aumentando; pero llega un punto donde empieza a disminuir. El caudal que presenta el mayor coeficiente K es $Q = 1.1 \text{ lps}$.

A continuación el gráfico de Q vs h en el cual se puede ver su comportamiento lineal. Esto se debe a que h es una variable dependiente de la velocidad, y esta a su vez del caudal.



Se realizara la resolución de la guía de laboratorio (se usara el caudal máximo permitido por el estado actual de la bomba, $Q = 1,33$ lps):

7.1. Solución guía de laboratorio.

Cuestiones de discusión

1. Determine la expresión para la velocidad con la que el agua llega a la cámara haciendo uso de la ecuación de Caudal y el principio de conservación de la masa.

R:

Se conoce el caudal de salida; por el principio de conservación de la masa se sabe que el caudal de salida es igual al caudal de entrada a la cámara.



$$Q_e = Q_s = Q$$

Se sabe que:

$$Q = A * V$$

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

Despejando V y remplazando en A se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

$$V = 2,62478 \text{ m/s}$$

El Diámetro de la tubería de entrada a la cámara es de 1" (2.54cm). A continuación los resultados con diferentes caudales:

2. Determine la presión en cualquier punto del sistema por medio de la ecuación de Bernoulli teniendo en cuenta los siguientes criterios:
 - a. La posición relativa de la cámara con respecto a un nivel de referencia.
 - b. La velocidad del flujo.
 - c. La presión conocida por la lectura del manómetro

[illegible]
$$Z_A + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + H_b - H_p = X$$
$$P_b = \gamma * Q * H_b$$

$$H_b = \frac{P_b}{\gamma * Q}$$

$$0 + 0 + 0 + \frac{P_b}{\gamma * Q} - H_p = X$$



$$\frac{1 \text{ HP}}{1000 \text{ Kg/m}^3 * Q} - H_p = X$$

$$H_p = \frac{1 \text{ HP}}{1000 \text{ Kg/m}^3 * Q} - X$$

Siendo:

Z: Cabeza topográfica

V: Velocidad de flujo

g: Gravedad

P: Presión

ρ : Densidad

H_b : Cabeza de la bomba

H_p : pérdidas

X: lectura del manómetro

Bernoulli (B-C)

$$X = Z_c + \frac{V^2}{2g} + \frac{P_c}{\rho g} - H_p$$

$$X = 0 + \frac{V^2}{2g} + 0 - H_p$$

$$H_p = \frac{V^2}{2g} - X$$



Se conoce la velocidad en esos puntos despejándola de la ecuación de caudal, se conocen las pérdidas, ahora es posible conocer la presión dentro de cualquier punto de la tubería con la ecuación de Bernoulli.

Para un punto entre A y B (D)

$$Z_A + \frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{pg} + H_b - H_p = Z_D + \frac{V_D^2}{2g} + \frac{P_D}{pg}$$

$$0 + 0 + 0 + \frac{1 \text{ HP}}{1000 \text{ Kg/m}^3 * Q} - \frac{1 \text{ HP}}{1000 \text{ Kg/m}^3 * Q} - X = Z_D + \frac{V_D^2}{2g} + \frac{P_D}{pg}$$

$$X = Z_D + \frac{V_D^2}{2g} + \frac{P_D}{pg}$$

$$P_D = pg * \left(X - Z_D - \frac{V_D^2}{2g} \right)$$

Siendo Z_D la diferencia de altura entre el punto A y el punto de medición; V_D la velocidad del flujo en la tubería con el caudal utilizado

Para un punto entre B y C (E)

$$P_E = pg * \left(X - Z_E - \frac{V^2}{2g} + H_p \right)$$



$$P_E = pg * \left(X - Z_E - \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} - X \right)$$

$$P_E = pg * (Z_E)$$

Siendo Z_E la diferencia de altura entre el manómetro y el punto de medición.

3. Analice y concluya sobre la gráfica realizada.

R:

Por facilidades pedagógicas se usa el banco hidráulico para proporcionar una cabeza estable, pero el análisis y el funcionamiento de la cámara emulan, por o demás, el comportamiento en un escenario real.

4. Determine las perdidas hidráulicas por medio de la expresión:

$$h_t = \left(f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \right) + \left(K * \frac{V^2}{2g} \right)$$

R:

Para hallar F se usa el diagrama de Moody. Primero hallamos la rugosidad relativa (para tubería pvc de 1")

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0015 \text{ mm}}{1" * 25.4 \text{ mm}/1"} = 0.00006$$

A continuación hallamos el número de Reynolds



$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \frac{Kg}{m^3} * 2.62478 \frac{m}{s} * 0.0254m}{0.000979 \frac{kg}{m*s}} = 68099.5$$

Usando el diagrama de Moody conocemos ahora que $f = 0.013$.

$$h_t = \left(0.013 * \frac{0.2}{0.0254} * \frac{2.62478^2}{2 * g} \right) + \left(0.96 * \frac{2.62478^2}{2 * g} \right)$$

$$h_t = 0,00267604 + 0,25162499 = 0.254m$$

$$h_t = 0.254m$$

5. Utilice la fórmula de Hazen-Williams para determinar las pérdidas del sistema

R:

$$h_t = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}} \right)^{0.185} * (L_t + L_e)$$

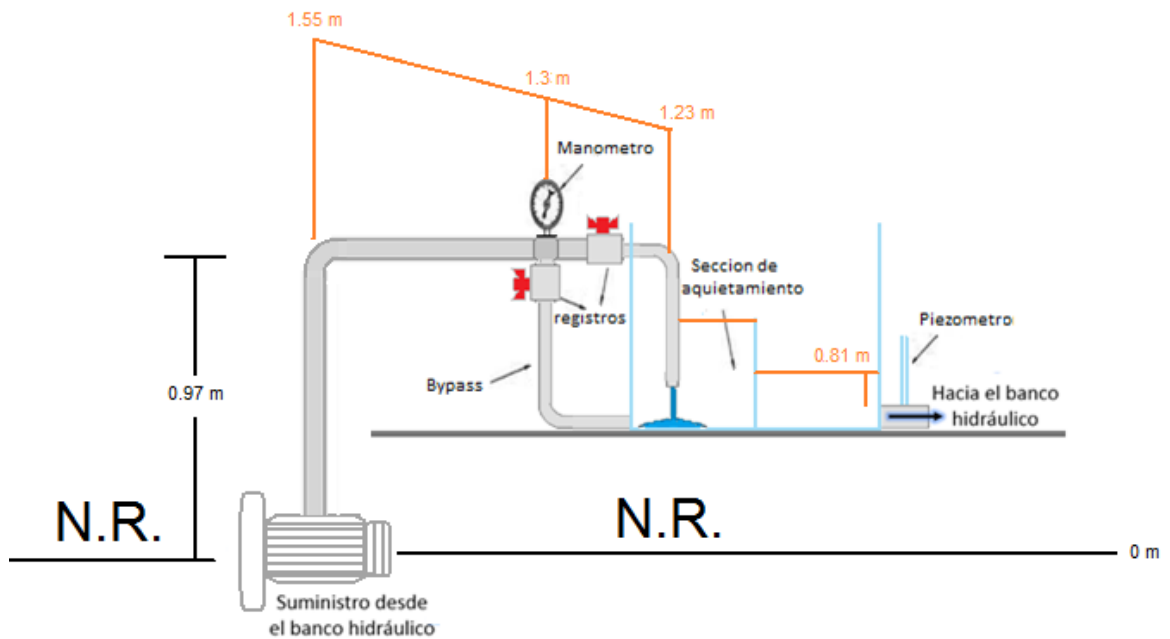
$$h_t = \left(\frac{Q}{0.2785 * 150 * 0.0254^{2.63}} \right)^{0.185} * (0.08 + 0.083)$$

$$h_t = 0,44 m$$



6. Graficar la línea de energía del sistema.

R:



7. Convierta los valores del manómetro (mmHg) a cm de agua y concluya comparándolos a los valores del piezómetro a la salida de la cámara.

R:

El dial del manómetro a la entrada marco 24 mmHg

Si:

$$\gamma_{Hg} = 13.6 * \gamma_{H_2O}$$

Entonces:



$$1 \text{ mm}_{Hg} = 13.6 \text{ mm}_{H_2O}$$

Por lo tanto:

$$24 \text{ mm}_{Hg} = (24 * 13.6) \text{ mm}_{H_2O}$$

$$24 \text{ mm}_{Hg} = 326.4 \text{ mm}_{H_2O} = 32.64 \text{ cm}_{H_2O} \approx 0.33 \text{ m}_{H_2O}$$



BIBLIOGRAFIA

Freddy Hernán Corcho Romero, José Ignacio Duque Serna. Acueductos: teoría y diseño. Universidad De Medellin, 2005

Ricardo Alfredo López Cualla. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003

Robert L. Mott. Mecánica de fluidos. Pearson Educación, 2006



UNIVERSIDAD
SANTO TOMAS

FACULTAD:

INGENIERÍA CIVIL

PRESENTADO POR:

JUAN SEBASTIAN
SEGURA ALFONSO

PRESENTADO A:

FACULTAD
INGENIERIA CIVIL

TEMA:

CAMARA DE QUIEBRE
DE PRESIONES

FECHA:
ENERO DEL 2015

OBSERVACIONES:

