

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### Selección y definición del tema de proyecto

#### Título del proyecto

“Propuesta y análisis de implementación de material didáctico para mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Laboratorio de Hidráulica I”.

#### Problema de investigación

#### Planteamiento del problema

En la actualidad el laboratorio de hidráulica cuenta con un material de apoyo que fue elaborado en el año 1997 por el encargado de la construcción del laboratorio, el cual no fue complementado, corregido y/o actualizado. Este material no se encuentra acorde a las necesidades de los estudiantes ya que la carrera de ingeniería civil en el año 2002 pasó al sistema semestral, cambiando el cronograma de los temas y además ya no cumple con las exigencias de la actualidad de los docentes, en este sentido es que las prácticas realizadas en el laboratorio de hidráulica I, no es de forma paralela con los temas correspondientes a la asignatura teórica, por lo cual no se realiza un uso adecuado de la nueva infraestructura del laboratorio y los equipos, las circunstancias mencionadas generan un desaprovechamiento del potencial del laboratorio al no existir una buena coordinación con los docentes que imparten la asignatura acerca de los detalles metodológicos del desarrollo de las prácticas, los estudiantes carecen de una enseñanza visual que complemente los conocimientos teóricos recibidos en la asignatura de hidráulica, en tal sentido los conocimientos se vuelven limitados para la aplicación práctica y metodológica en la elaboración de los informes de laboratorio.

Esta situación hace necesaria la elaboración de:

- Material de apoyo a la enseñanza de la asignatura de laboratorio de hidráulica I.
- Material de apoyo al aprendizaje de la asignatura de laboratorio de hidráulica I.
- Elaboración de una metodología estándar para la realización de las prácticas de laboratorio.

- El laboratorio de hidráulica cuenta con infraestructura que permitirá optimizar el uso y aprovechamiento del equipo actual con que se cuenta, además de la implementación de nuevas prácticas que contribuyan a la comprensión y sean de interés a la asignatura.

### **Formulación del problema**

¿De qué forma se mejorará la calidad de enseñanza y aprendizaje con la implementación del material didáctico en la asignatura de hidráulica I en el área de laboratorio?

### **Sistematización del problema**

Para dar solución al problema que se plantea es importa responder a lo siguiente:

- ¿Existe la información necesaria para elaborar el nuevo material de apoyo?
- ¿Se cuenta con los medios económicos y disponibilidad de tiempo para resolver el problema?
- ¿Se logrará mejorar la enseñanza y aprendizaje?
- ¿Se cuenta con los medios necesarios para implementar nuevas prácticas?

### **Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo general**

- Proponer y validar un material didáctico de apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura de laboratorio de hidráulica I, que se encuentre acorde al contenido mínimo vigente de la asignatura, que respete normas de redacción, referencias bibliográficas y uso de sistemas de unidades.

#### **Objetivos específicos**

- Desarrollar una metodología estándar para la realización de las prácticas de laboratorio de hidráulica I.
- Estructurar un formato de presentación de informe, bajo modelo de informe técnico de ingeniería, que respete normativa internacional de sistema de unidades, redacción y referenciación bibliográfica.
- Evaluar el material didáctico propuesto, con estudiantes que cursan la asignatura de laboratorio de hidráulica I.

- Promover el autoaprendizaje en los estudiantes, con la implementación del material didáctico.
- Implementar un sistema a escala de red cerrada de Cross, que permita estudiar la distribución de presiones y caudales.

### **Justificación de la investigación**

#### **Teórica**

Se plantea mediante la aplicación de la teoría y la bibliografía de diferentes autores relacionados a la asignatura, mejorar la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de laboratorio de hidráulica I y de esta forma motivar a los estudiantes en el área de hidráulica.

Optimizar el uso del equipamiento actual para los estudiantes, otras universidades y poder brindar servicio a empresas públicas y privadas.

#### **Metodológica**

La estrategia que se propone, es la de generar un material de apoyo a la enseñanza y aprendizaje válido y confiable para la asignatura de laboratorio de hidráulica I, que promueva el autoaprendizaje en el estudiante, que facilite la comprensión de la parte experimental mediante material audiovisual.

#### **Práctica**

De acuerdo a los objetivos planteados, sus resultados permitirán generar:

- Metodología estándar para la elaboración de las prácticas.
- Formato estándar de presentación de informe técnico de ingeniería que respete normativa internacional.
- Material audio visual de apoyo para la enseñanza.
- Prácticas innovadoras y de interés en la asignatura.

### **Marco referencial**

#### **Teórica**

Se implementará material didáctico de apoyo en el laboratorio de hidráulica I con la finalidad de mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje de la asignatura.

El conocimiento físico es el que se adquiere a través de la experimentación, es por ellos que es fundamental que las prácticas de laboratorio sean realizadas de forma paralela con la parte teórica de la materia.

El material audiovisual ayudara con la comprensión de la parte experimental de la práctica.

### **Conceptual**

**Material didáctico:** Un material didáctico es considerado según Cebrián (Citado en cabero, 2001-1290) como “todos los objetos, equipos y aparatos tecnológicos, espacios y lugares de interés cultural, programas o itinerarios, materiales educativos que en unos casos utilizan diferentes formas de representación simbólica y en otros, son referentes directos de la realidad”.

**Elaboración de material didáctico:** Es aquel que reúne medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje. Suelen utilizarse dentro del ambiente educativo para facilitar la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes y destrezas.

**Material audiovisual:** Es un adjetivo que hace referencia conjuntamente al oído y a la vista. El contenido audiovisual, por lo tanto, emplea ambos sentidos a la vez. Las enciclopedias digitales fue uno de los primeros maritales audiovisuales educativos.

**Aprendizaje:** Se entenderá como un proceso continuo que se da a lo largo de la vida, que guarda estrecha relación con la manera como un individuo apropia de la cultura y el

**Aplicación del material didáctico:** Poner en contacto los diversos materiales con los educandos y conseguir un aprendizaje satisfactorio.

### **Espacial**

La alternativa planteada de mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de laboratorio de hidráulica I, será aplicada en la carrera de ingeniería civil en la asignatura de Hidráulica I.

### **Temporal**

La información con la cual se cuenta hace referencia a la de varios autores en relación al tema, además que se efectuara los ensayos respectivos, en base a la experiencia y resultados

que se obtenga se procesara esta información y se elaborara el material de apoyo a la enseñanza y aprendizaje de la asignatura.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis de primer orden**

El desarrollo de la asignatura de laboratorio de hidráulica I es variable en función del docente y equipo disponible y no se cuenta con un material de apoyo que se adecue a las exigencias de los docentes.

### **Hipótesis de segundo orden**

La deficiencia actual que existe en el desarrollo de las prácticas del laboratorio de hidráulica I ocasionan que no se pueda combinar la parte teoría con la práctica de la asignatura para fortalecer los principios y conocimientos adquiridos por los estudiantes.

### **Hipótesis de tercer orden**

El desarrollo de las prácticas de laboratorio de forma paralela con el avance teórico de la asignatura logra mejorar la comprensión y conocimiento de los temas expuestos en la teoría de la asignatura de hidráulica I.

## **CAPITULO II**

### **GUÍAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA I**

#### **Prácticas a realizar**

- Orificios.
- Pérdidas de fricción en tuberías.
- Pérdidas locales en tuberías.
- Tuberías en serie y paralelo.
- Red cerrada de tubería.

#### **Contenido de guías de laboratorio de hidráulica**

##### **Primer componente**

Preámbulo de lo que trata el tema a realizar en la guía de laboratorio:

- Breve resumen del tema.
- Aplicación en la ingeniería.

##### **Segundo componente**

Contenido teórico de la guía y metas:

- Objetivos.
- Marco teórico.

##### **Tercer componente**

Metodología de realización de las prácticas:

- Equipo.
- Procedimiento de la práctica.
- Metodología de cálculo.

##### **Cuarto componente**

- Partes esenciales del tema.
- Amplia tus conocimientos.

##### **Quinto componente**

Anexos:

- Tablas y graficas auxiliares.
- Hoja de levantamiento de datos.
- Tabla de resultados.

El desarrollo de cada una de las guías de laboratorio se encuentra en los anexos.

### **CAPITULO III**

## IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RED CERRADA

### Marco teórico

La presente investigación está condicionada al estudio de presiones y velocidades en un sistema de red cerrada a pequeña escala desarrollado en el laboratorio.

El método que se eligió para el desarrollo de la investigación

- Método de Hardy Cross con corrección de caudales en los circuitos

### Principios fundamentales de análisis de redes cerradas

Si se considera la red cerrada que aparece en la figura N° 3.1 y se tiene en cuenta que  $Q_{D1}$ ,  $Q_{D2}$ ,  $Q_{D3}$ ,  $Q_{D4}$ , ...,  $Q_{DNu}$  son los caudales consumidos en cada uno de los nodos, algunos de los caudales podrían tener un valor nulo en un momento dado, y que  $Q_{e1}$ ,  $Q_{e2}$ ,  $Q_{e3}$ , ...,  $Q_{em}$  son los caudales que alimentan la red de distribución, se puede establecer la siguiente ecuación de conservación de la masa

$$\sum_{i=1}^m Q_e = \sum_{i=1}^{Nu} Q_D \quad (1)$$

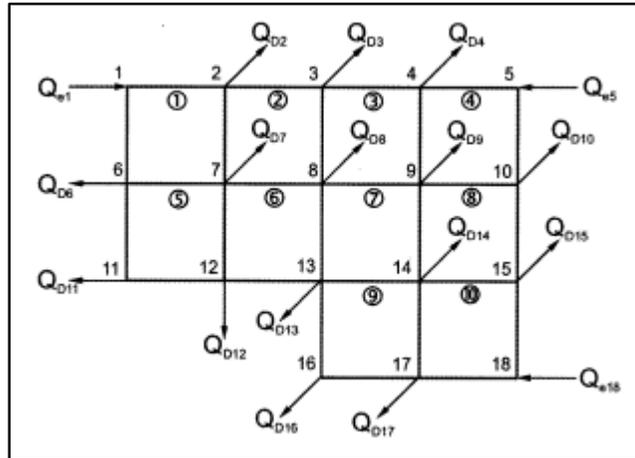
Donde:

Nu: Es el número de nudos existentes en la red.

Qe: Caudales que alimentan la red de distribución.

Qd: Caudales consumido en cada nudo.

**Figura N° *¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.* 1 Red cerrada**



La ecuación (1) es una ecuación de conservación de la masa para la red como un todo. Para cada uno de los nudos de la red se puede establecer una ecuación similar, debido a que localmente también se debe cumplir la conservación de la masa:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (2)$$

Donde:

$NT_i$ : es el número de tubos que llegan al nudo  $i$

$Q_{ij}$ : caudal que pasa por la tubería  $ij$  hacia el nudo  $i$  desde el nudo  $j$

Para cada caudal  $Q_{ij}$ , a partir de la ecuación (2) se puede plantear la siguiente ecuación de conservación de la energía entre los nudos  $i$  y  $j$ , incluyendo las pérdidas por fricción y las pérdidas menores, en términos de alturas piezométrica en los nudos.

$$H_j - H_i = \sum k_{mij} \frac{V_{ij}^2}{2g} + h_f$$

$$H_j - H_i = \frac{V_{ij}^2}{2g} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right)$$

$$H_j - H_i = \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right)$$

En donde se ha utilizado la ecuación de Darcy-Weisbach para el cálculo de las pérdidas por fricción.

Si se despeja  $Q_{ij}$  de esta última ecuación se obtiene la siguiente expresión que relaciona el caudal que pasa por la tubería con las alturas piezométrica en los nudos i y j.

$$Q_{ij} = \left( \frac{H_j - H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{2gA_{ij}} \quad (3)$$

Si se reemplaza el resultado en la ecuación (2) se tiene:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \left( \frac{H_j - H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{2gA_{ij}} - Q_{D_i} \quad (4)$$

Donde:

$NT_i$ : representa el número de tuberías que llegan a los nudos i.

A fin de tener en cuenta en forma automática el signo del caudal ij, la ecuación (3) se puede cambiar por la siguiente expresión:

$$Q_{ij} = \sqrt{2gA_{ij}} \frac{H_j - H_i}{\left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}}} (|H_j - H_i|)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Este tipo de ecuaciones que son utilizadas para el diseño y análisis de redes cerradas de tuberías se conocen como ecuaciones de altura piezométrica. En la red se tiene un total (NU-1) ecuaciones de este tipo, debiéndose conocer H o cualquier otra altura piezométrica en la

red para poder solucionar dichas ecuaciones. En caso contrario se puede suponer alguna de las alturas piezométrica, ya que los valores absolutos de estas no afectan la distribución de caudales, y además se debe tener en cuenta que las ecuaciones de altura piezométrica son ecuaciones no lineales.

Por otro lado, a partir de los circuitos de tubos que conforman la red, los caudales pueden ser adyacentes o superpuestos, se pueden plantear las siguientes ecuaciones de conservación de la energía, una para cada uno de los circuitos que conforman la red de distribución.

#### **Ecuación de continuidad en las uniones que conforman el circuito**

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0 \quad (6)$$

#### **Ecuación de conservación de la energía alrededor del circuito**

$$\sum_{j=1}^{NT_i} h_{fij} + \sum_{j=1}^{NT_i} h_{mij} = 0 \quad (7)$$

Donde:

$NT_i$ : Es el número de tuberías en el circuito  $i$

Luego si se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach en esta última ecuación en conjunto con la expresión de las pérdidas menores como función de altura de velocidad, se obtiene la siguiente expresión:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \frac{V_{ij}^2}{2g} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right) = 0$$

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right) = 0 \quad (8)$$

La ecuación (8) se conoce como ecuación de caudal de la red. En total se tienen NC ecuaciones de caudal, donde NC es el número de circuitos que conforman la red. Nuevamente se puede observar que son ecuaciones no lineales.

Para el cálculo de una red cerrada se tienen NC+(NU-1) total de ecuaciones que pueden ser utilizadas para encontrar las cabezas en cada nudo, una de las cuales debe ser conocida o supuesta, y los caudales en cada uno de las tuberías que conforman la red. Sin embargo, este conjunto de ecuaciones no puede ser resuelto fácilmente debido a su naturaleza no lineal.

Debe establecerse una convención de signos para las ecuaciones de caudal los caudales en el circuito se consideran positivos si giran en el sentido de las agujas del reloj y negativos si lo hacen en sentido contrario.

Para asegurar una correcta asignación del signo, estas ecuaciones se pueden transformar como se indica a continuación:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \left( \frac{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}}}{2gA_{ij}} \right) Q_{ij} (|Q_{ij}|) = 0 \quad (9)$$

Los métodos de análisis de redes realizan los cálculos de caudales de cada tubería y altura piezométrica en cada nudo, para esto se debe conocer las variables de las tuberías:

- Diámetro
- Rugosidad
- Coeficientes de pérdidas menores
- Accesorios especiales
- Bombas

Las variables en los nudos que se deben conocer:

- Caudales de consumo

- Altura topográfica
- Tanques
- Caudales de emisor

### **Método de Hardy-Cross con corrección de caudales**

Este método para facilitar el análisis de redes cerradas fue desarrollado en 1936 por el ingeniero norteamericano Hardy Cross.

El método de Hardy-Cross con corrección de caudales utiliza un proceso de tanteos directos, para iniciar, se distinguen las características de cada uno de los circuitos elementales que conforman a la red cerrada en estudio. Se propone una distribución de gasto para cumplir con la continuidad en los nudos, considerando que las demandas se suponen localizadas en la intersección de ciertos conductos. El método se basa en suponer los caudales en cada una de las tuberías de la red y luego proceder corrigiendo esta suposición, dado que se conocen las características de la tubería ( $d$ ,  $k_s$ ,  $\sum km$ ,  $l$ ), el método es un proceso de comprobación de diseño.

La corrección de los caudales en cada uno de los ciclos de cálculo se realiza:

Primero se supone un error  $\Delta Q_i$  en el circuito  $i$ . Por consiguiente, para cada tubo del circuito las pérdidas reales son:

$$h_{fij} + \sum h_{mij} = \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{(Q_{ij} + \Delta Q_i)^2}{2gA_{ij}^2}$$

Se define una altura piezométrica que incluya la altura piezométrica de pérdida por fricción, pérdida por accesorios:

$$h_{ij} = h_{fij} + \sum h_{mij}$$

La anterior ecuación se convierte en:

$$h_{ij} = \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{L_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2 + 2Q_{ij}\Delta Q_i + \Delta Q_i^2}{2gA_{ij}^2}$$

El término  $\Delta Q_i^2$  puede despreciarse en el segundo miembro de esta última ecuación, ya que su orden de magnitud es pequeño en comparación con los demás sumandos; luego:

$$h_{ij} = \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{I_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2 + 2Q_{ij}\Delta Q_i}{2gA_{ij}^2}$$

Utilizando la ecuación (9):

$$\frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{I_{ij}}{d_{ij}} \right) + 2\Delta Q_i \frac{Q_{ij}}{2gA_{ij}^2} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{I_{ij}}{d_{ij}} \right) = 0$$

Despejando  $\Delta Q_i$  se obtiene la siguiente ecuación para el cálculo del factor de corrección de caudales en cada uno de los ciclos de cálculo:

$$\Delta Q_i = - \frac{\sum \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{I_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2}{A_{ij}^2}}{2 \sum \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{I_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}}{A_{ij}^2}} \quad (10)$$

Esta ecuación también puede escribirse en la siguiente forma:

$$\Delta Q_i = - \frac{\sum (h_{fij} + \sum h_{mij})}{2 \sum \left( \frac{h_{fij} + \sum h_{mij}}{Q_{ij}} \right)} \quad (11)$$

### **Método de Hardy-Cross con corrección de caudales pasos que se debe seguir en el análisis**

El análisis de una red de distribución de agua según el método de Hardy-Cross con corrección de caudales en los circuitos propone los siguientes pasos:

1. Se define claramente la geometría de la red, identificando en forma coherente los nudos y los circuitos.
2. Si existe más de un nudo con altura piezométrica constante (tanque en la red o embalse), es necesario conectarlos en pares por medio de tuberías hipotéticas que pueden ser representadas por líneas punteadas. En estas tuberías hipotéticas se deben suponer diámetros, longitudes y rugosidades absolutas, de tal manera que se pueda

calcular el caudal correspondiente a las diferencias de nivel entre los diferentes pares de embalses o tanques. En las correcciones de caudales, los tubos hipotéticos no deben ser incluidos, lo cual sí debe hacerse en el cálculo de las pérdidas de cabeza (por fricción y por accesorios).

3. Se suponen todos los diámetros de la tubería que conforman la red, esto convierte al método en un proceso de comprobación de diseño.
4. Se supone que la red está compuesta por circuitos cerrados en cualquier orden, con el fin de acelerar la convergencia se puede suponer que los tubos de diámetros grandes forman circuitos independientes. Se deben utilizar tantos circuitos como sea necesario para asegurar que todas las tuberías queden incluidos por lo menos un circuito.
5. Se supone el caudal a partir de cualquiera de las tuberías de la red, luego se procede alrededor del circuito que contiene esta tubería para calcular los caudales en las demás tuberías que conforman el circuito teniendo en cuenta los caudales que salen de las uniones (caudales negativos) y los que entran a ellas (caudales positivos). Si los flujos hacia o desde otro circuito son desconocidos, se deben suponer los caudales correspondientes. Esto significa que se deben hacer tantas suposiciones de caudales como circuitos existan en la red que se está analizando. Cuanto mejores sean estas suposiciones más rápidamente convergerá el método.
6. Se calcula la pérdida de cabeza en cada tubería de la red utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach, si bien podría emplearse cualquier ecuación de resistencia fluida, tal como la de Hazen-Williams para tuberías mayores a 2 pulgadas:

$$h_{fij} + \sum h_{mij} = \frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left( \sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) \quad (12)$$

El factor de fricción “f” se calcula utilizando la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (13)$$

**Donde:**

$f$ : factor de fricción.

$D$ : diámetro de la tubería (m).

$\varepsilon$ : rugosidad absoluta del material (m).

$D/\varepsilon$ : rugosidad relativa.

7. Se calcula la pérdida neta de cabeza alrededor del circuito, es decir, se suman las pérdidas de cabeza y restando las "adiciones" de cabeza siempre medidas en el sentido de las agujas del reloj. Si la pérdida neta de cabeza no es cero, se procede a corregir los caudales de cada una de las tuberías del circuito mediante la Ecuación (11):

$$\Delta Q_i = - \frac{\sum (h_{fij} + \sum h_{mij})}{2 \sum \left( \frac{h_{fij} + \sum h_{mij}}{Q_{ij}} \right)}$$

8. Si en alguna de las tuberías del circuito existe una bomba centrífuga se debe restar la altura piezométrica generada por ésta, de las pérdidas en la tubería antes de hacer el cálculo de la corrección de caudales  $\Delta Q_i$ :

$$\sum (h_{fij} + \sum h_{mij})$$

9. Los pasos 5 a 8 se repiten para todos los circuitos teniendo en cuenta los caudales corregidos en los circuitos calculados previamente.
10. Los pasos 5 a 9 se repiten hasta que el balance de cabezas alrededor de todos los circuitos (ecuación de conservación de la energía), llegue a valores razonablemente cercanos a cero. Este criterio de convergencia es fijado por el diseñador de acuerdo con las características de la red que esté analizando.

### **Metodología**

La presente investigación se caracteriza por llevarse a cabo con las combinaciones de enfoques investigativos (cualitativo y cuantitativo).

Los enfoques y fases utilizadas:

- a) Llevar a cabo observaciones y evaluación de fenómenos.

- b) Establecer suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- c) Probar y demostrar el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- d) Revisar tales suposiciones o ideas sobre las bases de las pruebas realizadas.

### **Método de Hardy – Cross con corrección de caudales**

#### **Diseño de red**

El montaje de la red estaba de acuerdo a los elementos que se encontraban en el laboratorio y del estado de los mismos, por tal razón las actividades que se realizaron en esta etapa fueron la construcción de la red cerrada e identificación de los elementos necesarios y el estado en que se encontraban.

El diseño de la red fue definido en base a sugerencias de los docentes que imparten la materia de hidráulica y el técnico encargado de laboratorio.

Por medio de un inventario se identificó los elementos necesarios para la construcción de la red y los elementos que contaba el laboratorio como el caso de bomba hidráulica, manómetro de glicerina y tanque de aforo.

En esta etapa se examinaron el estado de operación del tanque de almacenamiento en el cual se realizarán pruebas experimentales para medir el caudal que entra y sale de la red, la bomba centrífuga que se encarga de bombear el agua proveniente del tanque de almacenamiento hacia la red, se le realizaron 5 pruebas iniciales en distintos puntos de la Red con el fin de determinar el estado y el caudal que puede bombear.

#### **Identificación de instrumentos**

Para la puesta en marcha del sistema de red cerrada, era de vital importancia identificar los elementos que lo componen, para esto se realizó visitas periódicas al laboratorio y coordinó con el Técnico encargado de laboratorio y docentes que imparten la asignatura de laboratorio de hidráulica I.

## **Instrumentación y montaje del sistema**

Para la instrumentación se tuvo que realizar la adquisición del material que no contaba el laboratorio y la adecuación del equipo que cuenta el laboratorio, como la bomba hidráulica y tanques de aforo, se coordinó con el encargado del Laboratorio para poder instalar la red.

Para llevar a cabo esta operación se realizaron los pasos descritos a continuación que ayudaron al correcto funcionamiento del sistema:

- Limpieza de los equipos
- Adecuación de espacio para los trabajos
- Adquisición de tubería de PVC
- Accesorios de FG
- Accesorios de PVC
- Llaves de paso
- Conexión a la bomba hidráulica de 1,5 Hp

## **Pruebas iniciales**

Equipado el laboratorio con el sistema de red cerrada, se procedió a realizar las pruebas iniciales para verificar las fallas o posibles fugas en el sistema las cuales fueron corregidas.

Para las pruebas iniciales se utilizó la bomba hidráulica de 1,5 Hp, y con ayuda de los tanques de aforo, ubicados en los nudos 8 y 7 se determinó los caudales de consumo, en este punto para obtener caudales diferentes y verificar la funcionalidad del equipo los manómetros de glicerina tomaron un papel importante, ya que la presión en el nudo 1 a la entrada de caudal al sistema se obtiene una presión mayor a la presión del nudo 8 a la salida del sistema.

**Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..2 Esquema**

Esquema de sistema de red cerrada utilizado para el ensayo, con dimensiones y nomenclatura.

**Fotografía N°** **¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1 Equipo**  
**de red cerrada** **Bomba hidráulica**



Equipo de red cerrada instalado en el Laboratorio de Hidráulica

Fotografía N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..2 Nudo 7



Llave paso en el nudo 7 del equipo de red cerrada para aforar el caudal.

**Fotografía N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento 2 Nudo 8



Nudo 8, salida de sistema de red cerrada, cuenta con un manómetro de glicerina para medir la presión y un tanque de aforo.

### **Selección del método de cálculo**

Para estudiar la distribución de caudales y velocidades a través de la red se realizó un análisis de redes de tuberías cerradas con el método de Hardy Cross puesto que dicho método es uno de los más reconocidos, enfocados a las redes de tuberías de conducción de agua. El modo en que fueron introducidos los datos y ecuaciones implementando una hoja de cálculo de Excel fue la siguiente:

1. Tramos o líneas que componen cada circuito.
2. Longitud de cada tramo.



Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	1,6 bar	1,92 mca
M8=	1,4 bar	1,68 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

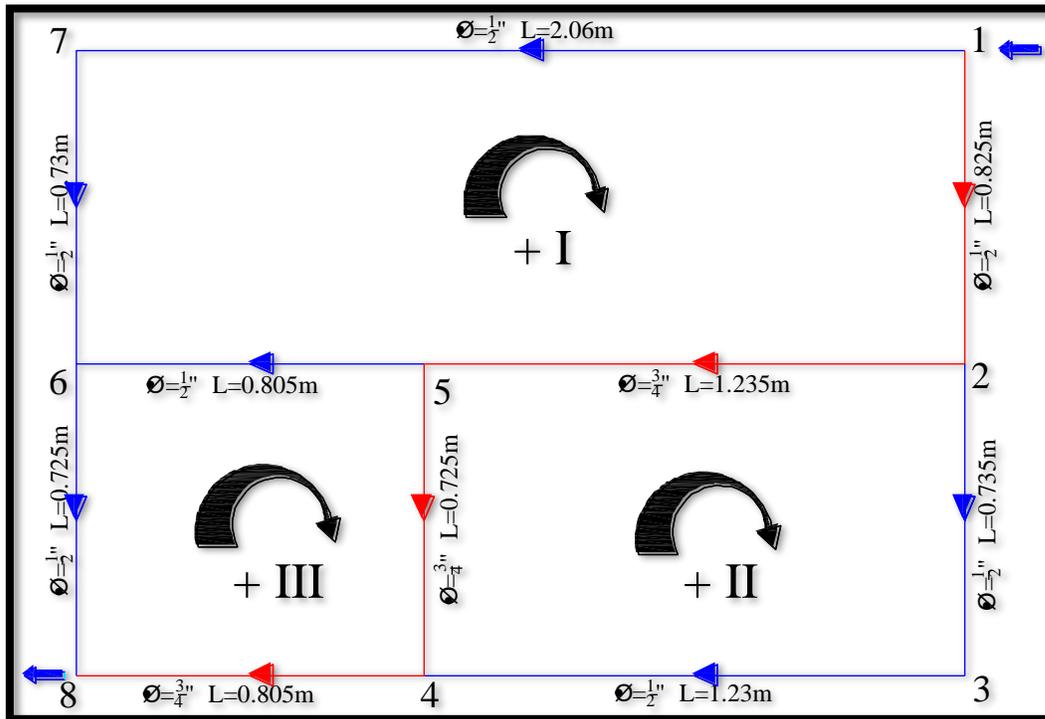
### Aforo en nudo 8

Nº	tiempo (seg)	h (cm)
1	10,1	1
2	10,5	1
3	10,1	1
4	10,3	1
5	10,2	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>
$t(\text{prom})=$	10,24 s
$Q8=$	0,00045 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..3 Esquema inicial para Iteración ensayo 1



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000225	0,75	14993,28	0,0280	0,0385	170,92	8,67E-05	0,000312
2-5	1,235	0,000113	0,75	7496,64	0,0335	0,0172	153,20	1,31E-04	0,000244
5-6	0,805	0,000056	0,5	5622,48	0,0363	0,0231	411,08	-7,15E-06	0,000049
7-6	0,73	-0,000225	0,5	22489,92	0,0254	-0,2351	1044,70	8,67E-05	-0,000138
1-7	2,06	-0,000225	0,5	22489,92	0,0254	-0,6632	2947,50	8,67E-05	-0,000138
					Σ=	-0,8194	4727,40		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000113	0,5	11244,96	0,0301	0,0701	623,30	-4,46E-05	0,000068
3-4	1,23	0,000113	0,5	11244,96	0,0301	0,1173	1042,95	-4,46E-05	0,000068
5-4	0,725	-0,000056	0,75	3748,32	0,0408	-0,0031	54,76	-1,38E-04	-0,000195
2-5	1,235	-0,000113	0,75	7496,64	0,0335	-0,0172	153,20	-1,31E-04	-0,000244
					Σ=	0,1671	1874,21		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000056	0,75	3748,32	0,0408	0,0031	54,76	1,38E-04	0,000195
4-8	0,805	0,000169	0,75	11244,96	0,0301	0,0227	134,54	9,38E-05	0,000263
6-8	0,725	-0,000281	0,5	28112,40	0,0242	-0,3465	1231,98	9,38E-05	-0,000187
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	7,15E-06	-0,000049
					Σ=	-0,3438	1832,36		

Segunda iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000312	0,75	20768,58	0,0258	0,0681	218,66	3,16E-05	0,000343
2-5	1,235	0,000244	0,75	16243,19	0,0274	0,0662	271,74	2,70E-05	0,000271
5-6	0,805	0,000049	0,5	4907,38	0,0377	0,0183	372,77	-3,44E-06	0,000046
7-6	0,73	-0,000138	0,5	13826,98	0,0286	-0,0999	722,16	3,16E-05	-0,000107
1-7	2,06	-0,000138	0,5	13826,98	0,0286	-0,2819	2037,87	3,16E-05	-0,000107
					Σ=	-0,2291	3623,19		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000068	0,5	6788,08	0,0345	0,0292	430,07	4,62E-06	0,000073
3-4	1,23	0,000068	0,5	6788,08	0,0345	0,0489	719,71	4,62E-06	0,000073
5-4	0,725	-0,000195	0,75	12971,60	0,0290	-0,0262	134,77	-3,04E-05	-0,000225
2-5	1,235	-0,000244	0,75	16243,19	0,0274	-0,0662	271,74	-2,70E-05	-0,000271
					Σ=	-0,0144	1556,29		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000195	0,75	12971,60	0,0290	0,0262	134,77	3,04E-05	0,000225
4-8	0,805	0,000263	0,75	17496,99	0,0269	0,0492	187,33	3,51E-05	0,000298
6-8	0,725	-0,000187	0,5	18734,36	0,0265	-0,1691	902,16	3,51E-05	-0,000152
5-6	0,805	-0,000049	0,5	4907,38	0,0377	-0,0183	372,77	3,44E-06	-0,000046
					Σ=	-0,1120	1597,02		

Tercera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000343	0,75	22875,45	0,0252	0,0808	235,34	1,05E-05	0,000354
2-5	1,235	0,000271	0,75	18042,00	0,0267	0,0796	294,18	2,59E-06	0,000273
5-6	0,805	0,000046	0,5	4563,68	0,0385	0,0162	354,07	-2,55E-06	0,000043
7-6	0,73	-0,000107	0,5	10666,67	0,0305	-0,0635	595,15	1,05E-05	-0,000096
1-7	2,06	-0,000107	0,5	10666,67	0,0305	-0,1792	1679,46	1,05E-05	-0,000096
					Σ=	-0,0661	3158,20		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000073	0,5	7250,18	0,0338	0,0327	451,12	7,87E-06	0,000080
3-4	1,23	0,000073	0,5	7250,18	0,0338	0,0548	754,94	7,87E-06	0,000080
5-4	0,725	-0,000225	0,75	14999,54	0,0280	-0,0338	150,27	-5,14E-06	-0,000230
2-5	1,235	-0,000271	0,75	18042,00	0,0267	-0,0796	294,18	-2,59E-06	-0,000273
					Σ=	-0,0260	1650,51		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000225	0,75	14999,54	0,0280	0,0338	150,27	5,14E-06	0,000230
4-8	0,805	0,000298	0,75	19833,00	0,0261	0,0613	206,01	1,30E-05	0,000311
6-8	0,725	-0,000152	0,5	15230,35	0,0279	-0,1175	771,42	1,30E-05	-0,000139
5-6	0,805	-0,000046	0,5	4563,68	0,0385	-0,0162	354,07	2,55E-06	-0,000043
					Σ=	-0,0386	1481,77		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000354	0,75	23573,08	0,0251	0,0852	240,80	3,68E-06	0,000357
2-5	1,235	0,000273	0,75	18214,90	0,0267	0,0810	296,31	3,59E-07	0,000274
5-6	0,805	0,000043	0,5	4309,25	0,0392	0,0147	339,92	-1,18E-06	0,000042
7-6	0,73	-0,000096	0,5	9620,22	0,0314	-0,0531	551,33	3,68E-06	-0,000093
1-7	2,06	-0,000096	0,5	9620,22	0,0314	-0,1497	1555,81	3,68E-06	-0,000093
					Σ=	-0,0220	2984,18		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000080	0,5	8037,27	0,0329	0,0391	486,41	3,32E-06	0,000084
3-4	1,23	0,000080	0,5	8037,27	0,0329	0,0655	813,98	3,32E-06	0,000084
5-4	0,725	-0,000230	0,75	15342,07	0,0278	-0,0352	152,85	-1,54E-06	-0,000232
2-5	1,235	-0,000273	0,75	18214,90	0,0267	-0,0810	296,31	-3,59E-07	-0,000274
					Σ=	-0,0116	1749,55		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000230	0,75	15342,07	0,0278	0,0352	152,85	1,54E-06	0,000232
4-8	0,805	0,000311	0,75	20700,25	0,0258	0,0661	212,82	4,86E-06	0,000316
6-8	0,725	-0,000139	0,5	13929,47	0,0285	-0,1005	721,30	4,86E-06	-0,000134
5-6	0,805	-0,000043	0,5	4309,25	0,0392	-0,0147	339,92	1,18E-06	-0,000042
					Σ=	-0,0139	1426,89		

Tabla N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*1 Resultados de caudales ensayo 1

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,357	0,274	0,042	-0,093	-0,093	0,084	0,084	0,232	0,316	-0,134

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*2 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 1

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	1,92	1,83	1,80	1,73	1,75	1,72	1,77	1,66

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 2

### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones leídas con manómetros		
M1=	2,2 bar	2,64 mca
M8=	2 bar	2,4 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

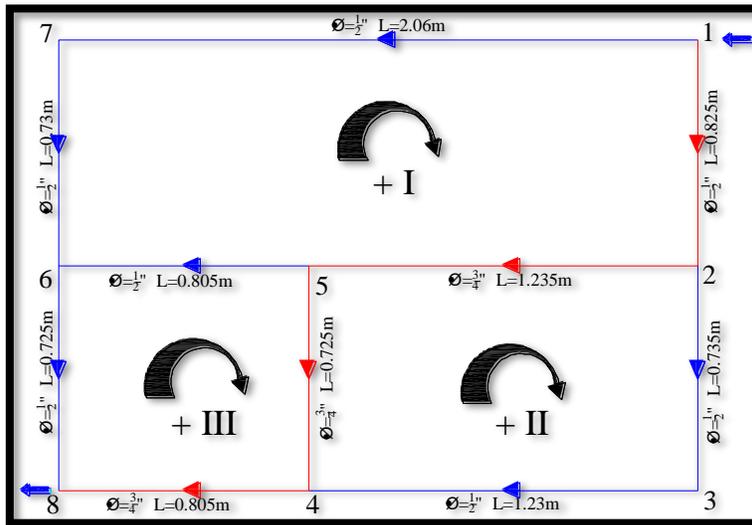
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	14,5	1
2	14,3	1
3	14,61	1
4	14,22	1
5	14,8	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>
t(prom)=	14,49 s
Q8=	0,00032 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..4 Esquema inicial para iteración ensayo 2



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000158	0,75	10528,62	0,0306	0,0207	131,29	6,07E-05	0,000219
2-5	1,235	0,000079	0,75	5264,31	0,0369	0,0094	118,68	9,19E-05	0,000171
5-6	0,805	0,000040	0,5	3948,23	0,0402	0,0126	319,53	-4,34E-06	0,000035
7-6	0,73	-0,000158	0,5	15792,92	0,0277	-0,1261	798,13	6,07E-05	-0,000097
1-7	2,06	-0,000158	0,5	15792,92	0,0277	-0,3559	2252,26	6,07E-05	-0,000097
						$\Sigma=$	-0,4392	3619,89	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000079	0,5	7896,46	0,0331	0,0379	480,05	-3,13E-05	0,000048
3-4	1,23	0,000079	0,5	7896,46	0,0331	0,0635	803,35	-3,13E-05	0,000048
5-4	0,725	-0,000040	0,75	2632,15	0,0454	-0,0017	42,80	-9,63E-05	-0,000136
2-5	1,235	-0,000079	0,75	5264,31	0,0369	-0,0094	118,68	-9,19E-05	-0,000171
						$\Sigma=$	0,0903	1444,89	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000040	0,75	2632,15	0,0454	0,0017	42,80	9,63E-05	0,000136
4-8	0,805	0,000119	0,75	7896,46	0,0330	0,0123	103,69	6,50E-05	0,000184
6-8	0,725	-0,000198	0,5	19741,16	0,0262	-0,1854	938,82	6,50E-05	-0,000132
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	4,34E-06	-0,000052

					$\Sigma=$	-0,1946	1496,39		
<b>Cuarta iteración</b>									
<b>ANILLO I</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000249	0,75	16568,53	0,0273	0,0458	184,22	2,87E-06	0,000252
2-5	1,235	0,000192	0,75	12815,80	0,0291	0,0438	227,51	3,09E-07	0,000193
5-6	0,805	0,000027	0,5	2712,09	0,0450	0,0067	245,79	-1,38E-06	0,000026
7-6	0,73	-0,000067	0,5	6733,05	0,0345	-0,0286	424,57	2,87E-06	-0,000064
1-7	2,06	-0,000067	0,5	6733,05	0,0345	-0,0807	1198,11	2,87E-06	-0,000064
					$\Sigma=$	-0,0131	2280,20		
<b>ANILLO II</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000056	0,5	5629,09	0,0363	0,0212	375,61	2,56E-06	0,000059
3-4	1,23	0,000056	0,5	5629,09	0,0363	0,0354	628,57	2,56E-06	0,000059
5-4	0,725	-0,000165	0,75	11007,74	0,0302	-0,0197	119,30	-1,69E-06	-0,000167
2-5	1,235	-0,000192	0,75	12815,80	0,0291	-0,0438	227,51	-3,09E-07	-0,000193
					$\Sigma=$	-0,0069	1350,99		
<b>ANILLO III</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000165	0,75	11007,74	0,0302	0,0197	119,30	1,69E-06	0,000167
4-8	0,805	0,000222	0,75	14760,47	0,0281	0,0365	164,83	4,25E-06	0,000226
6-8	0,725	-0,000094	0,5	9445,14	0,0315	-0,0510	540,20	4,25E-06	-0,000090
5-6	0,805	-0,000044	0,5	4386,34	0,0390	-0,0151	344,24	1,38E-06	-0,000042
					$\Sigma=$	-0,0099	1168,56		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..3 Resultados de caudales ensayo 2**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,252	0,193	0,026	-0,064	-0,064	0,059	0,059	0,167	0,226	-0,09

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..4 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 2**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	2,64	2,59	2,57	2,54	2,55	2,53	2,56	2,50

Fuente: Elaboración propia.

### Ensayo N° 3

#### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	2,7 bar	3,24 mca
M8=	2,6 bar	3,12 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon$ =	1,50E-6 m
--------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu$ =	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
---------	-----------------------------

#### Aforo en nudo 8

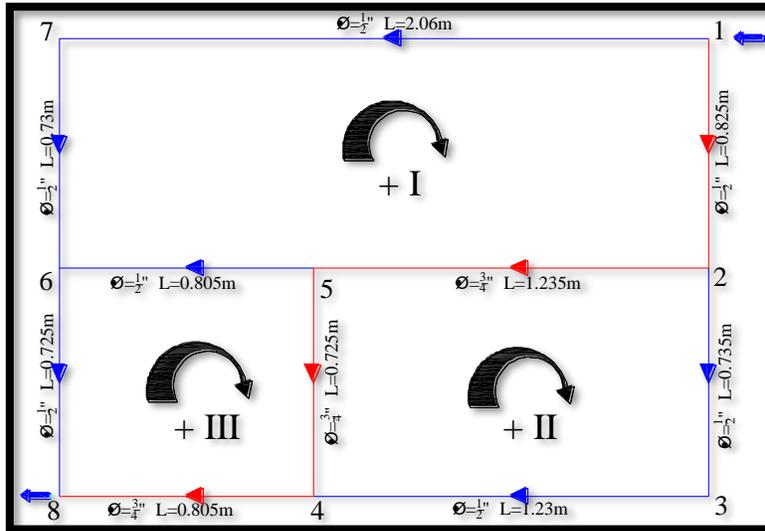
N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	20,44	1
2	20,05	1
3	20,94	1
4	20,95	1
5	20,43	1

#### Proceso de cálculo

$V=a*b*h$ =	0,0046 m <sup>3</sup>
t(prom)=	20,56 s

Q8=	0,00022 m <sup>3</sup> /s
-----	---------------------------

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..5 Esquema inicial para iteración ensayo 3



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000112	0,75	7430,00	0,0336	0,0113	101,65	4,27E-05	0,000154
2-5	1,235	0,000056	0,75	3715,00	0,0409	0,0052	92,68	6,47E-05	0,000120
5-6	0,805	0,000028	0,5	2786,25	0,0446	0,0070	250,43	-3,84E-06	0,000024
7-6	0,73	-0,000112	0,5	11145,01	0,0302	-0,0685	614,73	4,27E-05	-0,000069
1-7	2,06	-0,000112	0,5	11145,01	0,0302	-0,1934	1734,73	4,27E-05	-0,000069
						Σ=	-0,2385	2794,22	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000056	0,5	5572,50	0,0364	0,0208	372,93	-2,20E-05	0,000034
3-4	1,23	0,000056	0,5	5572,50	0,0364	0,0348	624,09	-2,20E-05	0,000034
5-4	0,725	-0,000028	0,75	1857,50	0,0507	-0,0009	33,75	-6,85E-05	-0,000096
2-5	1,235	-0,000056	0,75	3715,00	0,0409	-0,0052	92,68	-6,47E-05	-0,000120
						Σ=	0,0495	1123,45	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)

5-4	0,725	0,000028	0,75	1857,50	0,0507	0,0009	33,75	6,85E-05	0,000096
4-8	0,805	0,000084	0,75	5572,50	0,0363	0,0067	80,58	4,65E-05	0,000130
6-8	0,725	-0,000139	0,5	13931,26	0,0285	-0,1005	721,26	4,65E-05	-0,000093
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	3,84E-06	-0,000052
					$\Sigma=$	-0,1160	1246,67		
<b>Cuarta iteración</b>									
<b>ANILLO I</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000176	0,75	11718,95	0,0297	0,0250	142,15	2,22E-06	0,000178
2-5	1,235	0,000136	0,75	9066,47	0,0318	0,0240	176,08	2,21E-07	0,000136
5-6	0,805	0,000015	0,5	1502,56	0,0544	0,0025	164,68	-1,51E-06	0,000014
7-6	0,73	-0,000047	0,5	4711,59	0,0382	-0,0155	328,41	2,22E-06	-0,000045
1-7	2,06	-0,000047	0,5	4711,59	0,0382	-0,0437	926,73	2,22E-06	-0,000045
					$\Sigma=$	-0,0077	1738,04		
<b>ANILLO II</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000040	0,5	3978,72	0,0401	0,0117	293,29	2,00E-06	0,000042
3-4	1,23	0,000040	0,5	3978,72	0,0401	0,0195	490,82	2,00E-06	0,000042
5-4	0,725	-0,000121	0,75	8064,76	0,0328	-0,0115	94,88	-1,73E-06	-0,000123
2-5	1,235	-0,000136	0,75	9066,47	0,0318	-0,0240	176,08	-2,21E-07	-0,000136
					$\Sigma=$	-0,0042	1055,08		
<b>ANILLO III</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000121	0,75	8064,76	0,0328	0,0115	94,88	1,73E-06	0,000123
4-8	0,805	0,000161	0,75	10717,24	0,0304	0,0209	129,84	3,73E-06	0,000165
6-8	0,725	-0,000062	0,5	6214,15	0,0353	-0,0247	397,86	3,73E-06	-0,000058
5-6	0,805	-0,000043	0,5	4338,79	0,0391	-0,0148	341,59	1,51E-06	-0,000042
					$\Sigma=$	-0,0072	964,17		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..5 Resultados de caudales ensayo 3**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,178	0,136	0,014	-0,045	-0,045	0,042	0,042	0,123	0,165	-0,058

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..6 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 3**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,24	3,22	3,20	3,18	3,19	3,18	3,20	3,16

Fuente: Elaboración propia.

#### Ensayo N° 4

##### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones leídas con manómetros		
M1=	3,1 bar	=3,72 mca
M8=	3 bar	=3,6 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon$ =	1,50E-6 m
--------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu$ =	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
---------	-----------------------------

##### Aforo en nudo 8

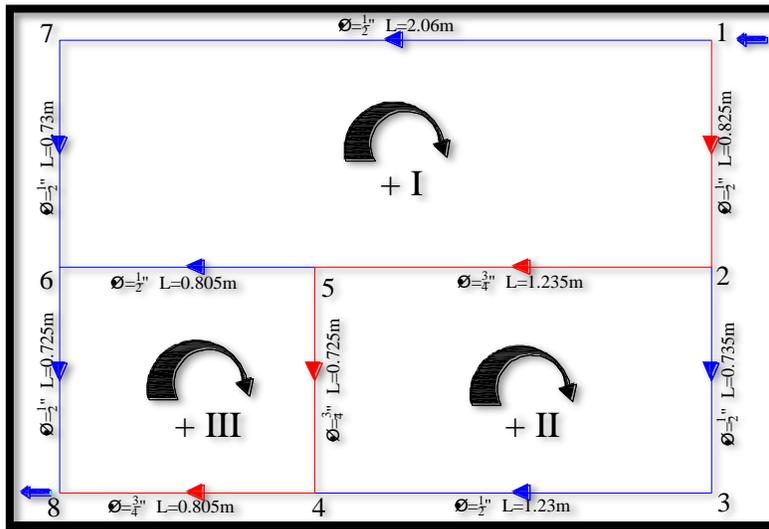
N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	29,6	1
2	29,2	1
3	29,39	1
4	29,7	1

5	29,86	1
---	-------	---

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	29,55 s
$Q8=$	0,00016 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..6 Esquema inicial para iteración ensayo 4



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000078	0,75	5164,35	0,0371	0,0061	78,20	2,96E-05	0,000107
2-5	1,235	0,000039	0,75	2582,18	0,0457	0,0028	71,96	4,48E-05	0,000084
5-6	0,805	0,000019	0,5	1936,63	0,0501	0,0038	195,27	-4,87E-06	0,000015
7-6	0,73	-0,000078	0,5	7746,53	0,0332	-0,0364	470,29	2,96E-05	-0,000048
1-7	2,06	-0,000078	0,5	7746,53	0,0332	-0,1029	1327,12	2,96E-05	-0,000048
						Σ=	-0,1267	2142,84	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000039	0,5	3873,26	0,0404	0,0112	287,82	-1,53E-05	0,000023
3-4	1,23	0,000039	0,5	3873,26	0,0404	0,0187	481,66	-1,53E-05	0,000023
5-4	0,725	-0,000019	0,75	1291,09	0,0573	-0,0005	26,50	-4,97E-05	-0,000069

2-5	1,235	-0,000039	0,75	2582,18	0,0457	-0,0028	71,96	-4,48E-05	-0,000084
$\Sigma=$						0,0265	867,94		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000019	0,75	1291,09	0,0573	0,0005	26,50	4,97E-05	0,000069
4-8	0,805	0,000058	0,75	3873,26	0,0404	0,0036	62,21	3,44E-05	0,000093
6-8	0,725	-0,000097	0,5	9683,16	0,0313	-0,0533	550,10	3,44E-05	-0,000062
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	4,87E-06	-0,000051
$\Sigma=$						-0,0723	1049,89		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000123	0,75	8182,55	0,0327	0,0134	109,07	1,65E-06	0,000124
2-5	1,235	0,000095	0,75	6321,48	0,0351	0,0128	135,39	6,45E-08	0,000095
5-6	0,805	0,000005	0,5	502,91	0,0811	0,0004	82,16	-1,65E-06	0,000003
7-6	0,73	-0,000032	0,5	3219,23	0,0427	-0,0081	251,02	1,65E-06	-0,000031
1-7	2,06	-0,000032	0,5	3219,23	0,0427	-0,0228	708,36	1,65E-06	-0,000031
$\Sigma=$						-0,0042	1286,00		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000028	0,5	2791,61	0,0446	0,0064	228,93	1,59E-06	0,000030
3-4	1,23	0,000028	0,5	2791,61	0,0446	0,0107	383,10	1,59E-06	0,000030
5-4	0,725	-0,000090	0,75	5986,20	0,0356	-0,0069	76,43	-1,72E-06	-0,000092
2-5	1,235	-0,000095	0,75	6321,48	0,0351	-0,0128	135,39	-6,45E-08	-0,000095
$\Sigma=$						-0,0026	823,85		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000090	0,75	5986,20	0,0356	0,0069	76,43	1,72E-06	0,000092
4-8	0,805	0,000118	0,75	7847,28	0,0331	0,0122	103,25	3,31E-06	0,000121
6-8	0,725	-0,000037	0,5	3722,14	0,0409	-0,0103	276,06	3,31E-06	-0,000034
5-6	0,805	-0,000042	0,5	4188,76	0,0395	-0,0140	333,17	1,65E-06	-0,000040
$\Sigma=$						-0,0052	788,90		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..7 Resultados de caudales ensayo 4**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

<b>Q (lt/s)</b>	0,124	0,095	0,003	-0,031	-0,031	0,03	0,03	0,092	0,121	-0,034
-----------------	-------	-------	-------	--------	--------	------	------	-------	-------	--------

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..8 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 4**

<b>Nudo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Presión (mca)</b>	3,72	3,71	3,70	3,69	3,69	3,69	3,70	3,68

Fuente: Elaboración propia.

**Ensayo N° 5**

**Datos iniciales**

<b>Dimensiones de tanque de aforo 1</b>	
<b>a=</b>	38,30 cm
<b>b=</b>	119,50 cm

<b>Presiones leídas con manómetros</b>		
<b>M1=</b>	1,9 bar	=2,28 mca
<b>M8=</b>	1,8 bar	=2,16 mca

Rugosidad absoluta para PVC

<b><math>\epsilon</math>=</b>	1,50E-6 m
-------------------------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

<b><math>\nu</math>=</b>	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------------------------	-----------------------------

**Aforo en nudo 8**

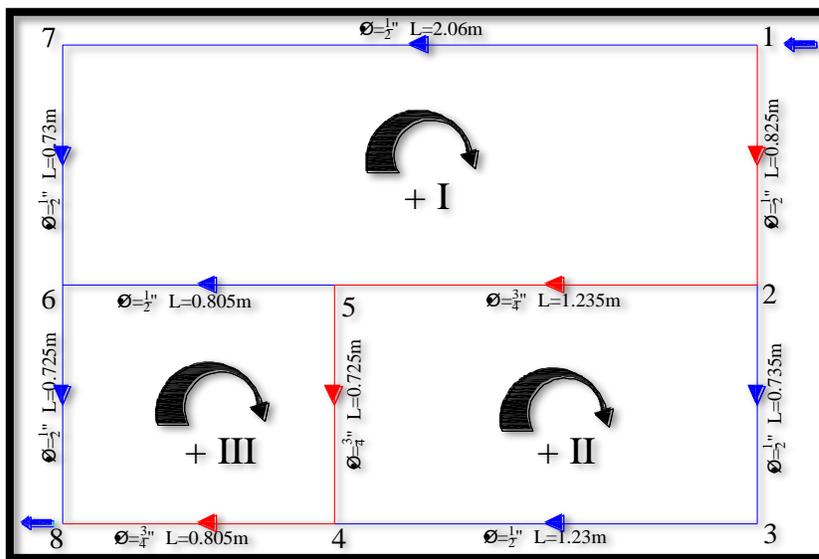
<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
-----------	---------------------	---------------

1	10,18	1
2	9,89	1
3	10,34	1
4	10,2	1
5	10,27	1

**Proceso de cálculo**

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	10,18 s
$Q8=$	0,00045 m <sup>3</sup> /s

**Figura N°** ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..7 **Esquema inicial para iteración ensayo 5**



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000225	0,75	14993,28	0,0280	0,0385	170,94	8,67E-05	0,000312
2-5	1,235	0,000113	0,75	7496,64	0,0335	0,0172	153,24	1,31E-04	0,000244
5-6	0,805	0,000056	0,5	5622,48	0,0363	0,0231	411,19	-7,15E-06	0,000049
7-6	0,73	-0,000225	0,5	22489,92	0,0254	-0,2350	1044,60	8,67E-05	-0,000138
1-7	2,06	-0,000225	0,5	22489,92	0,0254	-0,6632	2947,77	8,67E-05	-0,000138
						Σ=	-0,8195	4727,74	
ANILLO II									

Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000113	0,5	11244,96	0,0301	0,0701	623,34	-4,46E-05	0,000068
3-4	1,23	0,000113	0,5	11244,96	0,0301	0,1174	1043,14	-4,46E-05	0,000068
5-4	0,725	-0,000056	0,75	3748,32	0,0408	-0,0031	54,75	-1,38E-04	-0,000195
2-5	1,235	-0,000113	0,75	7496,64	0,0335	-0,0172	153,24	-1,31E-04	-0,000244
Σ=						0,1672	1874,47		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000056	0,75	3748,32	0,0408	0,0031	54,75	1,38E-04	0,000195
4-8	0,805	0,000169	0,75	11244,96	0,0301	0,0227	134,57	9,38E-05	0,000263
6-8	0,725	-0,000281	0,5	28112,40	0,0242	-0,3464	1231,80	9,38E-05	-0,000187
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	7,15E-06	-0,000049
Σ=						-0,3438	1832,21		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000354	0,75	23573,05	0,0251	0,0852	240,80	3,68E-06	0,000357
2-5	1,235	0,000273	0,75	18214,90	0,0267	0,0810	296,31	3,59E-07	0,000274
5-6	0,805	0,000043	0,5	4309,27	0,0392	0,0147	339,92	-1,18E-06	0,000042
7-6	0,73	-0,000096	0,5	9620,28	0,0314	-0,0531	551,33	3,68E-06	-0,000093
1-7	2,06	-0,000096	0,5	9620,28	0,0314	-0,1497	1555,82	3,68E-06	-0,000093
Σ=						-0,0220	2984,19		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000080	0,5	8037,22	0,0329	0,0391	486,40	3,32E-06	0,000084
3-4	1,23	0,000080	0,5	8037,22	0,0329	0,0655	813,98	3,32E-06	0,000084
5-4	0,725	-0,000230	0,75	15342,05	0,0278	-0,0352	152,85	-1,54E-06	-0,000232
2-5	1,235	-0,000273	0,75	18214,90	0,0267	-0,0810	296,31	-3,59E-07	-0,000274
Σ=						-0,0116	1749,55		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000230	0,75	15342,05	0,0278	0,0352	152,85	1,54E-06	0,000232
4-8	0,805	0,000311	0,75	20700,20	0,0258	0,0661	212,82	4,86E-06	0,000316
6-8	0,725	-0,000139	0,5	13929,55	0,0285	-0,1005	721,30	4,86E-06	-0,000134
5-6	0,805	-0,000043	0,5	4309,27	0,0392	-0,0147	339,92	1,18E-06	-0,000042
Σ=						-0,0139	1426,90		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..9 Resultados de caudales ensayo 5**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,357	0,274	0,042	-0,093	-0,093	0,084	0,084	0,232	0,316	-0,134

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..10 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 5**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	2,28	2,19	2,16	2,09	2,11	2,08	2,13	2,02

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 6

### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	2,6 bar	3,12 mca
M8=	2,5 bar	3 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon$ =	1,50E-6 m
--------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu$ =	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
---------	-----------------------------

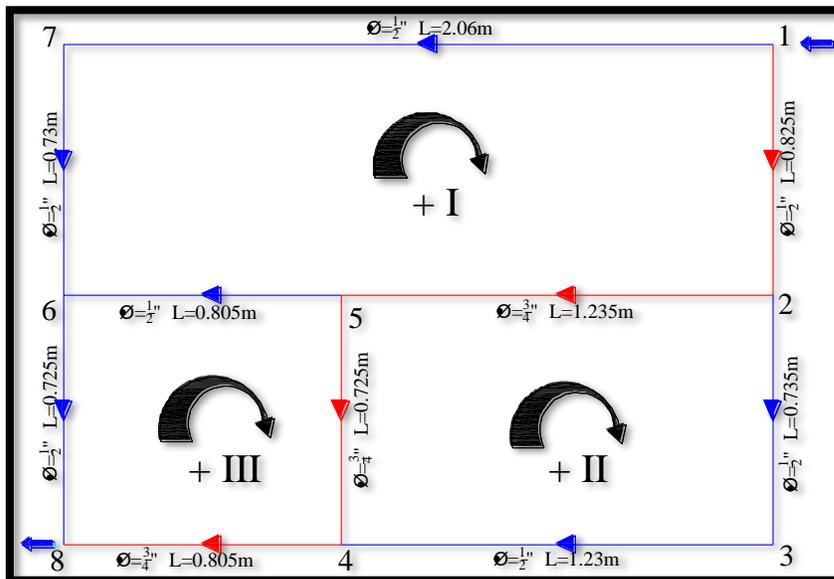
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	19,5	1
2	19,7	1
3	19,9	1
4	19,9	1
5	19,3	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	19,66 s
$Q8=$	0,00023 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.* 8 Esquema inicial para iteración ensayo 6



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000117	0,75	7763,19	0,0332	0,0122	104,98	4,46E-05	0,000161
2-5	1,235	0,000058	0,75	3881,59	0,0403	0,0056	95,58	6,76E-05	0,000126
5-6	0,805	0,000029	0,5	2911,20	0,0440	0,0075	258,16	-3,81E-06	0,000025
7-6	0,73	-0,000117	0,5	11644,78	0,0299	-0,0740	635,14	4,46E-05	-0,000072
1-7	2,06	-0,000117	0,5	11644,78	0,0299	-0,2088	1792,32	4,46E-05	-0,000072

					$\Sigma=$	-0,2575	2886,18		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000058	0,5	5822,39	0,0359	0,0224	384,89	-2,30E-05	0,000035
3-4	1,23	0,000058	0,5	5822,39	0,0359	0,0375	644,10	-2,30E-05	0,000035
5-4	0,725	-0,000029	0,75	1940,80	0,0500	-0,0010	34,77	-7,14E-05	-0,000101
2-5	1,235	-0,000058	0,75	3881,59	0,0403	-0,0056	95,58	-6,76E-05	-0,000126
					$\Sigma=$	0,0534	1159,35		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000029	0,75	1940,80	0,0500	0,0010	34,77	7,14E-05	0,000101
4-8	0,805	0,000087	0,75	5822,39	0,0359	0,0073	83,16	4,84E-05	0,000136
6-8	0,725	-0,000146	0,5	14555,98	0,0282	-0,1086	745,46	4,84E-05	-0,000097
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	3,81E-06	-0,000052
					$\Sigma=$	-0,1234	1274,47		
Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000184	0,75	12239,75	0,0294	0,0270	146,82	2,30E-06	0,000186
2-5	1,235	0,000142	0,75	9469,77	0,0315	0,0258	181,81	2,34E-07	0,000142
5-6	0,805	0,000016	0,5	1639,12	0,0529	0,0029	174,51	-1,49E-06	0,000015
7-6	0,73	-0,000049	0,5	4929,93	0,0377	-0,0167	339,20	2,30E-06	-0,000047
1-7	2,06	-0,000049	0,5	4929,93	0,0377	-0,0472	957,18	2,30E-06	-0,000047
					$\Sigma=$	-0,0083	1799,52		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000042	0,5	4154,98	0,0396	0,0126	302,42	2,06E-06	0,000044
3-4	1,23	0,000042	0,5	4154,98	0,0396	0,0210	506,10	2,06E-06	0,000044
5-4	0,725	-0,000126	0,75	8377,03	0,0325	-0,0123	97,56	-1,73E-06	-0,000127
2-5	1,235	-0,000142	0,75	9469,77	0,0315	-0,0258	181,81	-2,34E-07	-0,000142
					$\Sigma=$	-0,0045	1087,89		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000126	0,75	8377,03	0,0325	0,0123	97,56	1,73E-06	0,000127
4-8	0,805	0,000167	0,75	11147,01	0,0301	0,0224	133,67	3,79E-06	0,000171
6-8	0,725	-0,000066	0,5	6569,05	0,0348	-0,0272	414,19	3,79E-06	-0,000062
5-6	0,805	-0,000044	0,5	4350,40	0,0391	-0,0149	342,23	1,49E-06	-0,000042
					$\Sigma=$	-0,0075	987,65		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..11 Resultados de caudales ensayo 6**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,186	0,142	0,015	-0,047	-0,047	0,044	0,044	0,127	0,171	-0,062

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..12 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 6**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,12	3,09	3,08	3,06	3,07	3,06	3,07	3,04

Fuente: Elaboración propia.

### Ensayo N° 7

#### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	3,3 bar	3,96 mca
M8=	3,2 bar	3,84 mca

#### Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

#### Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

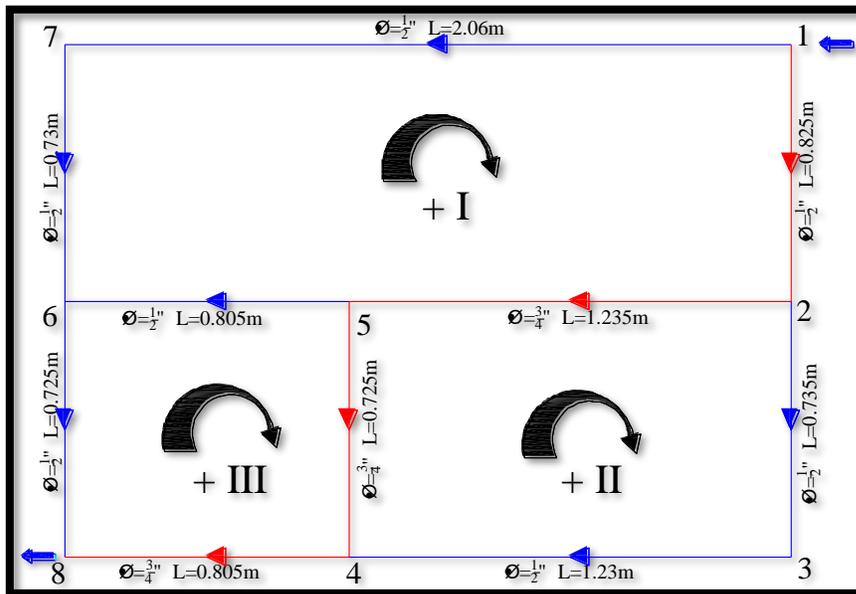
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	37,85	1
2	37,57	1
3	37,01	1
4	37,79	1
5	37,29	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>
$t(\text{prom})=$	37,50 s
$Q8=$	0,00012 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*9 Esquema inicial para iteración ensayo 7



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)

1-2	0,825	0,000061	0,75	4064,85	0,0398	0,0040	65,96	2,32E-05	0,000084
2-5	1,235	0,000031	0,75	2032,42	0,0493	0,0019	61,10	3,52E-05	0,000066
5-6	0,805	0,000015	0,5	1524,32	0,0542	0,0025	166,31	-6,10E-06	0,000009
7-6	0,73	-0,000061	0,5	6097,27	0,0355	-0,0241	395,21	2,32E-05	-0,000038
1-7	2,06	-0,000061	0,5	6097,27	0,0355	-0,0680	1115,25	2,32E-05	-0,000038
						$\Sigma=$	-0,0837	1803,83	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000031	0,5	3048,63	0,0434	0,0074	243,39	-1,20E-05	0,000018
3-4	1,23	0,000031	0,5	3048,63	0,0434	0,0124	407,30	-1,20E-05	0,000018
5-4	0,725	-0,000015	0,75	1016,21	0,0623	-0,0003	22,68	-4,13E-05	-0,000057
2-5	1,235	-0,000031	0,75	2032,42	0,0493	-0,0019	61,10	-3,52E-05	-0,000066
						$\Sigma=$	0,0176	734,47	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000015	0,75	1016,21	0,0623	0,0003	22,68	4,13E-05	0,000057
4-8	0,805	0,000046	0,75	3048,63	0,0434	0,0024	52,61	2,93E-05	0,000075
6-8	0,725	-0,000076	0,5	7621,59	0,0334	-0,0352	461,42	2,93E-05	-0,000047
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	6,10E-06	-0,000050
						$\Sigma=$	-0,0556	947,79	

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000097	0,75	6469,01	0,0349	0,0089	91,93	1,24E-06	0,000098
2-5	1,235	0,000075	0,75	4984,99	0,0375	0,0085	114,15	-1,44E-07	0,000075
5-6	0,805	-0,000001	0,5	56,70	0,2325	0,0000	26,55	-1,86E-06	-0,000002
7-6	0,73	-0,000025	0,5	2491,02	0,0462	-0,0052	210,17	1,24E-06	-0,000024
1-7	2,06	-0,000025	0,5	2491,02	0,0462	-0,0148	593,07	1,24E-06	-0,000024
						$\Sigma=$	-0,0026	1035,87	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000022	0,5	2226,04	0,0479	0,0044	195,94	1,38E-06	0,000024
3-4	1,23	0,000022	0,5	2226,04	0,0479	0,0073	327,90	1,38E-06	0,000024
5-4	0,725	-0,000075	0,75	5022,79	0,0374	-0,0051	67,39	-1,71E-06	-0,000077
2-5	1,235	-0,000075	0,75	4984,99	0,0375	-0,0085	114,15	1,44E-07	-0,000075
						$\Sigma=$	-0,0020	705,39	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000075	0,75	5022,79	0,0374	0,0051	67,39	1,71E-06	0,000077

4-8	0,805	0,000098	0,75	6506,82	0,0348	0,0088	90,11	3,10E-06	0,000101
6-8	0,725	-0,000024	0,5	2434,31	0,0465	-0,0050	205,50	3,10E-06	-0,000021
5-6	0,805	-0,000040	0,5	4041,46	0,0399	-0,0131	324,84	1,86E-06	-0,000039
						$\Sigma=$	-0,0043	687,83	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..13 Resultados de caudales ensayo 7**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,098	0,075	-0,002	-0,024	-0,024	0,024	0,024	0,077	0,101	-0,021

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..14 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 7**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,96	3,95	3,95	3,94	3,94	3,94	3,95	3,93

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 8

### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	3,9 bar	4,68 mca
M8=	3,8 bar	4,56 mca

### Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a  
20°C

v=	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
----	-----------------------------

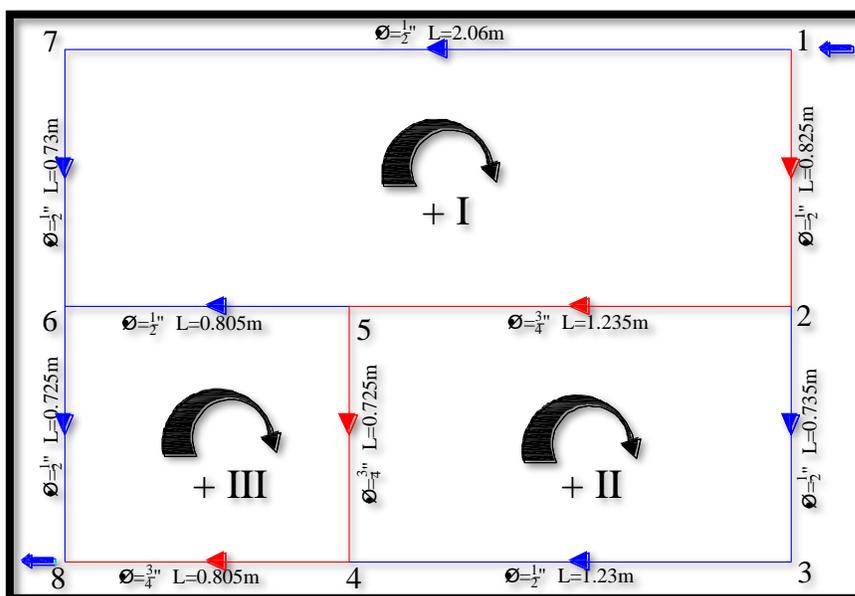
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	51,32	1
2	51,16	1
3	51,44	1
4	51,48	1
5	51,42	1

### Proceso de cálculo

V=a*b*h=	0,0046 m <sup>3</sup>
t(prom)=	51,36 s
Q8=	0,00009 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*10 Esquema inicial para iteración ensayo 8



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000045	0,75	2965,34	0,0437	0,0024	52,88	1,69E-05	0,000061
2-5	1,235	0,000022	0,75	1482,67	0,0546	0,0011	49,45	2,56E-05	0,000048
5-6	0,805	0,000011	0,5	1112,00	0,0604	0,0015	135,17	-8,12E-06	0,000003
7-6	0,73	-0,000045	0,5	4448,01	0,0388	-0,0140	315,20	1,69E-05	-0,000028
1-7	2,06	-0,000045	0,5	4448,01	0,0388	-0,0396	889,46	1,69E-05	-0,000028
						Σ=	-0,0487	1442,16	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000022	0,5	2224,00	0,0479	0,0044	195,79	-8,74E-06	0,000014
3-4	1,23	0,000022	0,5	2224,00	0,0479	0,0073	327,64	-8,74E-06	0,000014
5-4	0,725	-0,000011	0,75	741,33	0,0699	-0,0002	18,56	-3,37E-05	-0,000045
2-5	1,235	-0,000022	0,75	1482,67	0,0546	-0,0011	49,45	-2,56E-05	-0,000048
						Σ=	0,0103	591,44	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000011	0,75	741,33	0,0699	0,0002	18,56	3,37E-05	0,000045
4-8	0,805	0,000033	0,75	2224,00	0,0478	0,0014	42,33	2,50E-05	0,000058
6-8	0,725	-0,000056	0,5	5560,01	0,0364	-0,0204	367,17	2,50E-05	-0,000031
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	8,12E-06	-0,000048
						Σ=	-0,0419	839,14	
Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000071	0,75	4740,12	0,0380	0,0052	73,54	1,12E-06	0,000072
2-5	1,235	0,000054	0,75	3624,93	0,0412	0,0050	91,10	-4,14E-08	0,000054
5-6	0,805	-0,000007	0,5	742,52	0,0698	-0,0008	104,45	-1,73E-06	-0,000009
7-6	0,73	-0,000018	0,5	1785,84	0,0514	-0,0030	167,60	1,12E-06	-0,000017
1-7	2,06	-0,000018	0,5	1785,84	0,0514	-0,0084	472,96	1,12E-06	-0,000017
						Σ=	-0,0020	909,65	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000017	0,5	1672,78	0,0525	0,0027	161,53	1,16E-06	0,000018
3-4	1,23	0,000017	0,5	1672,78	0,0525	0,0045	270,31	1,16E-06	0,000018
5-4	0,725	-0,000062	0,75	4119,95	0,0397	-0,0036	58,54	-1,69E-06	-0,000064
2-5	1,235	-0,000054	0,75	3624,93	0,0412	-0,0050	91,10	4,14E-08	-0,000054
						Σ=	-0,0013	581,48	
ANILLO III									

Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000062	0,75	4119,95	0,0397	0,0036	58,54	1,69E-06	0,000064
4-8	0,805	0,000079	0,75	5235,13	0,0370	0,0061	77,05	2,85E-06	0,000081
6-8	0,725	-0,000010	0,5	1043,32	0,0617	-0,0012	116,81	2,85E-06	-0,000008
5-6	0,805	-0,000038	0,5	3767,96	0,0407	-0,0117	309,17	1,73E-06	-0,000036
						Σ=	-0,0032	561,57	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..15 Resultados de caudales ensayo 8**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,072	0,054	-0,009	-0,017	-0,017	0,018	0,018	0,064	0,081	-0,008

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..16 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 8**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	4,68	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,66

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 9

### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	2,5 bar	3 mca
M8=	2,4 bar	2,88 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

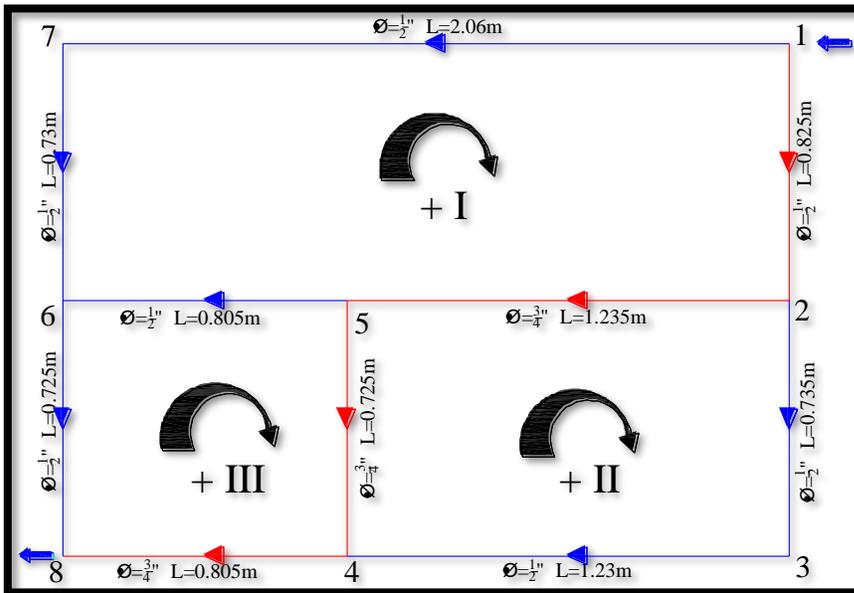
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	6,59	0,5
2	6,46	0,5
3	6,57	0,5
4	6,45	0,5
5	6,33	0,5

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0023 m <sup>3</sup>
$t(\text{prom})=$	6,48 s
$Q8=$	0,00035 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..11 Esquema inicial para iteración ensayo 9



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000177	0,75	11761,40	0,0297	0,0252	142,57	6,78E-05	0,000244
2-5	1,235	0,000088	0,75	5880,70	0,0358	0,0113	128,50	1,03E-04	0,000191
5-6	0,805	0,000044	0,5	4410,52	0,0389	0,0152	345,59	-4,93E-06	0,000039
7-6	0,73	-0,000177	0,5	17642,10	0,0269	-0,1532	868,06	6,78E-05	-0,000109
1-7	2,06	-0,000177	0,5	17642,10	0,0269	-0,4324	2449,60	6,78E-05	-0,000109
						Σ=	-0,5338	3934,32	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000088	0,5	8821,05	0,0321	0,0460	520,88	-3,49E-05	0,000053
3-4	1,23	0,000088	0,5	8821,05	0,0321	0,0769	871,68	-3,49E-05	0,000053
5-4	0,725	-0,000044	0,75	2940,35	0,0439	-0,0020	46,21	-1,08E-04	-0,000152
2-5	1,235	-0,000088	0,75	5880,70	0,0358	-0,0113	128,50	-1,03E-04	-0,000191
						Σ=	0,1095	1567,28	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000044	0,75	2940,35	0,0439	0,0020	46,21	1,08E-04	0,000152
4-8	0,805	0,000132	0,75	8821,05	0,0321	0,0149	112,49	7,28E-05	0,000205
6-8	0,725	-0,000221	0,5	22052,62	0,0255	-0,2255	1021,90	7,28E-05	-0,000148
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	4,93E-06	-0,000051

	$\Sigma=$	-0,2317	1591,68	
--	-----------	---------	---------	--

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000278	0,75	18501,03	0,0265	0,0556	200,24	3,10E-06	0,000281
2-5	1,235	0,000215	0,75	14306,89	0,0283	0,0530	247,03	3,29E-07	0,000215
5-6	0,805	0,000032	0,5	3165,50	0,0429	0,0087	273,63	-1,33E-06	0,000030
7-6	0,73	-0,000075	0,5	7532,64	0,0335	-0,0347	460,71	3,10E-06	-0,000072
1-7	2,06	-0,000075	0,5	7532,64	0,0335	-0,0980	1300,08	3,10E-06	-0,000072
					$\Sigma=$	-0,0154	2481,69		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000063	0,5	6291,21	0,0352	0,0256	406,99	2,77E-06	0,000066
3-4	1,23	0,000063	0,5	6291,21	0,0352	0,0429	681,08	2,77E-06	0,000066
5-4	0,725	-0,000183	0,75	12196,56	0,0295	-0,0236	128,74	-1,66E-06	-0,000185
2-5	1,235	-0,000215	0,75	14306,89	0,0283	-0,0530	247,03	-3,29E-07	-0,000215
					$\Sigma=$	-0,0081	1463,84		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000183	0,75	12196,56	0,0295	0,0236	128,74	1,66E-06	0,000185
4-8	0,805	0,000246	0,75	16390,70	0,0273	0,0439	178,34	4,43E-06	0,000250
6-8	0,725	-0,000107	0,5	10698,14	0,0305	-0,0634	592,34	4,43E-06	-0,000103
5-6	0,805	-0,000044	0,5	4377,45	0,0390	-0,0151	343,74	1,33E-06	-0,000042
					$\Sigma=$	-0,0110	1243,16		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..17 Resultados de caudales ensayo 9**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,281	0,215	0,03	-0,072	-0,072	0,066	0,066	0,185	0,25	-0,103

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..18 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 9**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,00	2,94	2,92	2,88	2,89	2,87	2,90	2,83

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 10

### Datos iniciales

Dimensiones de tanque de aforo 1	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones leídas con manómetros		
M1=	3,2 bar	3,84 mca
M8=	3 bar	3,6 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

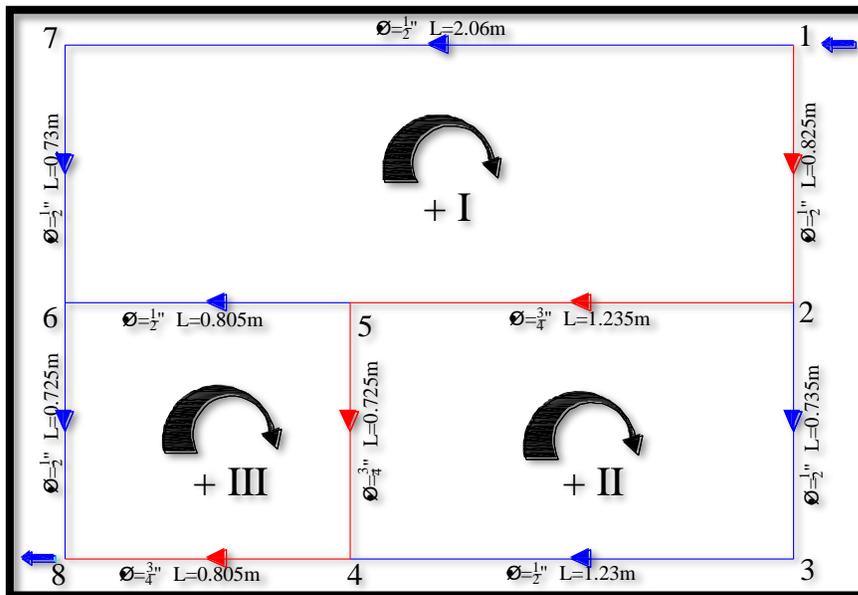
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	11,3	0,5
2	11,42	0,5
3	11,35	0,5
4	11,43	0,5
5	11,99	0,5

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0023 m <sup>3</sup>
$t(\text{prom})=$	11,50 s
$Q_8=$	0,00020 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..12 Esquema inicial para iteración ensayo 10



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000100	0,75	6630,36	0,0346	0,0093	93,59	3,80E-05	0,000138
2-5	1,235	0,000050	0,75	3315,18	0,0423	0,0043	85,55	5,77E-05	0,000107
5-6	0,805	0,000025	0,5	2486,39	0,0462	0,0058	231,45	-4,02E-06	0,000021
7-6	0,73	-0,000100	0,5	9945,54	0,0311	-0,0562	565,06	3,80E-05	-0,000061
1-7	2,06	-0,000100	0,5	9945,54	0,0311	-0,1587	1594,56	3,80E-05	-0,000061
						$\Sigma=$	-0,1956	2570,20	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000050	0,5	4972,77	0,0376	0,0171	343,63	-1,96E-05	0,000030
3-4	1,23	0,000050	0,5	4972,77	0,0376	0,0286	575,06	-1,96E-05	0,000030
5-4	0,725	-0,000025	0,75	1657,59	0,0526	-0,0008	31,27	-6,17E-05	-0,000087
2-5	1,235	-0,000050	0,75	3315,18	0,0423	-0,0043	85,55	-5,77E-05	-0,000107
						$\Sigma=$	0,0407	1035,51	
ANILLO III									

Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000025	0,75	1657,59	0,0526	0,0008	31,27	6,17E-05	0,000087
4-8	0,805	0,000075	0,75	4972,77	0,0375	0,0055	74,26	4,21E-05	0,000117
6-8	0,725	-0,000124	0,5	12431,93	0,0294	-0,0824	662,42	4,21E-05	-0,000082
5-6	0,805	-0,000056	0,5	5622,48	0,0363	-0,0231	411,08	4,02E-06	-0,000052
						Σ=	-0,0992	1179,03	
<b>Cuarta iteración</b>									
<b>ANILLO I</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000157	0,75	10469,79	0,0306	0,0205	130,75	2,04E-06	0,000159
2-5	1,235	0,000122	0,75	8098,28	0,0328	0,0197	162,09	1,81E-07	0,000122
5-6	0,805	0,000012	0,5	1165,73	0,0594	0,0016	139,39	-1,55E-06	0,000010
7-6	0,73	-0,000042	0,5	4186,40	0,0395	-0,0126	301,95	2,04E-06	-0,000040
1-7	2,06	-0,000042	0,5	4186,40	0,0395	-0,0357	852,08	2,04E-06	-0,000040
						Σ=	-0,0065	1586,26	
<b>ANILLO II</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000036	0,5	3557,27	0,0414	0,0096	271,06	1,86E-06	0,000037
3-4	1,23	0,000036	0,5	3557,27	0,0414	0,0161	453,61	1,86E-06	0,000037
5-4	0,725	-0,000110	0,75	7321,13	0,0337	-0,0097	88,42	-1,73E-06	-0,000112
2-5	1,235	-0,000122	0,75	8098,28	0,0328	-0,0197	162,09	-1,81E-07	-0,000122
						Σ=	-0,0036	975,18	
<b>ANILLO III</b>									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000110	0,75	7321,13	0,0337	0,0097	88,42	1,73E-06	0,000112
4-8	0,805	0,000145	0,75	9692,64	0,0313	0,0175	120,55	3,58E-06	0,000149
6-8	0,725	-0,000054	0,5	5352,13	0,0368	-0,0191	357,28	3,58E-06	-0,000050
5-6	0,805	-0,000043	0,5	4301,83	0,0392	-0,0146	339,52	1,55E-06	-0,000041
						Σ=	-0,0065	905,76	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..19 Resultados de caudales ensayo 10**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,159	0,122	0,01	-0,04	-0,04	0,037	0,037	0,112	0,149	-0,05

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..20 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 10**

<b>Nudo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Presión (mca)</b>	3,84	3,82	3,81	3,79	3,80	3,79	3,80	3,78

Fuente: Elaboración propia.

### Ensayos con consumo en el nudo 7 y 8

#### Ensayo N° 11

#### Datos iniciales

<b>Dimensiones tanque de aforo nudo 7</b>	
D=	57,00 cm

<b>Dimensiones de tanque de aforo nudo 8</b>	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

<b>Presiones lecturadas con manómetros</b>		
M1=	1,4 bar	1,68 mca
M8=	1,2 bar	1,44 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

#### Aforo en nudo 7

<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
-----------	---------------------	---------------

1	16,52	0,5
2	16,84	0,5
3	16,42	0,5
4	16,03	0,5
5	16,66	0,5

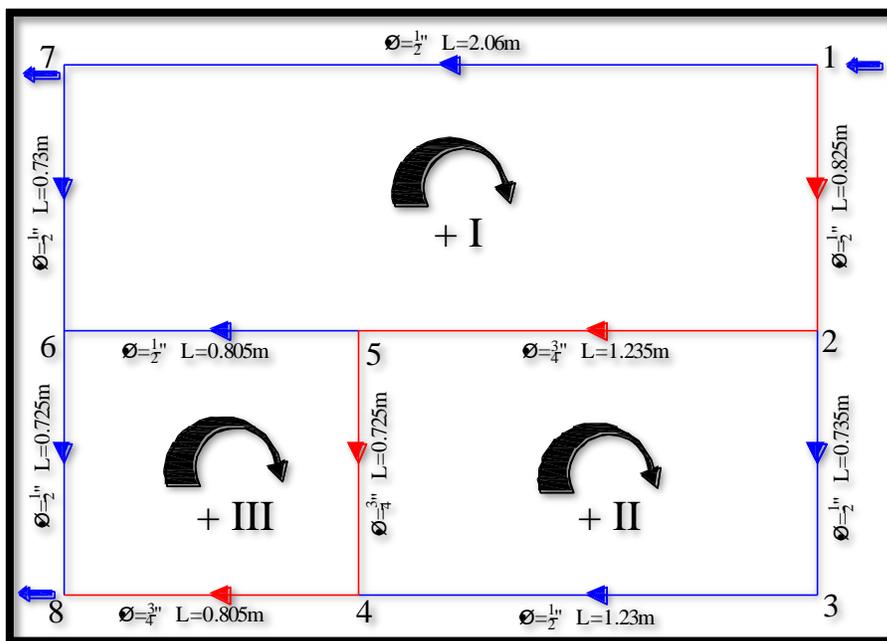
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	9,14	1
2	9,12	1
3	9,6	1
4	9,19	1
5	8,95	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	9,20 s	$t(prom)=$	16,49 s
$Q8=$	0,00050 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00008 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*13 Esquema inicial para iteración ensayo 11



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000287	0,75	19136,56	0,0263	0,0590	205,49	1,02E-04	0,000389
2-5	1,235	0,000144	0,75	9568,28	0,0314	0,0263	183,21	1,59E-04	0,000303
5-6	0,805	0,000072	0,5	7176,21	0,0339	0,0352	490,53	1,42E-05	0,000086
7-6	0,73	-0,000210	0,5	20972,90	0,0258	-0,2077	990,09	1,02E-04	-0,000108
1-7	2,06	-0,000287	0,5	28704,85	0,0240	-1,0215	3556,92	1,02E-04	-0,000185
						$\Sigma =$	-1,1087	5426,24	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000144	0,5	14352,42	0,0283	0,1074	747,99	-5,70E-05	0,000087
3-4	1,23	0,000144	0,5	14352,42	0,0283	0,1797	1251,73	-5,70E-05	0,000087

5-4	0,725	-0,000072	0,75	4784,14	0,0380	-0,0047	65,08	-1,45E-04	-0,000217
2-5	1,235	-0,000144	0,75	9568,28	0,0314	-0,0263	183,21	-1,59E-04	-0,000303
					$\Sigma=$	0,2562	2248,01		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000072	0,75	4784,14	0,0380	0,0047	65,08	1,45E-04	0,000217
4-8	0,805	0,000215	0,75	14352,42	0,0283	0,0348	161,41	8,80E-05	0,000303
6-8	0,725	-0,000282	0,5	28149,11	0,0241	-0,3472	1232,96	8,80E-05	-0,000194
5-6	0,805	-0,000072	0,5	7176,21	0,0339	-0,0352	490,53	-1,42E-05	-0,000086
					$\Sigma=$	-0,3430	1949,98		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000434	0,75	28939,19	0,0239	0,1224	281,87	4,39E-06	0,000439
2-5	1,235	0,000337	0,75	22460,49	0,0253	0,1171	347,47	7,73E-07	0,000338
5-6	0,805	0,000080	0,5	7967,35	0,0330	0,0422	529,25	-1,73E-06	0,000078
7-6	0,73	-0,000063	0,5	6268,96	0,0352	-0,0253	403,21	4,39E-06	-0,000058
1-7	2,06	-0,000140	0,5	14000,91	0,0285	-0,2882	2057,40	4,39E-06	-0,000136
					$\Sigma=$	-0,0318	3619,21		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)

2-3	0,735	0,000097	0,5	9718,05	0,0313	0,0544	559,30	3,61E-06	0,000101
3-4	1,23	0,000097	0,5	9718,05	0,0313	0,0910	935,97	3,61E-06	0,000101
5-4	0,725	-0,000257	0,75	17148,92	0,0271	-0,0428	166,23	-2,50E-06	-0,000260
2-5	1,235	-0,000337	0,75	22460,49	0,0253	-0,1171	347,47	-7,73E-07	-0,000338
					$\Sigma=$	-0,0145	2008,96		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000257	0,75	17148,92	0,0271	0,0428	166,23	2,50E-06	0,000260
4-8	0,805	0,000355	0,75	23627,62	0,0250	0,0835	235,42	6,12E-06	0,000361
6-8	0,725	-0,000142	0,5	14236,31	0,0284	-0,1044	733,18	6,12E-06	-0,000136
5-6	0,805	-0,000080	0,5	7967,35	0,0330	-0,0422	529,25	1,73E-06	-0,000078
					$\Sigma=$	-0,0204	1664,08		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..21 Resultados de caudales ensayo 11**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,439	0,338	0,078	-0,058	-0,136	0,101	0,101	0,26	0,361	-0,136

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..22 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 11**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	1,68	1,56	1,50	1,41	1,44	1,40	1,39	1,33

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 12

### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

<b>Dimensiones de tanque de aforo nudo 8</b>	
<b>a=</b>	38,30 cm
<b>b=</b>	119,50 cm

<b>Presiones lecturadas con manómetros</b>		
M1=	1,8 bar	2,16 mca
M8=	1,7 bar	2,04 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

#### **Aforo en nudo 7**

<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
1	15,12	0,5
2	15,1	0,5
3	15,32	0,5
4	15,19	0,5
5	15,93	0,5

#### **Aforo en nudo 8**

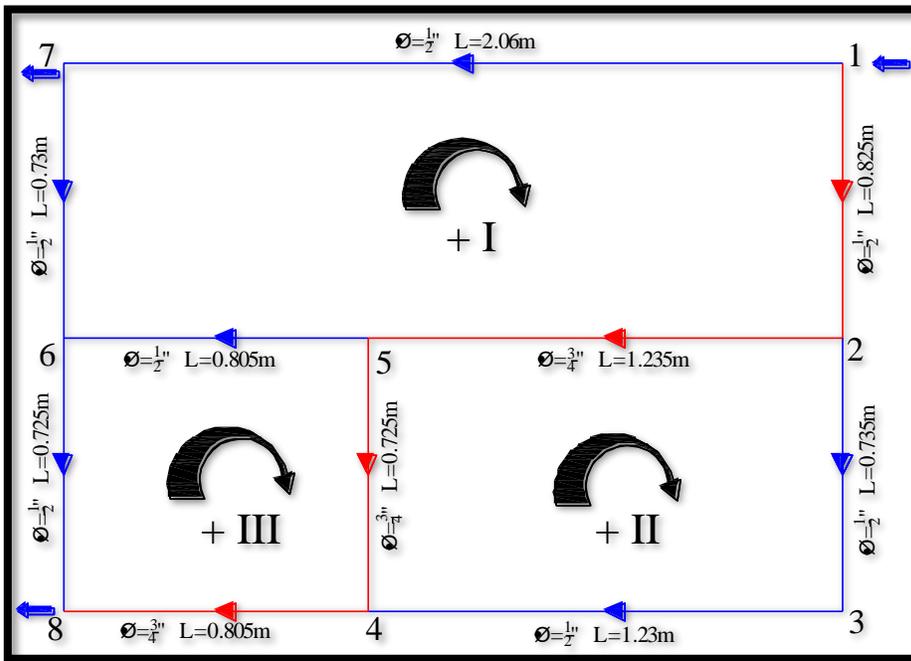
<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
1	17,22	1
2	17,79	1
3	17,38	1
4	17,88	1

5	17,05	1
---	-------	---

**Proceso de cálculo**

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	17,46 s	$t(prom)=$	15,33 s
$Q8=$	0,00026 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00008 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*14 Esquema inicial para iteración ensayo 12



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000173	0,75	11502,07	0,0299	0,0242	140,22	5,83E-05	0,000231
2-5	1,235	0,000086	0,75	5751,04	0,0360	0,0109	126,45	9,25E-05	0,000179

5-6	0,805	0,000043	0,5	4313,28	0,0392	0,0147	340,13	2,03E-05	0,000063
7-6	0,73	-0,000089	0,5	8935,16	0,0320	-0,0467	522,18	5,83E-05	-0,000031
1-7	2,06	-0,000173	0,5	17253,11	0,0271	-0,4157	2408,51	5,83E-05	-0,000114
					$\Sigma=$	-0,4126	3537,48		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000086	0,5	8626,55	0,0323	0,0442	512,33	-3,42E-05	0,000052
3-4	1,23	0,000086	0,5	8626,55	0,0323	0,0740	857,37	-3,42E-05	0,000052
5-4	0,725	-0,000043	0,75	2875,52	0,0442	-0,0020	45,49	-7,21E-05	-0,000115
2-5	1,235	-0,000086	0,75	5751,04	0,0360	-0,0109	126,45	-9,25E-05	-0,000179
					$\Sigma=$	0,1053	1541,64		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000043	0,75	2875,52	0,0442	0,0020	45,49	7,21E-05	0,000115
4-8	0,805	0,000129	0,75	8626,55	0,0322	0,0143	110,65	3,80E-05	0,000167
6-8	0,725	-0,000133	0,5	13248,44	0,0289	-0,0921	694,75	3,80E-05	-0,000095
5-6	0,805	-0,000043	0,5	4313,28	0,0392	-0,0147	340,13	-2,03E-05	-0,000063
					$\Sigma=$	-0,0905	1191,02		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)

1-2	0,825	0,000255	0,75	17012,60	0,0271	0,0480	187,94	2,82E-06	0,000258
2-5	1,235	0,000199	0,75	13285,82	0,0288	0,0466	233,71	7,72E-07	0,000200
5-6	0,805	0,000059	0,5	5943,48	0,0357	0,0254	427,83	-1,17E-06	0,000058
7-6	0,73	-0,000007	0,5	669,36	0,0726	-0,0006	88,75	2,82E-06	-0,000004
1-7	2,06	-0,000090	0,5	8987,31	0,0319	-0,1331	1479,79	2,82E-06	-0,000087
					$\Sigma=$	-0,0136	2418,03		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000056	0,5	5590,18	0,0364	0,0209	373,74	2,05E-06	0,000058
3-4	1,23	0,000056	0,5	5590,18	0,0364	0,0350	625,44	2,05E-06	0,000058
5-4	0,725	-0,000140	0,75	9323,50	0,0316	-0,0148	105,51	-1,94E-06	-0,000142
2-5	1,235	-0,000199	0,75	13285,82	0,0288	-0,0466	233,71	-7,72E-07	-0,000200
					$\Sigma=$	-0,0055	1338,40		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000140	0,75	9323,50	0,0316	0,0148	105,51	1,94E-06	0,000142
4-8	0,805	0,000196	0,75	13050,28	0,0289	0,0294	150,31	3,99E-06	0,000200
6-8	0,725	-0,000066	0,5	6612,85	0,0347	-0,0275	416,15	3,99E-06	-0,000062
5-6	0,805	-0,000059	0,5	5943,48	0,0357	-0,0254	427,83	1,17E-06	-0,000058
					$\Sigma=$	-0,0088	1099,80		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..23 Resultados de caudales ensayo 12**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,258	0,2	0,058	-0,004	-0,087	0,058	0,058	0,142	0,2	-0,062

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..24 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 12**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	2,16	2,11	2,09	2,06	2,07	2,04	2,04	2,01

Fuente: Elaboración propia.

### Ensayo N° 13

#### Datos iniciales

<b>Dimensiones tanque de aforo nudo 7</b>	
D=	57,00 cm

<b>Dimensiones de tanque de aforo nudo 8</b>	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

<b>Presiones lecturadas con manómetros</b>		
M1=	1,6 bar	1,92 mca
M8=	1,4 bar	1,68 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

**Aforo en nudo 7**

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	4,18	0,5
2	4,03	0,5
3	4,96	0,5
4	4,48	0,5
5	4,7	0,5

**Aforo en nudo 8**

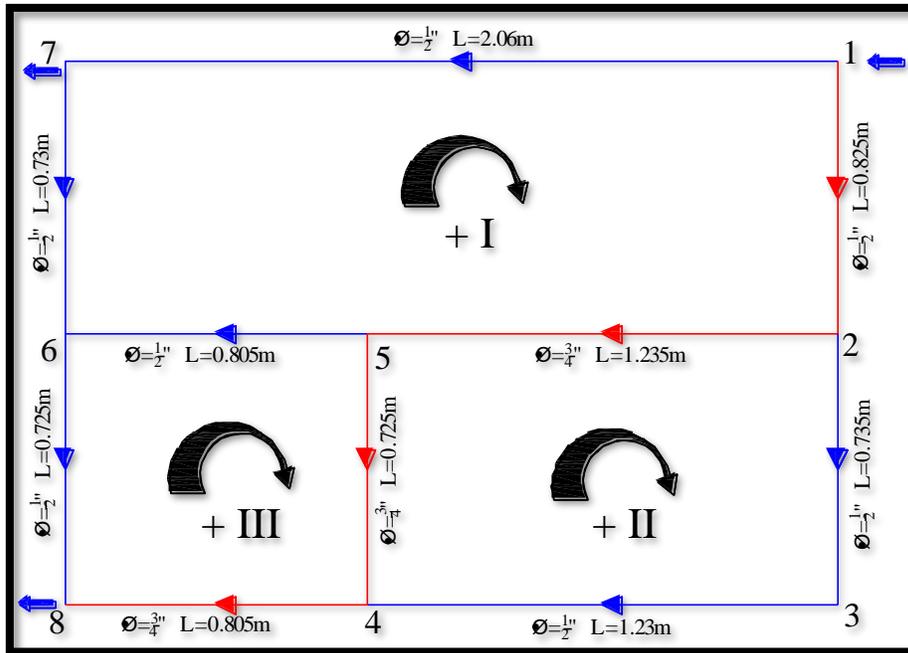
N°	tiempo (seg)	h (cm)
----	--------------	--------

1	25,09	1
2	25,29	1
3	24,92	1
4	25,88	1
5	25,49	1

**Proceso de cálculo**

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	25,33 s	$t(prom)=$	4,47 s
$Q8=$	0,00018 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00029 m <sup>3</sup> /s

**Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..15 Esquema inicial para iteración ensayo 13**



<b>Primera iteración</b>
<b>ANILLO I</b>

Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000117	0,75	7770,38	0,0332	0,0122	105,05	1,45E-04	0,000261
2-5	1,235	0,000058	0,75	3885,19	0,0403	0,0056	95,64	1,68E-04	0,000226
5-6	0,805	0,000029	0,5	2913,89	0,0440	0,0075	258,33	1,18E-04	0,000147
7-6	0,73	-0,000064	0,5	6436,33	0,0350	-0,0265	410,88	1,45E-04	0,000080
1-7	2,06	-0,000350	0,5	34966,70	0,0230	-1,4507	4146,92	1,45E-04	-0,000205
					Σ=	-1,4518	5016,82		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000058	0,5	5827,78	0,0359	0,0225	385,15	-2,30E-05	0,000035
3-4	1,23	0,000058	0,5	5827,78	0,0359	0,0376	644,53	-2,30E-05	0,000035
5-4	0,725	-0,000029	0,75	1942,59	0,0500	-0,0010	34,79	-5,01E-05	-0,000079
2-5	1,235	-0,000058	0,75	3885,19	0,0403	-0,0056	95,64	-1,68E-04	-0,000226
					Σ=	0,0534	1160,12		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000029	0,75	1942,59	0,0500	0,0010	34,79	5,01E-05	0,000079
4-8	0,805	0,000087	0,75	5827,78	0,0359	0,0073	83,22	2,71E-05	0,000115
6-8	0,725	-0,000094	0,5	9350,22	0,0316	-0,0501	536,10	2,71E-05	-0,000066
5-6	0,805	-0,000029	0,5	2913,89	0,0440	-0,0075	258,33	-1,18E-04	-0,000147
					Σ=	-0,0494	912,43		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000308	0,75	20494,18	0,0259	0,0666	216,44	7,50E-06	0,000315
2-5	1,235	0,000246	0,75	16368,34	0,0274	0,0671	273,32	2,71E-06	0,000248
5-6	0,805	0,000114	0,5	11387,60	0,0300	0,0785	688,94	-8,69E-06	0,000105
7-6	0,73	0,000127	0,5	12649,37	0,0292	0,0855	675,76	7,50E-06	0,000134
1-7	2,06	-0,000159	0,5	15881,01	0,0276	-0,3594	2262,23	7,50E-06	-0,000151
						Σ=	-0,0617	4116,69	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000062	0,5	6188,76	0,0353	0,0249	402,17	4,78E-06	0,000067
3-4	1,23	0,000062	0,5	6188,76	0,0353	0,0417	673,02	4,78E-06	0,000067
5-4	0,725	-0,000132	0,75	8776,61	0,0321	-0,0133	100,92	-1,14E-05	-0,000143
2-5	1,235	-0,000246	0,75	16368,34	0,0274	-0,0671	273,32	-2,71E-06	-0,000248
						Σ=	-0,0139	1449,43	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000132	0,75	8776,61	0,0321	0,0133	100,92	1,14E-05	0,000143
4-8	0,805	0,000194	0,75	12902,45	0,0290	0,0289	149,04	1,62E-05	0,000210
6-8	0,725	0,000013	0,5	1261,77	0,0577	0,0017	132,18	1,62E-05	0,000029
5-6	0,805	-0,000114	0,5	11387,60	0,0300	-0,0785	688,94	8,69E-06	-0,000105
						Σ=	-0,0347	1071,08	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..25 Resultados de caudales ensayo 13**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,315	0,248	0,105	0,134	-0,151	0,067	0,067	0,143	0,21	0,029

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..26 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 13**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	1,92	1,85	1,83	1,79	1,79	1,71	1,79	1,71

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 14

### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

Dimensiones de tanque de aforo nudo 8	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	2,7 bar	3,24 mca
M8=	2,6 bar	3,12 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

### Aforo en nudo 7

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	13,6	0,5
2	13,5	0,5
3	13,4	0,5
4	13,8	0,5
5	13,1	0,5

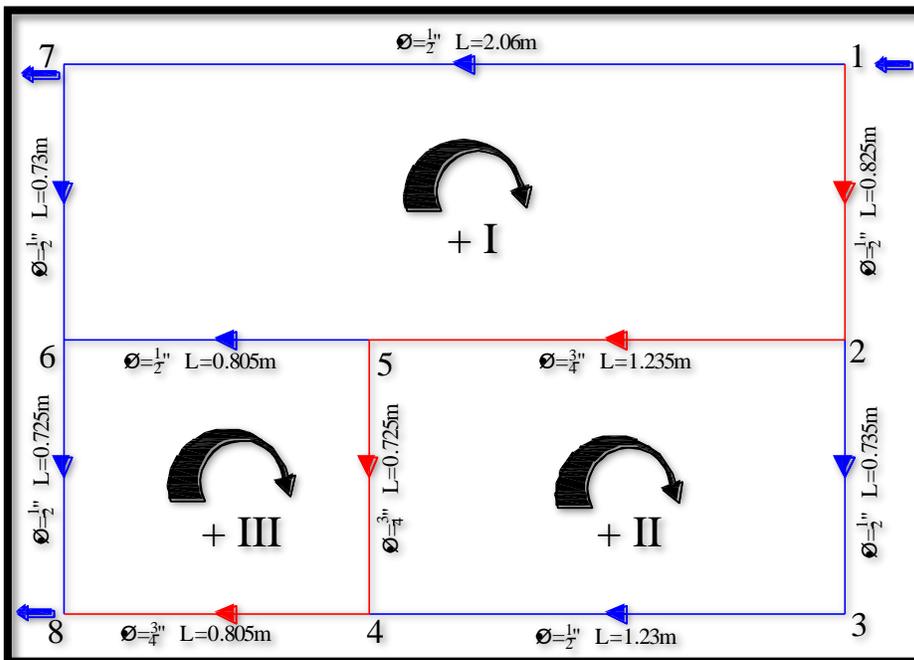
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	27,42	1
2	27,54	1
3	27,13	1
4	27,61	1
5	27,52	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	27,44 s	$t(prom)=$	13,48 s
$Q8=$	0,00017 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00009 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*16 Esquema inicial para iteración ensayo 14



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000131	0,75	8717,75	0,0321	0,0150	114,28	4,31E-05	0,000174
2-5	1,235	0,000065	0,75	4358,88	0,0390	0,0068	103,75	6,89E-05	0,000134
5-6	0,805	0,000033	0,5	3269,16	0,0425	0,0092	279,87	2,60E-05	0,000059
7-6	0,73	-0,000036	0,5	3615,89	0,0412	-0,0099	272,29	4,31E-05	0,000007
1-7	2,06	-0,000131	0,5	13076,63	0,0290	-0,2557	1954,81	4,31E-05	-0,000088
					Σ=	-0,2347	2724,99		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000065	0,5	6538,32	0,0348	0,0274	418,54	-2,59E-05	0,000040
3-4	1,23	0,000065	0,5	6538,32	0,0348	0,0458	700,42	-2,59E-05	0,000040
5-4	0,725	-0,000033	0,75	2179,44	0,0482	-0,0012	37,61	-4,29E-05	-0,000076
2-5	1,235	-0,000065	0,75	4358,88	0,0390	-0,0068	103,75	-6,89E-05	-0,000134
					Σ=	0,0652	1260,32		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000033	0,75	2179,44	0,0482	0,0012	37,61	4,29E-05	0,000076
4-8	0,805	0,000098	0,75	6538,32	0,0348	0,0089	90,42	1,71E-05	0,000115
6-8	0,725	-0,000069	0,5	6885,05	0,0343	-0,0295	428,53	1,71E-05	-0,000052
5-6	0,805	-0,000033	0,5	3269,16	0,0425	-0,0092	279,87	-2,60E-05	-0,000059
					Σ=	-0,0286	836,44		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000190	0,75	12639,61	0,0292	0,0285	150,38	1,92E-06	0,000192
2-5	1,235	0,000149	0,75	9914,45	0,0311	0,0280	188,06	5,57E-07	0,000149
5-6	0,805	0,000053	0,5	5331,27	0,0368	0,0211	395,66	-1,20E-06	0,000052
7-6	0,73	0,000023	0,5	2266,89	0,0476	0,0045	197,07	1,92E-06	0,000025
1-7	2,06	-0,000072	0,5	7193,85	0,0339	-0,0905	1257,30	1,92E-06	-0,000070
					Σ=	-0,0084	2188,47		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000041	0,5	4087,73	0,0398	0,0122	298,95	1,37E-06	0,000042
3-4	1,23	0,000041	0,5	4087,73	0,0398	0,0205	500,29	1,37E-06	0,000042
5-4	0,725	-0,000095	0,75	6360,27	0,0350	-0,0076	79,82	-1,76E-06	-0,000097
2-5	1,235	-0,000149	0,75	9914,45	0,0311	-0,0280	188,06	-5,57E-07	-0,000149
					Σ=	-0,0029	1067,12		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000095	0,75	6360,27	0,0350	0,0076	79,82	1,76E-06	0,000097
4-8	0,805	0,000136	0,75	9085,43	0,0318	0,0157	114,94	3,13E-06	0,000139
6-8	0,725	-0,000031	0,5	3064,38	0,0433	-0,0074	240,92	3,13E-06	-0,000028
5-6	0,805	-0,000053	0,5	5331,27	0,0368	-0,0211	395,66	1,20E-06	-0,000052
					Σ=	-0,0052	831,34		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..27 Resultados de caudales ensayo 14**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,192	0,149	0,052	0,025	-0,07	0,042	0,042	0,097	0,139	-0,028

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..28 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 14**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,24	3,21	3,20	3,18	3,18	3,16	3,17	3,16

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 15

### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

Dimensiones de tanque de aforo nudo 8	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	1,3 bar	1,56 mca
M8=	1,2 bar	1,44 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a  
20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

### Aforo en nudo 7

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	6,9	0,5
2	6,9	0,5
3	6,7	0,5
4	6,6	0,5
5	6,3	0,5

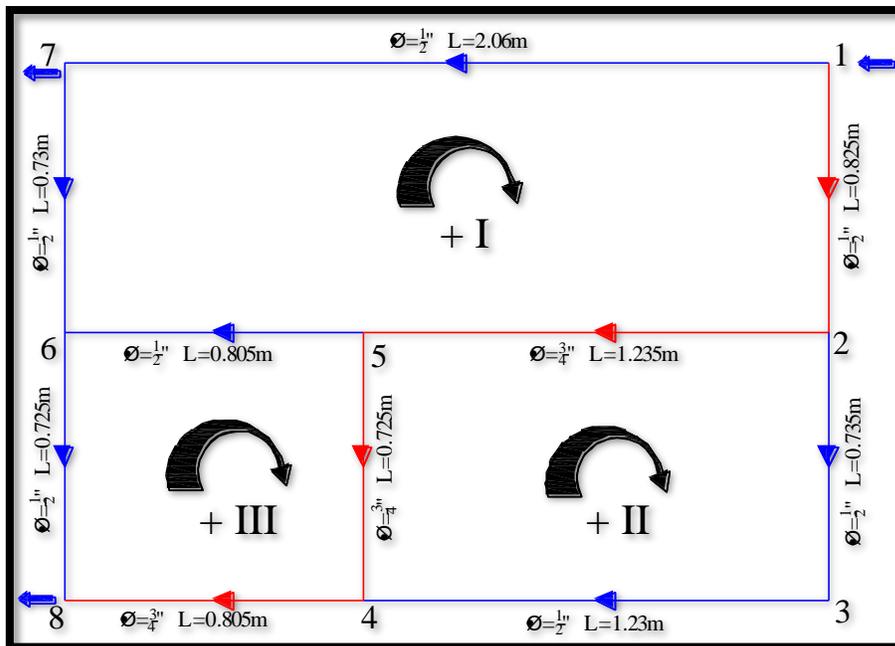
### Aforo en nudo 8

Nº	tiempo (seg)	h (cm)
1	13,39	1
2	13,89	1
3	13,83	1
4	13,61	1
5	13,6	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	13,66 s	$t(prom)=$	6,68 s
$Q8=$	0,00034 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00019 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*17 Esquema inicial para iteración ensayo 15



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000263	0,75	17525,48	0,0269	0,0506	192,24	8,74E-05	0,000350
2-5	1,235	0,000131	0,75	8762,74	0,0321	0,0226	171,72	1,40E-04	0,000271
5-6	0,805	0,000066	0,5	6572,05	0,0348	0,0303	460,12	5,32E-05	0,000119
7-6	0,73	-0,000072	0,5	7196,78	0,0339	-0,0321	445,71	8,74E-05	0,000015
1-7	2,06	-0,000263	0,5	26288,22	0,0245	-0,8742	3323,88	8,74E-05	-0,000176
						Σ=	-0,8029	4593,66	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000131	0,5	13144,11	0,0290	0,0921	700,18	-5,22E-05	0,000079
3-4	1,23	0,000131	0,5	13144,11	0,0290	0,1541	1171,72	-5,22E-05	0,000079
5-4	0,725	-0,000066	0,75	4381,37	0,0389	-0,0040	61,13	-8,64E-05	-0,000152
2-5	1,235	-0,000131	0,75	8762,74	0,0321	-0,0226	171,72	-1,40E-04	-0,000271
						Σ=	0,2196	2104,74	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000066	0,75	4381,37	0,0389	0,0040	61,13	8,64E-05	0,000152
4-8	0,805	0,000197	0,75	13144,11	0,0289	0,0298	151,12	3,42E-05	0,000231
6-8	0,725	-0,000138	0,5	13768,83	0,0286	-0,0985	715,11	3,42E-05	-0,000104
5-6	0,805	-0,000066	0,5	6572,05	0,0348	-0,0303	460,12	-5,32E-05	-0,000119
						Σ=	-0,0949	1387,47	

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000381	0,75	25407,98	0,0246	0,0972	255,03	3,74E-06	0,000385
2-5	1,235	0,000298	0,75	19882,53	0,0261	0,0945	316,66	1,06E-06	0,000299
5-6	0,805	0,000107	0,5	10745,00	0,0305	0,0709	659,89	-2,32E-06	0,000105
7-6	0,73	0,000046	0,5	4626,97	0,0384	0,0150	324,33	3,74E-06	0,000050
1-7	2,06	-0,000145	0,5	14464,46	0,0283	-0,3051	2108,42	3,74E-06	-0,000141
						Σ=	-0,0274	3664,34	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000083	0,5	8288,18	0,0326	0,0413	497,48	2,68E-06	0,000086
3-4	1,23	0,000083	0,5	8288,18	0,0326	0,0690	832,52	2,68E-06	0,000086
5-4	0,725	-0,000191	0,75	12719,20	0,0291	-0,0253	132,80	-3,38E-06	-0,000194
2-5	1,235	-0,000298	0,75	19882,53	0,0261	-0,0945	316,66	-1,06E-06	-0,000299
						Σ=	-0,0095	1779,47	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000191	0,75	12719,20	0,0291	0,0253	132,80	3,38E-06	0,000194
4-8	0,805	0,000274	0,75	18244,65	0,0266	0,0529	193,38	6,06E-06	0,000280
6-8	0,725	-0,000061	0,5	6118,02	0,0355	-0,0241	393,45	6,06E-06	-0,000055
5-6	0,805	-0,000107	0,5	10745,00	0,0305	-0,0709	659,89	2,32E-06	-0,000105
						Σ=	-0,0167	1379,52	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..29 Resultados de caudales ensayo 15**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,385	0,299	0,105	0,05	-0,141	0,086	0,086	0,194	0,28	-0,055

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..30 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 15**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
------	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>Presión (mca)</b>	1,56	1,46	1,42	1,35	1,37	1,30	1,25	1,30
----------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 16

### Datos iniciales

<b>Dimensiones tanque de aforo nudo 7</b>	
D=	57,00 cm

<b>Dimensiones de tanque de aforo nudo 8</b>	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

<b>Presiones leídas con manómetros</b>		
M1=	2,3 bar	=2,76 mca
M8=	2,2 bar	=2,64 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a  
20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

### Aforo en nudo 7

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	14	0,5
2	14,3	0,5

3	14	0,5
4	14,5	0,5
5	14,6	0,5

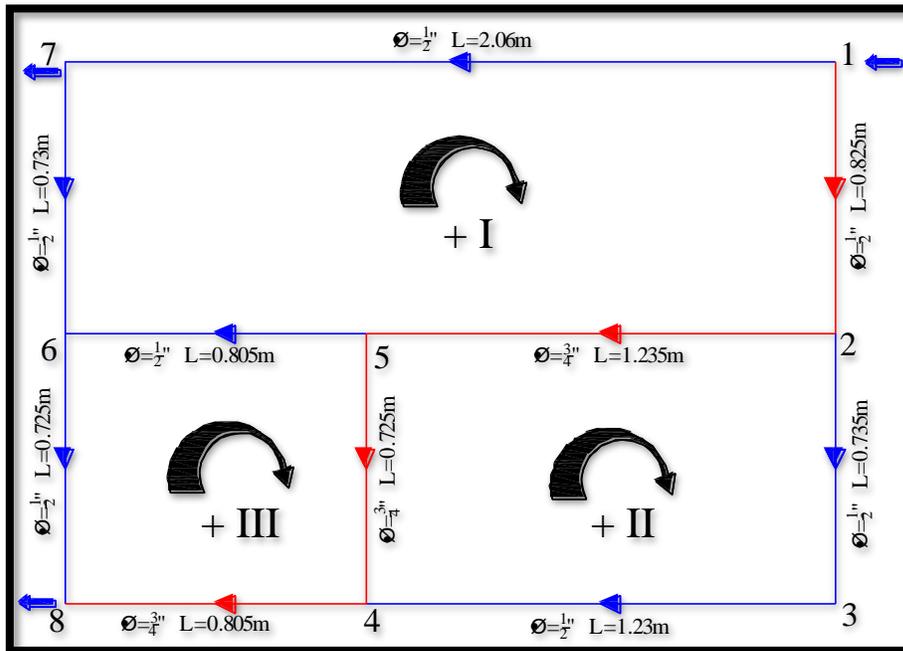
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	20,87	1
2	21,29	1
3	21,87	1
4	21,21	1
5	21,39	1

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	21,33 s	$t(prom)=$	14,28 s
$Q8=$	0,00022 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00009 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*18 esquema inicial para iteración ensayo 16



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000152	0,75	10140,37	0,0309	0,0194	127,72	5,06E-05	0,000203
2-5	1,235	0,000076	0,75	5070,18	0,0373	0,0088	115,52	8,07E-05	0,000157
5-6	0,805	0,000038	0,5	3802,64	0,0406	0,0118	311,12	2,32E-05	0,000061
7-6	0,73	-0,000063	0,5	6279,82	0,0352	-0,0254	403,72	5,06E-05	-0,000012
1-7	2,06	-0,000152	0,5	15210,55	0,0279	-0,3332	2189,76	5,06E-05	-0,000102
						$\Sigma =$	-0,3185	3147,83	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000076	0,5	7605,27	0,0334	0,0355	467,15	-3,01E-05	0,000046
3-4	1,23	0,000076	0,5	7605,27	0,0334	0,0595	781,76	-3,01E-05	0,000046
5-4	0,725	-0,000038	0,75	2535,09	0,0459	-0,0016	41,70	-5,75E-05	-0,000096

2-5	1,235	-0,000076	0,75	5070,18	0,0373	-0,0088	115,52	-8,07E-05	-0,000157
					$\Sigma=$	0,0846	1406,12		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000038	0,75	2535,09	0,0459	0,0016	41,70	5,75E-05	0,000096
4-8	0,805	0,000114	0,75	7605,27	0,0333	0,0115	100,90	2,74E-05	0,000142
6-8	0,725	-0,000101	0,5	10082,46	0,0310	-0,0572	566,85	2,74E-05	-0,000073
5-6	0,805	-0,000038	0,5	3802,64	0,0406	-0,0118	311,12	-2,32E-05	-0,000061
					$\Sigma=$	-0,0559	1020,57		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000223	0,75	14891,54	0,0280	0,0380	170,01	2,38E-06	0,000226
2-5	1,235	0,000175	0,75	11660,31	0,0298	0,0371	212,06	6,07E-07	0,000176
5-6	0,805	0,000057	0,5	5734,27	0,0361	0,0239	416,94	-1,34E-06	0,000056
7-6	0,73	0,000008	0,5	846,94	0,0665	0,0009	102,92	2,38E-06	0,000011
1-7	2,06	-0,000081	0,5	8083,79	0,0329	-0,1107	1369,06	2,38E-06	-0,000078
					$\Sigma=$	-0,0108	2270,98		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000048	0,5	4846,85	0,0379	0,0164	337,42	1,78E-06	0,000050

3-4	1,23	0,000048	0,5	4846,85	0,0379	0,0274	564,66	1,78E-06	0,000050
5-4	0,725	-0,000118	0,75	7837,46	0,0331	-0,0109	92,90	-1,94E-06	-0,000120
2-5	1,235	-0,000175	0,75	11660,31	0,0298	-0,0371	212,06	-6,07E-07	-0,000176
					$\Sigma=$	-0,0043	1207,04		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000118	0,75	7837,46	0,0331	0,0109	92,90	1,94E-06	0,000120
4-8	0,805	0,000166	0,75	11068,69	0,0302	0,0221	132,98	3,72E-06	0,000170
6-8	0,725	-0,000049	0,5	4887,34	0,0378	-0,0164	334,85	3,72E-06	-0,000045
5-6	0,805	-0,000057	0,5	5734,27	0,0361	-0,0239	416,94	1,34E-06	-0,000056
					$\Sigma=$	-0,0073	977,67		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..31 Resultados de caudales ensayo 16**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,226	0,176	0,056	0,011	-0,078	0,05	0,05	0,12	0,17	-0,045

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..32 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 16**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	2,76	2,72	2,71	2,68	2,68	2,66	2,66	2,64

Fuente: Elaboración propia.

### Ensayo N° 17

#### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

Dimensiones de tanque de aforo nudo 8

<b>a=</b>	38,30 cm
<b>b=</b>	119,50 cm

<b>Presiones leídas con manómetros</b>		
M1=	2,5 bar	3 mca
M8=	2,4 bar	2,88 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a  
20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

**Aforo en nudo 7**

<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
1	7,7	0,5
2	7,8	0,5
3	7,5	0,5
4	7,9	0,5
5	7,7	0,5

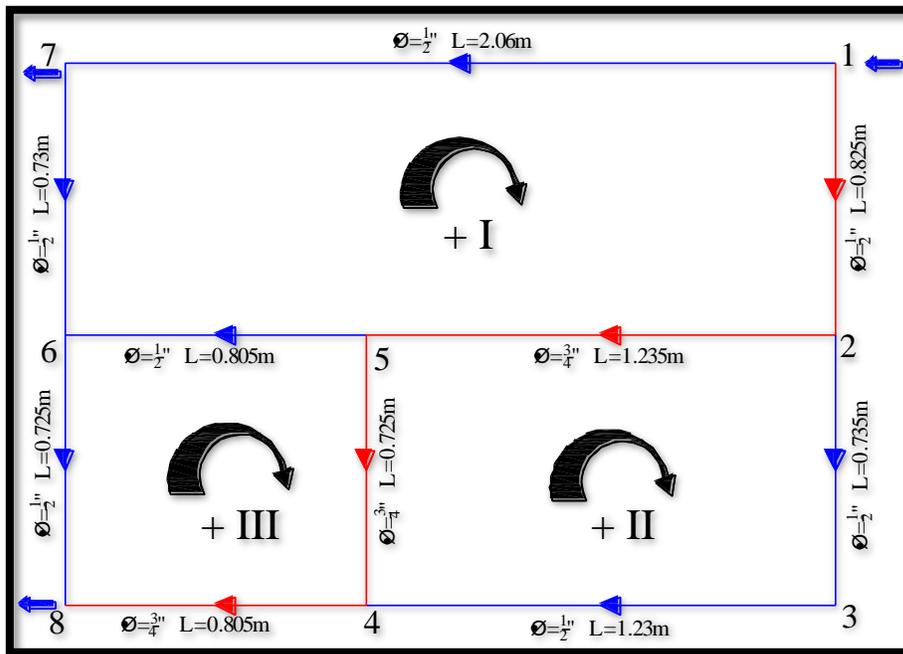
**Aforo en nudo 8**

<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
1	40,02	1
2	40	1
3	39,56	1
4	39,88	1
5	39,67	1

**Proceso de cálculo**

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	39,83 s	$t(prom)=$	7,72 s
$Q8=$	0,00012 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00017 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..19 Esquema inicial para iteración ensayo 17



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000140	0,75	9338,13	0,0316	0,0168	120,18	4,45E-05	0,000185
2-5	1,235	0,000070	0,75	4669,06	0,0382	0,0076	108,91	7,22E-05	0,000142
5-6	0,805	0,000035	0,5	3501,80	0,0416	0,0103	293,58	4,44E-05	0,000079
7-6	0,73	0,000025	0,5	2512,34	0,0461	0,0053	211,45	4,45E-05	0,000070
1-7	2,06	-0,000140	0,5	14007,19	0,0285	-0,2884	2057,91	4,45E-05	-0,000096
						$\Sigma=$	-0,2483	2792,03	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)

2-3	0,735	0,000070	0,5	7003,60	0,0342	0,0308	439,87	-2,77E-05	0,000042
3-4	1,23	0,000070	0,5	7003,60	0,0342	0,0516	736,11	-2,77E-05	0,000042
5-4	0,725	-0,000035	0,75	2334,53	0,0471	-0,0014	39,41	-2,77E-05	-0,000063
2-5	1,235	-0,000070	0,75	4669,06	0,0382	-0,0076	108,91	-7,22E-05	-0,000142
					$\Sigma=$	0,0734	1324,30		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000035	0,75	2334,53	0,0471	0,0014	39,41	2,77E-05	0,000063
4-8	0,805	0,000105	0,75	7003,60	0,0341	0,0100	95,02	3,27E-08	0,000105
6-8	0,725	-0,000010	0,5	989,46	0,0629	-0,0011	112,88	3,27E-08	-0,000010
5-6	0,805	-0,000035	0,5	3501,80	0,0416	-0,0103	293,58	-4,44E-05	-0,000079
					$\Sigma=$	0,0000	540,89		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000192	0,75	12791,47	0,0291	0,0291	151,74	1,46E-06	0,000193
2-5	1,235	0,000151	0,75	10046,26	0,0310	0,0286	189,90	4,01E-07	0,000151
5-6	0,805	0,000062	0,5	6190,80	0,0353	0,0273	440,63	-1,05E-06	0,000061
7-6	0,73	0,000077	0,5	7692,35	0,0333	0,0360	467,91	1,46E-06	0,000078
1-7	2,06	-0,000088	0,5	8827,18	0,0321	-0,1290	1460,42	1,46E-06	-0,000087
					$\Sigma=$	-0,0079	2710,60		
ANILLO II									

Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000041	0,5	4117,81	0,0397	0,0124	300,50	1,06E-06	0,000042
3-4	1,23	0,000041	0,5	4117,81	0,0397	0,0207	502,88	1,06E-06	0,000042
5-4	0,725	-0,000089	0,75	5919,06	0,0357	-0,0067	75,79	-1,45E-06	-0,000090
2-5	1,235	-0,000151	0,75	10046,26	0,0310	-0,0286	189,90	-4,01E-07	-0,000151
						Σ=	-0,0023	1069,07	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000089	0,75	5919,06	0,0357	0,0067	75,79	1,45E-06	0,000090
4-8	0,805	0,000130	0,75	8664,27	0,0322	0,0144	111,01	2,51E-06	0,000133
6-8	0,725	0,000015	0,5	1501,55	0,0545	0,0022	148,32	2,51E-06	0,000018
5-6	0,805	-0,000062	0,5	6190,80	0,0353	-0,0273	440,63	1,05E-06	-0,000061
						Σ=	-0,0039	775,75	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..33 Resultados de caudales ensayo 17**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,193	0,151	0,061	0,078	-0,087	0,042	0,042	0,09	0,133	0,018

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..34 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 17**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,00	2,97	2,96	2,94	2,94	2,91	2,95	2,92

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 18

### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

<b>Dimensiones de tanque de aforo nudo 8</b>	
<b>a=</b>	38,30 cm
<b>b=</b>	119,50 cm

<b>Presiones lecturadas con manómetros</b>		
M1=	3,5 bar	4,2 mca
M8=	3,4 bar	4,08 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

#### **Aforo en nudo 7**

<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
1	18,2	0,5
2	18,4	0,5
3	18,7	0,5
4	18,6	0,5
5	18,1	0,5

#### **Aforo en nudo 8**

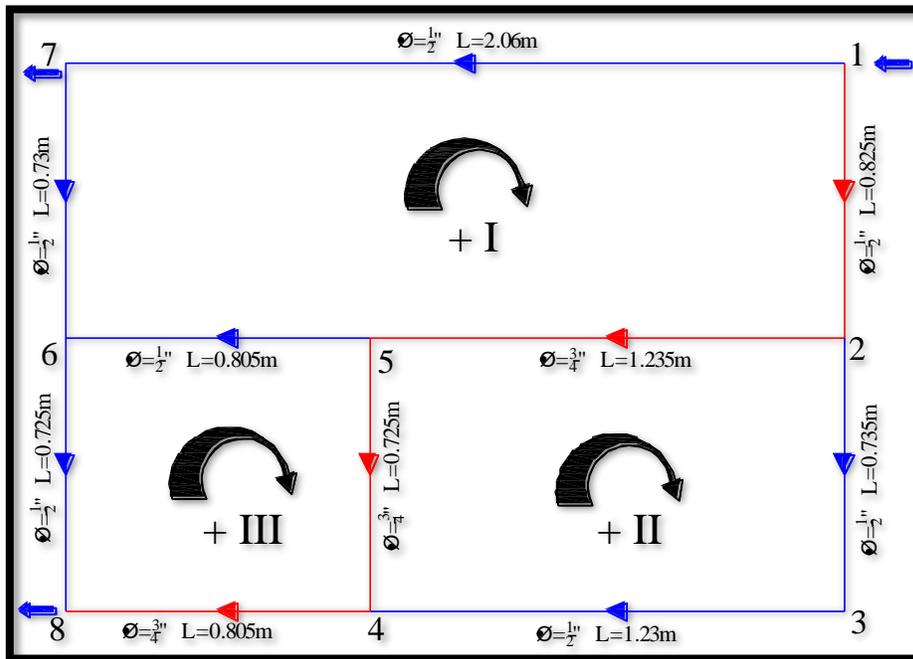
<b>N°</b>	<b>tiempo (seg)</b>	<b>h (cm)</b>
1	55,95	1
2	55,41	1
3	55,8	1
4	55,61	1

5	55,88	1
---	-------	---

**Proceso de cálculo**

$V=a*b*h=$	0,0046 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	55,73 s	$t(prom)=$	18,40 s
$Q8=$	0,00008 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00007 m <sup>3</sup> /s

**Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..20 Esquema inicial para iteración ensayo 18**



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000045	0,75	3025,47	0,0435	0,0024	53,62	4,16E-05	0,000087
2-5	1,235	0,000023	0,75	1512,73	0,0543	0,0011	50,12	5,05E-05	0,000073
5-6	0,805	0,000011	0,5	1134,55	0,0599	0,0016	136,95	2,68E-05	0,000038

7-6	0,73	-0,000037	0,5	3658,12	0,0411	-0,0101	274,64	4,16E-05	0,000005
1-7	2,06	-0,000106	0,5	10589,14	0,0306	-0,1769	1670,28	4,16E-05	-0,000064
					$\Sigma=$	-0,1819	2185,61		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000023	0,5	2269,10	0,0476	0,0045	198,56	-8,92E-06	0,000014
3-4	1,23	0,000023	0,5	2269,10	0,0476	0,0075	332,28	-8,92E-06	0,000014
5-4	0,725	-0,000011	0,75	756,37	0,0693	-0,0002	18,79	-2,38E-05	-0,000035
2-5	1,235	-0,000023	0,75	1512,73	0,0543	-0,0011	50,12	-5,05E-05	-0,000073
					$\Sigma=$	0,0107	599,74		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000011	0,75	756,37	0,0693	0,0002	18,79	2,38E-05	0,000035
4-8	0,805	0,000034	0,75	2269,10	0,0476	0,0015	42,93	1,49E-05	0,000049
6-8	0,725	-0,000048	0,5	4792,67	0,0380	-0,0158	330,26	1,49E-05	-0,000033
5-6	0,805	-0,000011	0,5	1134,55	0,0599	-0,0016	136,95	-2,68E-05	-0,000038
					$\Sigma=$	-0,0157	528,92		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000105	0,75	6981,64	0,0341	0,0102	97,16	2,28E-06	0,000107

2-5	1,235	0,000084	0,75	5574,33	0,0363	0,0103	123,66	7,55E-07	0,000084
5-6	0,805	0,000035	0,5	3509,09	0,0416	0,0103	294,08	-1,95E-06	0,000033
7-6	0,73	0,000023	0,5	2276,13	0,0475	0,0045	197,63	2,28E-06	0,000025
1-7	2,06	-0,000047	0,5	4654,89	0,0383	-0,0428	918,91	2,28E-06	-0,000044
					$\Sigma=$	-0,0074	1631,45		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000021	0,5	2110,97	0,0487	0,0040	188,98	1,53E-06	0,000023
3-4	1,23	0,000021	0,5	2110,97	0,0487	0,0067	316,25	1,53E-06	0,000023
5-4	0,725	-0,000049	0,75	3234,94	0,0426	-0,0024	49,38	-2,70E-06	-0,000051
2-5	1,235	-0,000084	0,75	5574,33	0,0363	-0,0103	123,66	-7,55E-07	-0,000084
					$\Sigma=$	-0,0021	678,27		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	$\Delta Q$	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000049	0,75	3234,94	0,0426	0,0024	49,38	2,70E-06	0,000051
4-8	0,805	0,000070	0,75	4642,25	0,0383	0,0049	70,72	4,23E-06	0,000074
6-8	0,725	-0,000012	0,5	1232,96	0,0582	-0,0016	130,22	4,23E-06	-0,000008
5-6	0,805	-0,000035	0,5	3509,09	0,0416	-0,0103	294,08	1,95E-06	-0,000033
					$\Sigma=$	-0,0046	544,40		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..35 Resultados de caudales ensayo 18**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,107	0,084	0,033	0,025	-0,044	0,023	0,023	0,051	0,074	-0,008

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..36 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 18**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	4,20	4,19	4,19	4,18	4,18	4,17	4,17	4,17

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 19

### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

Dimensiones de tanque de aforo nudo 8	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones lecturadas con manómetros		
M1=	2 bar	2,4 mca
M8=	1,9 bar	2,28 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

### Aforo en nudo 7

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	8,9	0,5
2	8,8	0,5
3	8,6	0,5
4	8,7	0,5
5	9	0,5

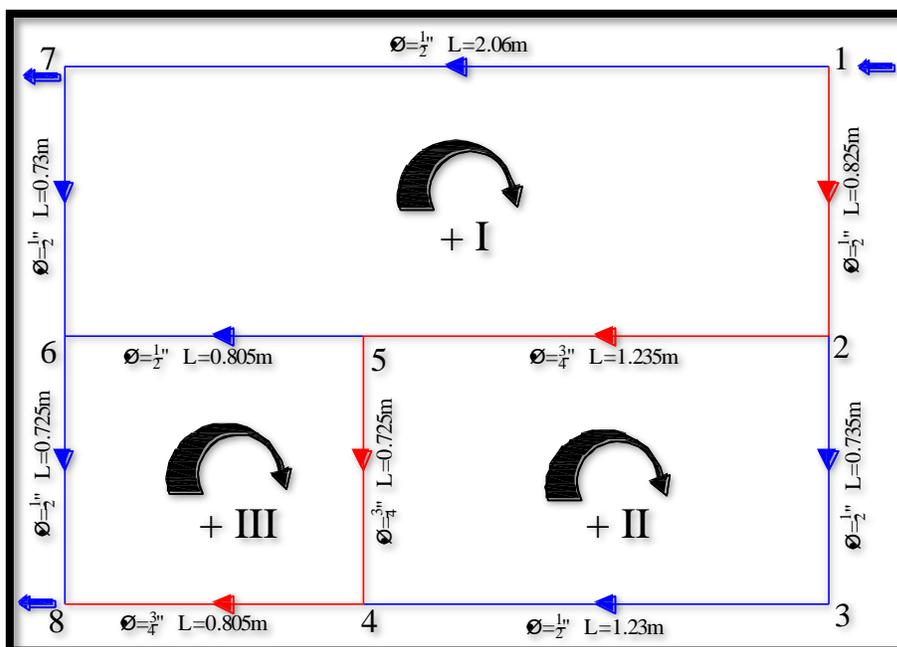
## Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	7,18	0,5
2	7,87	0,5
3	7,56	0,5
4	7,31	0,5
5	7,82	0,5

## Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0023 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	7,55 s	$t(prom)=$	8,80 s
$Q8=$	0,00030 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00014 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..21 Esquema inicial para iteración ensayo 19



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000157	0,75	10448,33	0,0307	0,0205	130,59	1,13E-04	0,000270
2-5	1,235	0,000078	0,75	5224,17	0,0370	0,0093	118,03	1,44E-04	0,000223
5-6	0,805	0,000039	0,5	3918,12	0,0403	0,0125	317,84	5,28E-05	0,000092
7-6	0,73	-0,000146	0,5	14613,93	0,0282	-0,1101	752,99	1,13E-04	-0,000033
1-7	2,06	-0,000291	0,5	29106,07	0,0240	-1,0469	3595,27	1,13E-04	-0,000178
					Σ=	-1,1148	4914,72		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000078	0,5	7836,25	0,0331	0,0374	477,52	-3,10E-05	0,000047
3-4	1,23	0,000078	0,5	7836,25	0,0331	0,0626	799,12	-3,10E-05	0,000047
5-4	0,725	-0,000039	0,75	2612,08	0,0455	-0,0017	42,58	-9,16E-05	-0,000131
2-5	1,235	-0,000078	0,75	5224,17	0,0370	-0,0093	118,03	-1,44E-04	-0,000223
					Σ=	0,0892	1437,25		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000039	0,75	2612,08	0,0455	0,0017	42,58	9,16E-05	0,000131
4-8	0,805	0,000118	0,75	7836,25	0,0331	0,0121	103,14	6,06E-05	0,000178
6-8	0,725	-0,000185	0,5	18532,06	0,0266	-0,1659	894,95	6,06E-05	-0,000125
5-6	0,805	-0,000039	0,5	3918,12	0,0403	-0,0125	317,84	-5,28E-05	-0,000092
					Σ=	-0,1646	1358,52		

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000322	0,75	21478,88	0,0256	0,0723	224,29	6,00E-06	0,000328
2-5	1,235	0,000255	0,75	16976,81	0,0271	0,0716	280,96	1,60E-06	0,000256
5-6	0,805	0,000091	0,5	9096,11	0,0318	0,0531	583,46	-3,86E-06	0,000087
7-6	0,73	0,000019	0,5	1931,89	0,0501	0,0034	176,80	6,00E-06	0,000025
1-7	2,06	-0,000126	0,5	12560,25	0,0293	-0,2383	1896,75	6,00E-06	-0,000120
					Σ=	-0,0380	3162,26		
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000068	0,5	6753,11	0,0345	0,0289	428,43	4,40E-06	0,000072
3-4	1,23	0,000068	0,5	6753,11	0,0345	0,0484	716,96	4,40E-06	0,000072
5-4	0,725	-0,000164	0,75	10912,73	0,0303	-0,0194	118,51	-5,46E-06	-0,000169
2-5	1,235	-0,000255	0,75	16976,81	0,0271	-0,0716	280,96	-1,60E-06	-0,000256
					Σ=	-0,0136	1544,85		
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000164	0,75	10912,73	0,0303	0,0194	118,51	5,46E-06	0,000169
4-8	0,805	0,000231	0,75	15414,80	0,0278	0,0394	170,29	9,86E-06	0,000241
6-8	0,725	-0,000072	0,5	7164,23	0,0339	-0,0316	441,06	9,86E-06	-0,000062
5-6	0,805	-0,000091	0,5	9096,11	0,0318	-0,0531	583,46	3,86E-06	-0,000087
					Σ=	-0,0259	1313,32		

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..37 Resultados de caudales ensayo 19**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,328	0,256	0,087	0,025	-0,12	0,072	0,072	0,169	0,241	-0,062

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..38 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 19**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	2,40	2,33	2,30	2,25	2,26	2,20	2,21	2,17

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayo N° 20

### Datos iniciales

Dimensiones tanque de aforo nudo 7	
D=	57,00 cm

Dimensiones de tanque de aforo nudo 8	
a=	38,30 cm
b=	119,50 cm

Presiones leídas con manómetros		
M1=	2,9 bar	3,48 mca
M8=	2,8 bar	3,36 mca

Rugosidad absoluta para PVC

$\epsilon=$	1,50E-6 m
-------------	-----------

Viscosidad cinemática para agua a 20°C

$\nu=$	1,003E-06 m <sup>2</sup> /s
--------	-----------------------------

### Aforo en nudo 7

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	23,2	0,5
2	23,4	0,5
3	23,5	0,5
4	23,4	0,5
5	23,9	0,5

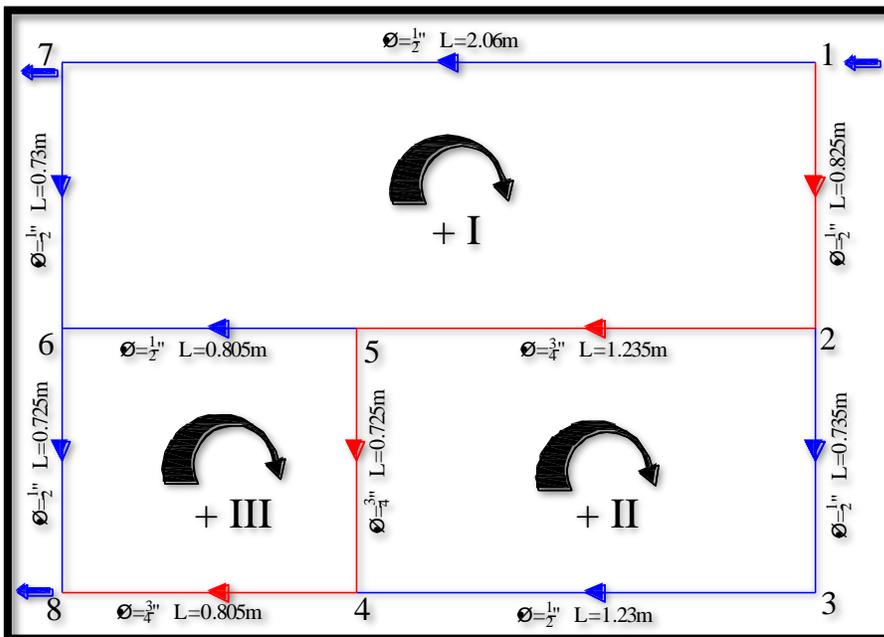
### Aforo en nudo 8

N°	tiempo (seg)	h (cm)
1	11,38	0,5
2	11,42	0,5
3	11,38	0,5
4	11,3	0,5
5	1113	0,5

### Proceso de cálculo

$V=a*b*h=$	0,0023 m <sup>3</sup>	$V=\pi*D^2/4=$	0,0013 m <sup>3</sup>
$t(prom)=$	231,70 s	$t(prom)=$	23,48 s
$Q8=$	0,00001 m <sup>3</sup> /s	$Q7=$	0,00005 m <sup>3</sup> /s

Figura N° ;*Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*22 Esquema inicial para iteración ensayo 20



Primera iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
1-2	0,825	0,000008	0,75	514,48	0,0804	0,0001	16,86	2,52E-05	0,000033
2-5	1,235	0,000004	0,75	257,24	0,1074	0,0001	16,86	2,67E-05	0,000031
5-6	0,805	0,000002	0,5	192,93	0,1223	0,0001	47,54	2,41E-05	0,000026
7-6	0,73	-0,000002	0,5	227,83	0,1134	-0,0001	47,18	2,52E-05	0,000023
1-7	2,06	-0,000057	0,5	5659,29	0,0362	-0,0598	1056,85	2,52E-05	-0,000031
						Σ=	-0,0597	1185,28	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
2-3	0,735	0,000004	0,5	385,86	0,0903	0,0002	64,06	-1,49E-06	0,000002
3-4	1,23	0,000004	0,5	385,86	0,0903	0,0004	107,21	-1,49E-06	0,000002
5-4	0,725	-0,000002	0,75	128,62	0,1489	0,0000	6,86	-2,53E-06	-0,000004
2-5	1,235	-0,000004	0,75	257,24	0,1074	-0,0001	16,86	-2,67E-05	-0,000031
						Σ=	0,0006	194,99	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m <sup>3</sup> /s)
5-4	0,725	0,000002	0,75	128,62	0,1489	0,0000	6,86	2,53E-06	0,000004
4-8	0,805	0,000006	0,75	385,86	0,0903	0,0001	13,86	1,03E-06	0,000007
6-8	0,725	-0,000004	0,5	420,76	0,0871	-0,0003	66,51	1,03E-06	-0,000003
5-6	0,805	-0,000002	0,5	192,93	0,1223	-0,0001	47,54	-2,41E-05	-0,000026
						Σ=	-0,0003	134,77	

Cuarta iteración									
ANILLO I									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
1-2	0,825	0,000038	0,75	2557,15	0,0458	0,0018	47,74	1,00E-06	0,000039
2-5	1,235	0,000031	0,75	2080,56	0,0489	0,0019	62,08	3,39E-07	0,000032
5-6	0,805	0,000018	0,5	1778,10	0,0515	0,0033	184,35	-5,83E-07	0,000017
7-6	0,73	0,000028	0,5	2836,17	0,0444	0,0065	229,85	1,00E-06	0,000029
1-7	2,06	-0,000026	0,5	2595,29	0,0456	-0,0158	610,04	1,00E-06	-0,000025
						Σ=	-0,0023	1134,06	
ANILLO II									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
2-3	0,735	0,000007	0,5	714,89	0,0708	0,0007	93,13	6,61E-07	0,000008
3-4	1,23	0,000007	0,5	714,89	0,0708	0,0011	155,84	6,61E-07	0,000008
5-4	0,725	-0,000013	0,75	895,16	0,0652	-0,0003	20,91	-9,22E-07	-0,000014
2-5	1,235	-0,000031	0,75	2080,56	0,0489	-0,0019	62,08	-3,39E-07	-0,000032
						Σ=	-0,0004	331,97	
ANILLO III									
Tramo	L (m)	Caudal (m³/s)	D (pulg)	Re	f	hf (m)	hf/Q	ΔQ	QC (m³/s)
5-4	0,725	0,000013	0,75	895,16	0,0652	0,0003	20,91	9,22E-07	0,000014
4-8	0,805	0,000021	0,75	1371,75	0,0561	0,0006	30,62	1,58E-06	0,000022
6-8	0,725	0,000011	0,5	1058,08	0,0614	0,0012	117,92	1,58E-06	0,000012
5-6	0,805	-0,000018	0,5	1778,10	0,0515	-0,0033	184,35	5,83E-07	-0,000017
						Σ=	-0,0011	353,80	

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..39 Resultados de caudales ensayo 20**

Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
Q (lt/s)	0,039	0,032	0,017	0,029	-0,025	0,008	0,008	0,014	0,022	0,012

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..40 Resultados de altura piezométrica de presión ensayo 20**

Nudo	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mca)	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,47	3,48	3,47

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados obtenidos

A continuación, se presenta un resumen de los caudales obtenidos en cada tramo de la red cerrada, y las alturas piezométricas correspondientes a cada nudo:

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..41 Resultados de caudales en los tramos de la red en los ensayos realizados**

Tabla de resultados de Caudal por tramo (Lt/s)										
Ensayos aplicando consumo al nudo 8										
Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
P-1	0,357	0,274	0,042	-0,093	-0,093	0,084	0,084	0,232	0,316	-0,134
P-2	0,252	0,193	0,026	-0,064	-0,064	0,059	0,059	0,167	0,226	-0,090
P-3	0,178	0,136	0,014	-0,045	-0,045	0,042	0,042	0,123	0,165	-0,058
P-4	0,124	0,095	0,003	-0,031	-0,031	0,030	0,030	0,092	0,121	-0,034
P-5	0,357	0,274	0,042	-0,093	-0,093	0,084	0,084	0,232	0,316	-0,134
P-6	0,186	0,142	0,015	-0,047	-0,047	0,044	0,044	0,127	0,171	-0,062
P-7	0,098	0,075	-0,002	-0,024	-0,024	0,024	0,024	0,077	0,101	-0,021
P-8	0,072	0,054	-0,009	-0,017	-0,017	0,018	0,018	0,064	0,081	-0,008
P-9	0,281	0,215	0,03	-0,072	-0,072	0,066	0,066	0,185	0,250	-0,103
P-10	0,159	0,122	0,01	-0,040	-0,040	0,037	0,037	0,112	0,149	-0,050
Ensayo aplicando consumo a los nudos 7 y 8										
Tramo	1-2	2-5	5-6	7-6	1-7	2-3	3-4	5-4	4-8	6-8
P-11	0,439	0,338	0,078	-0,058	-0,136	0,101	0,101	0,260	0,361	-0,136
P-12	0,258	0,2	0,058	-0,004	-0,087	0,058	0,058	0,142	0,200	-0,062
P-13	0,315	0,248	0,105	0,134	-0,151	0,067	0,067	0,143	0,210	0,029
P-14	0,192	0,149	0,052	0,025	-0,070	0,042	0,042	0,097	0,139	-0,028
P-15	0,385	0,299	0,105	0,050	-0,141	0,086	0,086	0,194	0,280	-0,055
P-16	0,226	0,176	0,056	0,011	-0,078	0,050	0,050	0,120	0,170	-0,045
P-17	0,193	0,151	0,061	0,078	-0,087	0,042	0,042	0,090	0,133	0,018
P-18	0,107	0,084	0,033	0,025	-0,044	0,023	0,023	0,051	0,074	-0,008
P-19	0,328	0,256	0,087	0,025	-0,120	0,072	0,072	0,169	0,241	-0,062
P-20	0,039	0,032	0,017	0,029	-0,025	0,008	0,008	0,014	0,022	0,012

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° *¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*42 Resultados de altura piezométrica de presión en los ensayos realizados**

<b>Tabla de resultados de altura piezométrica de presión (m.c.a.)</b>								
<b>Ensayos aplicando consumo al nudo 8</b>								
<b>NUDO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>P-1</b>	1,92	1,83	1,80	1,73	1,75	1,72	1,77	1,66
<b>P-2</b>	2,64	2,59	2,57	2,54	2,55	2,53	2,56	2,50
<b>P-3</b>	3,24	3,22	3,20	3,18	3,19	3,18	3,20	3,16
<b>P-4</b>	3,72	3,71	3,70	3,69	3,69	3,69	3,70	3,68
<b>P-5</b>	2,28	2,19	2,16	2,09	2,11	2,08	2,13	2,02
<b>P-6</b>	3,12	3,09	3,08	3,06	3,07	3,06	3,07	3,04
<b>P-7</b>	3,96	3,95	3,95	3,94	3,94	3,94	3,95	3,93
<b>P-8</b>	4,68	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,66
<b>P-9</b>	3,00	2,94	2,92	2,88	2,89	2,87	2,90	2,83
<b>P-10</b>	3,84	3,82	3,81	3,79	3,80	3,79	3,80	3,78
<b>Ensayo aplicando consumo a los nudos 7 y 8</b>								
<b>NUDO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>P-11</b>	1,68	1,56	1,50	1,41	1,44	1,40	1,39	1,33
<b>P-12</b>	2,16	2,11	2,09	2,06	2,07	2,04	2,04	2,01
<b>P-13</b>	1,92	1,85	1,83	1,79	1,79	1,71	1,79	1,71
<b>P-14</b>	3,24	3,21	3,20	3,18	3,18	3,16	3,17	3,16
<b>P-15</b>	1,56	1,46	1,42	1,35	1,37	1,30	1,25	1,30
<b>P-16</b>	2,76	2,72	2,71	2,68	2,68	2,66	2,66	2,64
<b>P-17</b>	3,00	2,97	2,96	2,94	2,94	2,91	2,95	2,92
<b>P-18</b>	4,20	4,19	4,19	4,18	4,18	4,17	4,17	4,17
<b>P-19</b>	2,40	2,33	2,30	2,25	2,26	2,20	2,21	2,17
<b>P-20</b>	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,47	3,48	3,47

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO IV

### VALIDACIÓN

La validación del nuevo material propuesto, fue realizada mediante encuestas a un grupo de Laboratorio de Hidráulica I en el curso nivelación de segundo semestre de la gestión 2016.

### Encuestas

1) ¿Es adecuado el diseño y formato de la guía de prácticas?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS
SI	29	67,44%
NO	14	32,56%

**Gráfica N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1 **Resultado de encuesta en pregunta 1**



Fuente: Elaboración propia.

2) ¿Es suficiente la teoría expuesta para el desarrollo de la práctica?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS
SI	36	83,72%
NO	7	16,28%

**Gráfica N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**2 Resultado de encuesta en pregunta 2**



Fuente: Elaboración propia.

3) ¿Es adecuado el modelo de la hoja de levantamiento de datos de la práctica?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS ENCUESTADOS	% DE ALUMNOS
SI	35	81,40%
NO	8	18,60%

**Gráfica N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**3 Resultado de encuesta en pregunta 3**



Fuente: Elaboración propia.

4) ¿Son claras y suficientes las instrucciones para el procedimiento experimental?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS ENCUESTADOS	% DE ALUMNOS
SI	32	74,42%
NO	11	25,58%

**Gráfica N°** ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**4 Resultado de encuesta en pregunta 4**



Fuente: Elaboración propia.

5) ¿Son suficientes los pasos y las instrucciones expuestas para la realización de los cálculos de la práctica?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS ENCUESTADOS	% DE ALUMNOS
SI	30	69,77%
NO	13	30,23%

**Gráfica N°** ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**5 Resultado de encuesta en pregunta 5**



Fuente: Elaboración propia.

6) ¿Es suficiente y adecuada el modelo de la tabla de resultados?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS ENCUESTADOS	% DE ALUMNOS
SI	41	95,35%
NO	3	6,98%

**Gráfica N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**6 Resultado de encuesta en pregunta 6**



Fuente: Elaboración propia.

7) Las partes de “metas de la práctica”, “resumen breve”, “partes esenciales y amplias tus conocimientos” ¿crees que contribuye al aprendizaje del tema?

RESPUESTA	NÚMERO DE ALUMNOS ENCUESTADOS	% DE ALUMNOS
SI	38	88,37%
NO	5	11,63%

**Gráfica N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..**7 Resultado de encuesta en pregunta 7**



Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### Validación de Caudales

##### Ensayos con consumo en nudo 8

Los resultados obtenidos por medio de la corrección de caudales nos muestran que se cumple la ley de conservación de los nudos, ya que la diferencia en porcentaje, es menor al 1%, comprobando la eficiencia de la metodología de red cerrada de Cross con corrección de caudales.

**Tabla N° *¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*43**  
**Comparación de caudal aforado y corregido en el nudo 8**

ENSAYO	Q aforado nudo 8 (Lt/s)	Q corregido nudo 8 (Lt/s)	Diferencia (%)
P-1	0,447	0,450	0,67
P-2	0,316	0,316	0,00
P-3	0,223	0,223	0,00
P-4	0,155	0,155	0,00
P-5	0,450	0,450	0,00
P-6	0,233	0,233	0,00
P-7	0,122	0,122	0,00
P-8	0,089	0,089	0,00
P-9	0,353	0,353	0,00
P-10	0,199	0,199	0,00

Fuente: Elaboración propia.

##### Ensayos con consumo en nudos 7 y 8

Los resultados obtenidos por medio de la corrección de caudales nos muestran que se cumple la ley de conservación de los nudos, ya que la diferencia en porcentaje, es menor al 2%, comprobando la eficiencia de la metodología de red cerrada de Cross con corrección de caudales.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..44**  
**Comparación de caudal aforado y corregido en nudos 7 y 8**

ENSAYO	Q aforado nudo 7 (Lt/s)	Q corregido nudo 7 (Lt/s)	Diferencia (%)	Q aforado nudo 8 (Lt/s)	Q corregido nudo 8 (Lt/s)	Diferencia (%)
P-11	0,077	0,078	1,28	0,497	0,497	0,00
P-12	0,083	0,083	0,00	0,262	0,262	0,00
P-13	0,285	0,285	0,00	0,181	0,181	0,00
P-14	0,095	0,095	0,00	0,167	0,167	0,00
P-15	0,191	0,191	0,00	0,335	0,335	0,00
P-16	0,089	0,089	0,00	0,215	0,215	0,00
P-17	0,165	0,165	0,00	0,115	0,115	0,00
P-18	0,069	0,069	0,00	0,082	0,082	0,00
P-19	0,145	0,145	0,00	0,303	0,303	0,00
P-20	0,054	0,054	0,00	0,010	0,010	0,00

Fuente: Elaboración propia.

### Validación de alturas piezométricas de presión

#### Ensayos con consumo en nudo 8

Los resultados presentan una diferencia del rango entre 0,95% a 6,71%, los mismos podrían mejorar si se haría uso de un manómetro de mayor precisión.

**Tabla N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..45**  
**Comparación de alturas piezométricas de presión en el nudo 8**

Altura piezométrica de presión			
ENSAYO	Altura leída con manómetro nudo 8 (mca)	Altura obtenida mediante cálculos nudo 8 (mca)	Diferencia (%)
P-1	1,68	1,66	0,95
P-2	2,40	2,50	4,04
P-3	3,12	3,16	1,36
P-4	3,60	3,68	2,10
P-5	2,16	2,02	6,71

<b>P-6</b>	3,00	3,04	1,22
<b>P-7</b>	3,84	3,93	2,31
<b>P-8</b>	4,56	4,66	2,18
<b>P-9</b>	2,88	2,83	1,69
<b>P-10</b>	3,60	3,78	4,66

Fuente: Elaboración propia.

### **Ensayos con consumo en nudos 7 y 8**

Los resultados presentan una diferencia del rango entre 0,17% a 10,81%, esto debido a que algunos ensayos aplicando consumo a los nudos 7 y 8, no se pudieron determinar con precisión las lecturas ya que la aguja del manómetro quedaba entre medio de la escala de los mismos.

**Tabla N° *¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*46**  
**Comparación de alturas piezométricas de presión en el nudo 8**

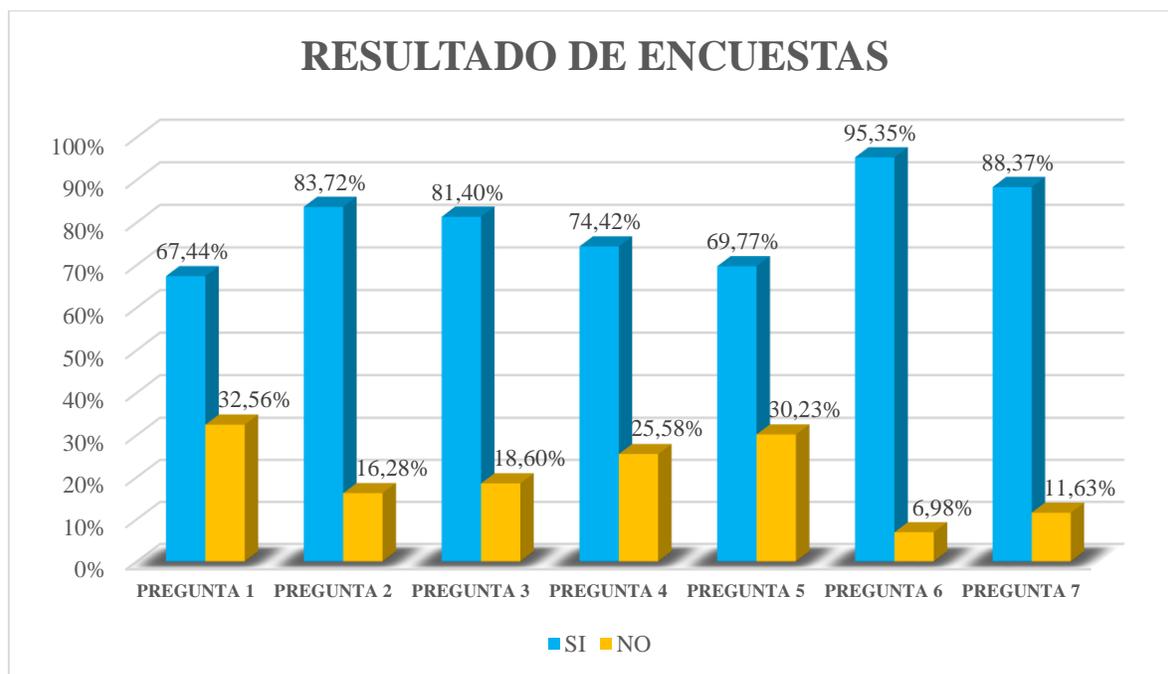
<b>Altura piezométrica de presión</b>			
<b>ENSAYO</b>	<b>Altura letrada con manómetro nudo 8 (mca)</b>	<b>Altura obtenida mediante cálculos nudo 8 (mca)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
<b>P-11</b>	1,44	1,33	8,37
<b>P-12</b>	2,04	2,01	1,37
<b>P-13</b>	1,68	1,71	1,72
<b>P-14</b>	3,12	3,16	1,11
<b>P-15</b>	1,44	1,30	10,81
<b>P-16</b>	2,64	2,64	0,17
<b>P-17</b>	2,88	2,92	1,27
<b>P-18</b>	4,08	4,17	2,10
<b>P-19</b>	2,28	2,17	5,00
<b>P-20</b>	3,36	3,47	3,29

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados de encuestas para la validación del nuevo material propuesto

En las encuestas realizadas se puede observar:

**Gráfica N° ;Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..8 Resultados de encuestas**



Fuente: Elaboración propia.

- En la pregunta 1, donde el 67.44% de los alumnos encuestados considera que el diseño y formato de la guía de prácticas es adecuado y 32.56% considera que no es adecuada, considerando las sugerencias realizadas para mejorar las mismas.
- En la pregunta 2, el 83.72% de los alumnos encuestados considera que la teoría expuesta para el desarrollo de la práctica es suficiente y 16.28% tuvieron ciertas

observaciones las cuales fueron consideradas para mejorar el contenido de la teoría de las guías prácticas.

- En la pregunta 3, el 81.40% de los alumnos encuestados considera adecuado el modelo de la hoja de levantamiento de datos y un 18.60% considera que la hoja de levantamiento de datos no es adecuada.
- En la pregunta 4, el 74.42% de los alumnos encuestados considera que las instrucciones para el procedimiento experimental son claro y suficiente para la realización de las prácticas en el Laboratorio y un 25.58% considera que las instrucciones no son suficientes.
- En la pregunta 5, el 69.77% de los alumnos encuestados considera que los pasos y las instrucciones expuestas para la realización de los cálculos de la práctica son adecuados y el 30.23% considera que aún no se encuentra claro el procedimiento para la realización de los cálculos.
- En la pregunta 6, el 95.35% de los alumnos encuestados considera que las tablas de resultados son adecuadas y un 6.98% considera que no son las adecuadas.
- En la pregunta 7, el 88.37% de los alumnos encuestados considera que las partes de la Guía de Laboratorio:
  - a) Metas de la práctica.
  - b) Resumen breve.
  - c) Partes esenciales y amplía tus conocimientos.

Contribuyen al aprendizaje del tema, y un 11.63% considera que no contribuyen al aprendizaje.

## CONCLUSIONES

- El material didáctico para mejorar la calidad de la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Laboratorio de Hidráulica I, fue diseñado de manera exitosa habiendo sido validado mediante encuestas a los alumnos que cursaron la asignatura de Laboratorio de Hidráulica I, este material fue modificado de acuerdo a las sugerencias de los docentes que imparten la asignatura y los alumnos encuestados, el material propuesto se encuentra acorde al contenido mínimo vigente de la asignatura.
- Mediante la realización del material propuesto, se logró uniformizar la metodología para la realización de las prácticas de Laboratorio.
- El Laboratorio de Hidráulica contará con un formato de presentación de informe, bajo modelo técnico de Ingeniería, elaborado en base a las sugerencias y modelos utilizados por los Docentes que imparten la asignatura.
- Mediante la implementación en las Guías Prácticas del punto “Partes esenciales del tema y Amplia tus conocimientos”, se logró promover el autoaprendizaje en los alumnos esto quedo comprobado en las encuestas realizadas con un 86.96% de aceptación.
- Se fortalecerá la formación académica de los alumnos con la implementación del material propuesto, ya que este fue consensuado con los Docentes que imparten la asignatura y los alumnos que la cursan.
- El equipo de Red Cerrada se encuentra instalado y funcionando en óptimas condiciones, se realizaron pruebas para su correcto funcionamiento el cual fue verificado en los cálculos realizados, este equipo cuenta con su guía práctica y podrá ser utilizada para comprender el funcionamiento de una red cerrada de agua potable.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante mantener el material didáctico para mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Laboratorio de Hidráulica I, en constante actualización y renovación en base a la modernización pedagógica, académica y científica.
- Implementar el uso del material didáctico para mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Laboratorio de Hidráulica I, en los grupos de estudiantes para así lograr concretar la uniformidad de la enseñanza y elaboración de la parte práctica y teórica de la asignatura.
- Para realizar la implementación de nuevos equipos en el laboratorio, es conveniente consultar con docentes y encargados del Laboratorio sobre posibles sugerencias y calibraciones de los mismos.

