



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

***DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO
DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE***

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL
LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA
LIBRE**

UMEIMAR RAMIRO URREA TOLEDO

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2008**



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

***DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO
DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE***

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL
LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA
LIBRE**

UMEIMAR RAMIRO URREA TOLEDO

Trabajo Realizado Para Optar Al Título De Ingeniero Civil

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2008**



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO
DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, Abril de 2.008



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
MARCOS DE REFERENCIA	7
EXPERIMENTOS DE REYNOLDS	7
CAPÍTULO I	8
ETAPA DE INVESTIGACION	8
1.1. RECOPIACIÓN TEÓRICA NUMERO DE REYNOLDS	8
1.1.1. Flujo Laminar.....	9
1.1.2. Flujo Turbulento.....	9
1.1.3. Efecto Viscosidad.	9
1.1.4. Efecto De La Gravedad.	9
1.1.5. Diagrama De Moody.	10
1.1.6. Ecuación De Darcy-Weisbach.	11
1.1.6. Ecuación De Darcy-Weisbach.	11
1.1.7. Ecuación De Colebrook-White.....	12
1.1.8. Régimen De Flujo.	13
1.2. VISITAS A LABORATORIOS SIMILARES	13
CAPITULO II	15
PROCESOS	15
2.1. DISEÑO TECNICO	15
2.1.1. Orificios de Descargue Libre.....	15
2.1.2. Experimento de Reynolds.....	20
2.2. SISTEMA CONSTRUCTIVO	21
2.2.1. Orificios de descargue libre.....	21
CAPITULO III	22
RECOMENDACIONES TÉCNICAS Y OPERACIONALES	25
3.1. GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO	25
CAPITULO IV	27
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA OPERACIONAL	27
5. PRESUPUESTO	28
6. CONCLUSIONES	28
7. RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	35



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

INTRODUCCIÓN

El proyecto “Diseño y montaje del equipo hidráulico para el ensayo del laboratorio del número de reynolds y los orificios de descarga libre”, se fundamenta en la eficiencia que deben presentar los fluidos en su desplazamiento y transporte a través de tuberías cerradas y abiertas, además se debe tener en cuenta, las variables que intervienen en la conducción de fluidos. Este tipo de transporte ha sido utilizado principalmente para la conducción de agua potable donde se recorren distancias largas en tramos que pueden ser superficiales, subterráneos o en aguas submarinas.

El propósito de presentar este equipo, es permitir la verificación de la existencia de flujo laminar, en transición o turbulento, para un mismo fluido que es transportado en tuberías bajo diferentes condiciones. Estos flujos son determinados por el número de reynolds, el cual es básico para caracterizar la naturaleza del flujo y así calcular la cantidad de energía perdida debido a la fricción en el sistema. Por lo tanto, es de importancia el diseño de laboratorios de hidráulica de tuberías que permitan la implementación práctica de sistemas de transporte para que los futuros Ingenieros Civiles de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, estudien e identifiquen el comportamiento de los fluidos en tuberías cerradas; el cual, no debe basarse solo en teoría sino que debe ser complementado con la parte experimental.

En la actualidad, la Corporación Universitaria Minuto de Dios Sede García Herreros de Girardot, desarrolla sus funciones administrativas, académicas, lúdicas, entre otras, en instalaciones alquiladas. Esta situación ha sido un inconveniente para que los estudiantes de Ingeniería Civil tengan más acceso a estos laboratorios. La Sede García Herreros de Girardot, por ser alquilada no puede implementar este tipo de infraestructura, por lo tanto, las prácticas de la asignatura hidráulica de tuberías requiere desplazamiento a la sede principal ubicada en Santa fe de Bogotá D.C o a la ciudad de Ibagué en la Universidad Cor Universitaria para cumplir con los estándares de calidad que se exigen en la educación superior.

Esta propuesta de trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil titulado “Diseño y montaje del equipo hidráulico para el ensayo del laboratorio del número de reynolds y los orificios de descarga libre” se encuentra estructurado en cinco capítulos cuyo eje central se describe a continuación: Capítulo I, en el se realizará toda la recopilación teórica sobre el tema para así tener fundamentación para desarrollar el proyecto. Capítulo II, permitirá establecer los pasos tanto administrativos, técnicos y metodológicos para realizar el diseño conllevando a



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

mostrar los respectivos planos y la construcción del prototipo a escala del laboratorio hidráulico. Capítulo III, aquí se establecen todas las recomendaciones técnicas y operacionales que se deben tener en cuenta para el buen funcionamiento del equipo y para que no se presenten inconvenientes en su utilización. Capítulo IV, se plantea todo acerca del mantenimiento que se debe realizar al equipo y los procedimientos de calibración y verificación que permitan el correcto uso del equipo y efectividad en la toma de resultados por parte de los estudiantes practicantes. Capítulo V, hace referencia a la continuidad del laboratorio acerca del tema orificios de descarga libre, y permite identificar las implicaciones de tipo técnico y operativo de esta modelación.



MARCOS DE REFERENCIA

Orificios de descarga libre: Desde el punto de vista hidráulico, los orificios son perforaciones, absolutamente de forma regular y perímetro cerrado, colocados por debajo de la superficie libre del agua en depósitos o almacenamientos, tanques, canales. Su clasificación puede realizarse de acuerdo con las condiciones de trabajo es decir, descargando libremente, ahogados parcialmente o sumergidos o a presión en el interior de una tubería. De la misma manera la clasificación puede realizarse de acuerdo con su forma, circular, cuadrada, rectangular, triangular.

EXPERIMENTOS DE REYNOLDS

La viscosidad es la propiedad de los fluidos que causa esfuerzos constantes cuando estos se encuentran en movimiento. Es también uno de los medios por los cuales se desarrollan pérdidas de energía. Para estudiar el problema de la resistencia al flujo resulta necesario volver a la clasificación de los flujos y considerar las grandes diferencias de comportamiento entre el flujo laminar y el flujo turbulento. El flujo de un fluido real no puede ser unidimensional debido al efecto de la viscosidad, ya que la velocidad en una frontera sólida es igual a cero, pero en otro punto es distinta a cero; sin embargo, según la consideración de valores medios de las características en cada sección, se puede clasificar de unidimensional.



CAPÍTULO I. ETAPA DE INVESTIGACION

1.1. RECOPIACIÓN TEÓRICA NUMERO DE REYNOLDS.

Mediante el análisis y el proceso de recopilación de información para la formulación y diseño del laboratorio, se tuvo que dar una vista atrás, para localizar los principios fundamentales bajo los cuales opera y se determina el numero de Reynolds, en ellos encontramos lo siguiente:

Reynolds en 1874 estudió las características de flujo de los fluidos inyectando un trazador dentro de un líquido que fluía por una tubería. A velocidades bajas del líquido, el trazador se mueve linealmente en la dirección axial. Sin embargo a mayores velocidades, las líneas del flujo del fluido se desorganizan y el trazador se dispersa rápidamente después de su inyección en el líquido. El flujo lineal se denomina Laminar y el flujo errático obtenido a mayores velocidades del líquido se denomina Turbulento

Las características que condicionan el flujo laminar dependen de las propiedades del líquido y de las dimensiones del flujo. Conforme aumenta el flujo másico aumenta las fuerzas del momento o inercia, las cuales son contrarrestadas por la fricción o fuerzas viscosas dentro del líquido que fluye. Cuando estas fuerzas opuestas alcanzan un cierto equilibrio se producen cambios en las características del flujo. En base a los experimentos realizados por Reynolds en 1874 se concluyó que las fuerzas del momento son función de la densidad, del diámetro de la tubería y de la velocidad media. Además, la fricción o fuerza viscosa depende de la viscosidad del líquido. Según dicho análisis, el Número de Reynolds se definió como la relación existente entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas (o de rozamiento).

$$N_{Re} = \frac{\text{Fuerzas-Inerciales}}{\text{Fuerzas-viscosas}} = \frac{\rho DV}{\mu}$$

Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de una tubería. El número de Reynolds proporciona una indicación de la pérdida de energía causada por efectos viscosos. Observando la ecuación anterior, cuando las fuerzas viscosas tienen un efecto dominante en la pérdida de energía, el número de Reynolds es pequeño y el flujo se encuentra en el régimen laminar. Si el Número de Reynolds es 2100 o menor el flujo será laminar. Un



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

número de Reynolds mayor de 10 000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía y el flujo es turbulento.

1.1.1. Flujo Laminar.

A valores bajos de flujo másico, cuando el flujo del líquido dentro de la tubería es laminar, se utiliza la ecuación demostrada en clase para calcular el perfil de velocidad (Ecuación de velocidad en función del radio). Estos cálculos revelan que el perfil de velocidad es parabólico y que la velocidad media del fluido es aproximadamente 0,5 veces la velocidad máxima existente en el centro de la conducción.

1.1.2. Flujo Turbulento.

Cuando el flujo másico en una tubería aumenta hasta valores del número de Reynolds superiores a 2100 el flujo dentro de la tubería se vuelve errático y se produce la mezcla transversal del líquido. La intensidad de dicha mezcla aumenta conforme aumenta el número de Reynolds desde 4000 hasta 10 000. A valores superiores del Número de Reynolds la turbulencia está totalmente desarrollada, de tal manera que el perfil de velocidad es prácticamente plano, siendo la velocidad media del flujo aproximadamente 0,8 veces la velocidad máxima.

1.1.3. Efecto Viscosidad.

El efecto de viscosidad relativo al de inercia puede representarse por el número de Reynolds. En la mayor parte de los canales abiertos el flujo laminar ocurre muy raramente. En efecto, el hecho de que la superficie de una corriente aparezca lisa y tersa para un observador no es en ningún modo una indicación de que el flujo sea laminar; más probablemente, ello indica que la velocidad de la superficie es más baja que la requerida para que se formen ondas capilares. El flujo laminar en canales abiertos existe, por ejemplo donde delgadas láminas de agua fluyen sobre el suelo o en canales de laboratorio.

1.1.4. Efecto De La Gravedad.

El efecto de la gravedad sobre el estado del flujo se representa por una relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad. Esta relación es conocida como el Número de Froude.

- Si el Número de Froude es mayor a la unidad ($F > 1$), el flujo se denomina **supercrítico**.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

- Si el Número de Froude es menor a la unidad ($F < 1$), el flujo se denomina **subcrítico**.
- Si el Número de Froude es igual a la unidad ($F = 1$), el flujo se denomina **crítico**.

1.1.5. Diagrama De Moody.

Es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de una tubería.

En la ecuación de Darcy-Weisbach aparece el término λ que representa el factor de fricción de Darcy, conocido también como coeficiente de fricción. El cálculo de este coeficiente no es inmediato y no existe una única fórmula para calcularlo en todas las situaciones posibles.

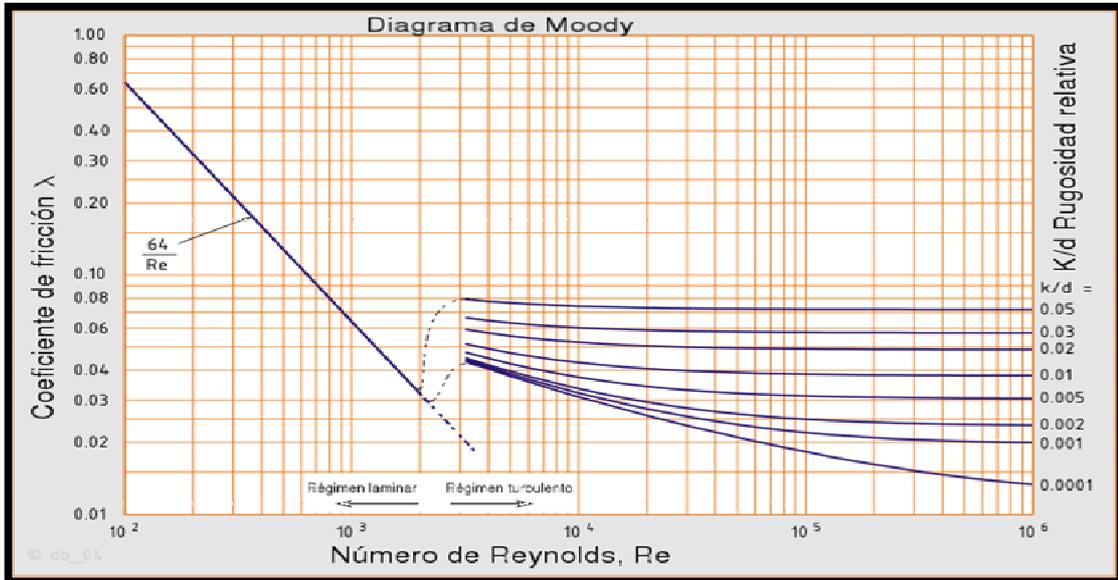
Se pueden distinguir dos situaciones diferentes, el caso en que el flujo sea laminar y el caso en que el flujo sea turbulento. En el caso de flujo laminar se usa una de las expresiones de la ecuación de Poiseuille; en el caso de flujo turbulento se usa la ecuación de Colebrook-White.

En el caso de flujo laminar el factor de fricción depende únicamente del número de Reynolds. Para flujo turbulento, el factor de fricción depende tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería, por eso en este caso se representa mediante una familia de curvas, una para cada valor del parámetro k/D , donde k es el valor de la rugosidad absoluta, es decir la longitud (habitualmente en milímetros) de la rugosidad directamente medible en la tubería.

En la Gráfica No. 1. se puede observar el aspecto del diagrama de Moody.



Gráfica No. 1.



1.1.6. Ecuación De Darcy-Weisbach.

Es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería. La ecuación fue inicialmente una variante de la ecuación de Prony, desarrollada por el francés Henry Darcy. En 1845 fue refinada por Julius Weisbach, de Sajonia, hasta la forma en que se conoce actualmente:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde h_f es la pérdida de carga debida a la fricción, calculada a partir de la fricción λ (término este conocido como factor de fricción de Darcy o coeficiente de rozamiento), la relación entre la longitud y el diámetro de la tubería L/D , la velocidad del flujo v , y la aceleración debida a la gravedad g que es constante.

El factor de fricción λ varía de acuerdo a los parámetros de la tubería y la velocidad del flujo, y puede ser conocido con una gran exactitud dentro de ciertos regímenes de flujo. Sin embargo, los datos acerca de su variación con la velocidad eran inicialmente desconocidos, por lo que esta ecuación fue inicialmente superada en muchos casos por la ecuación empírica de Prony.



Años más tarde se evitó su uso en diversos casos especiales en favor de otras ecuaciones empíricas, principalmente la ecuación de Hazen-Williams, ecuaciones que, en la mayoría de los casos, eran significativamente más fáciles de calcular. No obstante, desde la llegada de las calculadoras la facilidad de cálculo no es mayor problema, por lo que la ecuación de Darcy-Weisbach es la preferida.

1.1.7. Ecuación De Colebrook-White.

Fórmula usada en hidráulica para el cálculo del factor de fricción de Darcy λ también conocido como coeficiente de rozamiento. Se trata del mismo factor λ que aparece en la ecuación de Darcy-Weisbach. La expresión de la fórmula de Colebrook-White es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

Donde Re es el número de Reynolds, k / D la rugosidad relativa y λ el factor de fricción.

El campo de aplicación de esta fórmula se encuentra en la zona de transición de flujo laminar a flujo turbulento y flujo turbulento. Para la obtención de λ es necesario el uso de métodos iterativos. Otra forma más sencilla y directa de obtener el valor de λ es hacer uso del diagrama de Moody.

Para el caso particular de tuberías lisas la rugosidad relativa, es decir la relación entre la rugosidad en las paredes de la tubería y el diámetro de la misma, es muy pequeño con lo que el término k / D es muy pequeño y puede despreciarse el primer sumando situado dentro del paréntesis de la ecuación anterior. Quedando en este caso particular la ecuación del siguiente modo:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log (Re\sqrt{\lambda}) - 0,8$$

Para números de Reynolds muy grandes el segundo sumando situado dentro del paréntesis de la ecuación de Colebrook-White es despreciable. En este caso la viscosidad no influye en la práctica a la hora de determinar el coeficiente de fricción, este únicamente depende de la rugosidad relativa k / D de la tubería. Esto se manifiesta en el diagrama de Moody en que en la curva para valores elevados de Re se hacen rectas



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

1.1.8. Régimen De Flujo.

El **régimen de flujo** está definido por la combinación del efecto de gravedad y del efecto de viscosidad. Existen cuatro regímenes de flujo en los canales abiertos. Estos son:

- **Laminar subcrítico:** Cuando el Número de Froude es menor que la unidad, y el Número de Reynolds está en la zona laminar del diagrama de Moody.
- **Laminar supercrítico:** Cuando el Número de Froude es mayor que la unidad, y el Número de Reynolds está en la zona laminar del diagrama de Moody.
- **Turbulento supercrítico:** Cuando el Número de Froude es mayor que la unidad, y el Número de Reynolds está en la zona turbulenta del diagrama de Moody.
- **Turbulento subcrítico:** Cuando el Número de Froude es mayor que la unidad, y el Número de Reynolds está en la zona laminar del diagrama de Moody.

1.2. VISITAS A LABORATORIOS SIMILARES

Se realizó una visita a la Corporación Universitaria Minuto de Dios el día 26 de noviembre del 2007 a la 1:30 p.m., donde se observó el laboratorio hecho por los estudiantes egresados de ingeniería civil; a su vez, el Ingeniero Cristian Augusto Villanueva Núñez realizó una explicación de aproximadamente 2 ½ hora sobre el laboratorio de orificios y descarga libre y el número de Reynolds respectivamente. (Fotos 1 – 5).

Foto No. 1.



Foto No. 2.





UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

Foto No. 3.



Foto No. 4.



Foto No. 5





UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

CAPITULO II. PROCESOS

2.1. DISEÑO TECNICO.

2.1.1. Orificios de Descargue Libre.

Por medio de visitas a la universidad Minuto de Dios en su sede central Bogota D.C., de acuerdo al espacio del laboratorio y según la investigación en los libros se definió que el tanque de descargue de orificios llevaría las siguientes especificaciones:

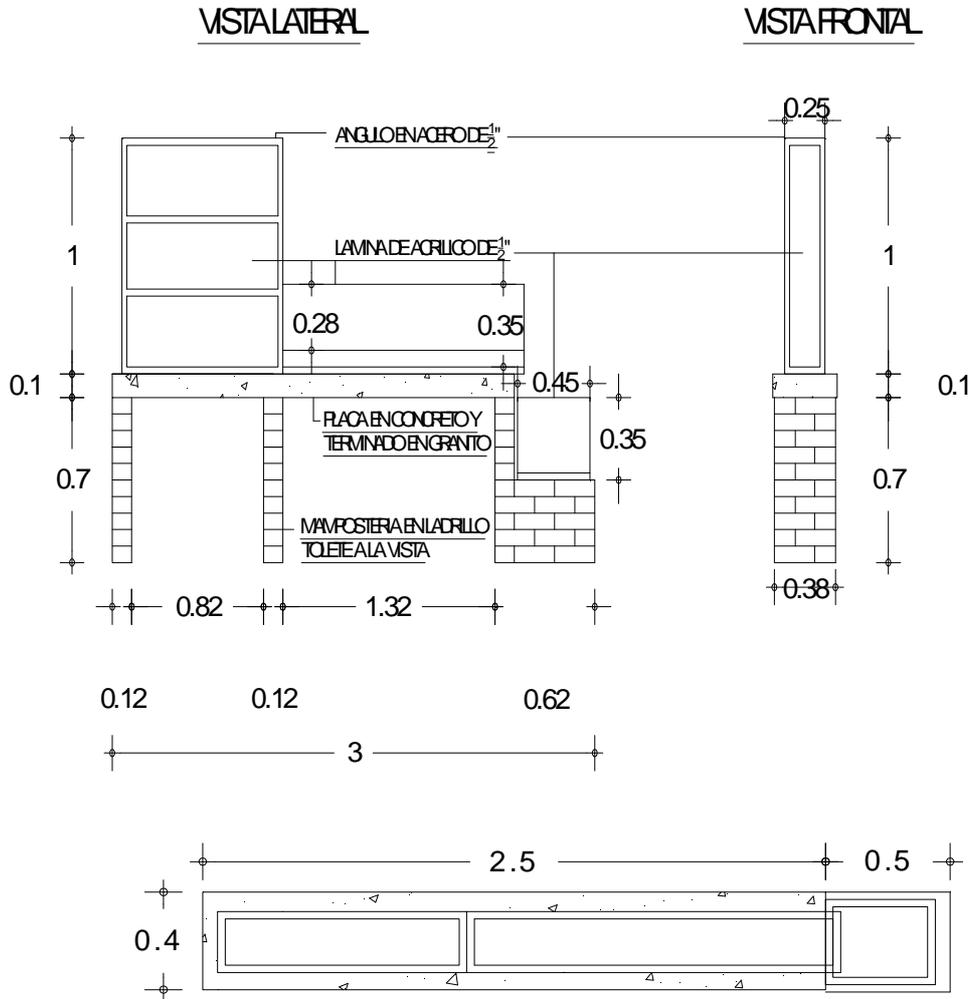
- Material acrílico.
- Forma rectangular.
- Dimensiones (largo 1 m; ancho 0,25 m; alto 1 m).
- Cuatro orificios geométricos:
 - Cuadrado (4 cm)(4 cm) a 40 cm del fondo
 - Circulo (diámetro 3 cm) a 51 cm del fondo
 - Rectángulo (3cm)(2cm) a 62 cm del fondo
 - Triángulo (isósceles 4cm) a 70 cm del fondo
- Las conexiones hidráulicas se instalaron en el cielorraso del laboratorio con tubería de 1" y manguera de $\frac{3}{4}$.



DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

Plano Arquitectónico, Laboratorio de Hidráulica de Tuberías.



VISTA PLANTA

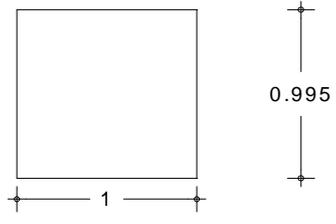


DESPIECE TANQUE ORIFICIOS

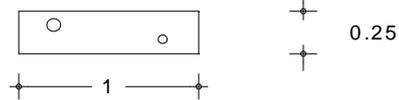
CANTIDAD

FIGURA

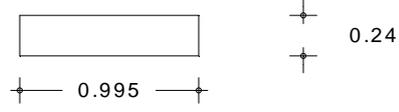
2



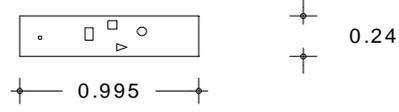
1



1



1

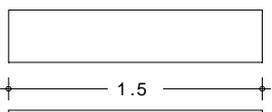
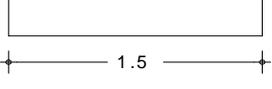
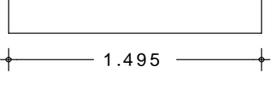
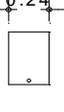
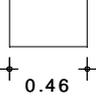
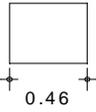
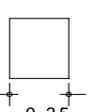


1





DESPIECE CANAL ORIFICIOS

CANTIDAD	FIGURA
2	
1	
1	
1	
3	
2	
1	
2	
2	



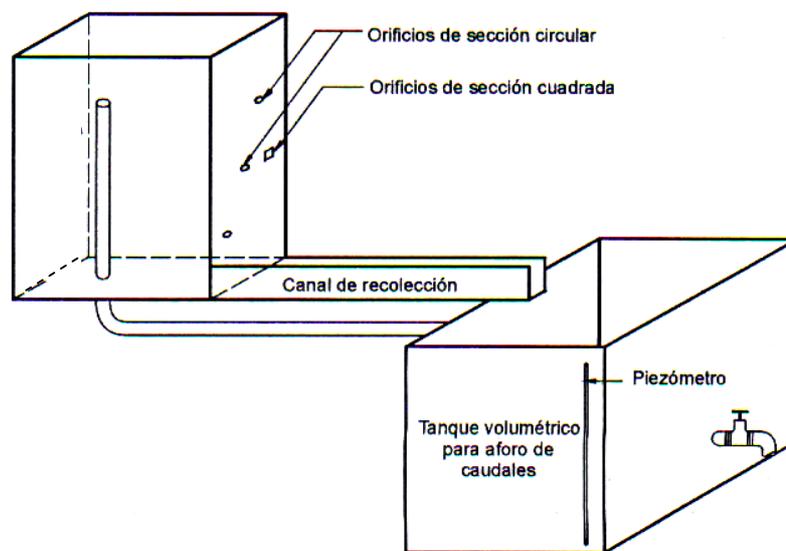
UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

El montaje para el desarrollo de la práctica está conformado por:

1. Se emplea un tanque en acrílico de sección transversal rectangular, debido a que esta forma geométrica regular ocupa menos espacio, permitiendo que la tubería del caudal de entrada no afecte la dispersión de la tinta empleada en la demostración del número de Reynolds. Debido a que se presenta menor turbulencia por el caudal de entrada, permitiendo una mejor visualización de los flujos que se esperan determinar a través de este ensayo. El tanque dispone de un sistema de alimentación y un sistema de excesos que permiten garantizar un nivel constante. En la Figura No. 1. se presenta un esquema detallado de la instalación.

Figura No. 1. Esquema general del montaje para el estudio de orificios de descarga libre. Laboratorio de hidráulica de la Universidad Minuto de Dios. (Sede Bogota).



2. Cuatro orificios de sección circular, cuadrada, rectangular y triangular.
3. Canal en acrílico para recoger el caudal evacuado por los orificios que descarga libremente.
4. Tanque y probeta para medida volumétrica de caudales.
5. Tapones de caucho.
6. Cronómetro.



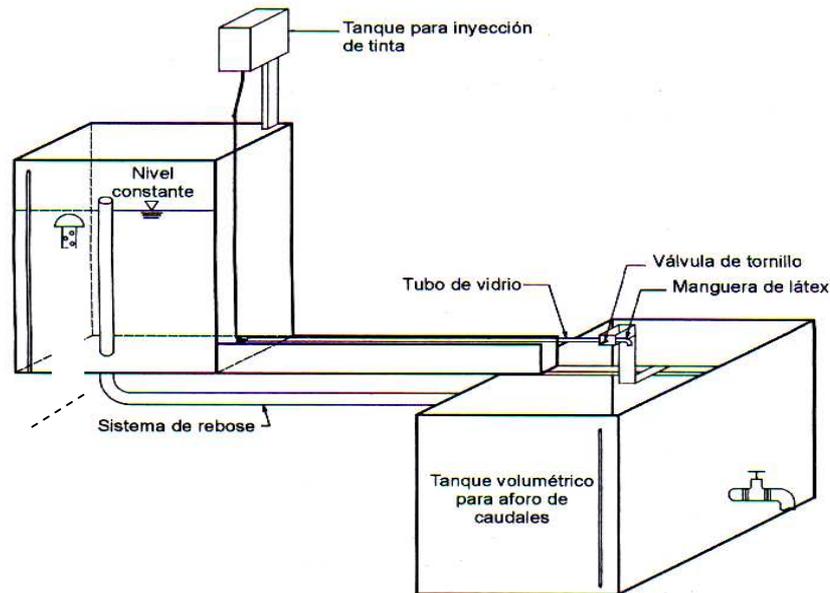
UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

2.1.2. Experimento de Reynolds.

El sistema –tal como se presenta en la Figura No..2. para el desarrollo del experimento de Reynolds está conformado por:

Figura No. 2. Montaje general para el experimento de Reynolds. Laboratorio de hidráulica de la Universidad Minuto de Dios. (Sede Bogota).



1. Tubo de acrílico horizontal de longitud L y diámetro D , acoplado a un tanque de nivel constante para la alimentación del sistema.
2. Válvula de tornillo instalada en el extremo aguas abajo del tubo.
3. Tanque pequeño colocado en la parte superior del sistema para el almacenamiento de la tinta (anilina mineral o permanganato de potasio). Del tanque se desprende un tubo de diámetro pequeño para la inyección de tinta en la entrada acampanada del tubo.
4. Probeta para la medida volumétrica del caudal.
5. Cronómetro.
6. Termómetro.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

2.2. SISTEMA CONSTRUCTIVO.

Para realizar la construcción del laboratorio de hidráulica de tuberías número de reynolds y orificios de descarga libre, se planteó el diseño a escala en cartón paja se enuncian los procedimientos que se llevaron a cabo:

2.2.1. Orificios de descargue libre.

Foto No. 6. Perfil Tanque de Orificios, Experimento de Reynolds y Tanque Descargue en Cartón Paja.

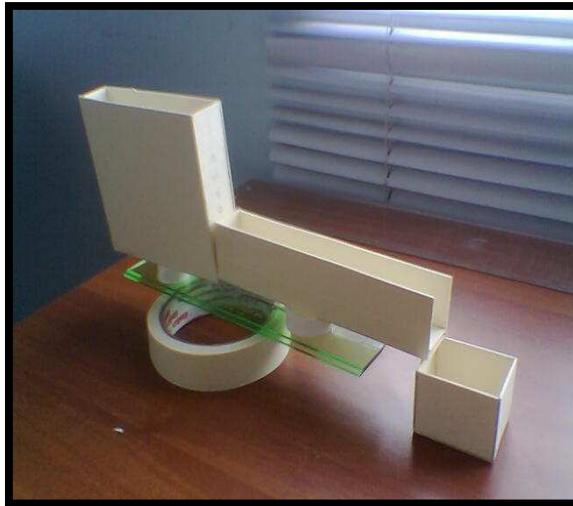
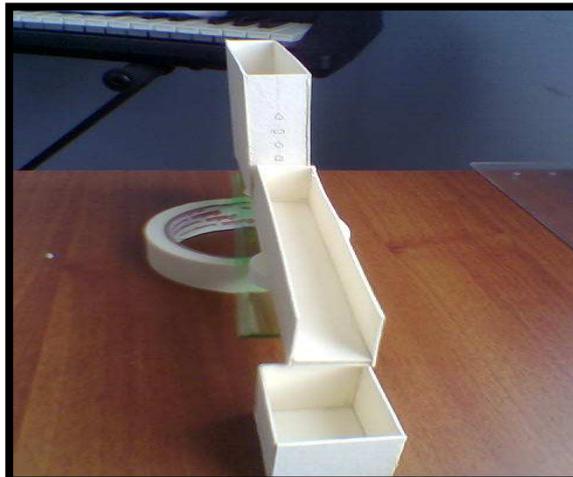


Foto No. 7. Frente Tanque de Orificios, Experimento de Reynolds y Tanque Descargue en Cartón Paja





UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

2.2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO.

El proceso constructivo se llevo a cabo entre el 15 de Enero y el 25 de Marzo de 2.008, a continuación se relacionan las fotografías en cada uno de los pasos.

Foto No. 8. Frente Tanque de Orificios en acrílico.



La construcción del tanque en material acrílico se contrató en la ciudad de Santa fe de Bogotá D.C.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

Foto No. 9. Corte de ángulo.



Foto No. 10. Elaboración base del tanque.



Foto No. 11. Pintando con anticorrosivo.



Foto No. 12. Soldando Estructura.





UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO
DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE**

Foto No. 13. – 14. Nivelación de Ángulo de la canal.

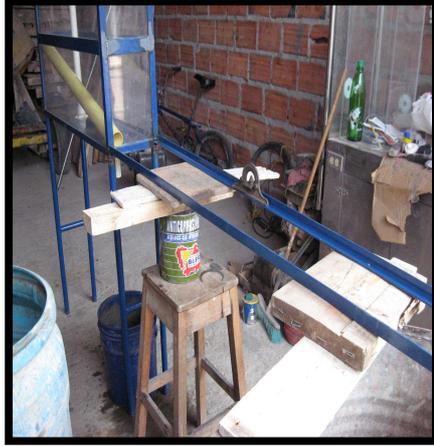


Foto No. 15. Soldando las dos Estructuras. Foto No. 16. Puliendo unión de ángulos.



Foto No. 17 Diseño de Cuadrícula. Foto No. 18. Cuadrícula con Nivel de Pérdidas.



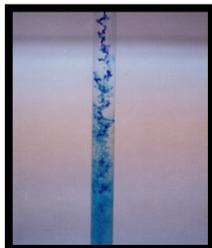


CAPITULO III. RECOMENDACIONES TÉCNICAS Y OPERACIONALES

3.1. GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO

Para la presentación de informes de laboratorio se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Que el laboratorio de orificios de descarga libre y el número de reynolds tengan el espacio suficiente para que el estudiante entienda e interprete y experimente sobre el tema.
- El laboratorio es movable se debe dejar estático y a nivel.
- No jugar dentro del recinto del laboratorio.
- Los estudiantes deben estar a una distancia de un metro.
- Los estudiantes deben manipular el laboratorio con precaución.
- Debe tener siempre en cuenta la temperatura del agua.
- Se realizan diez ensayos de los cuales cinco de ellos se hacen con válvula cerrada y cinco con válvula abierta, se establece el limite entre el flujo laminar, transición, y turbulento. Este procedimiento se puede lograr identificando la manera de inyección constante de la tinta, identificando los límites entre los dos tipos de flujo, se empieza a mirar el caudal correspondiente a esta condición y la pendiente de la línea de energía.
- Llenar el tanque del sistema y garantizar que el tanque que durante la ejecución del experimento su nivel sea constante.
- Para los flujos laminar y turbulento, se hacen inyecciones de tinta constante con el fin de observar la trayectoria de las partículas.





UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

- Para uno de los ensayos, partiendo de la válvula totalmente abierta, se requiere tomar como mínimo cinco caudales diferentes durante el proceso de cierre, el caudal máximo será con una válvula totalmente abierta y el caudal más pequeño será cercano a cero. Para cada caudal es necesario, mediante los tubos piezométricos, determinar la pendiente de la línea piezométrica.

- Con los datos del punto anterior construir un grafico en escala Log, de la pendiente de la línea de energía contra la velocidad, determinar el limite ente el flujo laminar, transición y turbulento, calcular el numero de reynolds. A partir de las pendientes de las rectas anteriores, para el flujo laminar y para el flujo turbulento, determina la relación de proporcionalidad entre la pendiente de la línea de energía y la velocidad.



**CAPITULO IV.
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA OPERACIONAL,
PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN QUE
PERMITEN EL CORRECTO USO DEL EQUIPO Y EFECTIVIDAD
EN LA TOMA DE RESULTADOS.**

4.1. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA OPERACIONAL.

- Este laboratorio debe estar protegido del sol, del agua y de la brisa.
- Los estudiantes y el docente al terminar de hacer el laboratorio dejar el tanque vacío para evitar, que salgan hongos en su parte interior.
- Las llaves, que las manipulen un solo estudiante.
- El cronómetro no dejarlo en una parte que contenga agua, o los estudiantes tengan las manos húmedas.
- El agua que vayan a utilizar siempre debe cristalina.
- Flexo metro lo debe manipular una sola persona y no dejar que se moje.
- La probeta no es viable golpearla.
- El tanque de la tinta con su llave respectiva debe ser tratado con mucho cuidado.
- Los tapones, sean utilizados dejarlos siempre en el laboratorio o en su respectivo sitio.
- El sitio que realicen el laboratorio siempre dejarlo en perfectas condiciones (sin papeles, agua y todos los implementos que se utilicen)



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

5. PRESUPUESTO

DISEÑO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN SATISFACTORIA DE LOS ENSAYOS DE ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE Y EL EXPERIMENTO DE REYNOLDS PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS, SEDE GARCIA HERREROS DE GIRARDOT					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	V/Unitario	V/Total
1	Estructura Metalica				
	Tubo de 2"	m	1	80.500	80.500
	Angulo de 3/16 * 1"	m	3	27.000	81.000
	Platina 3/16 * 1"	m	2	13.100	26.200
	Masilla 1/4	UN	1	15.000	15.000
	Anticorrosivo 1/4	UN	1	8.000	8.000
	Pintura de esmalte 1/2	UN	1	13.000	13.000
	Soldadura	kilo	1	5.500	5.500
	Cegueta	UN	1	3.700	3.700
	Transporte		1	50.000	50.000
				Subtotal	282.900
2	Instalaciones hidrosanitarias				
	Tuberia pvc agua potable 1"	m	1	17.500	17.500
	Codo pvc 1"	UN	3	700	2.100
	Uniones pvc 1"	UN	3	300	900
	Manguera 1/2" Transparente	m	4	800	3.200
	Tuberia pvc sanitario 2"	m	1	10.000	10.000
	Tuberia pvc sanitario 3"	m	3	49.300	147.900
	Registro de compuerta 1/2"	UN	1	12.600	12.600
	Registro de bola 1/2"	UN	2	7.600	15.200
				Subtotal	209.400



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE

3	Tanque de Orificios				
	Tapones	Pliego	5	10.000	50.000
	Transporte	UN	2	5.000	10.000
	Arreglo estructura metálica	UN	1	20.000	20.000
	Instalación tubería hidráulica tornillos	UN	1	20.000	20.000
	Material y Mano de Obra	UN	1	300.000	300.000
	Tanque de Orificios	UN	1	1.380.000	1.380.000
				Subtotal	1.780.000
4	Canal Experimento de Reynolds				
	Tubo	Un	1	65.000	65.000
	Material y Mano de Obra	UN	1	200.000	200.000
				Subtotal	265.000
5	Tanque descargue				
	Material y Mano de Obra	UN	1	150.000	150.000
	Silicona, Brocha, Rollo Nylon		1	7.600	7.600
	Probeta Plastica 1000, Termometro, Equipo Venocllisis, embudo			70.000	70.000
	Cronometro		1	40.000	40.000
				Subtotal	267.600
			TOTAL		2.804.900



6. CONCLUSIONES

- Graficando los coeficientes hallados en la práctica de Descarga de Orificios se observó que son similares a los presentados en la figura No. 8 de la Pág. 52 tomada del libro de hidráulica general del Ingeniero Sotelo Ávila, verificando que los resultados no están alejados de la teoría y la estructura esta bien diseñada y construida para realizar los ensayos correctamente.

- Cuando el número de Reynolds es muy grande el coeficiente de contracción y descarga o gasto tiende a valores cercanos a 0,60 y para el caso de coeficiente de velocidad tiende al valor de 1; cuando el número de Reynolds tiende a cero el coeficiente de velocidad y descarga o gasto tiende a valores entre 0,20 y 0,30, el coeficiente de contracción tiende el valor de 1.

- Realizado el Experimento de Reynolds con anilina mineral se pudo observar experimentalmente el tipo de flujo que pasaba por el tubo de acrílico, se hizo las respectivas observaciones y cuando se realizaron los cálculos teóricos se comprobó con lo visto en la práctica y efectivamente coincidía con las escalas de Reynolds, dando como resultado una estructura bien hecha para la elaboración del Ensayo, se recomienda comprar para el laboratorio Permanganato de Potasio en reemplazo de la anilina.



7. RECOMENDACIONES

- El laboratorio de orificios de descarga libre y de Número de Reynolds, se recomienda que le asignen el espacio suficiente para que los estudiantes desarrollen adecuadamente estos ensayos, permitiéndoles su entendimiento e interpretación y experimentación acerca de cada uno de estos procedimientos.
- Se recomienda que al terminar los ensayos el tanque rectangular de orificios se deje totalmente vacío y limpio para no entorpecer los siguientes ensayos.
- Se recomienda que se instale un mecanismo de reciclaje del agua para minimizar costo de operación de los ensayos.
- Los estudiantes que tengan acceso al laboratorio de hidráulica de tuberías, deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
 1. El laboratorio es movable se debe dejar estático y a nivel.
 2. Los estudiantes no jueguen dentro del recinto del laboratorio
 3. Deben estar a una distancia de un metro.
 4. Dos estudiantes manipulen el laboratorio.
 5. Si hay muchos estudiantes el docente los puede organizar en grupos.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

**DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO
DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE**

BIBLIOGRAFÍA

- VEN TE, Chow. Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw Hill.
- SOTELO ÁVILA, Gilberto, Hidráulica general, tomo 1, Editorial Limusa, 1985.
- STREETER, Víctor; Wylie, Benjamín, Mecánica de los fluidos, 8^a. Ed., Nueva York, Editorial McGraw Hill, 1985.
- RODRÍGUEZ, Díaz Héctor Alfonso. Hidráulica Experimental. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2001.
- Internet. Laboratorios de Hidráulica:
- <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Reynold.htm>.
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/conceptosbasicosmfluidos/reynolds/numero.htm>.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

***DISEÑO Y MONTAJE DEL EQUIPO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO EN EL LABORATORIO
DEL NUMERO DE REYNOLDS Y ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE***

ANEXOS