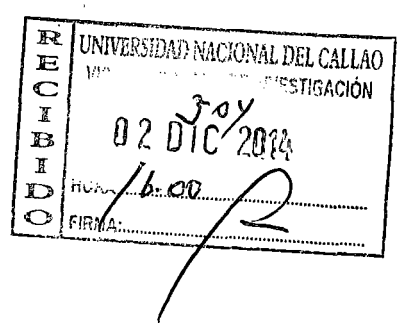
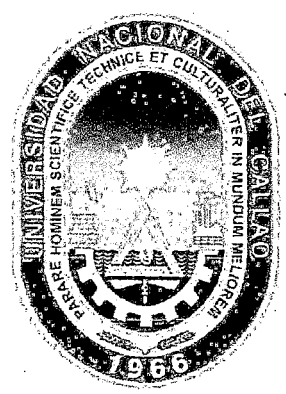
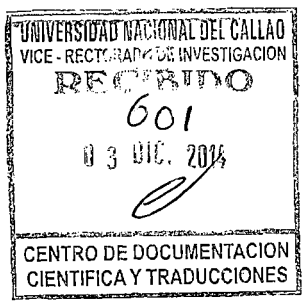




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA –ENERGIA,
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA MECÁNICA - ENERGÍA

DIC 2014



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE CAUDAL VOLUMETRICO DE FLUJOS VISCOSOS EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS SEGÚN EL CODIGO ASME”

AUTOR: Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA

PERIODO DE EJECUCION: DEL 01-11-2012 AL 31-10-2014

RESOLUCIÓN RECTORAL N° 1039-2012-R

CALLAO – PERU

2014

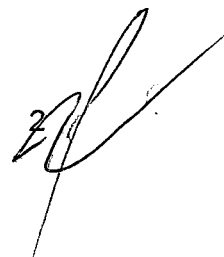
DEDICACION:

A la memoria de mi madre y hermana
que me iluminan y me fortalecen para
seguir superándome

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a single name.

I. INDICE	1
II. RESUMEN Y ABSTRACT	3
III. INTRODUCCION	5
3.1 Problema de la Investigación	5
3.1.1 Objetivo General	5
3.1.2 Objetivos Especificos	5
3.2 Importancia y Justificación de la Investigación	7
IV. MARCO TEORICO	10
4.1 Conceptos generales	11
4.2 Flujo	14
4.3 Ecuación de continuidad	15
4.4 Teorema y ecuación de Bernoulli	16
4.5 Descarga por un orificio	18
4.6 Consideraciones generales de los orificios	19
4.7 Coeficiente de velocidad	24
4.8 Coeficiente de contracción	25
4.9 Coeficiente de descarga	26
4.10 Perdida de carga en orificio	27
4.11 Tipos de medidores de caudal	28
4.12 Tubo de Venturi	29
4.13 Tobera o boquilla de flujo	31
4.14 Rotámetro	33
4.15 Placa de orificio	33

4.16 Tomas en la vena contracta	40
V. MATERIALES Y METODOS	44
5.1 Materiales	44
5.2 Metodo	55
VI. RESULTADOS	60
VII. DISCUSION	68
VIII. REFERENCIALES	70
IX. APENDICES	72
GUIA DE LABORATORIO	72
RESULTADOS DE METODO VOLUMETRICO	81
X. ANEXOS	81
TABLA A1	86
TABLA A2	86
TABLA A3	87
DIAGRAMA DE COEFICIENTE DE FLUJO K	88
MATRIZ DE CONSISTENCIA	90



II RESUMEN

El tema de investigación está referido al uso de los medidores de caudal que se utiliza actualmente en los procesos industriales y cuya teoría se imparte en las escuelas profesionales de ingeniería de la universidad peruana, y la parte experimental por medio del uso de módulos de laboratorio. El objetivo principal es diseñar y fabricar un equipo compacto experimental para la medición de caudal volumétrico en conductos a presión para flujos viscosos a través de placas de orificio de diferentes diámetros en concordancia con el código ASME. La primera parte del proyecto radica en la exposición de un resumen de teoría básica del tema de flujos en movimiento, los medidores más comunes, su descripción, los principios involucrados para el cálculo de los caudales, velocidades, presiones, selección de accesorios, equipo de bombeo e instrumentos. Una descripción de las placas de orificio, su selección, fabricación, usos, operación, características de su instalación y los datos sobre el líquido a usar, como sus propiedades, densidad, viscosidad cinemática, materiales del tubo, especificaciones técnicas del tubo, accesorios y equipo de bombeo. Luego se presenta el procedimiento seguido en la realización del experimento y los datos a tomar con los instrumentos, que se emplearon en el cálculo de los caudales reales y teóricos, el número de Reynolds y el coeficiente de descarga con base al método de coeficiente de flujo K que resultó ser más exacto que el método de obtención del caudal real mediante el método volumétrico. Los resultados se representan gráficamente en un diagrama Reynolds versus Coeficiente de descarga, los cuales se compararon con los coeficientes que muestran los diagramas del código ASME.



ABSTRACT

The research topic is based on the use of flow meters currently used in industrial processes and whose theory is taught in professional schools of engineering of the Peruvian university, and partly through the experimental use of laboratory modules. The main objective is to design and manufacture a compact experimental device for measuring volume flow in pressure conduits for viscous flows through orifice plates of different diameters in accordance with the ASME code. The first part of the project lies in the presentation of a summary of basic theory of the subject moving streams, the most common meters, its description, the principles involved in calculating flow rates, velocities, pressures, selection of accessories, equipment pumping and instruments. A description of orifice plates, selection, manufacture, use, operation, characteristics of the installation and the data on the liquid to use as their properties, density, kinematic viscosity, pipe material, pipe specifications, accessories and pumping equipment. After the procedure followed in conducting the experiment and the data taken with instruments that were used in the calculation of actual and theoretical flow rates, the Reynolds number and discharge coefficient based on the method of flow coefficient is presented K turned out to be more accurate than the method of obtaining the actual flow through, volumetric method. The results are plotted on a discharge coefficient versus Reynolds diagram, which were compared with



I. INTRODUCCION

3.1 El problema de Investigación

Ante la escasez de recursos que se presentan hoy en día dentro del aparato estatal, es muy importante para el Sistema Universitario Peruano proceder a impulsar el desarrollo de proyectos destinados a la fabricación de equipos experimentales para ser empleados por los estudiantes en los laboratorios a fin de que puedan a través de la experimentación comprobar los conocimientos teóricos brindados por los profesores en las aulas y también dotar de equipamiento apropiado para que los Docentes puedan investigar..

Estas actividades van a permitir a la facultad, poder mejorar su infraestructura académica de experimentación y de investigación así como mejorar su material educativo.

Como se comprenderá un alumno que no experimenta en un laboratorio estará limitado en su formación y en estas condiciones su nivel académico se vera afectado y cuando tenga que competir con alumnos de otras universidades estará en desventaja.

Una finalidad de este Proyecto será la de ampliar las practicas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas térmicas en los diferentes cursos de nuestra Facultad como es el caso de Mecánica de los Fluidos, Ingeniería Térmica e Hidráulica Experimental, Laboratorio de Energía I y II cursos que se dictan actualmente en las dos escuelas de la Facultad como son Escuela Profesional de Ingeniara Mecánica y Ingeniería en Energía.

De otro lado se trata de motivar al estudiante para que profundice sus estudios en temas que le son de gran



aplicación en cualquier empresa industrial, en donde casi siempre se presenta el problema de quiere medir los flujos de cualquier fluido que circula por un conducto a presión y en donde no hay medidores adecuados y en algunos casos no existen los recursos para su adquisición. Actualmente los medidores más sofisticados como por ejemplo el rotámetro o un tubo de venturi su costo es alto y se prefiere atender otros requerimientos de insumos o combustibles por la urgencia para ser usados en equipos que lo requieren para su funcionamiento. Frente a esta realidad proponemos este proyecto que se basa en el diseño y fabricación de un quipo de pruebas para la medición de caudales volumétricos en conductos a presión para flujos viscosos a través del uso de placas de orificio de diferentes diámetros.

¿Cómo podemos solucionar el problema de falta de recursos para poder implementar el laboratorio de Mecánica de fluidos y maquinas térmicas con equipos compactos de bajo costo y a su vez propiciar la investigación en los alumnos para que puedan experimentar con medidores de caudal que son de uso frecuente en la industria?

3.1.1 Objetivo general:

Diseñar y fabricar un equipo compacto experimental para la medición de caudal volumétrico en conductos a presión para flujos viscosos a través de placas de orificio de diferentes diámetros en concordancia con el código ASME.

3.1.2 Objetivos específicos:

- Experimentar con el uso de medidores de caudal usualmente empleados en el sector industrial y contrastar su funcionamiento con los valores que indican las normas.

- Conocer los efectos que causa la fricción en conductos rugosos, lisos.
- Aplicar la teoría de pérdidas por fricción en conductos y accesorios.
- Determinar un procedimiento del experimento que sirva como guía para la realización de experimentos en los cursos que correspondan.
- Modernizar las prácticas de Laboratorio de Asignaturas como es la Mecánica de Fluidos e Hidráulica.
- Motivar a los docentes para que desarrollen proyectos que permita ampliar nuestra capacidad operativa con nuevos equipos experimentales.
- Implementar el Laboratorio de Mecánica de fluidos y Maquinas Térmicas con equipos de bajo costo.

3.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION

A medida que la humanidad avanza con nuevas tecnologías se generan más cambios se puede apreciar la determinación de presión, velocidad, flujos, cambios de densidad, turbulencia y viscosidad están relacionados con las Mediciones de Fluidos en un periodo de tiempo.

Estas mediciones son de gran importancia en la práctica de la Ingeniería para controlar todos y cada una de las variaciones a considerar en un proceso donde exista el flujo de fluidos.

Para llevar a cabo estas mediciones se emplean diversos dispositivos, las medidas de velocidad se realizan con tubos de Prandtl, medidores de corriente y anemómetros rotativos y de



hilo caliente. las mediciones se realizan mediante orificios, tubos, toberas o boquillas, venturímetros y canales Venturi, medidores de codo, vertederos de aforo, numerosas modificaciones de los precedentes y diversos medidores patentados. Para aplicar correctamente estos aparatos, es importante emplear la ecuación de la continuidad y de Bernoulli y conocer las características y coeficientes de cada aparato.

Existen cuatro razones primordiales para utilizar sistemas de medición de flujo son el conteo, la evaluación del funcionamiento, la investigación y el control de procesos Siempre que se esté transfiriendo la custodia de un fluido, existe la necesidad de realizar un conteo de las cantidades involucradas. El flujo de gasolina se mide conforme se bombea hacia el tanque de combustible de un automóvil. Ejemplos de evaluación del funcionamiento son la medida del flujo de gasolina en una máquina, el flujo de aire en un sistema de calefacción, el flujo de sangre durante una cirugía o el flujo de agua a través de un intercambiador de calor. En control de procesos, el éxito de una operación continua depende en gran medida de la medición y control del flujo. Por ejemplo, en la fabricación de papel el flujo del desecho de la pulpa en la máquina y el flujo de vapor a los rodamientos de secado deben supervisarse y controlarse para asegurar un producto uniforme.¹

Muchos dispositivos se encuentran disponibles para la medición de flujo. Algunos de ellos miden la velocidad de flujo

1 www.oocities.org/ing_industrial/medidore.html

de volumen en forma directa, mientras que otros miden la velocidad promedio del flujo el cual puede convertirse a velocidad de flujo de volumen utilizando $Q = A \cdot v$. Asimismo, algunos de ellos proporcionan mediciones primarias directas, mientras que otros requieren calibración o la aplicación de un coeficiente de descarga a la salida observada del dispositivo. La forma de la salida del medidor de flujo también varía en forma considerable de un tipo a otro.

La medición de caudal es de fundamental importancia en la industria de procesos. Prueba de ello es su elevado porcentaje de ocurrencia en la práctica, dentro del conjunto de mediciones que se realiza habitualmente.

He aquí algunas de las funciones que se pueden llevar a cabo a través de la medición de caudales.

- a. Conocimiento de la producción de un proceso o planta.
- b. Conocimiento de los diferentes consumos.
- c. Distribución en forma prefijada de una corriente.
- d. Mezcla de varias corrientes en determinadas proporciones.
- e. Realización de balance de materia alrededor de un equipo.

4 MARCO TEORICO

La medición de caudal es de fundamental importancia en la industria de procesos. Prueba de ello es su elevado porcentaje de ocurrencia en la práctica, dentro del conjunto de mediciones que se realiza habitualmente.

He aquí algunas de las funciones que se pueden llevar a cabo a través de la medición de caudales.

- a. Conocimiento de la producción de un proceso o planta.
- b. Conocimiento de los diferentes consumos.
- c. Distribución en forma prefijada de una corriente.
- d. Mezcla de varias corrientes en determinadas proporciones.
- e. Realización de balance de materia alrededor de un equipo.

Campo de medición:

El campo de valores de caudal que se puede medir es sumamente vasto. En forma indicativa diremos que abarca desde los grandes caudales en ríos hasta los pequeños caudales que circulan por cromatógrafos y analizadores de gas.

Tipos de fluidos:

También es amplia la gama de condiciones de operación que se presentan con fluidos de muy diferentes características tales como fluidos barrocos, viscosos, de dos fases, con sólidos en suspensión, de alta velocidad, corrosivos, etc.

Existe una gran división en este tipo de medidores. Es la que surge de clasificarlos en:

Medidores de caudal

Medidores de volumen, es decir de caudal acumulado o integrado en el tiempo.

De los primeros se obtienen valores expresados en unidades de volumen por unidad de tiempo.

De los segundos en cambio, se los obtiene en unidades de volumen.

Los medidores de caudal se aplican mayormente a la medición de variables de proceso mientras que los de volumen se utilizan básicamente con fines contables.

Como ejemplo de estos últimos mencionamos operaciones de mezclado en procesos batch, caso típico el llenado de reactores o el "blending" de naftas.

Se puede en todos los casos pasar de una medición a la otra. Dependerá del proceso particular, que la magnitud básica sea caudal o volumen.

Se presentarán así casos en que se desea controlar caudal y conocer asimismo el volumen procesado en un determinado lapso de tiempo.

En la misma forma, en aquellos casos en que se mide el volumen acumulado a partir de un determinado instante, por derivación se podrá determinar el caudal que circula instantáneamente. Caso típico es el de las estaciones terminales de oleoductos o poliductos.

4.1 Conceptos generales

Factores para la elección del tipo de medidor de fluido

Rango: los medidores disponibles en el mercado pueden medir flujos desde varios mililitros por segundo (ml/s) para experimentos precisos de

laboratorio hasta varios miles de metros cúbicos por segundo (m³/s) para sistemas de irrigación de agua o agua municipal o sistemas de drenaje. Para una instalación de medición en particular, debe conocerse el orden de magnitud general de la velocidad de flujo así como el rango de las variaciones esperadas.

Exactitud requerida: cualquier dispositivo de medición de flujo instalado y operado adecuadamente puede proporcionar una exactitud dentro del 5 % del flujo real. La mayoría de los medidores en el mercado tienen una exactitud del 2% y algunos dicen tener una exactitud de más del 0.5%. El costo es con frecuencia uno de los factores importantes cuando se requiere de una gran exactitud.

Pérdida de presión: debido a que los detalles de construcción de los distintos medidores son muy diferentes, éstos proporcionan diversas cantidades de pérdida de energía o pérdida de presión conforme el fluido corre a través de ellos. Excepto algunos tipos, los medidores de fluido llevan a cabo la medición estableciendo una restricción o un dispositivo mecánico en la corriente de flujo, causando así la pérdida de energía.

Tipo de fluido: el funcionamiento de algunos medidores de fluido se encuentra afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración básica es si el fluido es un líquido o un gas. Otros factores que pueden ser importantes son la viscosidad, la temperatura, la corrosión, la conductividad eléctrica, la claridad óptica, las propiedades de lubricación y homogeneidad.

Calibración: se requiere de calibración en algunos tipos de medidores. Algunos fabricantes proporcionan una calibración en forma de una gráfica o esquema del flujo real versus indicación de la lectura. Algunos están equipados para hacer la lectura en forma directa con escalas calibradas en las unidades de flujo que se deseen. En el caso del tipo más básico de

los medidores, tales como los de cabeza variable, se han determinado formas geométricas y dimensiones estándar para las que se encuentran datos empíricos disponibles. Estos datos relacionan el flujo con una variable fácil de medición, tal como una diferencia de presión o un nivel de fluido.

Caudal o Gasto.- Cuando un líquido fluye a través de una tubería, es muy común hablar de su gasto, que por definición es: la relación existente entre el volumen del líquido que fluye por un conducto y el tiempo que tarda en fluir.¹

$$Q = V/t$$

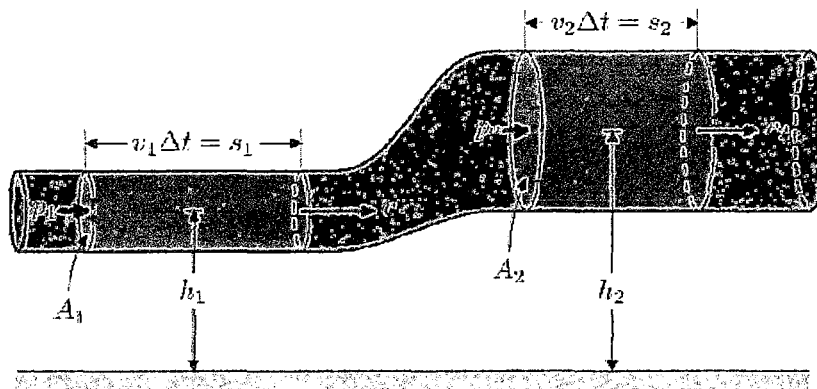
Q = Gasto en m³/seg.

V= Volumen del líquido que fluye en metros cúbicos (m³)

t = tiempo que tarda en fluir el líquido en segundos (seg).

El gasto también puede calcularse si se conoce la velocidad del líquido y el área de la sección transversal de la tubería. Ver la figura siguiente:

Fig.1 Flujo variable



Fuente: Monografias .com

Para conocer el volumen de líquido que pasa del punto 1 al 2 de la tubería, basta multiplicar entre sí el área, la velocidad del líquido y el

¹ www.cedmm.org/fisica2/contenidotematicod.pd

tiempo que tarda en pasar por los puntos:

$$V = A v t \quad (1)$$

$$Y \text{ como } Q = V/t \quad (2)$$

Sustituyendo 1 en 2:

$$Q = \frac{A v t}{t} \quad (3)$$

Donde Q = gasto en m^3/seg .

A = área de la sección transversal del tubo en metros cuadrados (m^2).

v = velocidad del líquido en m/seg .

4.2 FLUJO

Se define como la cantidad en masa del líquido que fluye a través de una tubería en un segundo.²

www.cedmm.org/fisica2/contenidotematicod.pdf

$$F = m/t.$$

Donde F = flujo en kg/seg .

m = masa del líquido que fluye en kilogramos (kg).

t = tiempo que tarda en fluir en segundos (seg).

Como la densidad de un cuerpo es la relación entre su masa y volumen tenemos:

$$\rho = m/V \quad (4).$$

$$\text{Por lo tanto } m = \rho V \quad (5),$$

Por lo que el flujo será:

$$F = \frac{\rho V}{t} \quad (6). \text{ Y como } Q = V/t \quad (7)$$

Sustituyendo 7 en 6:

$$F = Q \rho.$$

Donde F = flujo en kg/seg

Q = Gasto en m^3/seg .

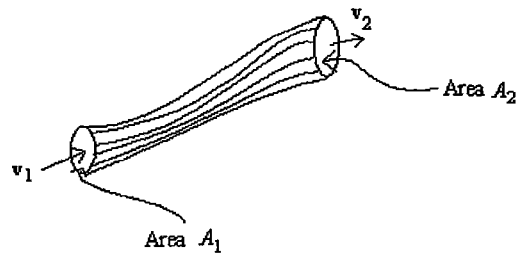


ρ = densidad en kg/m^3 .

4.3 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Para comprender el significado de esta ecuación veamos la figura siguiente:

Fig.2 Flujo en conducciones



Fuente. Hector Medellin Anaya. Fluidos

Considere el siguiente tubo de flujo. De acuerdo a la conservación de la masa, se tiene:

$$r_1 v_1 A_1 = r_2 v_2 A_2$$

El producto (velocidad perpendicular a un área) x (área) es el flujo, F.

La tubería de la figura anterior reduce de manera considerable su sección transversal o área entre los puntos 1 y 2.

Sin embargo es constante la cantidad de líquido que pasa por los puntos 1 y 2, al considerar que los líquidos son incompresibles. Para ello, en el tubo de mayor sección transversal, la velocidad del líquido es menor a la que adquiere al pasar al punto 2, donde la reducción del área se compensa con el aumento en la velocidad del líquido

Por lo tanto el gasto en el punto 1 es igual al gasto en el punto 2.

$$Q_1 = Q_2 = \text{constante.}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2. \quad (8)$$

A_1 = Área menor en m^2 .

v_1 = velocidad en el área 1 en m/seg .

A_2 = Área mayor m^2 .



V_2 = velocidad en el área 2 en m/seg.

4.4 TEOREMA Y ECUACION DE BERNOULLI

El físico suizo Daniel Bernoulli (1700-1782), al estudiar el comportamiento de los líquidos, descubrió que la presión de un líquido que fluye por una tubería es baja si su velocidad es alta y, por el contrario, es alta si su velocidad es baja.

Por lo tanto, la Ley de la conservación de la energía también se cumple cuando los líquidos están en movimiento. Con base en sus estudios Bernoulli, enunció el siguiente teorema que lleva su nombre.

“En un líquido ideal cuyo flujo es estacionario, la suma de las energías cinética, potencial y de presión que tiene un líquido en un punto, es igual a la suma de estas energías en otro punto cualquiera”.

El líquido posee, tanto en el punto 1 como en el 2, tres tipos de energía:

- a) Energía cinética, debido a su velocidad y a la masa del líquido:
- b) $E_c = 1/2mv^2$.

b) Energía potencial, debido a la altura del líquido, respecto a un punto de referencia:

$$E_p = m g h. \quad (9)$$

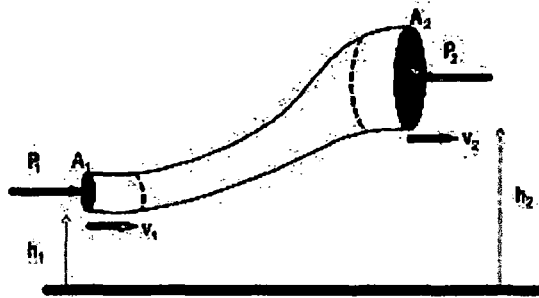
c) Energía de presión, originada por la presión que las moléculas del líquido ejercen entre sí, por lo cual el trabajo realizado para el desplazamiento de las moléculas es igual a la energía de presión. Todas estas energías se ilustran en la figura siguiente:

$$\text{Dado que } W_{\text{neto}} = DK + DU \quad (10)$$

se puede llegar a

$$(11) \quad p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Fig. 3 Fuerzas de presión



Fuente: Jairb620.wordpress.com

En otras palabras:

$$(12) \quad p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

La ecuación de Bernoulli establece que la suma de la presión, (p), la energía cinética por unidad de volumen ($\frac{1}{2} \rho v^2$) y la energía potencial gravitacional por unidad de volumen (ρgh) tiene el mismo valor en todos los puntos a lo largo de una línea de corriente.

Puesto que la energía de presión es igual al trabajo realizado, tenemos:

$$E_{\text{presión}} = T = F l \quad (13)$$

Como $P = F/A$, por lo tanto

$$F = PA \quad (14)$$

Sustituyendo 14 en 13:

$$E_{\text{presión}} = P A l \quad (15)$$

El área de la sección transversal del tubo multiplicado por la distancia l recorrida por el líquido nos da el volumen de éste que pasa del punto 1 al 2, $A l = V$, de donde la ecuación 15 queda:

$$E_{\text{presión}} = PV \quad (16)$$

Como $\rho = m/V$ por lo tanto $V = m/\rho$.

Sustituyendo (16) en (15) tenemos:

$$E_{\text{presión}} = P m/\rho \quad (17)$$

Donde $E_{\text{presión}}$ = Energía de presión en Joules.

P = Presión en N/m^2 o pascal.

m = masa del líquido en kilogramos (kg).

ρ = Densidad del líquido en kg/m^3 .

Así de acuerdo al Teorema de Bernoulli, la suma de las energías cinética, potencial y de presión en el punto 1, es igual a la suma de estas energías en el punto 2.

$$E_{c1} + E_{p1} + E_{\text{presión } 1} = E_{c2} + E_{p2} + E_{\text{presión } 2} \quad (18)$$

Al sustituir dichas expresiones por sus respectivas expresiones, tenemos:

$$1/2mv_1^2 + mgh_1 + P_1m/\rho_1 = 1/2mv_2^2 + mgh_2 + P_2m/\rho_2. \quad (19)$$

Si dividimos la expresión anterior entre la masa se obtiene la ecuación correspondiente al Teorema de Bernoulli, para expresar la energía por unidad de masa:

$$V_1^2/2 + gh_1 + P_1/\rho_1 = V_2^2/2 + gh_2 + P_2/\rho_2. \quad (20)$$

Aunque el Teorema de Bernoulli, parte de la consideración de que el líquido es ideal (por lo cual se desprecian las pérdidas de energía causadas por la viscosidad de todo líquido en movimiento), su ecuación permite resolver con facilidad muchos problemas sin incurrir en errores graves por despreciar esas pérdidas de energía pues resultan insignificantes comparadas con las otras energías.

4.5 DESCARGA POR UN ORIFICIO

Algunas características del chorro libre:

Considerando el caso de un fluido que sale de una tobera a la atmósfera con flujo subsónico. La presión de salida para tales flujos debe ser la de la atmósfera que lo rodea. Si la presión de la atmósfera fuera inferior que la del chorro, tendría lugar allí una expansión natural del mismo. Este hecho disminuiría la velocidad en el chorro, de acuerdo con la teoría del flujo isoentrópico, y, por consiguiente, crecería necesariamente la presión en el chorro, agravando más la situación. Una continuación de este evento sería catastrófica. Por otra parte, si se considera la hipótesis de

que la presión de la atmósfera sea superior a la del chorro, tendrá lugar entonces una contracción del chorro de acuerdo con la teoría del flujo isoentrópico, y un incremento de velocidad, esto produciría una disminución posterior en la presión del chorro, agravando de nuevo la situación. Cualquiera de estas dos suposiciones conlleva a una inestabilidad en el flujo del chorro.

Puesto que se sabe que el chorro subsónico libre es estable, se puede concluir que la presión del chorro es igual a la presión que lo rodea. Sin embargo, si el chorro emerge supersónicamente, la presión de salida no necesita ser igual a la presión de los alrededores. Puede ajustarse la presión de salida a la presión exterior, mediante una sucesión de ondas de choque y expansiones oblicuas, para el caso bidimensional o de ondas cónicas similares en el caso simétrico tridimensional.

4.6 CONSIDERACIONES GENERALES DE LOS ORIFICIOS

Los orificios intervienen en el diseño de muchas estructuras hidráulicas y para la medida o aforo de los fluidos que escurren.

Orificio, es cualquier abertura que tiene un perímetro cerrado y que se hace en un muro o división. Sus formas son muy variadas, aunque los más empleados son los circulares y rectangulares.³

Se considera un orificio de pared delgada a aquel en donde una placa o pared de espesor pequeño medible ha sido taladrada por un agujero y se ha producido una arista aguda bien definida en la superficie interior de la placa. (Ver figuras 4 y 5).

El gasto de la descarga de un orificio depende de la naturaleza de sus aristas u orillas, y con el objeto de comparar el funcionamiento de los

³ <http://prezi.com/1uoqx5j3lhff/copy-of-equilibrio-rotacional-torque-1003-jm-fisica/>



orificios que tienen diferentes diámetros, es necesario que estas aristas estén formadas similarmente.

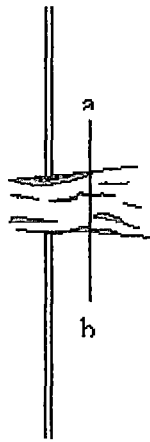


figura 4
Sección contracta

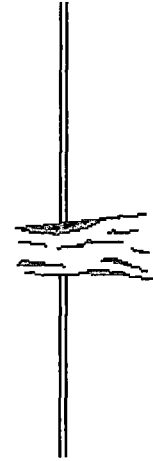


figura 5
Sección orificio

Cualquier fluido que escurra a través de un orificio que tenga una pared delgada presenta las siguientes características: conforme la corriente sale del orificio, gradualmente se contrae para formar un chorro cuya área de sección transversal es menor que la del orificio. Esto se debe al hecho de que las partículas separadas, estando próximas a la pared interior, tienen un movimiento a lo largo de esa pared hacia el orificio, que no puede cambiarse bruscamente en dirección a la arista de éste.

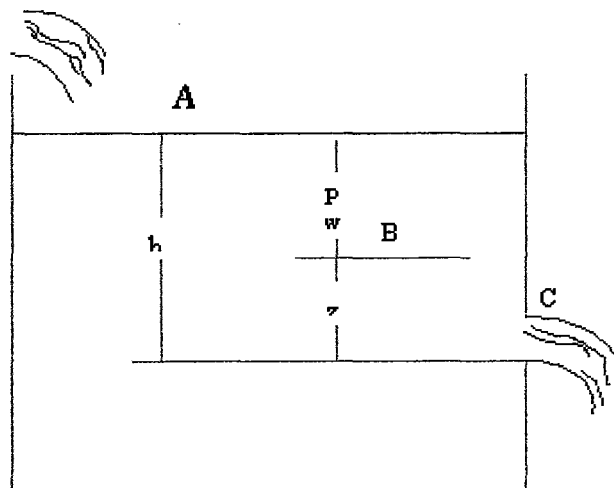
La contracción no se completa hasta que se alcanza la sección ab (fig.4), y en este punto los recorridos de la corriente se considera que son paralelos y la presión es la de la atmósfera circundante cayendo entonces libremente todas las partículas bajo la acción de la gravedad. En la corta porción del chorro entre las aristas del orificio y el lado ab , la presión será mayor que la atmosférica, porque las partículas se mueven en recorridos curvados y deben ser accionadas por presiones centrípetas de mayor intensidad que la de la atmósfera. Al plantearse la ecuación de Bernoulli entre dos puntos, uno en el plano del orificio y el otro en el plano ab , se establecerá este mismo hecho.



Como las cargas potenciales son iguales y la carga de velocidad en el primer punto mencionado es menor que en el segundo, se deriva que la carga de presión en el orificio es mayor que en la sección contraída.

La figura 6 representa un orificio en el lado de un gran depósito que tiene una carga h , sobre su centro. Con esta carga mantenida constante por un escurrimiento de entrada **A**, considerando que la superficie del depósito sea grande en comparación con la del orificio, no tendrá una velocidad apreciable significativa. Despreciando la fricción, el teorema de Bernoulli planteado entre un punto **B**, y el centro del chorro en la sección contraída, muestra que:

Figura N° 6 tanque de pruebas



Fuente: Elaboración propia

Teorema de Bernoulli:

$$0 + \frac{p}{\rho g} + z = \frac{v^2}{2g} + 0 + 0$$

ó

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (21)$$

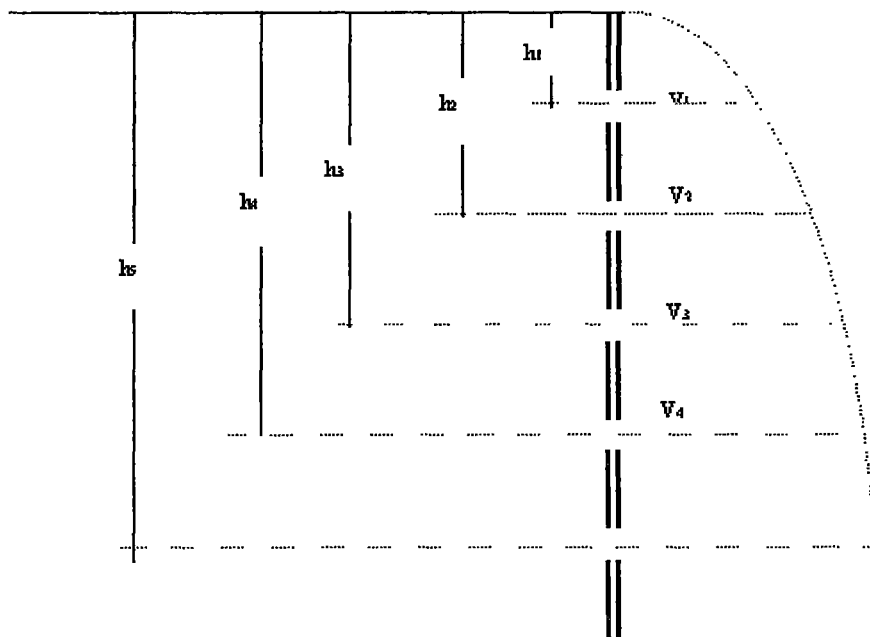
Este valor de v puede ser llamado de la velocidad ideal de salida, sin considerar la fricción:

$$\frac{v^2}{2g} = h_s \quad (22)$$

y la razón para darle el nombre de carga de velocidad a la ecuación (22) en el teorema de Bernoulli es aparente. Esta es la carga que producirá la velocidad v .

La ecuación (21) da la velocidad ideal de salida sin consideración a la naturaleza del líquido, y no se aplica a un fluido compresible, porque el peso específico cambiaría entre el punto B y C.

Fig. N° 7 Diferentes cargas



Fuente: Artistasdlaconstruccion.blogspot.com

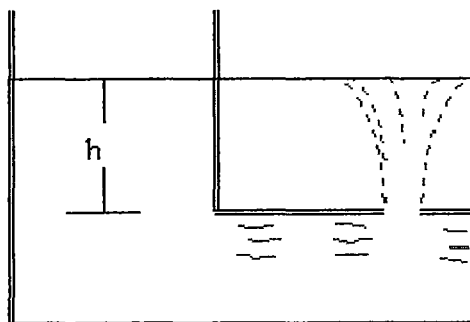
El orificio considerado se encuentra en un plano vertical y, expuesto a una carga que varía ligeramente sobre el orificio (fig.7). El chorro, consecuentemente está compuesto de partículas con velocidades

ligeramente variables, y el valor de v , obtenido por la ecuación (1), no representa la velocidad media del chorro. La representaría si las velocidades variaran directamente como las cargas que las causan; pero éstas varían con las raíces cuadradas de estas cargas, razón por la cual la figura 7 es una parábola con vértice en la superficie del depósito, y un eje vertical. De la figura se observa que la variación de la velocidad a través de la sección transversal del chorro será mayor conforme disminuye h , y para cargas muy pequeñas el valor medio de la velocidad ideal no está dado por la ecuación (1). Sin embargo, si la carga es grande en relación con la dimensión vertical del orificio el error será despreciable.

Con un orificio en un plano horizontal, todas las partes de éste están bajo la misma carga y la velocidad ideal de todas las partículas en el chorro es la misma.

Como la velocidad ideal, debida a una carga, es la misma que cuando la partícula hubiera caído libremente a través de la misma altura, se esperaría que, si el orificio fuera horizontal y el chorro se dirigiera hacia arriba (figura 8), esta subiría a una altura igual a la carga que lo produjo (despreciando toda la fricción).

Figura 8 Descarga hacia arriba



Fuente: Elaboración propia

4.7 COEFICIENTE DE VELOCIDAD: “Cv ”

Experimentalmente se ha comprobado que la velocidad media de un chorro de un orificio de pared delgada, es un poco menor que la ideal, debido a la viscosidad del fluido y otros factores tales como la tensión superficial. En la práctica se tiene: ⁴

$$V = C_v \sqrt{2gh}$$

Donde:

Cv: es el coeficiente de velocidad

g: es la gravedad

El valor numérico de Cv para el agua y líquidos de viscosidad similar es ligeramente menor que la unidad, y tiene su valor mínimo para cargas bajas y diámetros pequeños; para un diámetro de ¾ de pulgada y una carga de un pie, Smith y Walker encontraron que su valor es de 0.954. Conforme aumentan el diámetro o la carga, el coeficiente aumenta. Para un diámetro de 2.5 pulg. y una carga de 60 pie, los mismos experimentadores obtuvieron un valor de 0.993. Sus datos indican que, para un diámetro dado el incremento de la carga es pequeño.

Un análisis experimental de un chorro que escapa de un orificio al aire libre muestra que la velocidad de las partículas próximas a su superficie exterior es algo más baja que la de las partículas que están más cerca del centro del chorro. Las partículas exteriores antes de pasar por el orificio, se mueven a lo largo o en la proximidad de la cara posterior de la placa del orificio y llegan a su arista con una velocidad menor que aquellas partículas que llegan en una dirección más normal al plano del orificio. Su arrastre por viscosidad sobre las partículas mas centrales tiene el efecto

⁴ http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/conceptosbasicosmfluidos/chorros_libres/chorros_libres.htm

de disminuir la velocidad promedio en la sección contraída. Un orificio más grande con la misma carga, produce un chorro en el que todavía hay una variación de velocidad, pero en donde la acción retardante de las partículas exteriores no se extiende la misma distancia proporcional en el chorro, y la velocidad promedio en la sección contraída se aumenta. Con diámetro constante, un incremento en la carga causa un incremento general en la velocidad del chorro, y el arrastre por viscosidad de las partículas exteriores tiene un menor efecto, debido a la mayor inercia de las partículas internas.

4.8 COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN: “ C_c “

Es la relación entre el área contraída y la del orificio. Su valor numérico para un fluido determinado varía con el diámetro del orificio y la carga.

El coeficiente de contracción disminuye con un diámetro mayor y con un incremento en la carga. Para el agua, Smith y Walker obtuvieron valores que variaban desde 0.688, para un orificio de $\frac{3}{4}$ de plg con un pie de carga, hasta 0.613 para un orificio de 2.5 plg con una carga de 60 pie.⁵

Con cargas bajas y bajas velocidades del movimiento que las acompañe, el movimiento lateral de las partículas a lo largo de la parte trasera de la placa del orificio es correspondientemente pequeño, y el cambio en dirección de las partículas al pasar por la arista se lleva a cabo rápidamente, reduciendo la cantidad de contracción. El incremento en la carga tiende a acelerar el movimiento lateral con la parte trasera de la placa y aumenta la cantidad de la contracción. Al aumentar el tamaño del

⁵ Russell, 1959, p 140.



Orificio, es probable que el mayor espacio radial permita que el movimiento continúe más allá de la arista del orificio, con un aumento en la cantidad de la contracción.

4.9 COEFICIENTE DE DESCARGA: "Cd "

El volumen del fluido, Q, que escurre del orificio por segundo, puede calcularse como el producto de a' , el área real de la sección contraída por la velocidad real media que pasa por esa sección, y por consiguiente se puede escribir la siguiente ecuación:

$$Q = a'v' = (ac_c)cv\sqrt{2gh}$$
$$Q = cda\sqrt{2gh}$$

en donde, $\sqrt{2gh}$ representa la descarga ideal que habría ocurrido si no estuvieran presentes la fricción y la contracción. Para el caso de Cd, éste es el coeficiente por el cual el valor ideal de descarga es multiplicado para obtener el valor real, y se conoce como coeficiente de descarga. Numéricamente es igual al producto de los otros dos coeficientes.

El coeficiente de descarga, variará con la carga y el diámetro del orificio. Sus valores para el agua han sido determinados por varios experimentadores.

En 1908 H. J. Bilton publicó en The Engineer (Londres) una relación sobre experimentos con orificios circulares de pared delgada y aristas afiladas o agudas de los cuales aparecería que, para diámetros hasta de 2.5 plg., cada tamaño de orificio tiene una carga crítica arriba de la cual c es constante. Los valores de c y la carga crítica, tal como se determinaron por este investigador, aparecen en la tabla 1 del anexo.

Judd y King encontraron poco cambio en c para un diámetro dado si la carga fuera mayor de cuatro pies. .

En Civil Engineering, Julio, 1940, Medaugh y Johnson describen sus experimentos en orificios que varían desde 0.25 hasta 2.0 plg de diámetro, variando la carga desde 0.8 hasta 120 pies. Sus valores son ligeramente más pequeños que los de Bilton, Judd y King, y considerablemente más pequeños que los de Smith y Walker. No encontraron constancia en el valor de C más allá de una cierta carga crítica, aunque para cargas superiores a 4 pies el coeficiente disminuyó muy lentamente. Ver Tabla 3.

4.10 PÉRDIDA DE CARGA EN UN ORIFICIO

La carga pérdida al pasar cualquier orificio puede plantearse como sigue:

En la sección contraída la velocidad real es:

$$v = cv\sqrt{2gh}$$

y la carga de velocidad es

$$\frac{v^2}{2g} = cv^2h$$

Si no hubiera habido carga perdida por la fricción, la carga de velocidad sería h , y consecuentemente:

$$\text{Pérdida de carga} = h - cv^2h \quad (23)$$

$$\text{Pérdida de carga} = \left[\frac{1}{cv^2} - 1 \right] \frac{v^2}{2g} \quad (24)$$

La expresión (23) da la pérdida de carga en términos de la carga que causó la velocidad del chorro, y la ecuación (24) la da en términos de la velocidad real de la misma. Cualquiera de las dos puede utilizarse, pero la expresión (24) se hallará más conveniente.

Considerando $C_v = 0,98$, que es valor comúnmente usado para un orificio que descarga agua, se tiene:

$$\text{Pérdida de carga} = 0.04h \text{ o } 0.041(V^2/2g)$$

La importancia de las 2 ecuaciones está en el hecho que son aplicables a cualquier dispositivo de descarga_cuyo coeficiente de velocidad se conoce.

4.11 Tipos de medidores de caudal

Medidores cabeza variable o de flujo diferenciales ⁵

El principio básico de estos medidores es que cuando una corriente de fluido se restringe, su presión disminuye por una cantidad que depende de la velocidad de flujo a través de la restricción, por lo tanto la diferencia de presión entre los puntos antes y después de la restricción puede utilizarse para indicar la velocidad del flujo.

Los medidores de flujo de tipo diferenciales son los más comúnmente utilizados. Entre ellos pueden mencionarse: la placa de orificio, el tubo

Venturi, el tubo Pitot, la tobera y el medidor de impacto (Target). Estos miden el flujo de un fluido indirectamente, creando y midiendo una presión diferencial por medio de una obstrucción al flujo. El principio de operación se basa en medir la caída de presión que se produce a través



de una restricción que se coloca en la línea de un fluido en movimiento, esta caída de presión es proporcional al flujo. La proporcionalidad es una relación de raíz cuadrada, en la cual el flujo es proporcional a la raíz cuadrada del diferencial de presión. Esta relación hace que la medición de flujos menores del 30% del flujo máximo, no sea práctica debido a la pérdida de precisión.

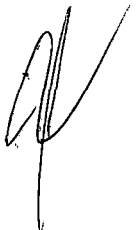
Los medidores de flujo de tipo diferencial generalmente están constituidos por dos componentes: el elemento primario y el elemento secundario. El elemento primario es el dispositivo que se coloca en la tubería para obstruir el flujo y generar una caída de presión. El elemento secundario mide la caída de presión y proporciona una indicación o señal de transmisión a un sistema de indicación o control. El elemento primario se calcula y se selecciona de acuerdo al fluido y las características del proceso. Se han desarrollado ecuaciones que toman en cuenta casi todos los factores que afectan la medición de flujo a través de una restricción. La ecuación básica a partir de la cual fueron desarrolladas estas ecuaciones, es la ecuación de Bernoulli.

4.12 TUBO DE VENTURI

DEFINICIÓN

El Tubo de Venturi es un dispositivo que origina una pérdida de presión al pasar por él un fluido. En esencia, éste es una tubería corta recta, o garganta, entre dos tramos cónicos. La presión varía en la proximidad de la sección estrecha; así, al colocar un manómetro o instrumento registrador en la garganta se puede medir la caída de presión y calcular el caudal instantáneo, o bien, uniéndola a un depósito carburante, se puede introducir este combustible en la corriente principal.

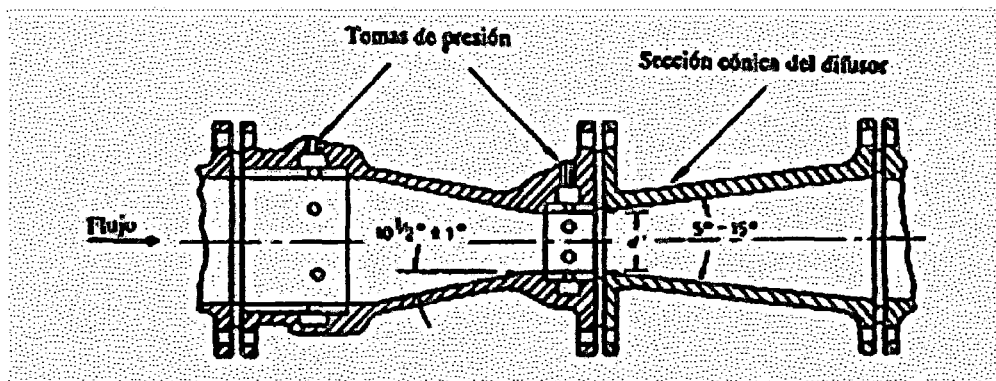
Las dimensiones del Tubo de Venturi para medición de caudales, tal como las estableció Clemens Herschel, son por lo general las que indica



la figura 9. La entrada es una tubería corta recta del mismo diámetro que la tubería a la cual va unida.

El cono de entrada, que forma el ángulo α_1 , conduce por una curva suave a la garganta de diámetro d_1 . Un largo cono divergente, que tiene un ángulo α_2 , restaura la presión y hace expandir el fluido al pleno diámetro de la tubería. El diámetro de la garganta varía desde un tercio a tres cuartos del diámetro de la tubería.

Fig.9 Tubo de venturui



Fuente Automzaticionycontrol.wordpress

La presión que precede al cono de entrada se transmite a través de múltiples aberturas a una abertura anular llamada anillo piezométrico. De modo análogo, la presión en la garganta se transmite a otro anillo piezométrico. Una sola línea de presión sale de cada anillo y se conecta con un manómetro o registrador. En algunos diseños los anillos piezométricos se sustituyen por sencillas uniones de presión que conducen a la tubería de entrada y a la garganta.

La principal ventaja del Vénturi estriba en que sólo pierde un 10 - 20% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta. Esto se consigue por el cono divergente que desacelera la corriente.

Es importante conocer la relación que existe entre los distintos diámetros que tiene el tubo, ya que dependiendo de los mismos es que se va a obtener la presión deseada a la entrada y a la salida del mismo para que pueda cumplir la función para la cual está construido.

Esta relación de diámetros y distancias es la base para realizar los cálculos para la construcción de un Tubo de Venturi y con los conocimientos del caudal que se desee pasar por él.

Deduciendo se puede decir que un Tubo de Venturi típico consta, como ya se dijo anteriormente, de una admisión cilíndrica, un cono convergente, una garganta y un cono divergente. La entrada convergente tiene un ángulo incluido de alrededor de 21° , y el cono divergente de 7° a 8° .

La finalidad del cono divergente es reducir la pérdida global de presión en el medidor; su eliminación no tendrá efecto sobre el coeficiente de descarga. La presión se detecta a través de una serie de agujeros en la admisión y la garganta; estos agujeros conducen a una cámara angular, y las dos cámaras están conectadas a un sensor de diferencial de presión.

4.13 BOQUILLA O TOBERA DE FLUJO

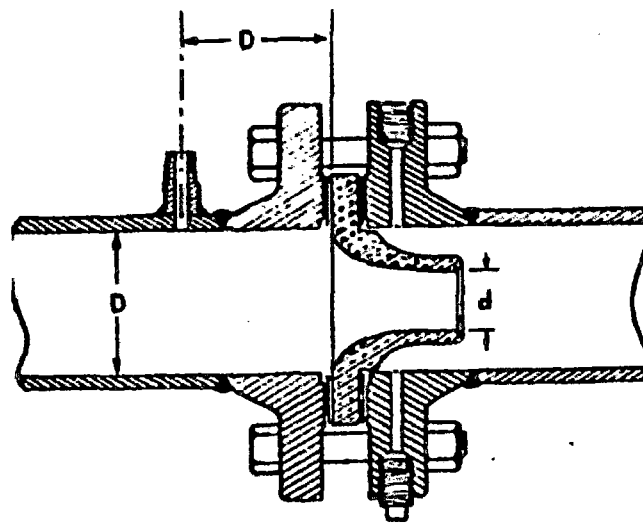
Es una contracción gradual de la corriente de flujo seguida de una sección cilíndrica recta y corta. Debido a la contracción pareja y gradual, existe una pérdida muy pequeña. A grandes valores de Reynolds C_d es superior a 0.99.

La tobera de flujo, es un instrumento de medición que permite medir diferencial de presiones cuando la relación de β , es demasiado alta para la placa orificio, esto es, cuando la velocidad del flujo es mucho mayor y las pérdidas empiezan a hacerse notorias.



Luego, al instalar un medidor de este tipo se logran mediciones mucho más exactas. Además este tipo de medidor es útil para fluidos con muchas partículas en suspensión o sedimentos, su forma hidrodinámica evita que sedimentos transportados por el fluido queden adheridos a la tobera.

Figura 10. Boquilla o tobera de flujo



Fuente Arpisa.com.mx

La instalación de este medidor requiere que la tubería donde se vaya a medir caudal, este en línea recta sin importar la orientación que esta tenga.

Recuperación de la presión: La caída de presión es proporcional a la pérdida de energía. La cuidadosa alineación del tubo Venturi y a expansión gradual larga después de la garganta provoca un muy pequeño exceso de turbulencia en la corriente de flujo. Por lo tanto, la pérdida de energía es baja y la recuperación de presión es alta. La falta de una expansión gradual provoca que la boquilla tenga una recuperación de

presión más baja, mientras que la correspondiente al orificio es aún más baja. La mejor recuperación de presión se obtiene en el tubo de flujo.

4.14. ROTÁMETRO

El rotámetro es un medidor de área variable que consta de un tubo transparente que se amplía y un medidor de "flotador" (más pesado que el líquido) el cual se desplaza hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en la tubería. El tubo se encuentra graduado para leer directamente el caudal. Las ranuras en el flotador hacen que rote y, por consiguiente, que mantenga su posición central en el tubo. Entre mayor sea el caudal, mayor es la altura que asume el flotador.

4.15 PLACAS DE ORIFICIO

Los diafragmas de orificio concéntrico o placas de orificio pueden utilizarse para todo caudal permanente de fluido limpio y homogéneo (líquido, gas o vapor) en el campo de caudales turbulentos normales para los cuáles el número de Reynolds alcanza un valor superior a 5.000. Generalmente se construye de acero inoxidable con un espesor que oscila entre 1/8 y 1/2 pulgada. Otros tipos de materiales tales como monel (Monel es el nombre que se asigna a las aleaciones comerciales con razones níquel-cobre de aproximadamente 2:1 de peso. El monel es más duro que el cobre y extremadamente resistente a la corrosión y posee una elevada resistencia al impacto. Las aleaciones del monel resisten a la corrosión en un mayor rango de ambientes. Posee mayor resistencia que el níquel al ácido sulfúrico, salmuera y agua., níquel, hastelloy(**Hastelloy C276**) es una superaleación de níquel-molibdeno-cromo con adición de tungsteno diseñado para tener una excelente resistencia a la corrosión), se utilizan cuando se necesita prevenir la corrosión o contaminación. Dos tomas de presión colocadas antes y después de la placa, captan la presión



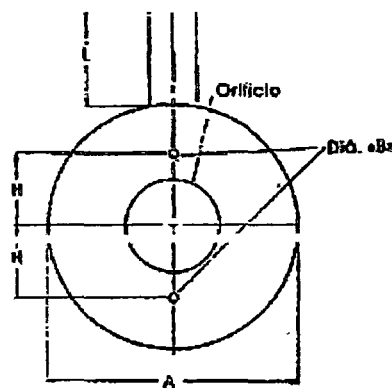
diferencial producida por la placa de orificio. Se han establecido coeficientes para tuberías desde 1½" (40 mm) a 14" (350 mm) y números de Reynolds desde 5.000 a 10.000.000. Con el fin de obtener una buena medida del caudal, la construcción y el empleo de placas de orificio deben responder a las siguientes condiciones esenciales:

- La arista exterior del orificio debe ser viva y neta. No son tolerables defectos mecánicos tales como rebabas, ranuras o salientes.

- El espesor de la placa de orificio debe estar de acuerdo con las prescripciones de la norma ISO 5167, no debiendo sobrepasar:

- 1/30 del diámetro interior de la tubería (D)
- 1/8 del diámetro del orificio (d)
- 1/4 del valor $(D - d) / 2$

Fig. 11 Dimensiones de la placa de orificio



Fuente ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

Estas son las condiciones mínimas. Cuando el espesor real del diafragma deba sobrepasar este mínimo, la arista posterior puede ser achaflanada con un ángulo de 45 grados por lo menos, a partir de la cara de la placa o bien fresada al espesor adecuado. Debe instalarse el diafragma siempre



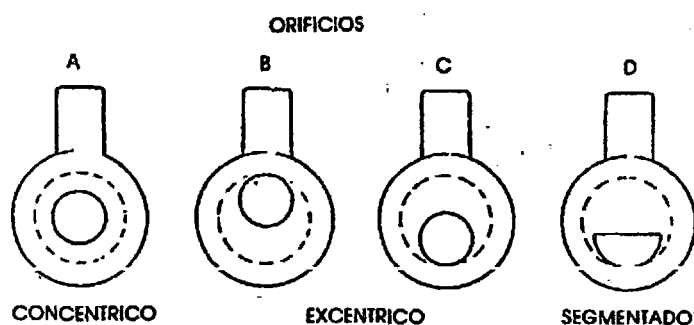
de forma que la arista viva quede aguas arriba, no pudiendo ser utilizado para la medida de caudales que fluyan en sentido inverso.

- La placa del diafragma (o placa de orificio), se fija entre bridas y debe ser completamente plana, con una tolerancia de 0,01 mm.

- La relación de diámetros del orificio y la tubería d/D , habitualmente denominada relación de apertura β , debe estar comprendida, para una medida correcta, entre 0,2 y 0,7. En tuberías grandes (de 4" en adelante), la β podría estar comprendida entre 0,1 y 0,75 aunque no es recomendable llegar a estos extremos. Además, con este tipo de diafragma no se debe medir en tuberías de diámetro inferior a 1½" (40 mm), ya que la rugosidad de las paredes interiores puede modificar significativamente los coeficientes característicos.

El orificio de la placa puede ser de tres tipos, figura siguiente: concéntrico, excéntrico y segmental. Las placas de orificio de tipo excéntrico y segmental se utilizan principalmente en aplicaciones de fluidos que

Fig.12 Diagramas excéntricos (figuras A, B, C y D)



Fuente: ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

contienen materiales en suspensión o condensado de vapor. Las placas de orificio de tipo concéntrico se recomiendan para aplicaciones de

líquidos limpios, de baja viscosidad; para la mayoría de los gases; y vapor a baja velocidad.

Los Diafragmas Excéntricos son aquellos cuyo orificio está practicado de tal forma que al colocar la placa entre las bridas, quedan en la parte superior o inferior de la tubería. Si se miden fluidos que contengan partículas sólidas en suspensión, el orificio se sitúa en la parte inferior (figura 2C), de esta forma, las partículas sólidas que se depositan en la tubería son arrastradas por el fluido en lugar de ir formando depósitos a ambos lados del diafragma. Por otra parte, si se trata de medir líquidos que contengan gases o vapores, el orificio se colocará en la parte superior para que pasen los gases que tenderán a circular por arriba (figura 2B). Al medir caudales de aire o vapor donde se pueden producir pequeñas condensaciones, se realiza un pequeño orificio de drenaje en la parte inferior de los diafragmas concéntricos, por donde se evacua el condensado sin que la precisión de la medida sea afectada. Generalmente no es necesario utilizar diafragmas excéntricos para la medida de la mayor parte de los gases. Se puede realizar así mismo un orificio similar en la parte superior de los diafragmas concéntricos, utilizados en la medida de líquidos, con el fin de facilitar el paso de las pequeñas burbujas de gas habitualmente creadas por el movimiento de los líquidos.

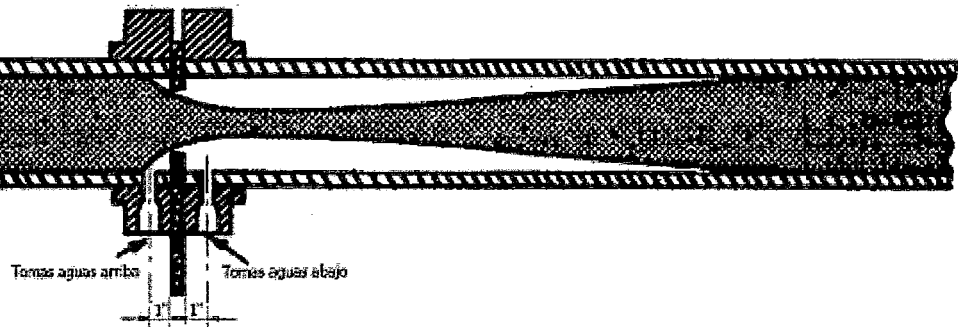
La disposición de las tomas de presión puede verse en las figuras siguientes (13), (14) y (15). Los tipos de tomas de presión comúnmente más utilizados son:

- Tomas sobre la brida: es el tipo más comúnmente utilizado, figura (13). En este caso las tomas están taladradas sobre las bridas que soportan la placa y están situadas a una distancia de 1 pulgada de la misma. Este tipo de tomas no se recomienda para diámetros de tubería menores de



dos pulgadas (2"), debido a que la vena contracta puede estar a menos de 1 pulgada de la placa de orificio.

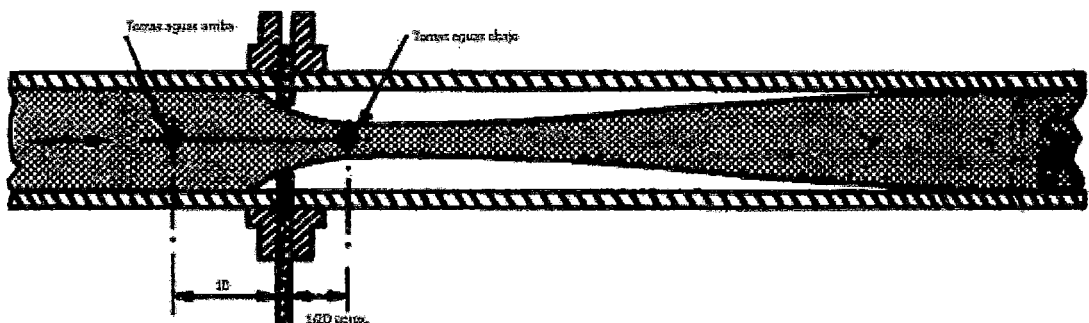
Figura 13 Disposición de las tomas de presión diferencial con tomas en la brida



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

- Tomas en la vena contracta: localizados a una distancia de $1 D$ ($D =$ diámetro nominal de la tubería) aguas arriba de la placa, y $1/2 D$ aguas abajo de la placa, o sea sobre la vena contracta, figura (14). Sin embargo, el punto de la vena contracta varía con la relación de diámetros d/D , produciéndose errores en la medición si se cambia el diámetro del orificio.

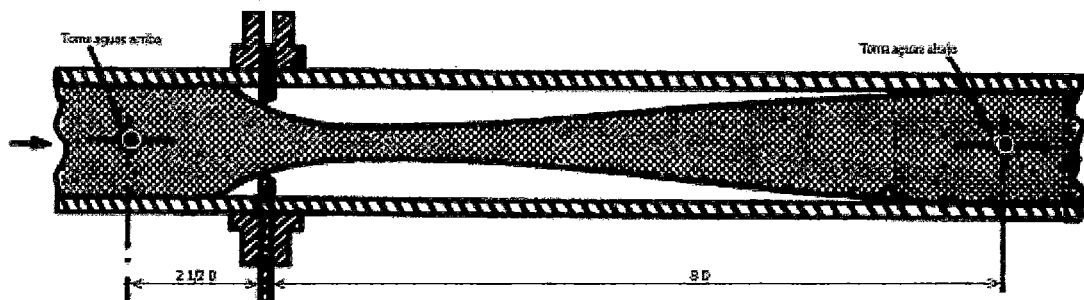
Figura 14 Disposición de las tomas de presión diferencial en la vena contracta



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

Tomas en la tubería: están localizadas a una distancia de $2 \frac{1}{2} D$ aguas arriba y $8 D$ aguas abajo de la placa, figura (15) siguiente. Miden la pérdida de presión permanente a través de un orificio. Este tipo de tomas requiere mayor cantidad de tramos rectos de tuberías.

Figura 15 Disposición de las tomas de presión diferencial en la tubería



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

Diafragmas Segmentados

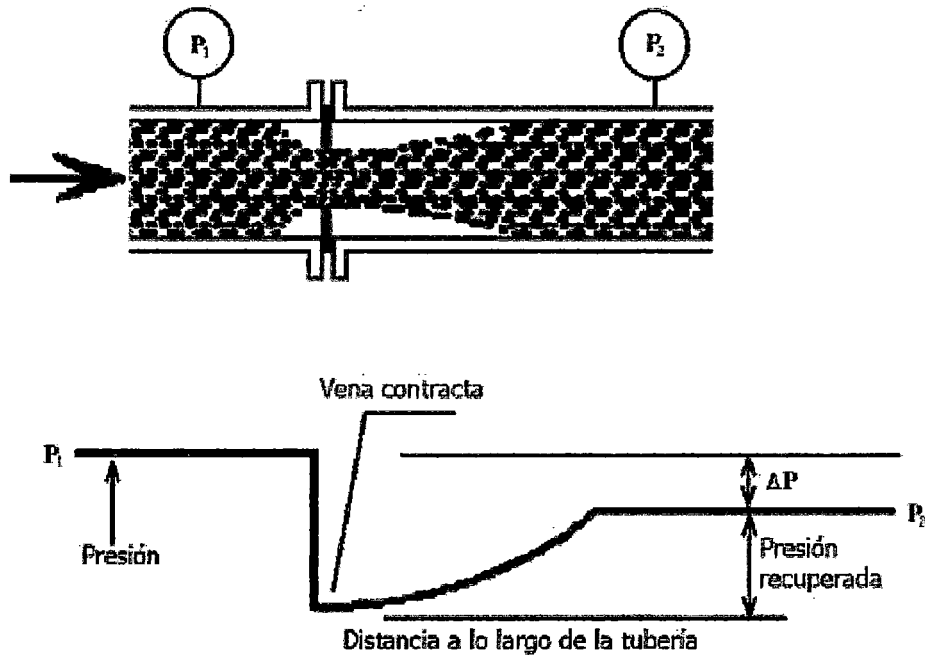
Se denominan diafragmas segmentados aquéllos cuyo orificio es un segmento circular concéntrico con la tubería. Se emplean habitualmente para la medida de líquidos o gases con impurezas no abrasivas (tales como barros ligeros) normalmente más pesados que el líquido, o de gases excepcionalmente cargados.

Tomas de Presión

La presión diferencial generada por la inserción del diafragma en la tubería, se recoge mediante tomas de diversos tipos. El método más corrientemente utilizado es el de tomas realizadas en las bridas, pero son frecuentes también otros tipos de tomas, como en la «vena contracta» o en la tubería.

Tomas en las bridas

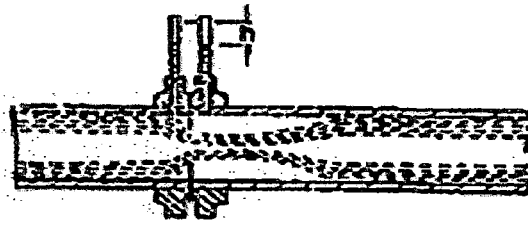
Figura 16 Caída de presión a través de una restricción



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

El orificio de la toma de presión está practicado en las misma bridas de sujeción de la placa de orificio, y se realizan para que su eje esté a 1" (25,4 mm) aguas arribas y aguas abajo de la placa, según se indica en la norma ANSI-B 16.36. El diámetro de la toma oscila entre $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " (6,35 a 12,7 mm), según la citada norma.

Fig. 17 Toma de presión en las bridas

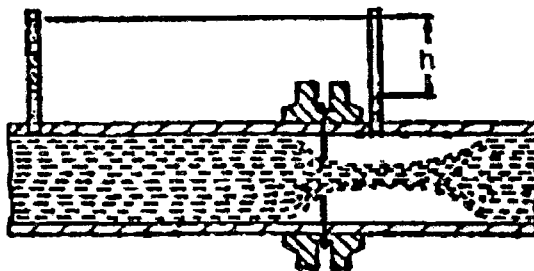


Fuente Norma ANSI B 16.36

4.16 TOMAS EN LA VENA CONTRACTA

Cuando se emplean diafragma estándar siguiendo el método de la «vena contracta», se realizan las tomas a distancias máximas de D aguas arriba del diafragma (toma de alta presión) y del punto donde existe la más baja presión y donde se sitúa el más pequeño diámetro de la «vena contracta» del fluido (toma de baja presión), que se aproxima bastante a $\frac{1}{2}D$. No pueden utilizarse tomas en «vena contracta» en tuberías inferiores a 4", como consecuencia de la interferencia que se produce entre la brida y la toma aguas abajo.

Fig. 18 Tomas en "vena contracta"



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

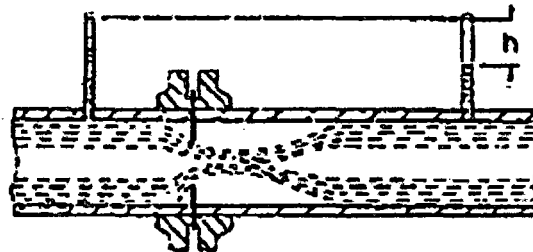
Cuando se utilizan tomas en «vena contracta» con diafragmas excéntricos, es preciso disponerlas a 180 ó 90 grados en relación al

orificio. En el caso de diafragmas segmentados se deben disponer a 180 grados del orificio.

Tomas en la Tubería

Cuando se hacen las tomas en la tubería, éstas se sitúan a $2\frac{1}{2}D$ antes del orificio (toma de alta presión) y a $8D$ aguas abajo la toma de baja presión. Este tipo de tomas se utilizan raramente en la actualidad. Tiene la ventaja de que permiten la instalación de una placa de orificio para medida de caudal donde existan una brida, y reúne además otras características necesarias, como tramos rectos anterior y posterior, etc. El error probable de la medida con este tipo de tomas es aproximadamente un 50% mayor que con tomas en las bridas y en la vena contracta.

Fig. 19 Tomas en la tubería



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

La instalación correcta de todos los medidores de flujo diferenciales, requiere la existencia de tramos rectos de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor con el fin de garantizar un perfil simétrico o uniforme de velocidad antes de la restricción. En la figura siguiente se indican los requerimientos de tubería recta, aguas arriba y aguas abajo del medidor, en función de la configuración de la instalación.

Desventajas

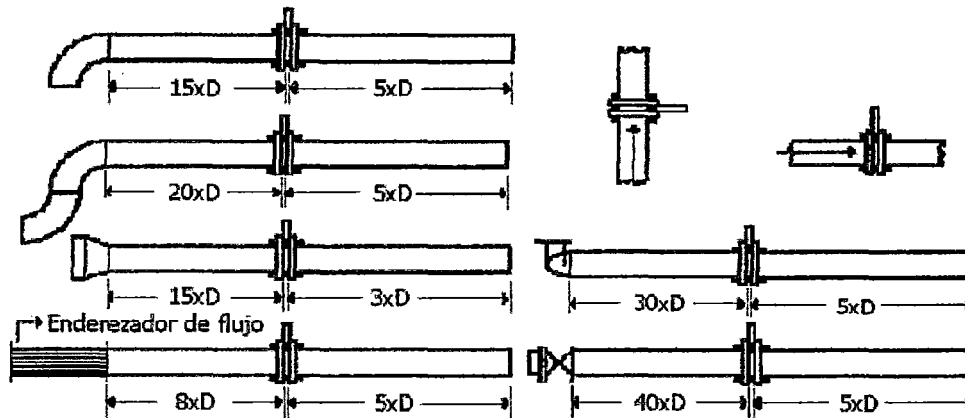
1. La precisión del sistema es muy independiente de la forma en que está instalado y mantenido
2. Son necesarios recorridos largos de tubería recta lo que limita donde el medidor puede ser localizado
3. Los sólidos en una corriente de flujo puede causar que el medidor puede ser localizado
4. Las líneas de detección debe ser protegido de la congelación en invierno, si el medidor está instalado fuera.
5. La precisión se ve afectada por el desgaste y los daños a la restricción.

Ventajas:

1. El sistema de presión diferencial con placas de orificio ha existido por muchos años, es bien entendido por todos, desde el ingeniero de procesos hasta el técnico de instrumento que debe mantenerla
2. Es muy versátil. Es posible cambiar el diámetro del orificio (dentro de ciertos límites) para cambiar el medidor de rango de caudal. La diferencia de coste para un tamaño de tubo frente a otro es relativamente pequeña. Una presión diferencial de 100 W.C. es la misma para cualquier tamaño de tubo.
3. El mismo transmisor puede ser utilizado para la medición de nivel y de medición de presión relativa y flujo.



Figura 20 Requerimientos mínimos de tubería recta para colocar placas orificio



ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook

Normas para el cálculo de placas orificios (diafragmas):

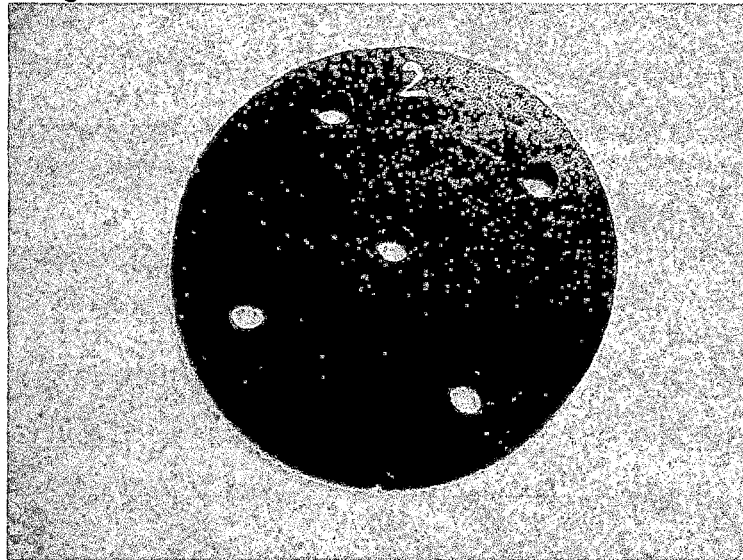
- 5167-1980 Medida del flujo de fluidos por medio de placas-orificio, toberas o tubos Venturi, insertados en conductos de sección circular.
- International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza.
- ASME 19.5 — Flowmeter Computation Handbook.
- American Society for Mechanical Engineers, New York, 1971
- A. P. I. 2530 — Septiembre 1985 para gas natural.
- Principle and Practice of Flow Meter Engineering. L. K. Spink (1978)

V MATERIALES Y METODOS

A continuación se muestran los materiales empleados en el equipo.

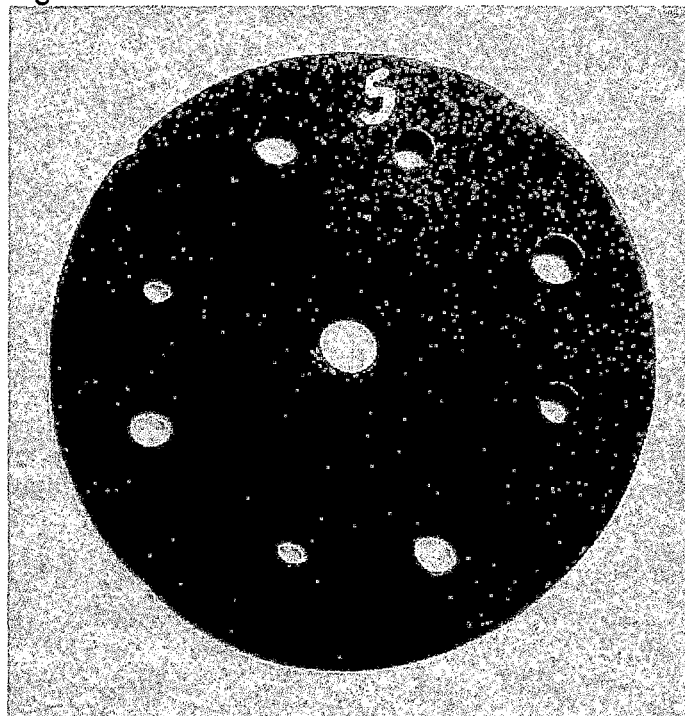
5.1 MATERIALES

Fig. 5.1: Placa de orificio de 7.3 mm de diámetro



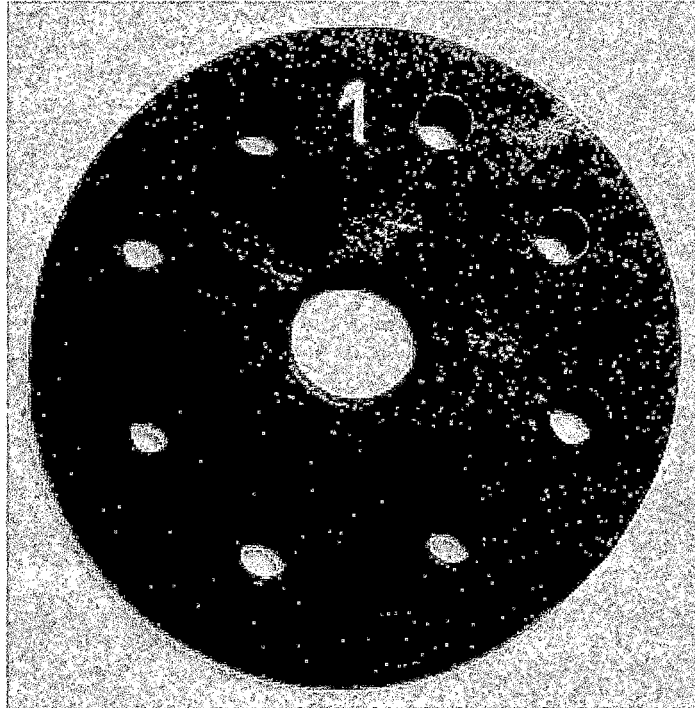
Fuente propia

Fig. 5.2: Placa de orificio de 7.3 mm de diámetro



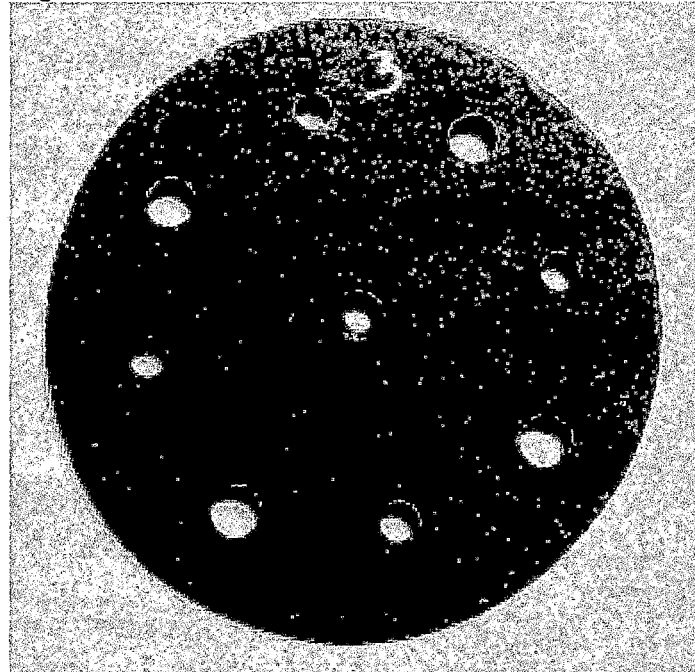
Fuente propia

Fig. 5.3: Placa de orificio de 7.3 mm de diámetro



Fuente propia

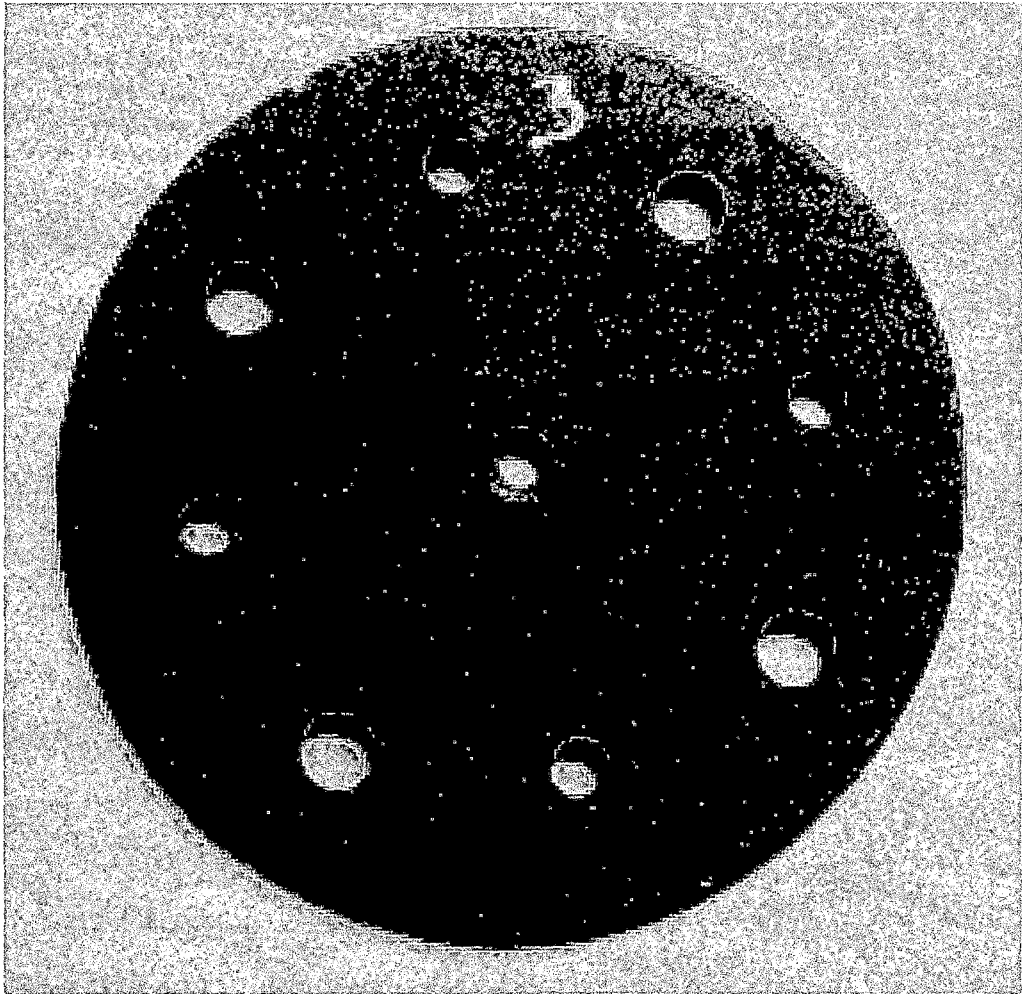
Fig. 5.4: Placa de orificio de 7.3 mm de diámetro



Fuente propia

Fig. 5.5: Placa de orificio de 7.3 mm de diámetro

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script.



Elaboración propia

A handwritten signature or mark, consisting of a stylized, cursive-like shape that resembles a letter 'M' or a similar character, located in the bottom right corner of the page.

DISEÑO, SELECCIÓN Y FABRICACION DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO EXPERIMENTAL

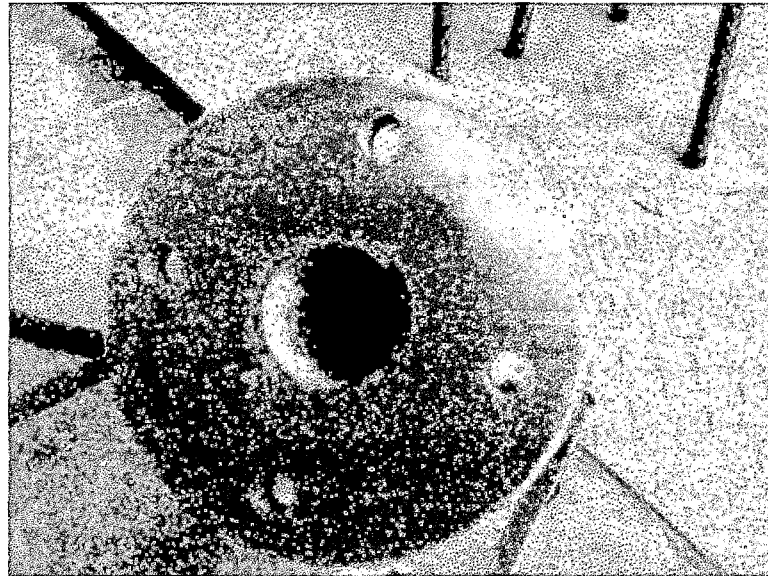
Se ha seleccionado los elementos constituyentes del equipo experimental el cual se muestra.

Tabla 5.1 Elementos del equipo medición de caudal con placa de orificio

	Cant idad	Descripción	Material	Especificaciones técnicas	Observaciones
1	01m	Tubo 1" diam.	F°galvanizado	Sch 20,	Rosca estándar en los extremos
2	01	Niple	F°galvanizado	1" diam.x 10 cm	
3	01	Reducción		1"x3/4"	
4	01	Válvula compuerta.	bronce	1"diam.	
5	1.5 m	Barra cuadrada	Fierro	1/4"x1/4"	
6	1 m	Platina	Fierro	80cmx2mm	
7	02	Bridas		15 cm diam	
8	04	Tornillos c/tuerca	Acero		
9	04	Pernos c/tuerca	Acero		4 unidades
10	01 kg	Soldadura	Acero	6012	
11	02	Conexiones	Bronce	10 mm exterior	
12	02	Empaquetadura	caucho	15 cm dia.	Según diseño
13	10 m	Manguera transparente	plástico	10 mm diam,	
14	01 kg	mercurio			
15	01	cronometro	plástico		
16	01	probeta	vidrio	2 litros	
17	05	Placas de orificio	fierro		De distintos diámetros
18	01	Pintura esmalte		1/4 galon	
19	01	Anticorrosiva		1/4 galon	
20	01	Termometro	vidrio	0 - 100°C	
21	01	Regla graduada	metal	1 m	
22	01	abrazadera	aluminio	Para tubo de 3/4	

Fuente Elaboración propia

Fig. 5.6 Brida



Fuente: Elaboración propia

02 tomas de manómetro con manguera de 10mm de diámetro de material bronce soldados al tubo principal, uno aguas arriba y otro aguas abajo entre las bridas.

Fig. 5.7 Toma de presión



Fuente: Elaboración propia

A handwritten signature or mark in the bottom right corner of the page, consisting of several loops and a long tail.

Fig. 5.8 Toma de presión



Fuente: Elaboración propia

Reductor de fierro galvanizado de 1" de diámetro a $\frac{3}{4}$ " de diámetro.
Roscado.

Fig. 5.9 Reductor



Fuente: Elaboración propia

01 Codo de fierro galvanizado de 1" de diámetro a la salida del tubo de descarga

Fig. 5.10 Codo roscado



Fuente: Elaboración propia

Válvula de compuerta de 1 "de diámetro de bronce para control de flujos y mediciones volumétricas.

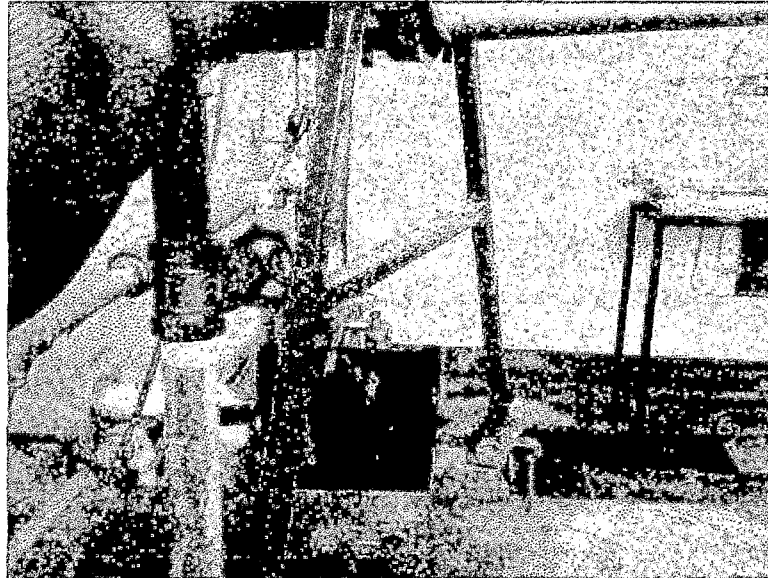
Fig. 5.11 Válvula de compuerta



Fuente: Elaboración propia

Soportes de barra cuadrada para el tubo pruebas que contiene la placa de orificio

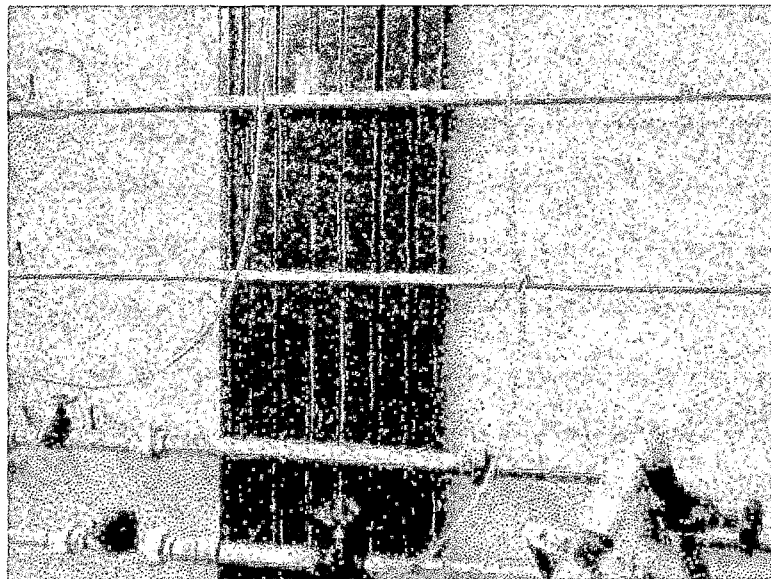
Fig. 5.12 soportes para el tubo de que contiene la placa de orificio



Fuente: Elaboración propia

Banco de piezómetros para la medida de la presión estática

Fig. 5.13 Panel de piezómetros

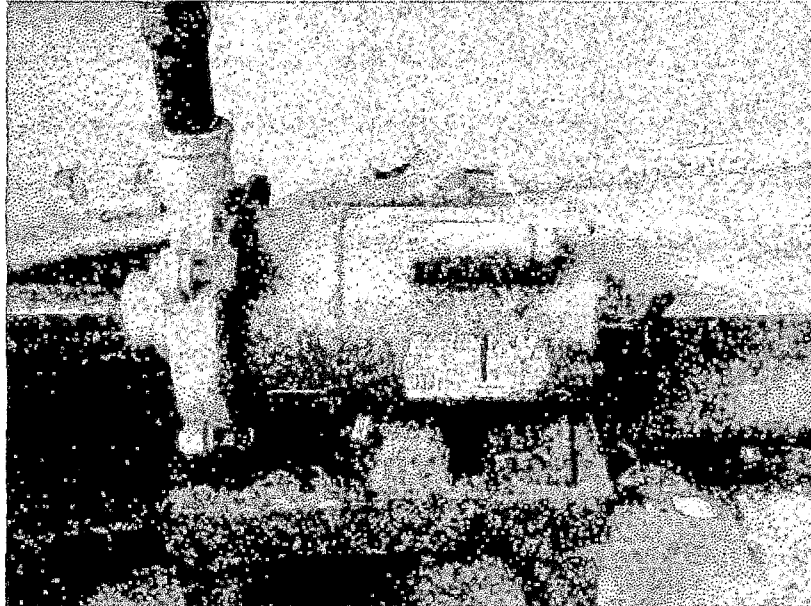


Fuente: Elaboración propia



Electro Bomba centrifuga para bombear agua al tanque principal trabajando en un circuito cerrado.

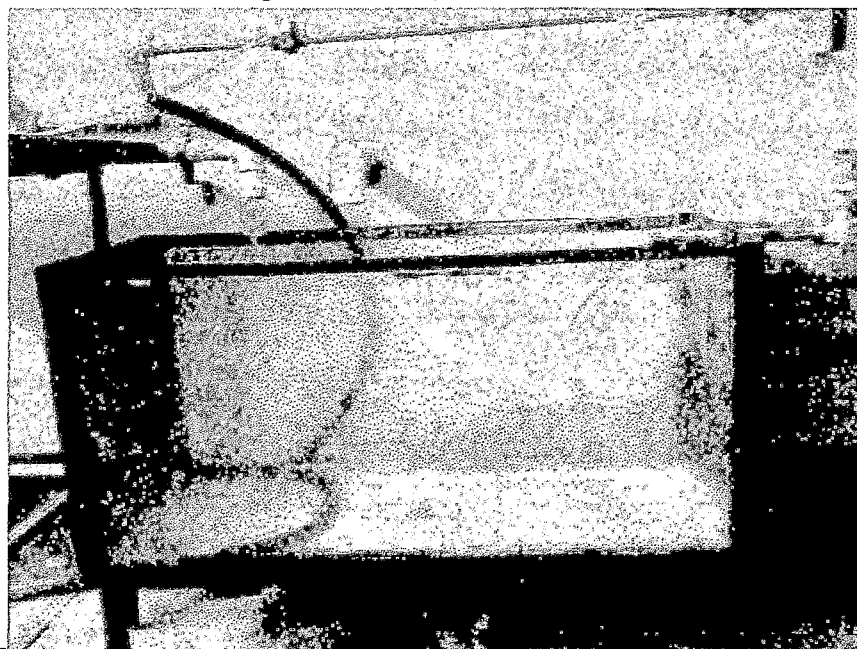
Fig. 5.14 Tanque para la succión de la bomba



Fuente: Elaboración propia

Cisterna de succión de la electrobomba centrifuga

Fig. 5.15 Tanque de succión

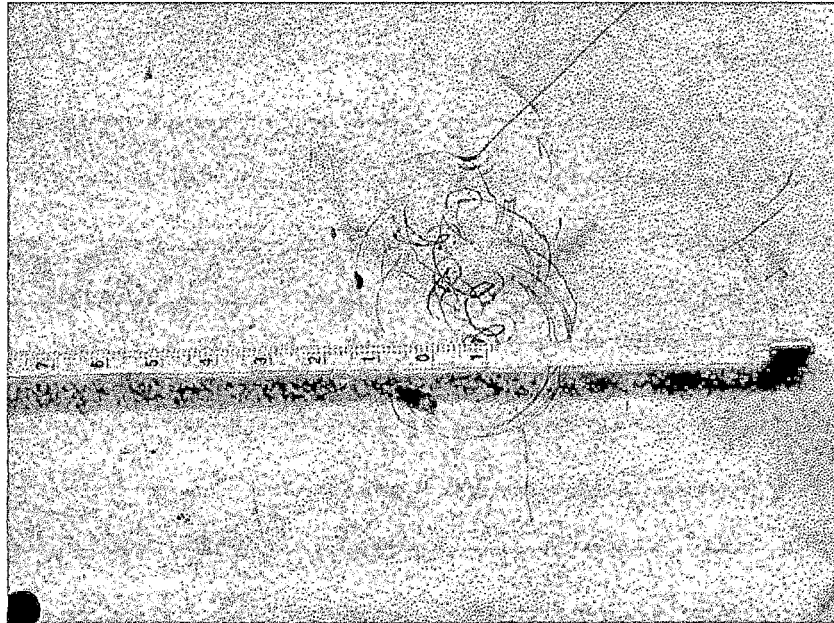


Fuente: Elaboración propia



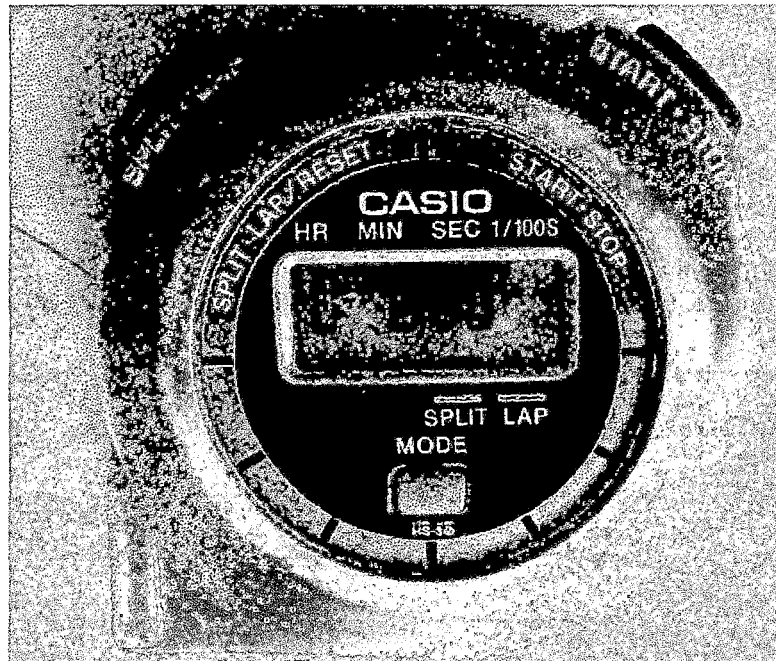
Instrumental requerido para la realización de los ensayos

Fig. 5.16 Termómetro



Fuente: elaboración propia

Fig. 5.17 Cronometro

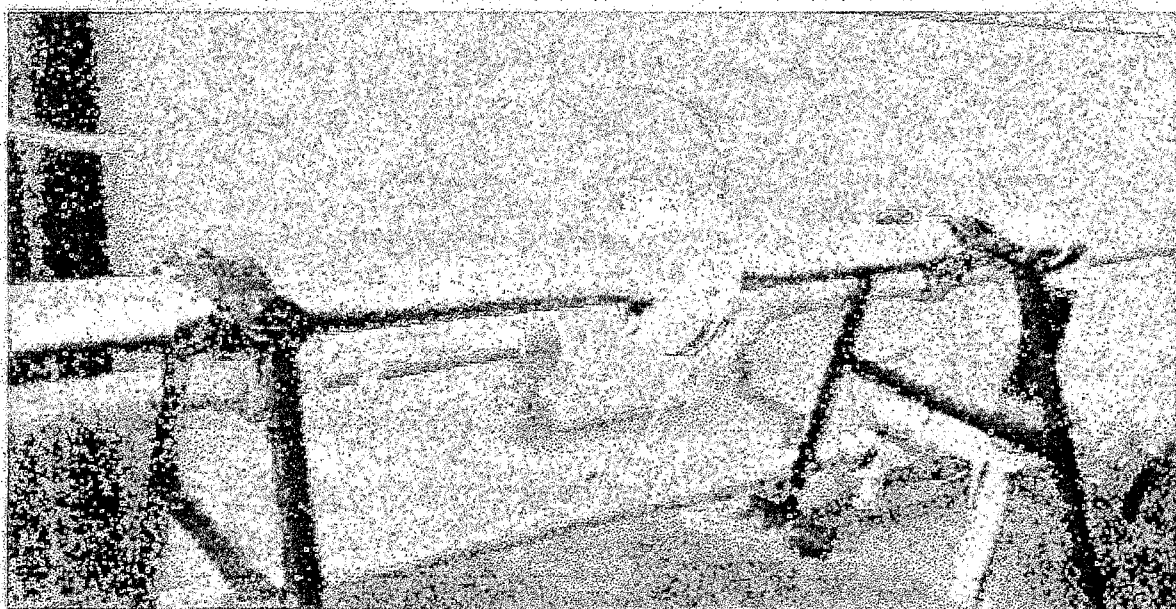


Fuente: Elaboración propia



Montaje del equipo de pruebas de placa de orificio

Fig. 5.18 Equipo de Medición de Caudal



Fuente: Elaboración propia



5.2 METODOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE ING. MECANICA - ENERGIA
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y
MAQUINAS TERMICAS



PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE CAUDAL VOLUMETRICO DE FLUJOS VISCOSOS EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS SEGÚN EL CODIGO ASME"

DOCENTE INVESTIGADOR: Juan Manuel Palomino Correa

EXPERIMENTO 01
FECHA: 30/06/2014

PLACA DE ORIFICIO: 20.5 milímetros
HORA: 10 hrs TEMPERATURA 20°C
TOMA DE DATOS

	mm hg	tiempo seg	Volumen cm ³	Volumen promedio (10 ⁻³ m ³)
1	37	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1610 V2= 1660 V3= 1620	1630
2	33	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1530 V2= 1520 V3= 1460	1503
3	30	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1420 V2= 1420 V3= 1430	1423
4	26	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1210 V2= 1220 V3= 1200	1210
5	20	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1100 V2= 1100 V3= 1140	1120
6	17	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 880 V2= 880 V3= 880	880
7	11	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 660 V2= 660 V3= 680	666



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE ING. MECANICA - ENERGIA
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y
MAQUINAS TERMICAS



PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE CAUDAL VOLUMETRICO DE FLUJOS VISCOSOS EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS SEGÚN EL CODIGO ASME"

DOCENTE INVESTIGADOR: Juan Manuel Palomino Correa

EXPERIMENTO 02 Tuberia de 26.4 mm PLACA DE ORIFICIO: 10.25 mm

FECHA: 30/06/2014

HORA: 11 hrs TEMPERATURA 20°C

TOMA DE DATOS

	mm hg	tiempo seg	Volumen cm ³	Volumen promedio (10 ⁻³ m ³)
1	105	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1580 V2= 1520 V3= 1520	1540
2	90	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1260 V2= 1260 V3= 1250	1257
3	78	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1140 V2= 1140 V3= 1140	1140
4	55	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1040 V2= 1020 V3= 1030	1030
5	51	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 910 V2= 980 V3= 920	936
6	32	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 700 V2= 690 V3= 710	700
7	11	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 520 V2= 520 V3= 520	520



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE ING. MECANICA - ENERGIA
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y
MAQUINAS TERMICAS



PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE CAUDAL VOLUMETRICO DE FLUJOS VISCOSOS EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS SEGÚN EL CODIGO ASME"

DOCENTE INVESTIGADOR: Juan Manuel Palomino Correa

EXPERIMENTO 03 TUBERIA DE 26.4 mm PLACA DE ORIFICIO: 7.7 mm
FECHA: 07/07/2014 HORA: 10 hrs TEMPERATURA 20°C
TOMA DE DATOS

	mm hg	tiempo seg	Volumen cm ³	Volumen promedio (10 ⁻³ m ³)
1	78	T1= 3 T2= 3 T3= 3	V1= 1240 V2= 1260 V3= 1250	1250
2	72	T1= 3 T2= 3 T3= 3	V1= 1260 V2= 1220 V3= 1220	1233
3	65	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1860 V2= 1840 V3= 1860	1853
4	54	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1660 V2= 1660 V3= 1630	1650
5	40	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1440 V2= 1420 V3= 1400	1420
6	32	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1200 V2= 1230 V3= 1200	1210
7	24	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 980 V2= 980 V3= 990	980



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE ING. MECANICA - ENERGIA
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y
MAQUINAS TERMICAS



PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE CAUDAL VOLUMETRICO DE FLUJOS VISCOSOS EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS SEGÚN EL CODIGO ASME"

DOCENTE INVESTIGADOR: Juan Manuel Palomino Correa

EXPERIMENTO 04 TUBERIA: 26.4 mm PLACA DE ORIFICIO: 13 mm
FECHA: 30/06/2014 HORA: 10 hrs TEMPERATURA 20°C
TOMA DE DATOS

	mm hg	tiempo seg	Volumen cm ³	Volumen promedio (10 ⁻³ m ³)
1	60	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1760 V2= 1760 V3= 1740	1753
2	55	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1640 V2= 1620 V3= 1640	1633
3	48	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1480 V2= 1520 V3= 1500	1500
4	40	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1340 V2= 1300 V3= 1340	1326
5	33	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 1220 V2= 1220 V3= 1230	1223
6	25	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1=1030 V2=1000 V3=1040	1023
7	20	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1=800 V2=840 V3=800	813



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE ING. MECANICA – ENERGIA
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y
MAQUINAS TERMICAS



PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO DE UN EQUIPO COMPACTO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE CAUDAL VOLUMETRICO DE FLUJOS VISCOSOS EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS SEGÚN EL CODIGO ASME”

DOCENTE INVESTIGADOR: Juan Manuel Palomino Correa

EXPERIMENTO 05 PLACA DE ORIFICIO: 5 milímetros

FECHA: 30/06/2014

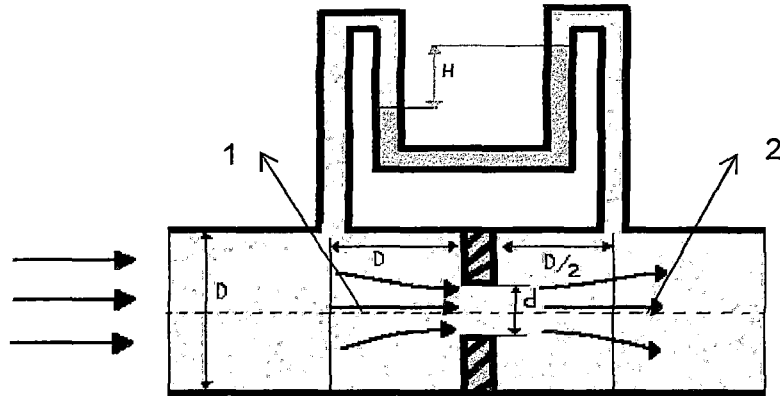
HORA: 10 hrs TEMPERATURA 20°C

TOMA DE DATOS

	mm hg	tiempo seg	Volumen cm ³	Volumen promedio (10 ⁻³ m ³)
1	100	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 520 V2= 530 V3= 510	520
2	88	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 480 V2= 480 V3= 470	476
3	72	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 440 V2= 450 V3= 450	446
4	50	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 380 V2= 390 V3= 390	386
5	30	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 320 V2= 330 V3= 330	326
6	12	T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= 300 V2= 290 V3= 280	290
7		T1= 5 T2= 5 T3= 5	V1= V2= V3=	

VI. RESULTADOS

Para esta experiencia se tendrá en cuenta para el análisis el siguiente esquema.



Aplicando Bernoulli entre los puntos (1) y (2)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Como la altura es la misma $Z_1 - Z_2 = 0$ entonces

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \Delta h \dots \dots \dots (1)$$

Δh = Variación de energía cinética o carga de velocidad

Por manometría:

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = H(s_m - 1) \dots \dots \dots (2)$$

Aplicando (2) en (1):

$$\Delta h = H(s_m - 1) \dots \dots \dots (3)$$

Donde :

H = lectura de la altura en manómetro diferencial

S_m = densidad relativa del liquido manométrico, en este caso y es igual a 13.57

Ahora para determinar el caudal de manera teórica se tomara la velocidad media en el orificio de la placa V_t y el área de esta A_o con lo cual se obtendría:

Calculo del caudal teórico

$$Q_t = A_o \times V_t \dots \dots \dots (4)$$

Aparte se puede tener en cuenta que:

$$V_t = \sqrt{2g\Delta h} \dots \dots \dots (5)$$

En esta ecuación se podría considerar el factor de flujo K que permite determinar valores reales de la velocidad, para lo cual se tendría que trabajar con un diagrama que se anexa en el apéndice

Y por consideraciones de teoría se podría llegar a la siguiente ecuación:

$$Q_t = \frac{\pi d^2}{4} \times \sqrt{\frac{2gH(S_m - 1)}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4}} \dots \dots \dots (6)$$

Luego para medir el caudal real se uso el método volumétrico con el cual se realizaron 3 mediciones las cuales se promediaron para dar el resultado del caudal real (Q_R). La otra forma es utilizar el coeficiente de flujo K y Re_d contra numero de Reynolds para orificio según Johansen y ASME, que resulto ser más preciso que el flujo volumétrico obtenido directamente.

Finalmente se calculara el coeficiente de descarga con los datos obtenidos en esta experiencia, y se realizaran las gráficas correspondientes a este ensayo.

$$C_d = Q_R / Q_t \dots \dots \dots (7)$$

CALCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS

El número de Reynolds relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).

Para un fluido que circula por el interior de una tubería circular recta, el número de Reynolds viene dado por:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu}$$

$$Re = \frac{v_s D}{\nu}$$

donde:

ρ : Densidad del fluido

v_s : Velocidad característica del fluido

D : Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema

μ : Viscosidad dinámica del fluido

ν : Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

La temperatura del agua es de 20°C y de tablas tomamos un ν de 1.003 x10⁻⁶ m²/s, luego:



$$Re = \frac{0.987 \times 0.0205}{1.003 \times 10^{-6}} = 15675.553$$

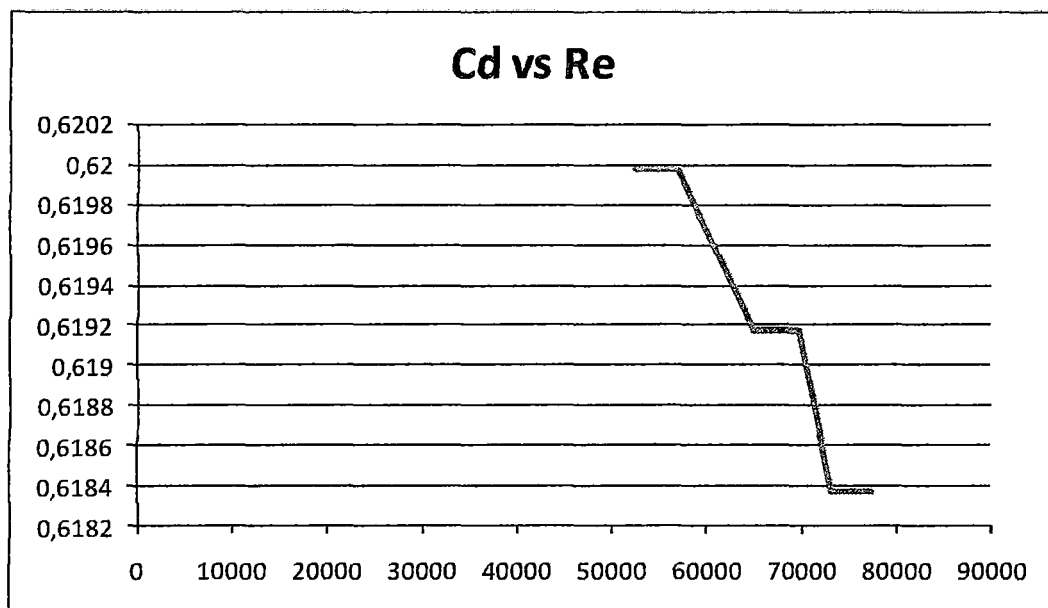
A continuación se presentan los resultados obtenidos luego de los cálculos realizados conjuntamente con los gráficos correspondientes.

Tabla 6.1 Experimento N° 1

ENSAYO	VOLUMEN (10 ⁻³ m ³)	Qt (m ³ /s)	Qr (m ³ /s)	Cd	Re
1	1630	0,00125107	0,00077363	0,61837467	77470,603
2	1503	0,0011815	0,00073062	0,61837818	73163,206
3	1423	0,0011265	0,00069752	0,6191757	69758,653
4	1210	0,0010487	0,00064935	0,61917158	64941,626
5	1120	0,0009198	0,00057025	0,61997173	56957,213
6	880	0,000848	0,00052575	0,61997359	52512,346
7	666	0,00068215	0,00042454	0,62235579	42241,099

Elaboración propia

GRAFICO 6.1 EXPERIMENTO N° 1



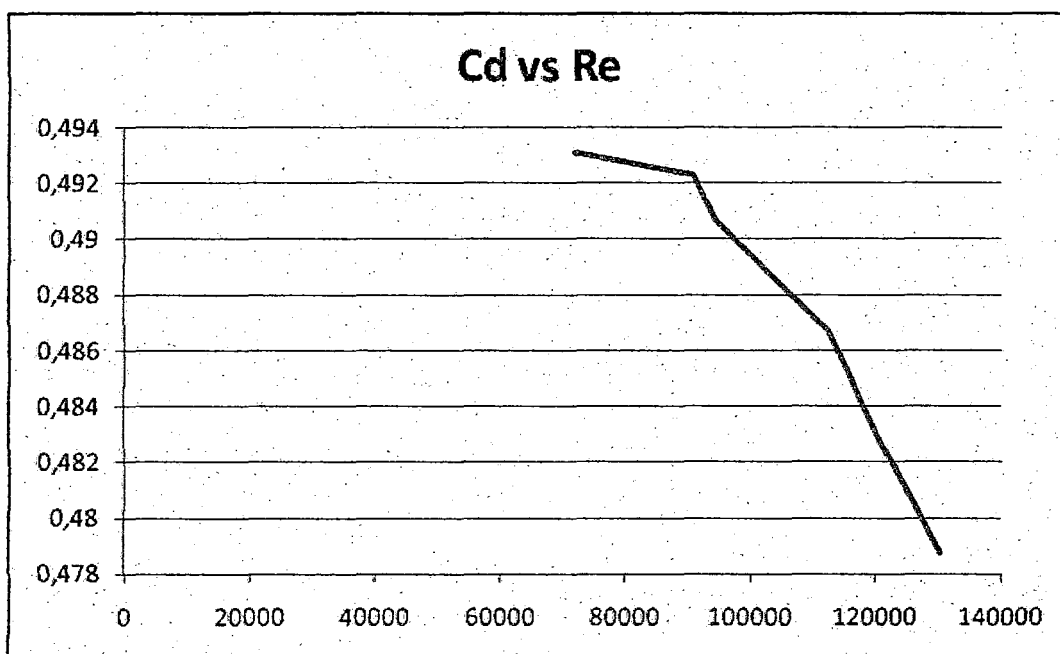
Elaboración propia

TABLA 6.2 EXPERIMENTO N° 2

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1540	0,00210754	0,00086962	0,47874283	130506,2
2	1257	0,0019512	0,00083551	0,48273307	120825,09
3	1140	0,00181647	0,00079385	0,48672216	112482,14
4	1030	0,00152532	0,00072357	0,49071316	94453,116
5	936	0,00146881	0,00062275	0,49230794	90953,82
6	700	0,00116347	0,000557	0,49310623	72046,106
7	520	0,00068215	0,00048238	0,49469823	42241,099

Elaboración propia

FIGURA 6.2 EXPERIMENTO N° 02



Elaboración propia

TABLA 6.3 EXPERIMENTO N° 3

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1250	0,00181647	0,00086962	0,47874173	112482,14
2	1233	0,00174521	0,00083551	0,47874467	108069,47
3	1853	0,0016582	0,00079385	0,478742	102681,51
4	1650	0,00151139	0,00072357	0,4787447	93590,522
5	1420	0,0013008	0,00062275	0,4787438	80550,057
6	1210	0,00116347	0,000557	0,4787403	72046,106
7	980	0,0010076	0,00048238	0,47874156	62394,094

Elaboración propia

FIGURA 6.3 EXPERIMENTO N° 03

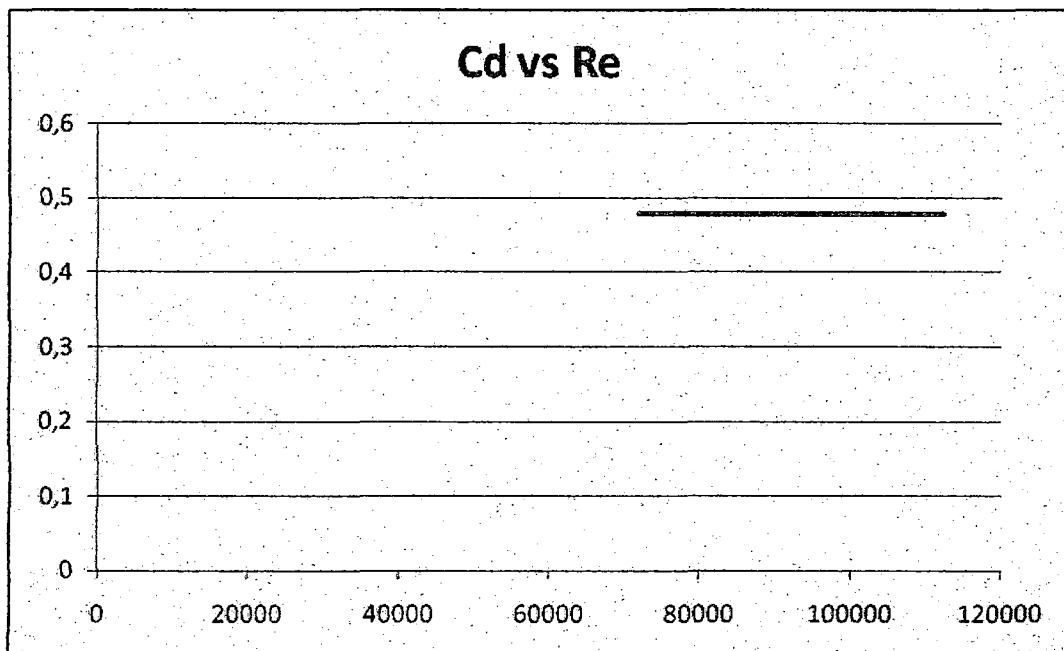
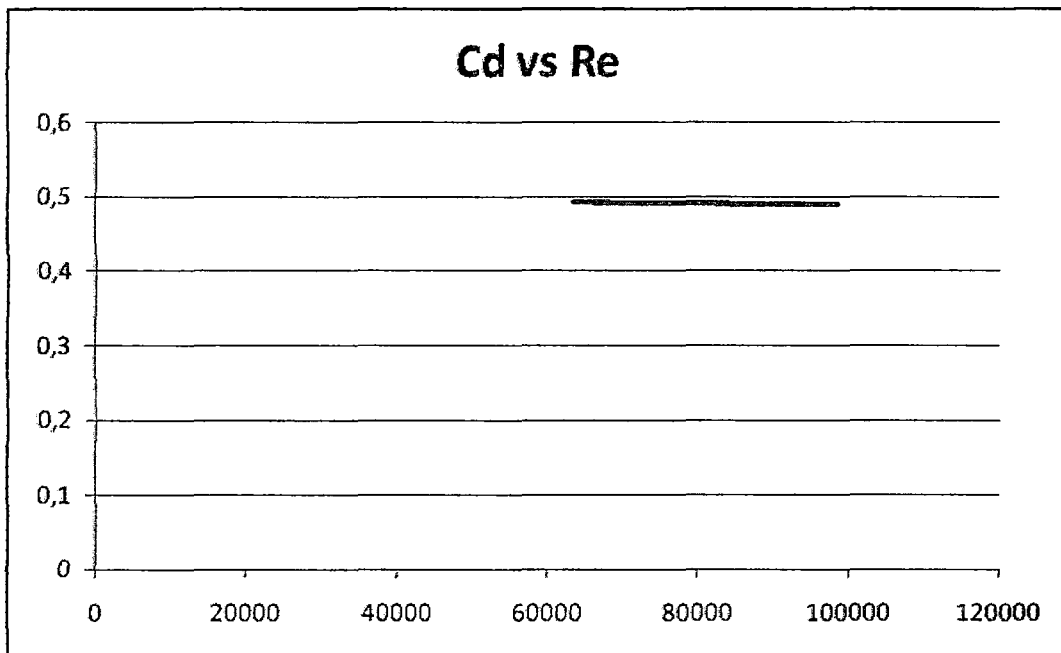


TABLA 6.4 EXPERIMENTO N° 04

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1753	0,00159315	0,00078178	0,49071155	98653,385
2	1633	0,00152532	0,00074849	0,49071316	94453,116
3	1500	0,00142496	0,00070038	0,49150831	88238,476
4	1326	0,0013008	0,00064039	0,49230794	80550,057
5	1223	0,00118151	0,00058261	0,49310596	73163,206
6	1023	0,00102837	0,00050792	0,49390505	63680,245
7	813	0,0009198	0,00045503	0,49470408	56957,213

ELABORACION PROPIA

FIGURA 6.4 EXPERIMENTO N° 04



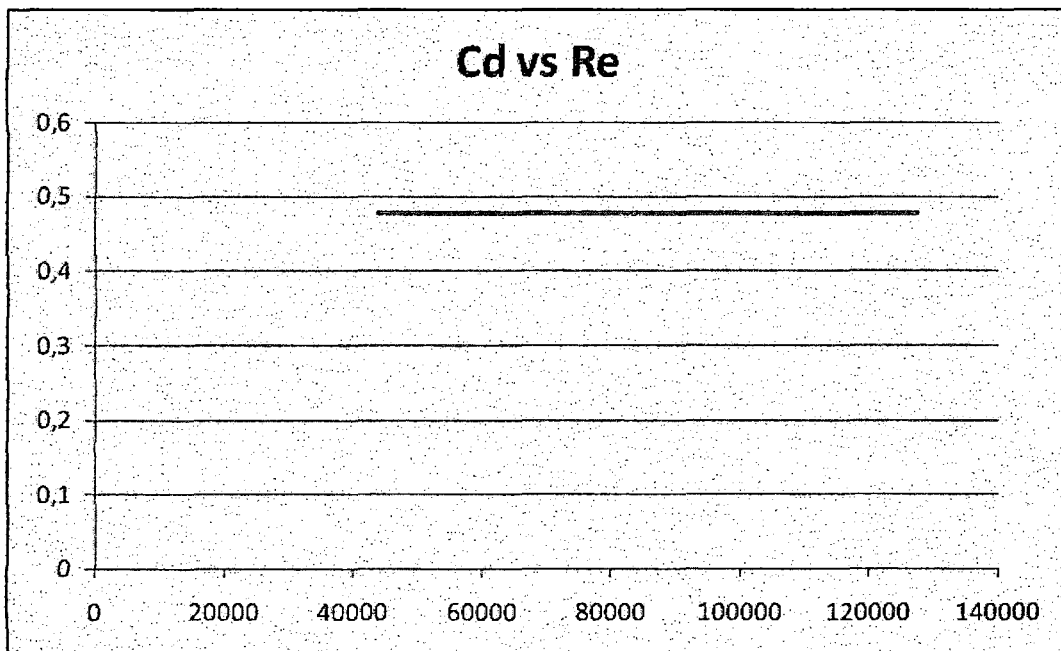
FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 6.5 EXPERIMENTO N° 5

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	520	0,00205675	0,00098465	0,47874247	127361,11
2	476	0,0019294	0,00092369	0,4787431	119475,15
3	446	0,00174521	0,00083551	0,47874254	108069,47
4	386	0,00145434	0,00069626	0,47874309	90057,788
5	326	0,00112653	0,00053932	0,47874178	69758,653
6	290	0,00071248	0,00034109	0,47874186	44119,238

ELABORACION PROPIA

FIGURA 6.6 EXPERIMENTO N°5



FUENTE: ELABORACION PROPIA

VII. DISCUSION

1. Los resultados nos muestran una tendencia algo atípica con respecto a las graficas del código ASME, que se muestran en el Anexo. Sin embargo los valores están con una diferencia de 15% con respecto al del código.
2. Las diferencias de valores se pueden deber a que los flujos no eran constantes en todo el tiempo de duración de la prueba, en la que la electricidad no se mantenía constante, había caída de tensión que no permitía tener una velocidad de rotación constante y una potencia constante.
3. En la prueba con el diámetro de orificio más grande con una relación de diámetros de 0.77 se observa que los valores del Cd son similares a los de la grafica del ASME, lo cual quieren decir que para diámetros grandes del orificio se pueden esperar valores más exactos, que para relaciones de diámetros menores.
4. En las mediciones de la caída de presión tomada con el manómetro diferencial de mercurio se registraron valores distintos para una misma prueba debidos posiblemente a la entrada de aire que no permitía tener una medida exacta en cada prueba, a pesar de que por momentos se eliminaba el aire.
5. En las relaciones de diámetros mas pequeño s es decir valores de 0.5 para abajo se observan valores que se mantienen casi constantes, probablemente debido al aumento de la velocidad por diámetros pequeños, que hacen que se incrementen las perdidas.
6. En el inicio de las pruebas se tomaron caudales reales mediante procedimientos volumétricos, es decir midiendo un volumen almacenado en una probeta en un tiempo determinando, tres veces por prueba para tomar un promedio que se ajuste a la realidad, para ser usado en la determinación del caudal real y luego calcular el Cd. SE observo que los valores del Cd salían con valore s de '0.2 bastante

bajos casi 70% menos que los Codigo ASME. La explicación podría ser por cuanto las mediad del volumen no eran muy precisos y también los tiempos que se consideraron eran muy pequeños (5 segundos). Los valores se muestran en el anexo para que se puedan observar.

7. Con respecto al punto anterior se decidió por utilizar para el ,cálculo del caudal real, el método del factor de flujo K descrito en el libro de Mecánica de Fluidos de Fox Mac Donald y cuya grafica se inserta en el anexo. Se calculo el numero de Reynolds y con la relación de diámetros se obtenía gráficamente el valor de K y con esto se calculaba el caudal real.
8. Se podría mejorar la toma de caída de presión si en vez de usar un manómetro diferencial se usaran dos manómetros de Bourdon, uno a la entrada y otro a la salida del orificio.
9. En lo concerniente a los flujos volumétricos reales se podría intentar utilizar procedimiento gravimétricos con el equipo que se dispone en el laboratorio, que resultaría más preciso.
10. El costo del equipos resulto bastante módico, un cálculo aproximado de S/. 500.00 (quinientos nuevos soles) que fueron cubiertos íntegramente por el autor del proyecto y está disponible para ser usado en el curso de Laboratorio de Mecánica de Fluidos.



VIII. REFERENCIALES

- Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías; Mc Graw Hill; 2000
- ISO 772: 1988, liquid flow measurement in open channels. vocabulary and symbols
- Norma ISA rp32 flange, mormted, sharp, edged, orífice plates for flow measurement
- ASME: fluid meters their theory and application
- Introducción a la Mecánica de Fluidos. 2da. Edición. Fernández Larrañaga Bonifacio. Alfa omega Grupo Editorial. México 1999.
- Elementos de Mecánica de Fluidos. Vernard J.K, Street R.L. Tercera Edición Versión 51 Editorial CECSA España 1998
- Fundamentos Básicos de Mecánica de Fluidos. Williams, Gareth Tercera Edición Editorial Mc Graw Hill Interamericana México 1996
- La Mecánica de Fluidos, aplicaciones e implicaciones. Wilson D. Jerry, Segunda Edición Editorial Prentice Hall Chile 1994
- Mott, Robert. "Mecanica de Fluidos". Cuarta Edición. Prentice Hall. Mexico, 1996.
- Victor L. Steerter "Mecanica de Fluidos". Séptima edición, Ed. Mac Graw-Hill; México 1.979.
- [http:\www.encarta.com](http://www.encarta.com)
- [www. monografias.com](http://www.monografias.com)
- Guia Practica para la Investigación, Redacción de Informes Acosta Hoyos Eduardo Buenos Aires 1972
- Metodología de la Investigación Asti Vera Armando, Hiapeluz 1668
- Introducción a la Investigación Científica Tafur Raúl, Editorial Mantaro 1994

- El proceso de la Investigación Científica Tamayo Tamayo Mario
editorial Limusa 1983

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script that appears to be the initials 'MT' followed by a long, sweeping vertical stroke.

X. APENDICE

APENDICE 1

GUIA DE LABORATORIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS

Práctica : Medidores de caudal, Placa de Orificio

Objetivos específicos:

1. Conocer varios métodos empleados para medición de caudal.
2. Estudiar el funcionamiento de los dispositivos de restricción para medir caudal: placa orificio.
3. Determinar el caudal real a través de los medidores de caudal: placa de orificio.
4. Calcular el coeficiente de descarga de los medidores: placa de orificio, y determinar como varía con el número de Reynolds.

Fundamento Teórico:

Entre las mediciones que normalmente se llevan a cabo en un fluido que circula por un conducto cerrado se tiene la del gasto, para lo cual existen varios métodos a saber: métodos directos, indirectos, gravimétricos, volumétricos, electrónicos y electromagnéticos. Por ejemplo, un método directo para medir un gasto en un flujo dado consiste en determinar el volumen o el peso del fluido que pasa por una sección en un intervalo de tiempo específico. Los métodos indirectos para medir el gasto suelen requerir la determinación de una carga manométrica, una diferencia de presiones o la velocidad en varios puntos de una sección transversal, para que posteriormente con base a estos datos, se calcule el gasto buscado. Los métodos más precisos son los gravimétricos o los volumétricos, en los cuales el peso o el volumen del fluido se miden mediante balanzas apropiadas o por medio de un tanque aforado de acuerdo con un intervalo de tiempo que se mide con un cronómetro.



La selección de un medidor de flujo es afectada por la exactitud requerida, el intervalo de medición, el costo, la complicación, la facilidad de lectura o reducción de datos, así como por la vida de servicio. Debe elegirse el dispositivo más simple y barato que brinde la exactitud deseada.

En aplicaciones especializadas, en particular para usos remotos o de registro, pueden especificarse medidores de flujo de desplazamiento positivo. Los ejemplos comunes incluyen medidores domésticos de agua y gas natural, los cuales se calibran para leer directamente en unidades de producto, o bombas de medición de gasolina, las cuales miden el flujo total y en forma automática calculan el costo.

Medidores de Caudal para Flujo Interno en conductos a presión:

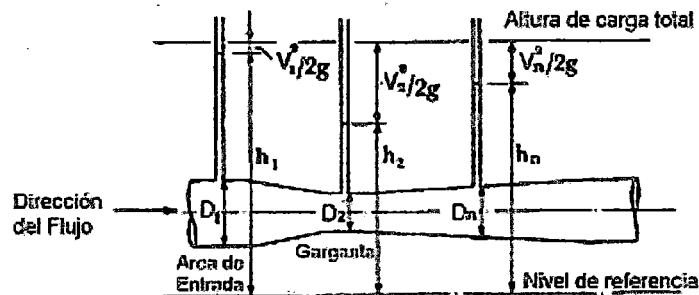
En un conducto cerrado el caudal teórico puede relacionarse con un diferencial de presión entre dos secciones de diferente diámetro entre las cuales, mediante una restricción apropiada se logra acelerar la corriente del fluido. Este principio de método indirecto se emplea en dispositivos tales como medidores Venturi, placa orificio y toberas de flujo, en los cuales el flujo teórico puede obtenerse al aplicar apropiadamente las ecuaciones de continuidad y de Bernoulli. Factores de corrección empíricos pueden aplicarse para obtener el flujo real.

Medidor Venturi:

Este dispositivo se utiliza para medir el gasto a través de una tubería. Generalmente se hace de una sola pieza fundida (esquema Fig. 1) que consta de una sección aguas arriba, de igual diámetro que la tubería y provista de un anillo con aberturas piezométricas para medir la presión estática en esa sección; una sección cónica convergente; una garganta cilíndrica provista también de un anillo piezométrico; y una sección cónica

con una divergencia gradual hasta alcanzar el diámetro original de la tubería.

Fig. 1 Esquema típico de un medidor venturi



Fuente Elaboración propia

Ecuaciones Básicas: Al aplicar las ecuaciones de continuidad y de Bernoulli para flujo incompresible estable, asumiendo que no existen pérdidas de energía a lo largo de la tubería, y que tanto la velocidad como la presión son uniformes a través de cualquier sección considerada, se obtiene:

$$\text{Continuidad:} \quad V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q \quad (1)$$

donde Q denota el caudal o flujo volumétrico.

$$\text{Bernoulli:} \quad \frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \quad (2)$$

Esta ecuación se escribe también por su fácil interpretación:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad (3)$$

en la cual, cada sumando representa a una forma de energía mecánica:

Así, z es la energía potencial por unidad de peso del fluido, $\frac{p}{\gamma}$ es la

energía de presión y $\frac{V^2}{2g}$ la energía cinética correspondiente. De esta manera, a la cantidad

$$H = \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z \quad (4)$$

se le llama **energía mecánica total** o **altura de "carga" total**, la cual se indica en la figura 1 como una línea horizontal en el caso presente de flujo sin fricción.

Entonces de la ecuación de Bernoulli,

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2}(V_2^2 - V_1^2) = \frac{\rho V_2^2}{2} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right] \quad (5)$$

y de la continuidad

$$\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \quad (6)$$

Al sustituir y despejar la velocidad teórica, V_2

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \left[1 - (A_2/A_1)^2 \right]}} \quad (7)$$

En términos de las alturas piezométricas h_1 y h_2 , la velocidad teórica puede escribirse

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}} \quad (8)$$

El caudal teórico está dado entonces por



$$Q_{teórico} = V_2 A_2 = A_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (9)$$

La ecuación 8 muestra la relación general entre el flujo volumétrico y la caída de presión para un medidor de flujo de restricción. Varios factores limitan su utilidad en el cálculo del flujo volumétrico real a través del medidor: los perfiles de velocidad se acercan a flujo uniforme sólo a número de Reynolds muy grandes, los efectos de la fricción pueden volverse importantes (especialmente aguas abajo del medidor) cuando los contornos del medidor son abruptos, por último, la ubicación de las tomas de presión afecta la lectura de la presión diferencial, $p_1 - p_2$.

La ecuación teórica se ajusta para el número de Reynolds y la razón de diámetro definiendo un **coeficiente de descarga empírico** como:

$$C_D = \frac{\text{flujo volumétrico real}}{\text{flujo volumétrico teórico}} \quad (10)$$

Mediante el empleo del coeficiente de descarga, el flujo volumétrico real se expresa como

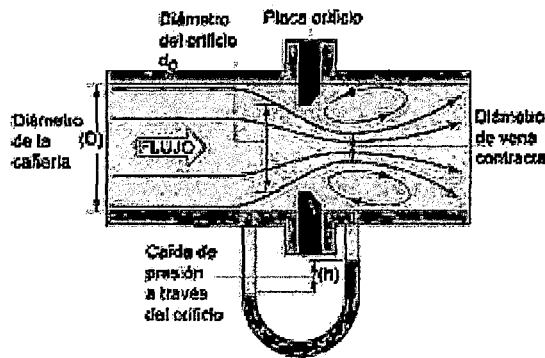
$$Q_{real} = \frac{C_D A_2}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}} \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (11)$$

La placa de orificio:

La placa de orificio es una placa delgada que puede sujetarse entre bridas de tubería. El orificio de arista afilada ocasiona que el chorro se contraiga aguas abajo del orificio, de tal manera que las líneas de corriente, tal como se observa en la figura 2, continúan convergiendo en

una distancia corta después del plano del orificio; por tanto, el área de flujo mínimo es en realidad menor que el área del orificio.

Fig.2 Esquema típico de un placa de orificio



Fuente gnceros.com.ar

Desarrollo de la Práctica

Para la determinación del caudal en forma teórica y experimental y el correspondiente coeficiente de descarga empírico se empleará un equipo en forma de tablero provisto del dispositivo de medición: placa orificio, montado como se indica en la figura 2 cuya geometría y diámetros correspondientes, se pueden observar.

Como puede observarse en la figura 3, el equipo de medición posee un juego de piezómetros cuyos orificios para toma de presión permiten obtener directamente la caída de presión a través de cada medidor, incluyendo la ganancia de presión en el difusor.

Para el cálculo del coeficiente de descarga empírico, se requiere obtener en forma directa el caudal real, ya sea mediante el método volumétrico (Este método fue explicado en la práctica 1, Mediciones de caudal volumétricas y gravimétricas). Como se ha expresado anteriormente, el caudal real $Q_{real} = C_D V_2 A_2$. El análisis dimensional y la

similitud dinámica demuestran que C_D es una función del número de Reynolds R_e definido como,

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (12)$$

donde ρ es la densidad del fluido, V la velocidad en la sección del ducto considerada, D el diámetro y μ la viscosidad absoluta del fluido (agua).

En la práctica, tomando como referencia la escala de capacidad del rotámetro se procederá a variar el caudal de agua de tal manera que puedan tomarse las lecturas piezométricas suficientes, con el objeto de conocer el orden de magnitud del coeficiente de descarga para cada medidor y hallar el modelo matemático que describe el comportamiento de este coeficiente con respecto al número de Reynolds.

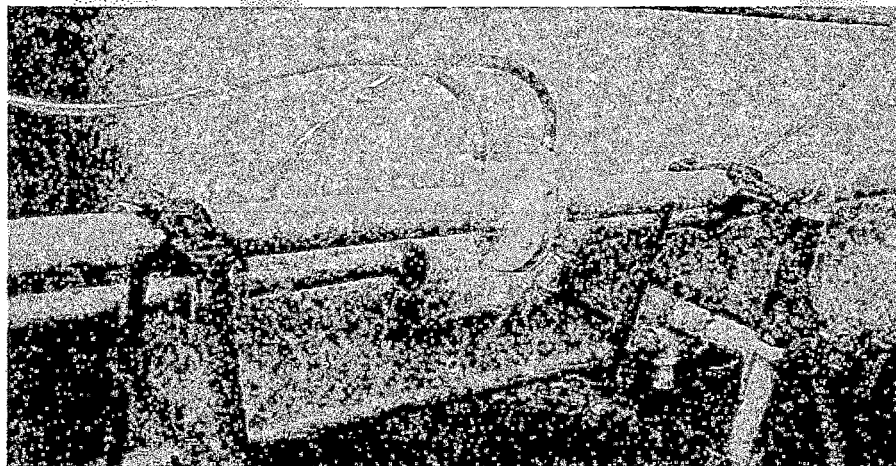


Fig. 3 Equipo de Medición de Caudal

Procedimiento de Laboratorio:

1. Verifique que la válvula de descarga esté cerrada
2. Encienda la bomba de alimentación de al sistema de tuberías.
3. Purgue las mangueras del manómetro diferencial hasta que no quede aire encerrado.
4. Abra la válvula de control completamente hasta obtener la máxima deflexión en el manómetro.
5. Mida la diferencia de niveles en el manómetro con la regla graduada.
6. Tome la probeta de 2 litros y llene un volumen de agua a la salida de la tubería en un tiempo de 10 segundos. Repita esta operación tres veces para tomar el promedio en los cálculos.
7. Cierre la válvula de descarga hasta que disminuya la diferencia de niveles en el manómetro y proceda a repetir el paso 6.
8. Complete 4 desniveles en el manómetro diferencial.
9. Finalizada la toma de datos apague el equipo de acuerdo a las instrucciones del Técnico.

CALCULOS Y CURVAS:

1. Mediante las ecuaciones de continuidad y Bernoulli, deducir la expresión para calcular el caudal teórico a partir del diferencial de presión medido en una placa orificio.
2. Realizar en una misma gráfica, para la Placa Orificio, las siguientes curvas:
 Q_{real} vs $Q_{teórico}$ y C_D vs Re .
3. Comparar los medidores: Venturi, placa orificio y rotámetro, en lo referente a coeficiente de descarga, pérdidas de carga, costo y cualquier otro aspecto que usted considere importante.
4. Investigar sobre medidores de flujo lineales, en particular medidores de flotador y medidores transversales.



Toma de Datos Experimentales:

Prueba N°	H en mm (mercurio)	Tiempo (seg)	Volumen (cm ³)	Volumen promedio (cm ³)	Temperatura °C
1		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		
2		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		
3		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		
4		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		
5		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		
6		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		
7		T1= T2= T3=	V1= V2= V3=		

Resultados:

	Caudal Real Qr	Caudal Teórico Qt	Coefficiente de descarga Cd	Numero de Reynolds Re
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				



APENDICE 2

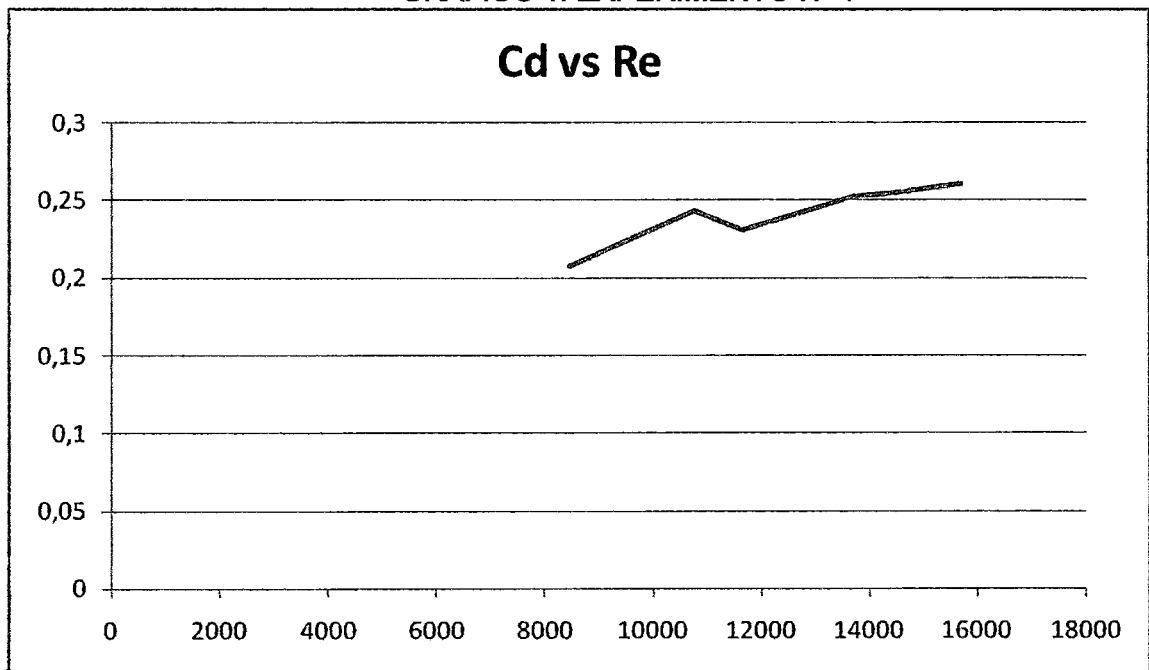
RESULTADOS POR EL METODO DE FLUJO VOLUMETRICO REAL

TABLA 1. EXPERIMENTO N°1

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1630	0,00125107	0,000326	0,2605769	15675,553
2	1503	0,0011815	0,0003006	0,2544202	14454,206
3	1423	0,0011265	0,0002846	0,2526342	13684,854
4	1210	0,0010487	0,000242	0,2307531	11636,453
5	1120	0,0009198	0,000224	0,2435312	10770,932
6	880	0,000848	0,000176	0,2075423	8462,875
7	666	0,00068215	0,0001332	0,195265	6404,8577

FUENTE: ELABORACION PROPIA

GRAFICO 1. EXPERIMENTO N° 1



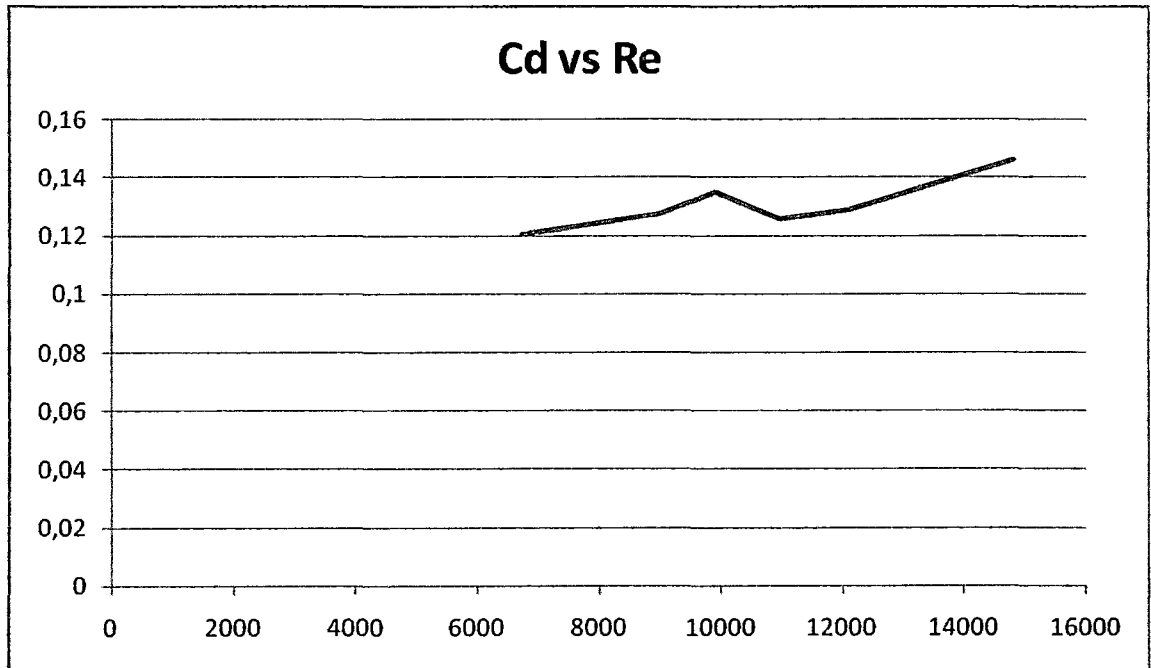
FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 2. EXPERIMENTO N° 2

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1540	0,00210754	0,000308	0,1461419	14810,031
2	1257	0,0019512	0,0002514	0,1288438	12088,448
3	1140	0,00181647	0,000228	0,1255182	10963,27
4	1030	0,00152532	0,000206	0,1350536	9905,4105
5	936	0,00146881	0,0001872	0,1274501	9001,4216
6	700	0,00116347	0,00014	0,1203297	6731,8324
7	520	0,00068215	0,000104	0,1524591	5000,7898

FUENTE: ELABORACION PROPIA

GRAFICO 2. EXPERIMENTO N° 2



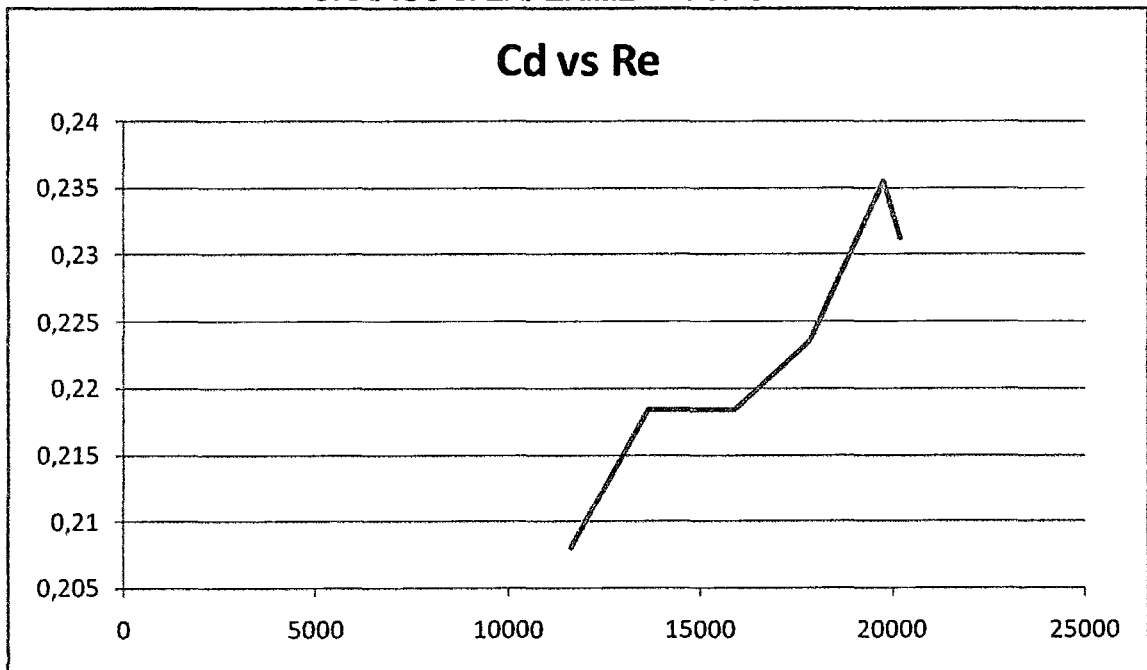
FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 3. EXPERIMENTO N° 3

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1250	0,00181647	0,00042	0,2312177	20195,497
2	1233	0,00174521	0,000411	0,2355017	19762,737
3	1853	0,0016582	0,0003706	0,2234954	17820,122
4	1650	0,00151139	0,00033	0,2183421	15867,891
5	1420	0,0013008	0,000284	0,2183272	13656,003
6	1210	0,00116347	0,000242	0,2079985	11636,453
7	980	0,0010076	0,000196	0,1945216	9424,5653

FUENTE: ELABORACION PROPIA

GRAFICO 3. EXPERIMENTO N° 3



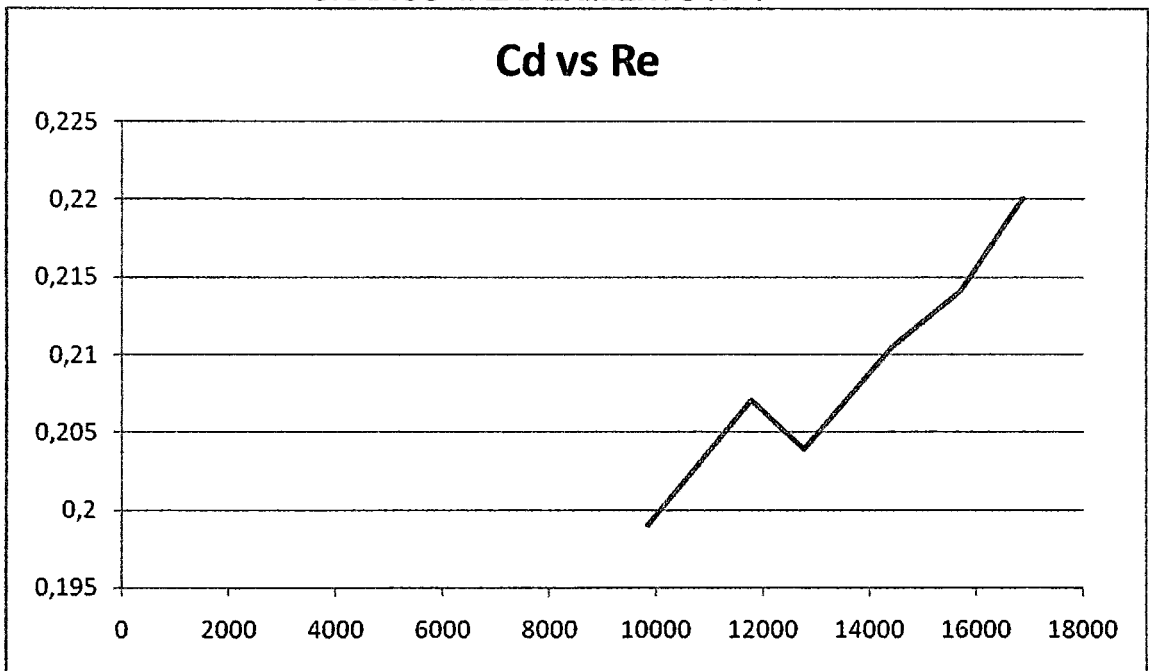
FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 4. EXPERIMENTO N°4

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	1753	0,00159315	0,0003506	0,2200672	16858,432
2	1633	0,00152532	0,0003266	0,214119	15704,403
3	1500	0,00142496	0,0003	0,2105322	14425,355
4	1326	0,0013008	0,0002652	0,2038745	12752,014
5	1223	0,00118151	0,0002446	0,2070232	11761,473
6	1023	0,00102837	0,0002046	0,1989556	9838,0922
7	813	0,0009198	0,0001626	0,1767776	7818,5425

FUENTE: ELABORACION PROPIA

GRAFICO 4. EXPERIMENTO N° 4



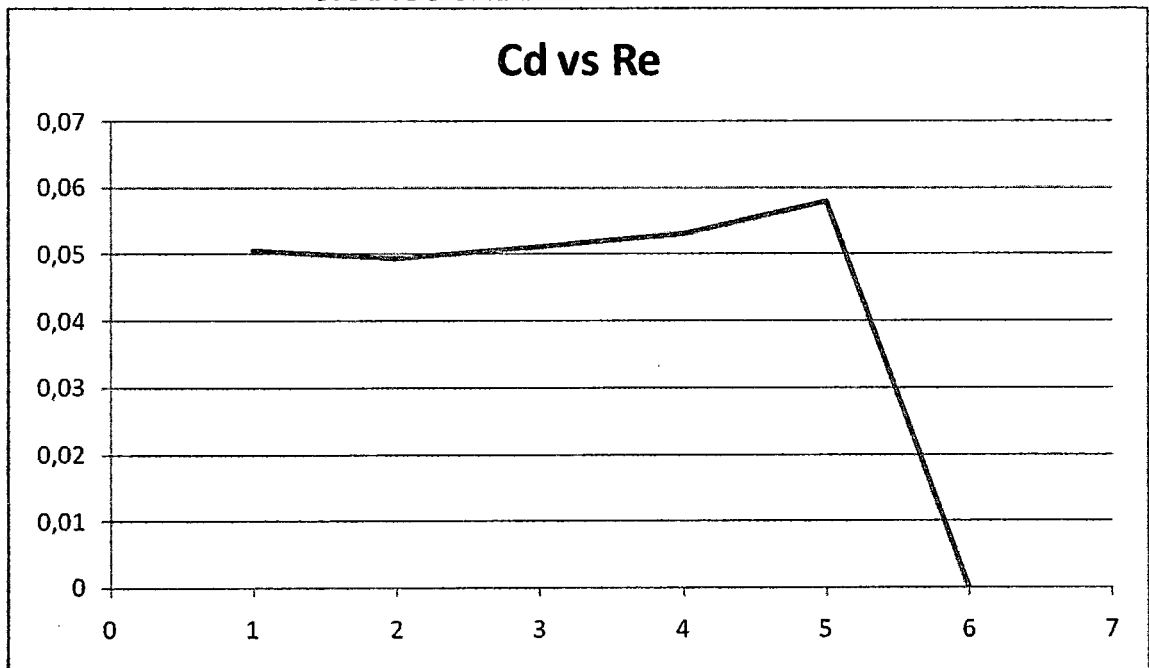
FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 5. EXPERIMENTO N°5

ENSAYO	VOLUMEN (10^{-3} m^3)	Qt (m^3/s)	Qr (m^3/s)	Cd	Re
1	520	0,00205675	0,000104	0,0505652	5000,7898
2	476	0,0019294	0,0000952	0,0493418	4577,646
3	446	0,00174521	0,0000892	0,0511113	4289,1389
4	386	0,00145434	0,0000772	0,0530825	3712,1247
5	326	0,00112653	0,0000652	0,0578768	3135,1105
6	290	0,00071248	0,000058	0,0814058	2788,902

FUENTE: ELABORACION PROPIA

GRAFICO 5. EXPERIMENTO N° 5



FUENTE: ELABORACION PROPIA

X. ANEXOS

TABLA A1. COEFICIENTES DE DESCARGA (Por Bilton)

Carga en plg	Diámetro del orificio en plg.						
	0,25	0,50	0,75	1,0	1,50	2,0	2,50
3	0,680	0,657	0,646	0,640			
6	0,699	0,643	0,632	0,626	0,618	0,612	0,610
9	0,660	0,637	0,626	0,619	0,612	0,606	0,604
12	0,653	0,630	0,619	0,612	0,606	0,600	0,600
17	0,645	0,625	0,619	0,608	0,600	0,599	0,598
18	0,643	0,623	0,619				
22	0,638	0,621					
45	0,628						

FUENTE: BILTON

ANEXO 2

TABLA A2. COEFICIENTES DE DESCARGA (De Judd y King)

Diámetro en pulg	Valor de C
3/4	0,6111
1	0,6097
3/2	0,6085
2	0,6083

FUENTE: De JUDD Y KING

ANEXO 3

TABLA A3. COEFICIENTES DE DESCARGA

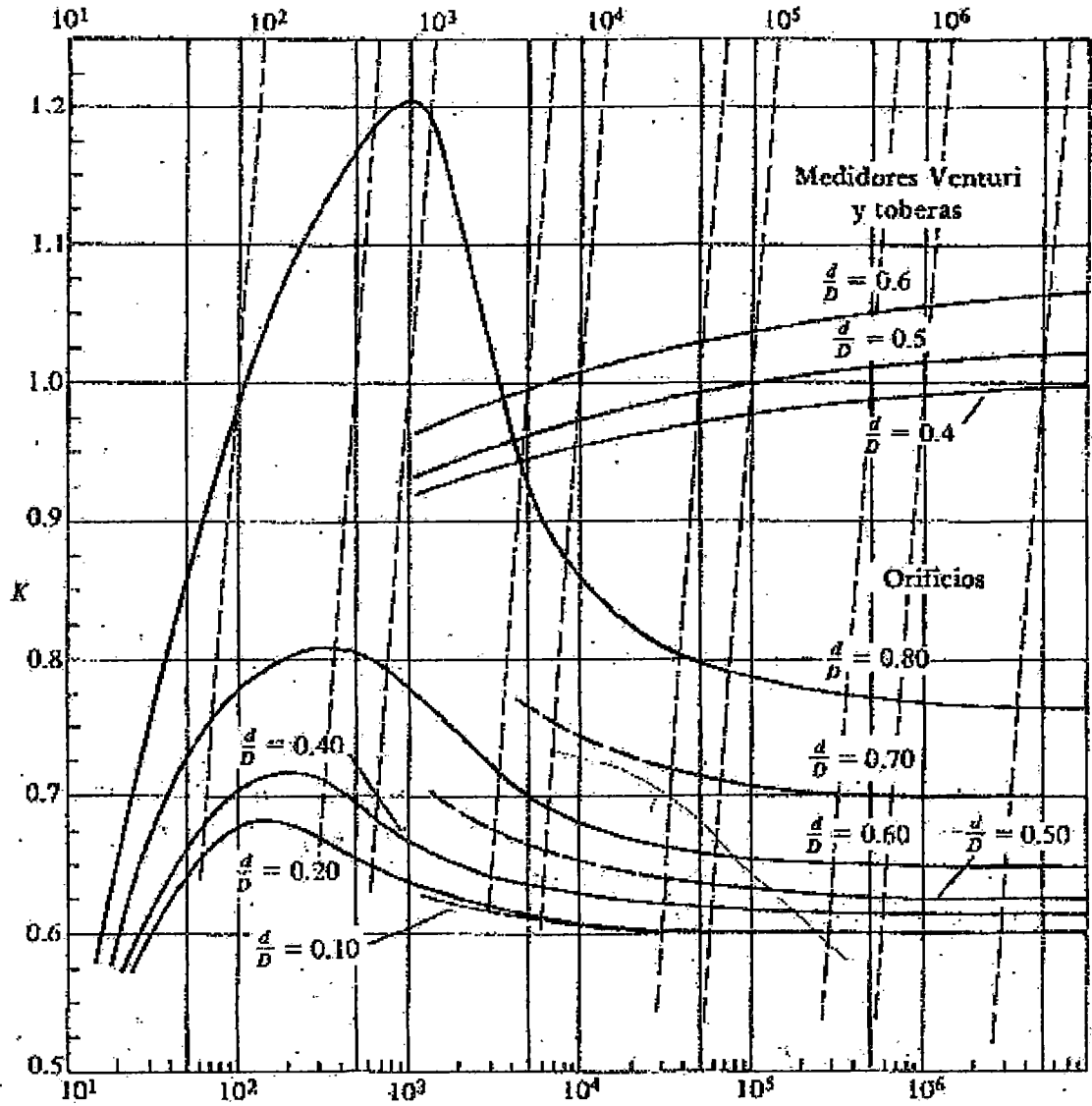
Carga en pies	Diámetro del orificio en plg					
	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	4,00
0,8	0,647	0,627	0,616	0,609	0,603	0,601
1,4	0,635	0,619	0,610	0,605	0,601	0,599
2,0	0,629	0,615	0,607	0,603	0,600	0,599
4,0	0,621	0,609	0,603	0,600	0,598	0,597
6,0	0,617	0,607	0,601	0,599	0,596	0,596
8,0	0,614	0,605	0,600	0,598	0,596	0,595
10,0	0,613	0,604	0,599	0,597	0,595	0,595
12,0	0,612	0,603	0,599	0,597	0,595	0,595
14,0	0,611	0,603	0,598	0,596	0,595	0,594
16,0	0,610	0,602	0,598	0,596	0,595	0,594
20,0	0,609	0,602	0,598	0,596	0,595	0,594
25,0	0,608	0,608	0,601	0,597	0,595	0,594
30,0	0,607	0,600	0,597	0,595	0,594	0,594
40,0	0,606	0,600	0,596	0,595	0,594	0,593
50,0	0,605	0,599	0,596	0,595	0,594	0,593
60,0	0,605	0,599	0,596	0,594	0,593	0,593
80,0	0,604	0,598	0,595	0,594	0,593	0,593
100,0	0,604	0,598	0,595	0,594	0,593	0,593
120,0	0,603	0,598	0,595	0,594	0,593	0,592

FUENTE: MEDAUGH Y JONHSON

ANEXO 4

GRAFICO Diagrama del coeficiente de flujo K

$$\frac{Re_d}{K} = \sqrt{2g\Delta h} \frac{d}{v}$$



$$Re_d = \frac{4Q}{\pi d v}$$

Fuente: johansen y ASME

ANEXO 5 MATRIZ DE CONSISTENCIA

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long tail stroke extending upwards and to the right.

TÍTULO: ANALISIS EXPERIMENTAL DE VARIACIONES DE CAUDAL DE AGUA EMPLEANDO MEDIDORES DE OBSTRUCCION TIPO PLACA DE ORIFICIO PARA DIFERENTES RELACIONES DE DIAMETROS DE ACUERDO AL CODIGO ASME

AUTOR: JUAN MANUEL PALOMINO CORREA

PROBLEMA	JUSTIFICACIÓN	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO
<p>Ante la escasez de recursos que se presentan hoy en día dentro del aparato estatal, es muy importante para el Sistema Universitario Peruano proceder a impulsar el desarrollo de proyectos destinados a la fabricación de equipos experimentales para ser empleados por los estudiantes en los laboratorios a fin de que puedan a través de la experimentación comprobar los conocimientos teóricos brindados por los profesores en las aulas y también dotar de equipamiento apropiado para que los Docentes puedan investigar..</p> <p>Estas actividades van a permitir a la facultad, poder mejorar su infraestructura académica de experimentación y de investigación así como mejorar su material educativo.</p> <p>De otro lado se trata de motivar al estudiante para que profundice sus estudios en temas que le son de gran aplicación en cualquier empresa industrial, en donde casi siempre se presenta el problema de quiere medir los flujos de cualquier fluido que circula por un conducto a presión y en donde no hay medidores adecuados y en algunos casos no existen los recursos para su adquisición.</p> <p>¿Cómo podemos solucionar el problema de falta de recursos para poder implementar el laboratorio de Mecánica de fluidos y máquinas térmicas con equipos compactos de bajo costo y a su vez propiciar la investigación en los alumnos para que puedan experimentar con medidores de caudal que son uso frecuente en la industria?.</p>	<p>A medida que la humanidad avanza con nuevas tecnologías se generan más cambios se puede apreciar la determinación de presión, velocidad, flujos, cambios de densidad, turbulencia y viscosidad están relacionados con las Mediciones de Fluidos en un periodo de tiempo.</p> <p>Estas mediciones son de gran importancia en la práctica de la Ingeniería para controlar todos y cada una de las variaciones a considerar en un proceso donde exista el flujo de fluidos.</p> <p>Para llevar a cabo estas mediciones se emplean diversos dispositivos, las medidas de velocidad se realizan con tubos de Prndtl, medidores de corriente y anemómetros rotativos y de hilo caliente. las mediciones se realizan mediante orificios, tubos, toberas o boquillas, venturímetros y canales Venturi, medidores de codo, vertederos de aforo, numerosas modificaciones de los precedentes y diversos medidores patentados. Para aplicar correctamente estos aparatos, es importante emplear la ecuación de la continuidad y de Bernoulli y conocer las características y coeficientes de cada aparato.</p> <p>La medición de caudal es de fundamental importancia en la industria de procesos. Prueba de ello es su elevado porcentaje de ocurrencia en la práctica, dentro del conjunto de mediciones que se realiza habitualmente.</p> <p>He aquí algunas de las funciones que se pueden llevar a cabo a través de la medición de caudales.</p> <p>a. Conocimiento de la producción de un proceso o planta. b. Conocimiento de los diferentes consumos. c. Distribución en forma prefijada de una corriente. d. Mezcla de varias corrientes en determinadas proporciones. e. Realización de balance de materia alrededor de un equipo. en temas afines.</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL Diseñar y fabricar un equipo compacto experimental para la medición de caudal volumétrico en conductos a presión para flujos viscosos a través de placas de orificio de diferentes diámetros en concordancia con el código ASME.</p> <p>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS Dentro de nuestros objetivos tendremos los siguientes:</p> <p>Experimentar con el uso de medidores de caudal usualmente empleados en el sector industrial y contrastar su funcionamiento con los valores que indican las normas.</p> <p>Conocer los efectos que causa la fricción en conductos rugosos, lisos.</p> <p>Aplicar la teoría de pérdidas por fricción en conductos y accesorios.</p> <p>Determinar un procedimiento del experimento que sirva como guía para la realización de experimentos en los cursos que correspondan.</p> <p>Modernizar las prácticas de Laboratorio de Asignaturas como es la Mecánica de Fluidos e Hidráulica.</p> <p>Motivar a los docentes para que desarrollen proyectos que permita ampliar nuestra capacidad operativa con nuevos equipos experimentales.</p> <p>Implementar el Laboratorio de Mecánica de fluidos y Máquinas Térmicas con equipos de bajo costo.</p>	<p>El uso adecuado de tecnología de punta en el diseño y fabricación de un equipo compacto experimental para medición de caudales en conductos a presión para flujos viscosos a través de placas de orificios de diferentes diámetros permitirá solucionar la falta de equipamiento en el laboratorio de mecánica de fluidos de la facultad de Energía, contar con equipos ecológicos y lograr reducir los costos de adquisición al usar materiales nacionales.</p>	<p>Se pueden establecer la relación de una (1) variable independiente:</p> <p>Uso adecuado de correcto de tecnología de punta.</p> <p>Dos variables dependientes:</p> <p>Diseño de un equipo ecológico y bajo costo de fabricación.</p>	<p>Caída de presión Flujos Volumétricos Velocidad teórica Caudal teórico Caudal real Numero de Reynolds Relación de diámetro del orificio y de la tubería Coefficiente de descarga</p>	<p>Tomando en cuenta que el proyecto de investigación presentado consiste en el diseño y fabricación de equipo compacto experimental, la metodología a emplear será:</p> <p>Determinar el ámbito de Estudio y empleo del equipo</p> <p>Acopio de la Información para iniciar el diseño del equipo.</p> <p>Análisis de la normatividad sobre la fabricación de placas de orificio según el código ASME</p> <p>Determinación de el tamaño de tubería</p> <p>Selección de los equipos accesorios</p> <p>Selección y cálculo del sistema de alimentación de, agua.</p> <p>Experimentación con placas de diferentes relaciones de diámetros</p> <p>Análisis de costos.</p> <p>Redacción del proyecto</p> <p>Revisión de la información y complementación.</p>