

**NUMERO DE REYNOLDS**

**JULIAN DAVID JARAMILLO DÍAZ**  
**HÉCTOR ALONSO CÁRDENAS BAÑOL**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**INGENIERÍA CIVIL**

**GIRARDOT**

**2015**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO**

**Girardot, Julio de 2015**

## **DEDICATORIA**

Primeramente gracias a Dios por ser nuestro guía, a Jesús por ser nuestra inspiración, modelo y por ser el ejemplo más grande de amor en este mundo, a nuestros padres, esposas e hijos por servir de motivación todos los días para conseguir los objetivos académicos y no académicos, por saber esperar ante las adversidades que se nos presentaron a lo largo de este proceso de preparación en esta tarea que hoy estamos culminando.

Los Autores

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente expresamos nuestro agradecimiento a Dios por estar siempre acompañándonos y guiándonos en cada momento de nuestra vida.

También expresamos nuestro profundo y sincero agradecimiento a nuestros tutores: Ing. Abbat Jack Jimmike, Ing. Néstor Cardozo y al Ing. Andrés Vera por su desinteresada colaboración y su asistencia permanente para el desarrollo del presente proyecto de grado, al brindarnos su tiempo y aportes basados en su bien lograda experiencia con gran esfuerzo, lo que nos impulsó a seguir su buen ejemplo.

Así mismo hacemos un especial reconocimiento y agradecimiento a cada uno de nuestros docentes que durante estos años de estudio nos enseñaron con esmero la esencia de esta maravillosa profesión: Ingeniería Civil.

No podemos olvidar, nuestro especial reconocimiento y agradecimiento a nuestra alma mater, **La Corporación Universitaria Minuto De Dios sede regional Girardot**, por abrirnos sus puertas y permitirnos lograr este tan anhelado sueño.

A nuestras familias, que hicieron posible la culminación de nuestra carrera con su apoyo moral e incondicional para el desarrollo y culminación del presente proyecto de grado.

Los Autores

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA.....</b>	9
<b>1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....</b>	9
<b>1.3. DELIMITACION DEL PROBLEMA .....</b>	10
<b>1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	10
<b>2. JUSTIFICACION .....</b>	<b>11</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	14
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....</b>	14
<b>4. MARCOS DE REFERENCIA .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. MARCO TEORICO.....</b>	17
4.1.1. Número de Reynolds .....	17
4.1.2. Definición de fluido.....	20
4.1.3. Flujo laminar. ....	20
4.1.4. Flujo turbulento.....	21
<b>4.2. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	22
<b>4.3 MARCO LEGAL .....</b>	23
<b>5. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	25
<b>5.1. METODOLOGÍA.....</b>	25
<b>5.2. MÉTODO .....</b>	25
<b>5.3. ACTIVIDADES.....</b>	25
<b>6. RECURSOS.....</b>	27
<b>6.1. RECURSOS HUMANOS.....</b>	27
<b>6.2. RECURSOS INSTITUCIONALES.....</b>	27
<b>6.3. RECURSOS FINANCIEROS.....</b>	27
Tabla 1. Presupuesto .....	27

<b>7. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL EQUIPO</b> .....	28
<b>7.1. REALIZACION DE VISITAS DE CAMPO A LOS CLAUSTROS UNIVERSITARIOS, DONDE SE ORIENTE ESTE CRÉDITO ACADÉMICO.</b> .....	28
<b>7.2. DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA ESTABLECER EL DISEÑO DEL LABORATORIO PROYECTADO EN ESCALA REAL</b> .....	30
<b>7.3. DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO DE LA UNIDAD PARA LA DEMOSTRACION DEL NÚMERO DE REYNOLS.</b> .....	32
7.3.1. Descripción y Dimensionamiento.....	33
7.3.2. Mantenimiento preventivo del equipo .....	34
7.3.3. Unidad de estudio de sistema de número de Reynolds.....	34
7.3.4. Funcionamiento de sistema de Reynolds.....	34
7.3.5. Evidencia fotográfica de la construcción del equipo .....	35
7.3.6. Recomendaciones del cuidado y manipulación del equipo.....	40
7.4 Determinación del número de Reynolds. ....	40
Tabla 2. Tabla de Cálculos de Número de Reynolds .....	43
<b>8. CRONOGRAMA</b> .....	44
Tabla 3. Cronograma de actividades .....	44
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>10. RECOMENDACIONES</b> .....	47
<b>11. BLIOGRAFIA</b> .....	49
ANEXO A. Evidencia Fotográfica Tipos De Flujo .....	50
ANEXO B. Guía de Laboratorio Número de Reynolds .....	54

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Regimenes de flujo .....	18
Figura 2. Comportamineto del líquido a diferentes velocidades .....	18
Figura 3. Flujo laminar de un fluido perfecto en torno al perfil de un objeto .....	21
Figura 4. Equipo Existente .....	29
Figura 5. Diseño del montaje .....	30
Figura 6. Perfil frontal con dimensiones en escala real .....	31
Figura 7. Perfil lateral en escala real .....	32
Figura 8. Tanques de vidrio templado con refuerzo de ángulos de aluminio en sus bordes .....	35
Figura 9. Diseño de la válvula .....	35
Figura 10. Instalación de la válvula .....	36
Figura 11. Soldada y pulida de los soportes de los tanques .....	36
Figura 12. Pulida de los soportes terminada .....	37
Figura 13. Ensamble de acople para la instalación del tubo de acrílico .....	37
Figura 14. Instalación del tubo de acrílico .....	38
Figura 15. Tanque montado sobre los soportes .....	38
Figura 16. Perfil del equipo .....	39
Figura 17. Montaje del equipo listo .....	39
Figura 18. Flujo laminar .....	50
Figura 19. Flujo de transición .....	51
Figura 20. Flujo turbulento.....	52
Figura 21. Abertura de la llave en grados y tiempo de llenado en 1 litro .....	53
Figura 22. Tiempo que tarda en llenar 1 litro de agua .....	53

## INTRODUCCION

El proyecto de diseño y construcción del ensayo de laboratorio de número de Reynolds se basa en la capacidad que tienen los fluidos de desplazarse y transportarse a través de tuberías, se debe tener en cuenta las condiciones o posibles variables que se pueden presentar en la conducción de los fluidos. El transporte de fluidos a través de tuberías ha sido utilizado frecuentemente en la conducción de agua potable de un lugar a otro.

El objetivo del equipo de número de Reynolds es determinar la existencia de los diferentes tipos de flujo laminar, de transición y turbulento para un fluido que es transportado en tuberías bajo diferentes condiciones, el tipo de flujo es determinado por el ensayo del número de Reynolds de allí su importancia para identificar fácilmente las características de los tipos de flujo; por esta razón es de vital importancia el diseño y la creación del equipo de número de Reynolds ya que en la actualidad la corporación universitaria minuto de Dios no cuenta con este equipo para que los estudiantes y futuros profesionales de la institución puedan tener toda la apropiación teórica y práctica del tema para realizar sus respectivas prácticas de laboratorio.

En este documento se encontrará la información teórica de manera explícita para llevar a cabo el ensayo de laboratorio del número de Reynolds, metodologías, diseño del prototipo del equipo en escala real, la construcción, la descripción, el dimensionamiento, mantenimiento y recomendaciones para el funcionamiento óptimo del equipo sin presentar ningún inconveniente.



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA**

La Corporación Universitaria Minuto de Dios Regional Girardot, viene manejado en su programa de ingeniería civil para la línea de aguas, prácticas de laboratorio, que se han desarrollado de tal manera que el estudiante comprende conceptos básicos analizando los resultados mediante conceptos teóricos adquiridos a través de su formación académica, pero lastimosamente la institución no cuenta con los equipos necesarios para desarrollar dichas prácticas ya que los equipos de laboratorio están muy deteriorados, en muy mal estado, poseen filtraciones y las instalaciones del laboratorio son muy pequeñas lo cual causa incomodidad y desorden al momento de llevar a cabo prácticas teniendo en cuenta que son grupos numerosos de estudiantes causando así una sensación de hacinamiento.

### **1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

Es muy difícil para los estudiantes y futuros ingenieros llevar a cabo prácticas en el laboratorio de hidráulica y realizar los numerosos ensayos de laboratorio que encontramos en esta rama de la ingeniería como el de número de Reynolds debido a que no se cuenta con equipos apropiados, ya que están en muy mal estado, deteriorados, descalibrados, con filtraciones y la vida útil de estos ya llegó a su fin, lo cual hace imposible realizar el ensayo de laboratorio del número de Reynolds.

### **1.3. DELIMITACION DEL PROBLEMA**

Hace unos años se contaba con unos equipos de laboratorio muy básicos pero que funcionaban y permitían el desarrollo de prácticas y ensayos de laboratorio, con el pasar del tiempo los equipos se fueron averiando debido a que ya habían cumplido un ciclo de vida o a al mal uso de estos mismos, no permitiendo el desarrollo del ensayo de laboratorio del número de Reynolds de manera adecuada desde aproximadamente hace dos semestres (febrero de 2014) hasta la actualidad y subsecuente.

Recordando que este gran programa como lo es la INGENIERIA CIVIL estuvo cerrado un tiempo considerable en la corporación universitaria minuto de Dios regional Girardot por motivos de no contar con un campus adecuado para la realización de ensayos de laboratorios nos vemos en la obligación de contribuir con el diseño, construcción y donación del ensayo de laboratorio de número de Reynolds y así ayudar con la implementación del laboratorio para que no volvamos a pasar por esta situación.

### **1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Con el diseño y la construcción del laboratorio de numero de Reynolds la corporación universitaria minuto de Dios podrá contar con un equipo adecuado para desarrollar el ensayo de numero de Reynolds?

## 2. JUSTIFICACION

Reconociendo que para el campo de acción de un profesional de ingeniería civil es de vital importancia conocer y manejar las teorías de los fluidos, nos enfocaremos a dar a conocer en especial la teoría del ensayo del número de Reynolds, ya que su uso adquiere importancia para conocer el tipo de flujo, lo que conlleva a conocer la estructura interna del régimen de un fluido en movimiento para estudiarlo detalladamente definiéndolo en forma cuantitativa.

Para el estudiante de ingeniería civil es de suma importancia tener todos estos conceptos muy claros ya que se aplican bastante en el campo real, lo que se pretende con el desarrollo del ensayo de laboratorio de número de Reynolds es que el estudiante tenga una idea clara y concisa del comportamiento de un fluido que circula dentro de una tubería para determinar el tipo de flujo al que pertenece apoyado en resultados matemáticos que comprueben esto, para así aplicar de la mejor manera este ensayo en su vida profesional.

El número de Reynolds es importante ya que tiene múltiples aplicaciones en diferentes campos como lo son el diseño de redes hidráulicas, comportamiento y diseño de naves en la aeronáutica, comportamiento y diseño de buques navales y en la medicina como lo es la microbiología.

En la hidráulica este análisis es importante en los casos donde el fluido debe ser transportado de un lugar a otro, así como para determinar las necesidades de bombeo en un sistema de abastecimiento de agua, deben calcularse las caídas de presión ocasionadas por el rozamiento en las tuberías, en un estudio semejante se lleva a cabo para determinar el flujo de

salida de un recipiente por un tubo o por una red de tuberías. Los diferentes regímenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno, fueron reportados por primera vez por **Osborne Reynolds** en 1883.

Reynolds observó que el tipo de flujo adquirido por un fluido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar ( $Re \leq 2000$ ) de transición ( $2000 \leq Re \leq 4000$ ) o turbulento ( $Re \geq 4000$ ).

En la aeronáutica el flujo sobre la capa límite de la corriente de aire es sumamente importante,

Principios de las investigaciones sobre la teoría de la dinámica de fluidos han previsto una serie de constantes disturbios similares a los que (y una aerodinámica en el aire es una perturbación) producen efectos similares - en la aerodinámica de alta velocidad "Número Mach" son otros ejemplos. Para nuestros aviones más pequeños y más lentos, sólo el "número" que realmente debe ser considerado es el "número de Reynolds.

La construcción naval también le debe mucho a los trabajos de Reynolds, que propugnaba la construcción de nuevos modelos de barcos a escala reducida. Con ellos se podían conseguir valiosos datos predictivos acerca del comportamiento final del barco a tamaño real. Este proceso depende estrechamente de la aplicación de los principios de Reynolds sobre turbulencias, junto con los cálculos de fricción y la correcta aplicación de las teorías de William Froude acerca de las ondas de energía gravitacional y su propagación.

En microbiología y en particular en biofísica, el número de Reynolds determina las relaciones entre masa y velocidad del movimiento de microorganismos en el seno de un líquido

caracterizado por cierto valor de dicho número (líquido que por lo común es agua, pero puede ser algún otro fluido corporal, por ejemplo sangre o linfa en el caso de diversos parásitos móviles y la orina en el caso de los mesozoos) y afecta especialmente a los que alcanzan velocidades relativamente elevadas para su tamaño, como los ciliados predadores.

El desarrollo de este trabajo de grado, se propone como una fuente real de conocimiento para la aplicación práctica de la mecánica de fluidos, así como en el desarrollo de habilidades en el área de tratamiento de datos, llegando a la aplicación de simulación del proceso, para conocer de una mejor manera el campo donde se desarrolla el trabajo del equipo. Desde el inicio de los tiempos, el ser humano ha ido mejorando constantemente, por esta razón es conveniente internarse en el campo de la ingeniería, buscando mejorar su distribución, funcionamiento, ampliando su rango de aplicación y generando un modelo de trabajo que permita la comprobación de datos. En el campo de la Ingeniería civil, el manejo de los fluidos es de vital importancia para el conocimiento del comportamiento de estos desde el punto de vista de la estática y dinámica.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir el equipo para el desarrollo del laboratorio del número de Reynolds como componente del laboratorio de hidráulica de la corporación universitaria minuto de Dios sede regional Girardot.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Compilar información acerca de las propiedades que tiene el Protóxido de Hidrogeno en movimiento con el propósito de fundamentar la parte teórica del laboratorio de numero de Reynolds.
- Realizar visitas de campo a los claustros Universitarios donde se cuente con el equipo del ensayo de número de Reynolds y se desarrolle el mismo con el fin de conocer los diferentes montajes para llegar a plantear posibles optimizaciones o mejoras en el diseño.
- Establecer a través de un dibujo asistido por computador el diseño del laboratorio proyectado con el propósito de crear el diseño a instalar y desarrollar en la Corporación universitaria Minuto de Dios Regional Girardot.
- Construir la estructura del laboratorio de número de Reynolds con el fin de representar experimentalmente y determinar los diferentes tipos de flujo.

- Entregar el equipo del ensayo del número de Reynolds funcionando perfectamente con su respectiva calibración.

#### 4. MARCOS DE REFERENCIA

Teniendo en cuenta que la ingeniería civil está compuesta por un gran porcentaje investigativo (ensayo y error) en sus diferentes campos de acción, se han desarrollado durante años ensayos de laboratorio de tal manera que se aplican los conocimientos adquiridos en la formación profesional de los ingenieros para que así puedan realizar pruebas experimentales a través de ensayos de laboratorio y así tener fundamentos para poder sortear las distintas situaciones a las que se pueden enfrentar en su vida profesional.

A continuación encontraremos distintas definiciones de mecánica de fluidos que nos ayudaran a comprender teóricamente un poco más sobre el desarrollo del ensayo de número de Reynolds:

- Según información obtenida a través de [http://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica\\_de\\_fluidos](http://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica_de_fluidos). La mecánica de fluidos es “rama de la física a su vez, que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos) así como las fuerzas que lo provocan”.
- Según la información obtenida a través de <http://es.slideshare.net/alexsuarezlastra/mecanica-defluidosrobertmott6taedicion> la mecánica de fluidos es “el estudio de los comportamientos de los fluidos, ya sea que estén en reposo (estática de fluidos) o en movimiento (dinámica de fluidos)”.

Con las definiciones de estos sitios de consulta podemos deducir que la mecánica de fluidos estudia la cinemática y dinámica de los fluidos ante la acción de fuerzas aplicadas.



El conocimiento de estos términos es muy importante porque ayuda a comprender de manera breve el movimiento de un fluido ya que se verá en el desarrollo de este proyecto de la construcción del equipo del número de Reynolds, porque a través del equipo viaja un fluido con distintas fuerzas aplicadas (distintas velocidades) la cual permite determinar los diferentes tipos o regímenes de flujo.

## **4.1. MARCO TEORICO**

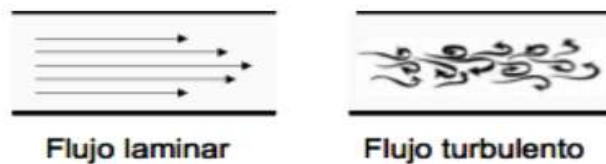
### **4.1.1. Número de Reynolds**

Es un numero adimensional utilizado en la mecánica de fluidos y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido; como todo número adimensional es un cociente, una comparación. La importancia de este radica en que nos habla del régimen con que fluye un fluido, lo que es fundamental para el estudio del mismo.

A continuación conoceremos brevemente los tipos de régimen con unas respectivas imágenes de apoyo para su identificación, se verán también los comportamientos del líquido en cuanto varía la velocidad al llevar a cabo el ensayo.

Cuando un líquido fluye en un tubo y su velocidad es baja, fluye en líneas Paralelas a lo largo del eje del tubo; a este régimen se le conoce como “flujo Laminar”. Conforme aumenta la velocidad y se alcanza la llamada “velocidad Crítica”, el flujo se dispersa hasta que adquiere un movimiento de torbellino en el que se forman corrientes cruzadas y remolinos; a este régimen se le conoce como “flujo turbulento” (ver la Figura 1). El paso de régimen laminar a turbulento no es inmediato, sino que existe un comportamiento intermedio indefinido que se conoce como “régimen de transición”.

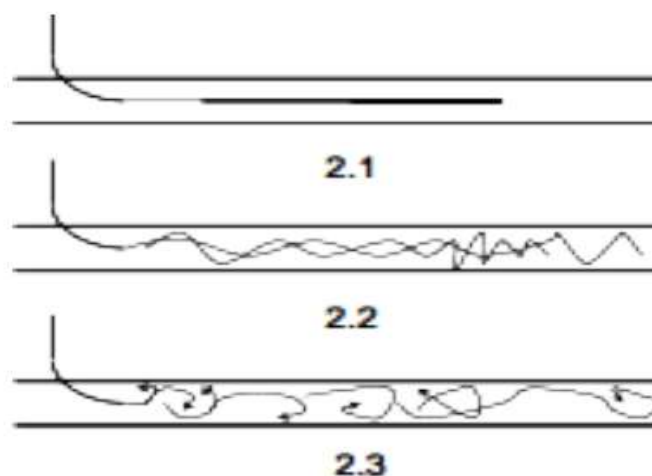
**Figura 1.** Regimenes de flujo



Para comprender mejor lo anterior se procede a inyectar una corriente muy fina de (azul de metileno) líquido de color azul en una tubería transparente de acrílico que contiene otro fluido incoloro, se pueden observar los diversos comportamientos del líquido conforme varía la velocidad (figura 2).

Cuando el fluido se encuentra dentro del régimen laminar (velocidades bajas), el Azul de metileno aparece como una línea perfectamente definida (Figura 2.1), cuando se encuentra dentro de la zona de transición (velocidades medias), el azul de metileno se va dispersando a lo largo de la tubería (Figura 2.2) y cuando se encuentra en el régimen turbulento (velocidades altas) el azul de metileno se difunde a través de toda la corriente (Figura 2.3).

**Figura 2.** Comportamiento del líquido a diferentes velocidades



Los diferentes regimenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno fueron reportados por primera vez por Osborne Reynolds en 1883. Reynolds observó que el tipo de flujo

adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido. Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y está dado por:

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

donde:

Re = Número de Reynolds

D = Diámetro de la tubería

v = Velocidad del líquido

$\rho$  = Densidad del líquido

$\mu$  = viscosidad del líquido

Se deben tener en cuenta los siguientes rangos teniendo en cuenta el número de Reynolds para cada tipo de régimen o flujo:

Para valores de  $Re \leq 2000$  el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan solo en función de los esfuerzos tangenciales existentes. Por eso a este flujo se le llama flujo laminar. El colorante introducido en el flujo se mueve siguiendo una delgada línea paralela a las paredes del tubo.

Para valores de  $2000 \leq Re \leq 4000$  la línea del colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose sin embargo delgada. Este régimen se denomina de transición.

Para valores de  $Re \geq 4000$ , después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, el colorante tiende a difundirse en todo el flujo. Este régimen es llamado turbulento, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.

Este número recibe su nombre en honor de Osborne Reynolds (1842-1912), quien lo describió en 1883.

Información sustraída de [http://fjartnmusic.com/Personal/6o\\_Semestre\\_files/Re.pdf](http://fjartnmusic.com/Personal/6o_Semestre_files/Re.pdf)

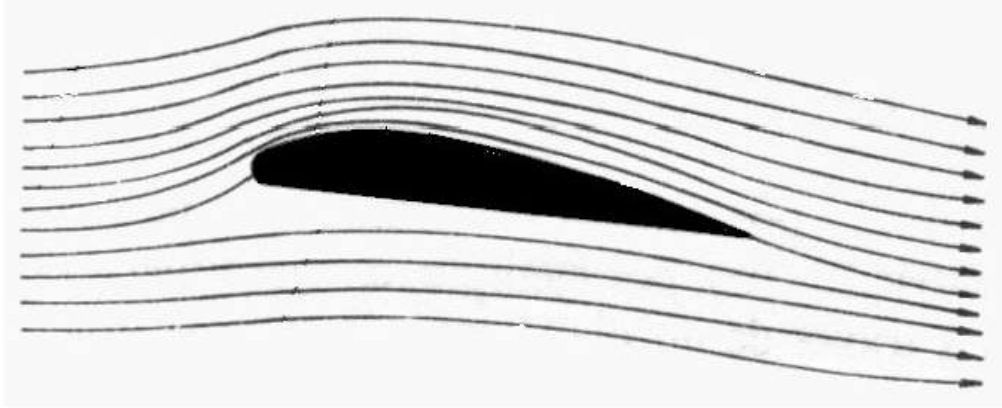
Según la información anterior se logra entender los comportamientos del líquido con respecto a la velocidad, el tipo de régimen al que pertenecen, también se reconoce como calcular el número Reynolds y los rangos del número adimensional al que pertenecen cada tipo de flujo.

Se debe tener en cuenta las siguientes definiciones técnicas para tener mejor claridad sobre los tipos de flujo:

4.1.2. Definición de fluido. Un fluido es todo cuerpo que tiene la propiedad de fluir, y carece de rigidez y elasticidad, y en consecuencia cede inmediatamente a cualquier fuerza tendente a alterar su forma y adoptando así la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos pueden ser líquidos o gases según la diferente intensidad de las fuerzas de cohesión existentes entre sus moléculas.

Información sustraída de <http://conceptodefinicion.de/fluido/>

4.1.3. Flujo laminar. En flujo laminar las partículas fluidas se mueven en trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o láminas de manera uniforme y regular como cuando se abre un grifo de agua lentamente hasta que el chorro es uniforme, estable y ordenado .



**Figura 3.** Flujo laminar de un fluido perfecto en torno al perfil de un objeto

4.1.4. Flujo turbulento. En mecánica de fluidos, se llama flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente caótica.

**4.1.5. Flujo de transición.** Cuando la línea del fluido pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo manteniéndose sin embargo delgada.

Información sustraída de <http://es.slideshare.net/CarlosFriasFraire/numero-de-reynolds-14803948>

Con toda esta información recopilada es mucho más fácil comprender de manera didáctica definiciones técnicas, funcionamiento y desarrollo del ensayo del número de Reynolds.

## 4.2. MARCO CONCEPTUAL

La propuesta de proyecto consiste en la realización y replanteo de las estructuras que se tenían para las prácticas de laboratorio para las asignaturas Mecánica de fluidos que se deterioraron o se convirtieron en obsoletas, las cuales dentro de su componente académico requieren esta actividad para entender algunos conceptos técnicos adquiridos de manera práctica. Este proyecto busca ofrecer una mayor claridad de los procesos que se deben realizar en cada una de las prácticas, actualmente la Corporación Universitaria Minuto de Dios, tiene definidas cada una de las prácticas que se desarrollan para el crédito académico antes mencionado.

Con este proyecto se busca mejorar los procesos realizados dentro del crédito académico y tener un ensayo que permita uso de docentes y estudiantes facilitando la realización de las prácticas. Este proyecto busca darle continuidad al enfoque del modelo pedagógico de la Corporación Universitaria Minuto de Dios que la institución ha trabajado por años, mejorando algunos aspectos que pueden ser de gran ayuda para los estudiantes que realizan sus estudios de pregrado.

La importancia de este proyecto implica un mejor uso de los equipos y entendimientos de las prácticas por parte de los estudiantes, ya que los ensayos tendrán un enfoque dirigido a ellos. Muchas veces los estudiantes no saben que práctica corresponde o donde pueden obtener las guías de laboratorio, con este proyecto se garantiza una mejor organización por parte de la universidad, mediante la cual la herramienta practica que ofrece la institución servirá para adelantar los procesos de manera coordinada y alineada con docentes y estudiantes. El proyecto contara con una amplia descripción de cada uno de los procesos sin extenderse en los mismos, definiendo el orden, manejo y disposición que se debe realizar al finalizar la práctica, detalles de los componentes que conforman el ensayo, fórmulas conceptuales con los temas vistos en clase

para definir la solución de la práctica y espacios para desarrollar el análisis y resultados que se obtiene al finalizar la práctica.

Este proyecto no contara con financiación alguna de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Regional Girardot, la estructura será donada por los estudiantes; los fondos con que se construyó la estructura son de los estudiantes que proponen el ensayo, contando recursos físicos existentes en los laboratorios de la universidad, el éxito de las practicas dependerá del seguimiento que haga la institución en los procesos y la continuidad con el desarrollo de otros trabajo de esta índole donde los estudiantes potencializan los conocimientos adquiridos en el área de aguas.

#### **4.3 MARCO LEGAL**

RESOLUCIÓN 2773 de 2003 - MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería. ARTÍCULO No. 2. Aspectos curriculares. El programa debe poseer la fundamentación teórica y metodológica de la Ingeniería que se fundamenta en los conocimientos las ciencias naturales y matemáticas; en la conceptualización, diseño, experimentación y práctica de las ciencias propias de cada campo, buscando la optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad. Para la formación integral del estudiante en Ingeniería, el plan de estudios básico comprende, al menos, las siguientes áreas del conocimiento y prácticas:

1) Área de las Ciencias Básicas: está integrado por cursos de ciencias naturales y matemáticas. Área sobre la cual radica la formación básica científica del Ingeniero. Estas ciencias

suministran las herramientas conceptuales que explican los fenómenos físicos que rodean el entorno. Este campo es fundamental para interpretar el mundo y la naturaleza, facilitar la realización de modelos abstractos teóricos que le permitan la utilización de estos fenómenos en la tecnología puesta al servicio de la humanidad. Este campo de formación incluye la matemática, la física, la química y la biología. Las áreas de química y biología tienen diferentes intensidades de acuerdo con la especialidad.

2) Área de Ciencias Básicas de Ingeniería: Tiene su raíz en la Matemática y en las Ciencias Naturales lo cual conlleva un conocimiento específico para la aplicación creativa en Ingeniería. El estudio de las Ciencias Básicas de Ingeniería provee la conexión entre las Ciencias Naturales y la matemática con la aplicación y la práctica de la Ingeniería.

3) Área de ingeniería Aplicada: Esta área específica de cada denominación suministra las herramientas de aplicación profesional del Ingeniero. La utilización de las herramientas conceptuales básicas y profesionales conduce a diseños y desarrollos tecnológicos propios de cada especialidad.

4) Área de Formación Complementaria: comprende los componentes en Economía, Administración, Ciencias Sociales y Humanidades.

Fuente: “COLOMBIA. Ministerio De Educación Nacional. Resolución 2773 de 2003. [en línea]. [citado Abril 19, 2014]. Disponible en Internet: [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85936\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85936_archivo_pdf.pdf)”



## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1. METODOLOGÍA**

Este proyecto referente al diseño y construcción del equipo del laboratorio permitirá determinar el número de Reynolds de manera experimental, para alcanzar el objetivo propuesto este proceso metodológico conllevará a la presencia permanente de experimentos, hechos y fenómenos, con el fin de obtener el resultado previsto.

Se realizaron 17 pruebas del número de Reynolds para determinar la eficiencia del equipo, tener certeza que se encuentra debidamente calibrado y poseer un margen de error mínimo para la determinación del número de Reynolds.

### **5.2. MÉTODO**

El método que se emplea para desarrollar este proyecto es de tipo descriptivo, porque permite obtener las características del fenómeno del número de Reynolds. Además, se complementa con el exploratorio porque permite interactuar con el objeto de estudio para establecer el proceso de obtención de un guarismo que indique el tipo de flujo.

### **5.3. ACTIVIDADES**

1. Se analizó las referencias bibliográficas a cerca de la teoría del número de Reynolds, con el propósito de obtener la información necesaria para determinar los criterios generales de diseño y su status tecnológico.

2. Se establecen las características generales del proceso, con el fin de analizar y mejorar las condiciones estructurales y físicas, del anterior laboratorio.

3. Se estructuran los pasos para el diseño, construcción y funcionalidad del laboratorio para la determinación del número de Reynolds.

## 6. RECURSOS

### 6.1. RECURSOS HUMANOS

- Dos (2) estudiantes del programa de ingeniería civil de la Corporación Universitaria Minuto de Dios regional Girardot.

- Asesores internos y externos
- Docentes de la Corporación Universitaria Minuto de Dios

### 6.2. RECURSOS INSTITUCIONALES

Corporación Universitaria Minuto de Dios regional Girardot

### 6.3. RECURSOS FINANCIEROS

**Tabla 1.** Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	VR, UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Asesoría	Global	1	\$ 800.000	\$800.000
2	Papelería	Global		\$25.000	\$25.000
3	Plotéo planos	Unidad		\$7.000	\$7.000
4	Útiles	Global		\$25.000	\$25.000
5	Fotocopias	Unidad	50	\$100	\$5000
6	Internet	Hora	15	\$1.000.	\$15.000.
7	Transporte	Global	4	\$40.000.	\$160.000.
8	Viáticos	Global	4	\$10.000.	\$40.000.
9	Material fotográfico	Global	1	\$15.000	\$15.000
10	Diseño y montaje de laboratorio	Unidad1	1	\$2.150.000	\$2.150.000
11	Encuadernación	Unidad	1	\$12.000	\$12.000
12	Impresiones	Unidad	60	\$150	\$9.000
				<b>TOTAL</b>	<b>3'263.000</b>

## **7. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL EQUIPO**

Esta propuesta consiste en diseñar y construir el equipo del número de Reynolds con el fin de implementar el laboratorio de hidráulica del programa de ingeniería civil de la corporación universitaria minuto de Dios sede Girardot.

Para esto se realizaron visitas de campo, se recopiló la información necesaria para el diseño, construcción y funcionamiento del ensayo de número de Reynolds

A continuación se presenta el diseño, dimensionamiento, funcionamiento, mantenimiento, recomendaciones y especificaciones técnicas del equipo para el desarrollo del ensayo del número de Reynolds.

### **7.1. REALIZACION DE VISITAS DE CAMPO A LOS CLAUSTROS UNIVERSITARIOS, DONDE SE ORIENTE ESTE CRÉDITO ACADÉMICO.**

El grupo de trabajo realizó en primera instancia visitas a las universidades que se encuentran en el municipio de Girardot, dentro de estas se tiene la Universidad de Cundinamarca Seccional Girardot; la cual cuenta con el programa de Ingeniería Ambiental, donde no se cuenta con laboratorios de hidráulica ni de Mecánica de Fluidos.

También se visitó la universidad Piloto de Colombia Seccional Alto Magdalena, la cual cuenta con el programa de Ingeniería Civil, donde la universidad no cuenta con un laboratorio propio de hidráulica estas prácticas se realizan pero de manera muy elemental en algunas ocasiones se tiene convenio con otras instituciones que cuentan con estos equipos de práctica.

Habiendo realizado las visitas a las instituciones del municipio de Girardot, donde el grupo de proyecto tiene su sede; el grupo planteó ir a una ciudad cercana Ibagué donde se ubica la Universidad de Ibagué la cual cuenta con el programa de Ingeniería Civil; este programa cuenta

con un buen laboratorio de hidráulica donde se encuentran ensayos representativos para Mecánica de Fluidos, Hidráulica de tuberías y canales. Esta universidad cuenta con el ensayo de número de Reynolds del cual se tomó como base para plantear unas mejoras para el ensayo que se pretende instalar en la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

**Figura 4.** Equipo Existente



Fuente: Alexis Pedrosa

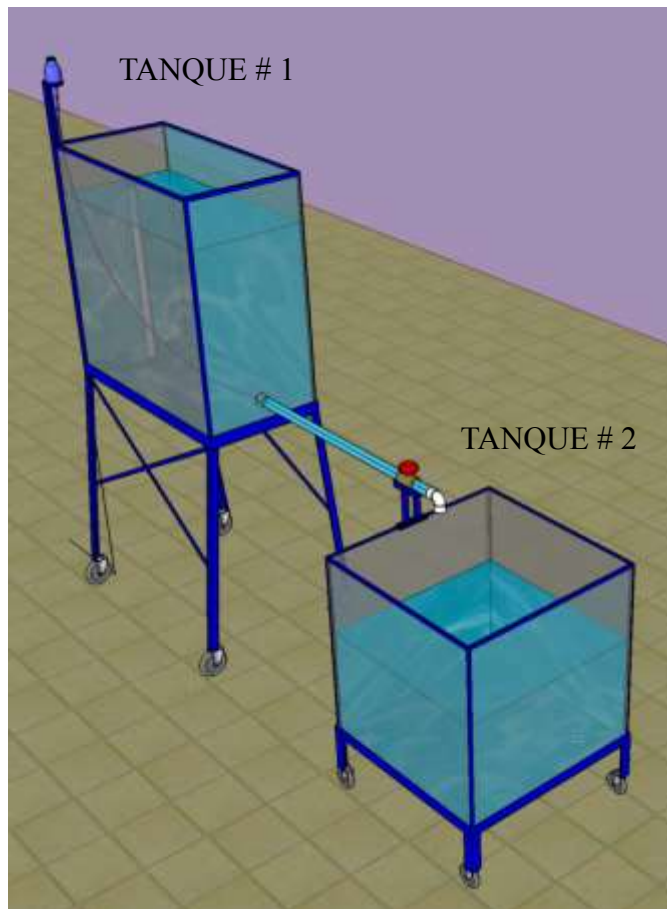
Al realizar las visitas se pudo concluir que en los diferentes montajes evidenciados en la Figura 4 manejan dos ensayos de laboratorio en un mismo equipo ya que desarrollan el ensayo de orificios de descarga y el ensayo de número de Reynolds en el mismo dispositivo.

Debido a esto se evidenciaron cosas positivas que sirvieron como base para el diseño del equipo pero también se observaron cosas negativas como que los montajes existentes en otras universidades desarrollaban distintos ensayos en un mismo equipo, estas observaciones se tuvieron en cuenta para diseñar y construir un equipo que permitiera ejecutar el ensayo de número de Reynolds de manera óptima.

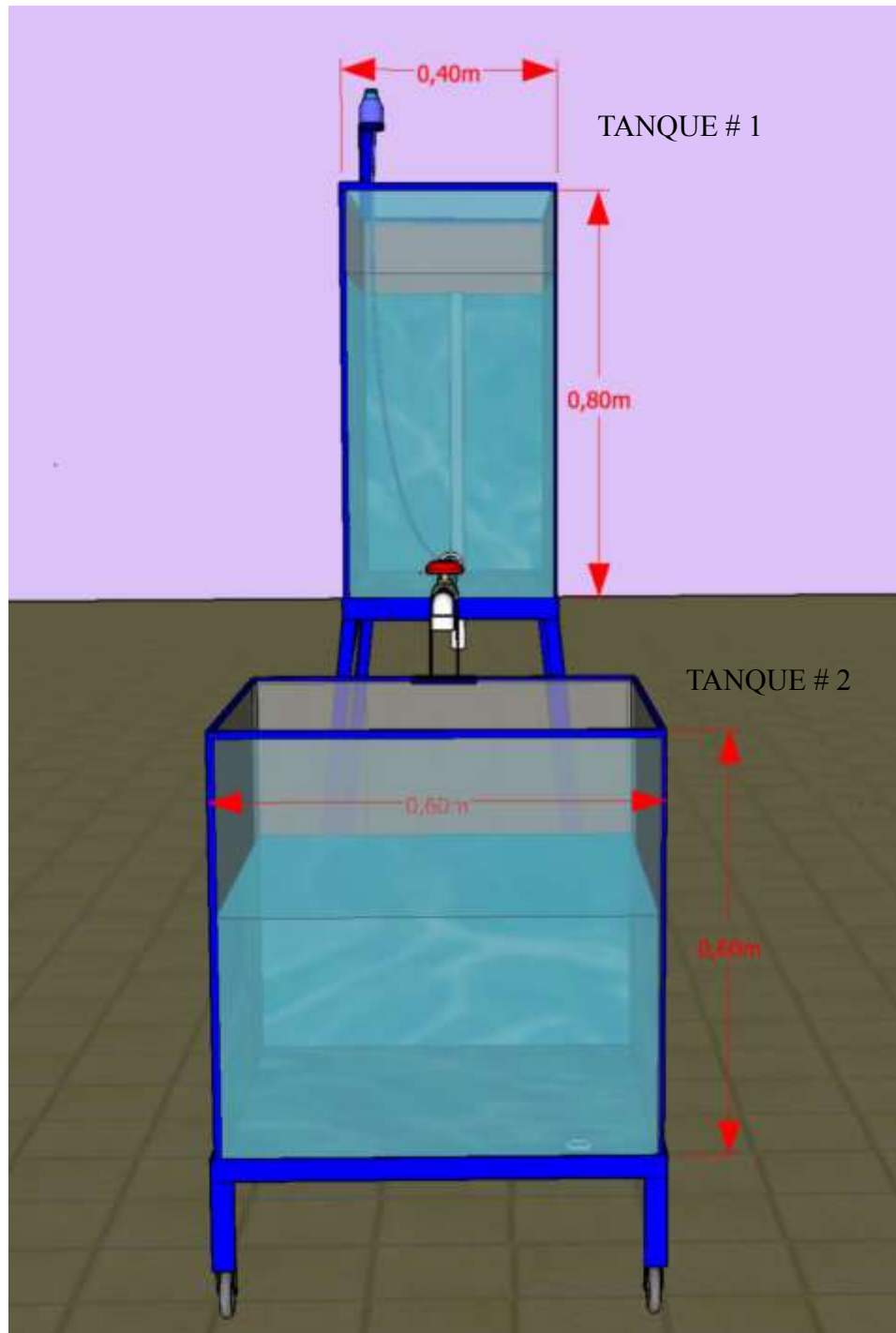
Teniendo en cuenta todo esto y a que las instalaciones del laboratorio se van a agrandar se procede a realizar el diseño del equipo mediante un dibujo asistido a computador el cual se visualizara a continuación.

## 7.2. DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA ESTABLECER EL DISEÑO DEL LABORATORIO PROYECTADO EN ESCALA REAL

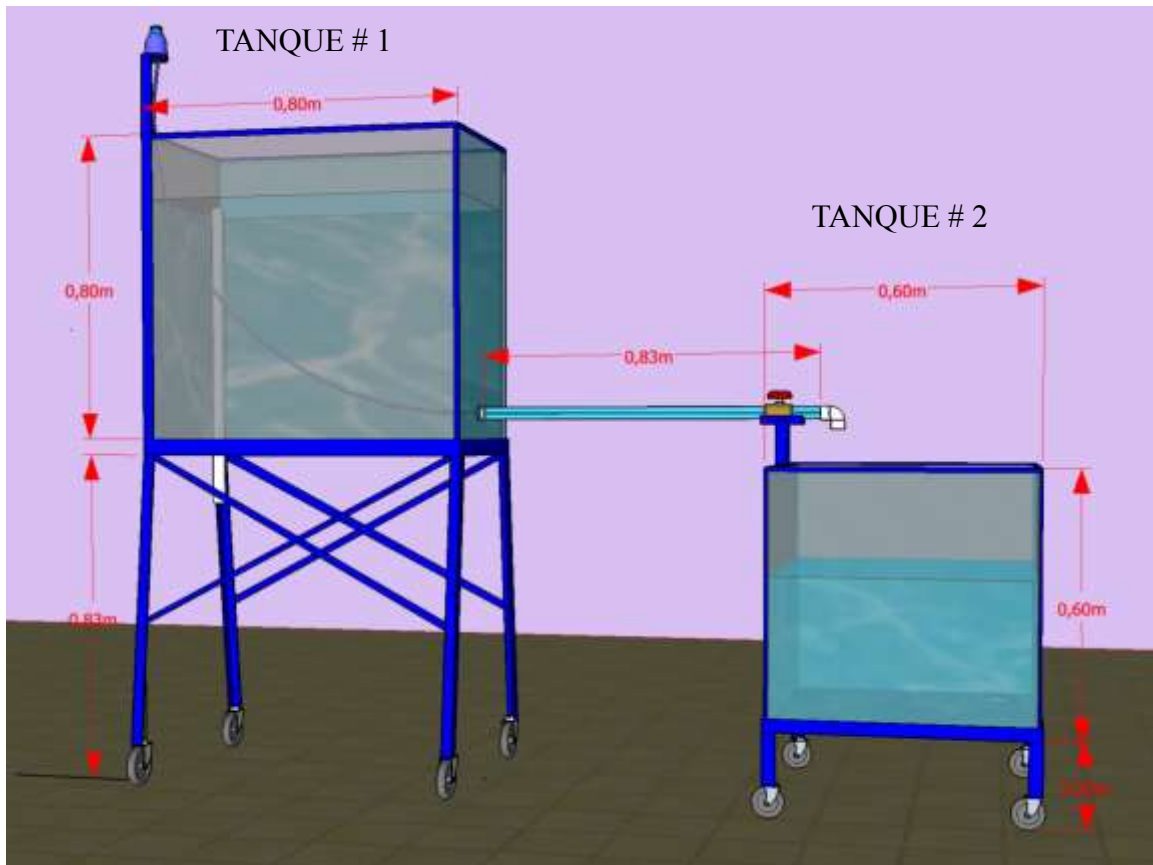
**Figura 5.** Diseño del montaje



**Figura 6.** Perfil frontal con dimensiones en escala real



**Figura 7.** Perfil lateral en escala real



### **7.3. DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO DE LA UNIDAD PARA LA DEMOSTRACION DEL NÚMERO DE REYNOLDS.**

Para desarrollar la unidad componente del banco hidráulico se tuvo que emplear de acuerdo al estudio para el rediseño tubería de una (1) pulgada para dar mayor apreciación del fluido en los dos sistemas empleando materiales transparentes, resistentes y sensibles para que permitan al investigador observar detalladamente lo que ocurre en el interior del tubo mientras se da la experiencia, Por tal motivo y para apreciar de una manera nítida el proceso se eligió un tubo de acrílico en la parte inferior del tanque uno; Esto permite que el experimentador mantenga su



atención en todo el proceso y pueda apreciar visualmente el paso del fluido por cada uno de los sistemas.

7.3.1. Descripción y Dimensionamiento. El equipo consta de dos tanques en vidrio templado para que pueda resistir la presión de este volumen de agua sus dimensiones son: el tanque número uno es de .80\*.40\*.80 para una capacidad de 0.25 m<sup>3</sup> de agua pero el dispositivo no trabaja al 100% de su capacidad ya que este cuenta con un sistema de reboce constituido por un tubo de PVC a presión de 1" de diámetro, a su vez este cuenta en la parte superior con un recipiente el cual se encarga de suministrar el azul de metileno, también cuenta con un acople en PVC a presión de ½" y un buje de ½" a 1" de presión en el cual se acoplo un tubo de acrílico de 1" transparente de 83 cm de longitud al cual se le adapto un registro de paso la cual permite el paso del flujo del agua de manera controlada.

El segundo tanque es de .60\*.60\*.60 con una capacidad de 0.21 m<sup>3</sup> de agua el cual recibe el caudal suministrado por el tanque número 1, cuenta con un sistema de desagüe con un tapón de rosca en su parte inferior.

Los tanques cuentan con unas bases hechas en ángulo de hierro de 1" reforzados en su parte inferior con platinas en forma de X, también poseen ruedas para facilitar la movilidad del equipo.

El equipo está destinado para pruebas experimentales exclusivamente didácticas, va a trabajar con agua factor que va a permitir determinar los resultados requeridos para proceder a realizar el rediseño del ensayo del número de Reynolds fue necesario seguir los requerimientos técnicos necesarios, los mismos que buscan satisfacer las necesidades inmediatas y proyecciones a futuro del laboratorio de mecánica de fluidos del programa de ingeniería civil de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Regional Girardot.

El rediseño, obedece a la aplicación de nuevas tendencias educativas desarrolladas en países de mayor nivel tecnológico, en donde el educando y el educador juntos pueden apreciar todo el proceso experimental mientras aprenden a corregir posibles fallas de apreciación, en el diseño se busca permitir que el investigador pueda apreciar todos los pormenores de cambios que se suelen producir en los fluidos cuando estos son transportados en el interior de una tubería durante el desarrollo experimental, el flujo en movimiento se puede observar en el tubo de acrílico.

7.3.2. Mantenimiento preventivo del equipo. Es necesario indicar que el equipo antes de ser usado y después de ser utilizado necesita recibir un mantenimiento generalizado y ello contribuirá con el alargamiento de vida útil del equipo. En el desarrollo de este tema se explicara de manera puntual como realizar un mantenimiento previo.

7.3.3. Unidad de estudio de sistema de número de Reynolds.

- No realizar movimientos bruscos en su manipulación, pues como algunos componentes son frágiles podrían fracturarse.
- Antes y después de realizar una experiencia proceder a limpiar cuidadosamente la unidad para evitar que se manchen los accesorios de acrílico y vidrio.

7.3.4. Funcionamiento de sistema de Reynolds

- El funcionamiento es sencillo y bastante practico.
- Permite al estudiante y profesor una clara visualización del paso del fluido de los dos sistemas (agua y aceite).
- Su funcionamiento básico se da en la aplicación de diferentes caudales versus tiempo regulando el flujo.

### 7.3.5. Evidencia fotográfica de la construcción del equipo

**Figura 8.** Tanques de vidrio templado con refuerzo de ángulos de aluminio en sus bordes



Fuente: Los autores

**Figura 9.** Diseño de la válvula



Fuente: Los autores

**Figura 10.** Instalación de la válvula



Fuente: Los autores

**Figura 11.** Soldada y pulida de los soportes de los tanques



Fuente: Los autores

**Figura 12.** Pulida de los soportes terminada



Fuente: Los autores

**Figura 13.** Ensamble de acople para la instalación del tubo de acrílico



Fuente: Los autores

**Figura 14.** Instalación del tubo de acrílico



Fuente: Los autores

**Figura 15.** Tanque montado sobre los soportes



Fuente: Los autores



**Figura 16.** Perfil del equipo



Fuente: Los autores

**Figura 17.** Montaje del equipo listo



Fuente: Los autores

### 7.3.6. Recomendaciones del cuidado y manipulación del equipo

- El equipo debe estar protegido del sol y el agua.
- El equipo posee ruedas por tal motivo se debe dejar quieto ponerle el freno a las ruedas y en una superficie plana.
- Que los estudiantes no fomenten indisciplina dentro del laboratorio (no corran, no jueguen etc.).
- Que el profesor y un estudiante manipulen el equipo con mucho cuidado.
- Como son cursos de bastantes estudiantes el docente puede organizar la práctica por grupos.
- El agua a utilizar debe ser cristalina sin sedimentos.
- Manipular con mucho cuidado el depósito de tinta ya que puede manchar el equipo.

### 7.4 Determinación del número de Reynolds.

En primer lugar se procede a llenar el tanque de abastecimiento hasta el sistema de rebose lo cual permitirá que el agua tenga un nivel constante y se obtenga la misma presión al momento de abrir la válvula de salida del dispositivo, también se debe tener en cuenta que el equipo se encuentre totalmente quieto, que las ruedas tengan su respectivo freno para así evitar cualquier vibración que distorsione la experimentación visual del ensayo.

Seguido a esto procedemos a abrir la válvula a 10 grados y activamos el sistema de micro goteo del depósito del azul de metileno y se empieza a observar dentro del tubo de acrílico el comportamiento del fluido con ayuda del trazador de azul de metileno.

Luego de esto se necesita averiguar el caudal  $Q$ , este lo tomamos con la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal } Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$



Ya que el volumen utilizado fue el mismo en todas las experiencias (1 Lt) que al pasarlo a m<sup>3</sup> se convertiría en 0.001 m<sup>3</sup>, se procede a tomar el tiempo que tarda en llenar este volumen, se realiza el mismo procedimiento 3 veces por cada abertura con el fin de obtener un caudal Q promedio y trabajar con este al momento de ingresar los datos a la tabla. El mismo procedimiento se realiza al aumentar la válvula a 15 grados y así sucesivamente hasta llegar a 90 grados que es su apertura máxima.

Teniendo el caudal Q promedio se procede a calcular la velocidad a partir de la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q}{\text{area}}$$

Pero antes debemos calcular el área de nuestra tubería de 1" (0.0254m) a través de la siguiente ecuación:

$A = \pi r^2$  Esta área será constante ya que es el mismo diámetro de tubería en todo el ensayo.

Una vez obtenida la velocidad se procede a ingresar los datos en la tabla, habiendo realizado todo este proceso y obtenido los resultados correspondientes procedemos a calcular el número Reynolds para determinar el tipo de flujo al que pertenecen nuestras pruebas a través de la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{D * v * \rho}{\mu} \quad \text{donde:}$$

Re = Numero de reynolds       $\rho$  = Densidad del liquido

D = Diametro de la tuberia       $\mu$  = viscosidad del liquido

v = Velocidad del liquido

NOTA: La viscosidad del agua la mantenemos constante al medirla solo a temperatura ambiente.

20° C por lo tanto equivale a  $\mu = 0,001003 \frac{kg}{m.seg}$

NOTA: El volumen utilizado fue el mismo 1 litro (0.001m<sup>3</sup>).

NOTA: la densidad con que se desarrolló el ensayo fue a una temperatura de 20° C lo cual

equivale a  $\rho = 998.29 \frac{kg}{m^3}$

Calculado el número de Reynolds obtenemos la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Tabla de Cálculos de Número de Reynolds

GRADOS	VOLUMEN (m3)	TIEMPO seg	Q caudal (m3/seg)	AREA (m2)	VELOCIDAD (m/seg)	REYNOLDS	TIPO DE FLUJO
10	0.001	1163	8.59845E-07	5.067.E-04	1.697.E-03	42.8994238	Laminar
15	0.001	120	8.33333E-06	5.067.E-04	1.645.E-02	415.766916	Laminar
20	0.001	59	1.69492E-05	5.067.E-04	3.345.E-02	845.627626	Laminar
25	0.001	36	2.77778E-05	5.067.E-04	5.482.E-02	1385.88972	Laminar
30	0.001	30	3.33333E-05	5.067.E-04	6.578.E-02	1663.06766	Laminar
35	0.001	22	4.54545E-05	5.067.E-04	8.971.E-02	2267.81954	Transición
40	0.001	15	6.66667E-05	5.067.E-04	1.316.E-01	3326.13533	Transición
45	0.001	12	8.33333E-05	5.067.E-04	1.645.E-01	4157.66916	Turbulento
50	0.001	10	0.0001	5.067.E-04	1.974.E-01	4989.20299	Turbulento
55	0.001	8	0.000125	5.067.E-04	2.467.E-01	6236.50374	Turbulento
60	0.001	7	0.000142857	5.067.E-04	2.819.E-01	7127.43285	Turbulento
65	0.001	6	0.000166667	5.067.E-04	3.289.E-01	8315.33832	Turbulento
70	0.001	5.67	0.000176367	5.067.E-04	3.481.E-01	8799.29981	Turbulento
75	0.001	5.19	0.000192678	5.067.E-04	3.803.E-01	9613.10789	Turbulento
80	0.001	4.75	0.000210526	5.067.E-04	4.155.E-01	10503.5852	Turbulento
85	0.001	4.44	0.000225225	5.067.E-04	4.445.E-01	11236.9437	Turbulento
90	0.001	4.39	0.00022779	5.067.E-04	4.495.E-01	11364.9271	Turbulento

## 8. CRONOGRAMA

**Tabla 3.** Cronograma de actividades

OBJETIVOS	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RECOPIRAR INFORMACION	■	■	■	■	■	■																		
VISITAS DE CAMPO							■	■	■	■	■	■												
CALCULOS													■	■	■	■	■	■						
DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA																			■	■	■	■	■	■

## 9. CONCLUSIONES

- Se construyó la estructura del laboratorio de número de Reynolds la cual consta de dos tanques hechos con materiales resistentes y de excelente calidad como lo son los vidrios templados, aparte de eso estos tanques llevan un refuerzo en ángulos en sus bordes exteriores, también poseen una base hecha en ángulo de hierro de 1" x 3/16 la cual permite que un tanque este más elevado que el otro para que el equipo funcione por gravedad, además se incorporó un sistema de rodachines que permite la movilidad del equipo de manera adecuada y sin causar daños al mismo, todas y cada una de las piezas de este equipo están implementadas y pensadas para alargar la vida útil del equipo, lo anteriormente mencionado es con la intención de que la vida útil del equipo sea duradera para con ello sacar el mejor provecho de este laboratorio.
- Se realizó un dibujo modelado en sketchup en escala real ilustrando el equipo del laboratorio de número de Reynolds con el propósito de crear el diseño a instalar teniendo en cuenta las diferentes ventajas y desventajas de los equipos existentes con la intención de construir un equipo de alta calidad.
- Se visitó distintos claustros universitarios con el fin de identificar las falencias de los diferentes equipos existentes, optamos por dotar nuestro equipo con factores que lo hicieran sobresalir en comparación con los demás consiguiendo así una herramienta de trabajo favorable para el desarrollo del ensayo del número de Reynolds.

- Gracias a la construcción del equipo de laboratorio del número de Reynolds se logró visualizar experimentalmente el comportamiento del flujo en el desarrollo del ensayo del número de Reynolds ya que se pudieron distinguir los diferentes tipos de flujo debido a que los comportamientos del líquido varían en cuanto la velocidad aumenta al llevar a cabo el ensayo.
- Al realizar 17 pruebas se logró comprobar que el ensayo arrojó los resultados esperados ya que se pudo determinar los tipos de flujo que circulaban dentro del tubo de acrílico transparente de 1" de manera visual y las características de cada tipo de flujo que transitaba dentro de la tubería, pero también se comprobó de manera teórica a través de cálculos que cada experiencia visual que se veía correspondía entre los rangos de los tipos de flujo establecidos para la determinación del número de Reynolds, esto nos quiere decir que el desarrollo de este proyecto fue todo un éxito y su calibración es correcta.
- Es un orgullo para nosotros como estudiantes contribuir con el desarrollo de nuestra institución donando el equipo de NUMERO DE REYNOLDS para la optimización de los laboratorios de hidráulica de la Corporación universitaria Minuto de dios centro regional Girardot ya que nos abrió las puertas, nos vio nacer como profesionales y hemos sido partícipes del esfuerzo realizado para lograr la excelencia. es un placer o prácticamente un deber para nosotros suministrar este equipo para que los actuales y futuros ingenieros puedan desarrollar prácticas de laboratorio sin necesidad de estar esperanzados a terceros sino teniendo herramientas propias que faciliten su formación profesional y lograr así la excelencia.

## 10. RECOMENDACIONES

Este diseño fue construido con estas dimensiones teniendo en cuenta que las instalaciones del laboratorio serán ampliadas para el mejor desempeño de las prácticas, tomando como base el orden dentro del laboratorio para no causar daños a los equipos existentes y futuros.

Es de vital importancia que las prácticas se desarrollen en grupos no muy numerosos máximo de 15 personas para que los estudiantes puedan interactuar y observar de manera exploratoria la determinación de los diferentes tipos de flujo de manera personalizada de tal forma que apliquen la teoría estudiada a la realidad con ayuda de un tutor o profesor que los guíe y solucione todas las dudas, incógnitas o preguntas que se puedan presentar durante el desarrollo del ensayo de laboratorio del número de Reynolds.

A pesar de que cada pieza del equipo es de excelente calidad, muy resistente y están implementadas para alargar la vida útil de este, es necesario indicar que el equipo antes de ser usado y después de ser utilizado necesita recibir un mantenimiento generalizado y ello contribuirá con el alargamiento de vida útil del mismo, se debe tener en cuenta:

- Manipular el equipo con mucho cuidado y delicadeza para no perjudicar o causar daños al equipo todo esto con el fin de alargar la vida útil del mismo.
- Antes y después de realizar una experiencia proceder a limpiar cuidadosamente la unidad para evitar que se manchen los accesorios de acrílico y vidrio.
- El equipo debe estar protegido del sol y el agua.

- Que el profesor y un estudiante manipulen el equipo con mucho cuidado.

También es supremamente importante en el desarrollo del ensayo tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El equipo debe estar totalmente quieto en una superficie plana, como posee ruedas proceder a ponerles el freno con el fin de evitar vibraciones que puedan distorsionar la experiencia visual dentro de la tubería de acrílico de 1”.
- Se debe regular la manguera de abastecimiento del tanque # 1 según se valla abriendo la válvula de salida para así mantener un nivel de agua constante y tener una presión constante durante todo el ensayo.
- A medida que se valla abriendo la válvula de salida también se debe regular el sistema de micro goteo trazador (azul de metileno) para tener una mejor experiencia visual.

Teniendo en cuenta que el equipo entregado funciona perfectamente, permite una visualización plena de los tipos de flujo, no posee filtraciones y está adecuadamente calibrado es de vital importancia tener en cuenta todas las recomendaciones anteriormente mencionadas para así lograr sacar el mejor provecho del equipo de laboratorio del número de Reynolds, esto dependerá solo del buen uso del equipo siguiendo estas recomendaciones, ya que el desarrollo de este ensayo de laboratorio es muy importante para el desarrollo profesional de los estudiantes y futuros ingenieros de la corporación universitaria minuto de Dios.



## 11. BLIOGRAFIA

- COLOMBIA. Ministerio De Educación Nacional. Resolución 2773 de 2003. [en línea]. [citado Abril 19, 2014]. Disponible en Internet: [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85936\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85936_archivo_pdf.pdf)
- [http://fjartnmusic.com/Personal/6o\\_Semestre\\_files/Re.pdf](http://fjartnmusic.com/Personal/6o_Semestre_files/Re.pdf)
- <http://conceptodefinicion.de/fluido/>
- <http://es.slideshare.net/alexsuarezlastra/mecanica-defluidosrobertmott6taedicion>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica\\_de\\_fluidos](http://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica_de_fluidos)
- <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Reynold.htm>
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/conceptosbasicosmfluidos/reynolds/numero.html>
- [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%201.Principios%20de%20Hidraulica/tutorial\\_05.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%201.Principios%20de%20Hidraulica/tutorial_05.htm)

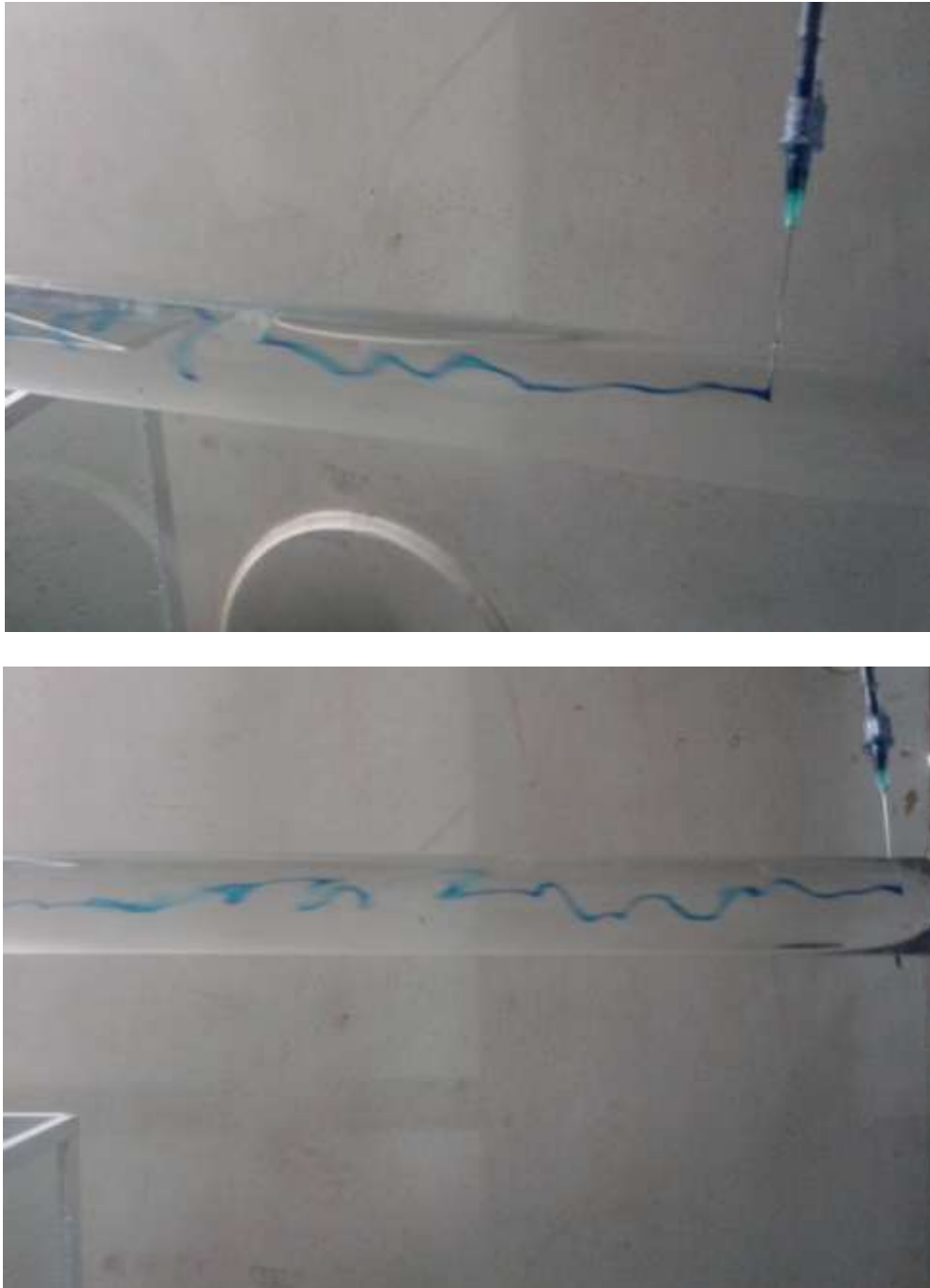
## ANEXO A. Evidencia Fotográfica Tipos De Flujo

**Figura 18.** Flujo laminar



Fuente: Los autores

**Figura 19.** Flujo de transición



Fuente: Los autores

**Figura 20.** Flujo turbulento



Fuente: Los autores

**Figura 21.** Abertura de la llave en grados y tiempo de llenado en 1 litro



Fuente: Los autores

**Figura 22.** Tiempo que tarda en llenar 1 litro de agua



Fuente: Los autores

## ANEXO B. Guía de Laboratorio Número de Reynolds

### GUIA DE LABORATORIO NUMERO DE REYNOLDS

- **INTRODUCCION**

El número de Reynolds es quizá uno de los números adimensionales más utilizados. La importancia radica en que nos habla del régimen con que fluye un fluido, lo que es fundamental para el estudio del mismo. A lo largo de esta práctica se estudia el número de Reynolds, así como los efectos de la velocidad en el régimen de flujo. Los resultados obtenidos no solamente son satisfactorios, sino que denotan una hábil metodología experimental.

Cuando un líquido fluye en un tubo y su velocidad es baja, fluye en líneas paralelas a lo largo del eje del tubo; a este régimen se le conoce como “flujo laminar”. Conforme aumenta la velocidad y se alcanza la llamada “velocidad crítica”, el flujo se dispersa hasta que adquiere un movimiento de torbellino en el que se forman corrientes cruzadas y remolinos; a este régimen se le conoce como “flujo turbulento”.

- **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Observar y determinar mediante el equipo del número Reynolds la diferencia entre flujo laminar, de transición y turbulento.

- **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Conocer las diferencias entre los distintos tipos de flujos.
- ✓ Calcular el Número de Reynolds para flujo laminar y turbulento.
- ✓ Aprender a apreciar visualmente los diferentes tipos de flujo.

- **MARCO TEORICO**

Los diferentes regímenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno fueron reportados por primera vez por Osborne Reynolds en 1883. Reynolds observó que el tipo de flujo adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido. Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y está dado por:

Dónde:

$Re$  = Número de Reynolds

$D$  = Diámetro del ducto [L]

$v$  = Velocidad promedio del líquido



$\rho$  = Densidad del líquido  
 $\mu$  = Viscosidad del líquido

Cuando el ducto es una tubería,  $D$  es el diámetro interno de la tubería.

Para valores de  $Re \leq 2000$  el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan solo en función de los esfuerzos tangenciales existentes. Por eso a este flujo se le llama flujo laminar. El colorante introducido en el flujo se mueve siguiendo una delgada línea paralela a las paredes del tubo.



Para valores de  $2000 \leq Re \leq 4000$  la línea del colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose sin embargo delgada. Este régimen se denomina de transición.



Para valores de  $Re \geq 4000$ , después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, el colorante tiende a difundirse en todo el flujo. Este régimen es llamado flujo turbulento, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.



- MATERIALES

- ✓ 1 Equipo de número de Reynolds.
- ✓ 1 recipiente de Tinta (azul de metileno).
- ✓ 1 Cronometro.
- ✓ Probetas con volúmenes definidos.
- ✓ 1 Calculadora.
- ✓ Tabla de densidad y viscosidad según temperatura del agua.

- PROCEDIMIENTO

- ✓ Se llena el tanque de suministro del equipo hasta el nivel del tubo de rebose.
- ✓ Todas las partes del equipo deben permanecer sin vibración manteniendo constante el nivel de agua en el tanque de suministro permitiendo la salida del azul de metileno, en mínima cantidad.
- ✓ Se abre la llave de paso a 10° permitiendo el paso del flujo y se observan en el tubo de acrílico las características del flujo (laminar, de transición y/o turbulento); posteriormente se hacen repeticiones aumentando los grados de la llave cada 5° hasta llegar a 90°.
- ✓ Se toma el tiempo en que tarda en llenar la probeta con la llave abierta en los distintos grados. El tiempo debe ser tomado en segundos y el volumen en litros; A continuación se da un ejemplo de toma de datos para la apertura de la válvula de 10 grados; Se completa la siguiente tabla con los datos obtenidos experimentalmente:

GRADOS	TIEMPO(Seg)	VOLUMEN (m3)
10°		
10°		
10°		
10°		
10°		

NOTA: se toman los tiempos y el volumen 5 veces para luego sacar un promedio del caudal que se va a utilizar cuando la llave se encuentre abierta en distintos grados, ya que este caudal  $Q$  es el que se utilizara para calcular el número de Reynolds

- ✓ Se calcula el caudal  $Q$  mediante la siguiente ecuación : se toma el caudal promedio

$$\text{Caudal } Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$



- **CALCULOS PARA LA DETERMINACION DE REYNOLDS**

Teniendo en cuenta que ya se realizaron distintas repeticiones y ya tenemos un caudal promedio procedemos a calcular todas las variables necesarias para determinar el número de Reynolds.

- ✓ Calcular la velocidad mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q_{promedio}}{area}$$

El caudal Q promedio se divide por el área de la tubería para calcular la velocidad.

- ✓ El área se calcula de la siguiente manera :

$$A = \pi r^2$$

Se calcula el área para hallar la velocidad.

- ✓ Viscosidad del agua a 20° C  $\mu = 0,001003 \frac{kg}{m.seg}$

- ✓ Densidad  $\rho = 998.29 \frac{kg}{m^3}$

- ✓ Diámetro  $D = 0.00254 m$

NOTA: La viscosidad y la densidad del agua varían dependiendo de la temperatura del agua.

Con todos estos datos obtenidos se procede a reemplazarlos en la ecuación de Reynolds para determinar el tipo de flujo al que pertenecen.

$$Re = \frac{D * v * \rho}{\mu} \text{ Dónde:}$$

Re = Numero de Reynolds

D = Diámetro de la tubería

V= Velocidad del liquido

$\rho$  = Densidad del liquido

$\mu$  = viscosidad del liquido

✓ Se procede a llenar la siguiente tabla:

<b>GRADOS</b>	<b>VOLUMEN (m3)</b>	<b>TIEMPO seg</b>	<b>Q caudal M3/seg</b>	<b>AREA M2</b>	<b>VELOCIDAD M/Seg</b>	<b>REYNOLDS</b>
10						
15						
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						
80						
85						
90						

- **CONCLUSIONES**

Se escribe el resultado obtenido luego de la experimentación estableciendo parámetros finales de lo observado.

- **RECOMENDACIONES**

Se escriben las recomendaciones que el grupo hace a futuro con respecto a nuevas experiencias.

- **BIBLIOGRAFIA**

Se escriben las fuentes necesarias para el refuerzo del laboratorio o el mejor entendimiento del mismo.

