



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

LICENCIATURA:

INGENIERIA QUÍMICA

PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL:

INSTRUMENTACION DEL EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS.

ASESOR DEL PROYECTO:

ING. MARCO ANTONIO MAZARIEGOS MORALES

RESIDENTE QUE PRESENTA:

SERGIO VÁZQUEZ COUTIÑO

PERIODO DE RESIDENCIA PROFESIONAL:

AGOSTO- DICIEMBRE 2017

1.0 INTRODUCCIÓN

La importancia de la mecánica de fluidos aparece cuando consideramos el papel vital que juega en nuestra vida cotidiana. Cuando abrimos la llave del agua de nuestra casa, activamos una compleja red de tuberías, válvulas y bombas. Cuando accionamos un interruptor de luz estamos manejando energía ya sea de una fuente hidroeléctrica que es operada por el flujo de agua a través de turbinas o de una fuente de energía térmica por el flujo de vapor que pasa por los álabes de una turbina. También se incluyen procesos muy complejos de fluidos en la fabricación de muchos productos, por ejemplo, el papel. El cuerpo humano también forma parte del estudio de la mecánica de fluidos, por ejemplo, el corazón bombea constantemente sangre a todas las partes del cuerpo a través de las arterias y venas. Es importante saber que los corazones artificiales, las máquinas de respiración y los sistemas de diálisis están diseñados con base en la mecánica de fluidos, su aplicación tiene infinidad de utilidades en muchas actividades y desempeña una parte importante en el diseño y análisis de aviones, barcos, submarinos, cohetes, motores de propulsión a chorro, aparatos biomédicos, sistemas de enfriamiento de sistemas electrónicos y ductos de transporte de agua, petróleo crudo y gas natural, también se considera para el diseño de edificios, puentes e incluso vallas publicitarias para asegurar que las estructuras puedan soportar la intensidad del viento. El diseño de muchos sistemas de ingeniería, como las presas para agua y los tanques de almacenamiento de líquidos, exigen determinar las fuerzas que actúan sobre las superficies aplicando la estática de fluidos.

El desarrollo continuo en la ciencia y tecnología ha tomado gran importancia en la educación ya que es de suma importancia para el ingeniero estar a la vanguardia para que desarrolle competencias profesionales que resultan indispensables en el mundo actual, las cuales serán resultado de un conjunto de aprendizaje acumulativo, enfatizado en la aplicación del conocimiento. La ausencia de instrucción en el uso de programas computacionales, provocan un desfase en los estudiantes con respecto a las herramientas y tecnologías de cómputo.

Con el presente trabajo se pretende proporcionar información a los estudiantes de la Facultad a la iniciación de diseño o especificación de equipo para el transporte de fluidos con ayuda de rutinas de programación.

2.0 JUSTIFICACION

El laboratorio de ingeniería química en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es el lugar en el cual se desarrollan diversas prácticas con el fin de complementar los contenidos teóricos de asignaturas de la carrera de ingeniería química e ingeniería bioquímica.

En los libros de texto de química es muy poco lo que trata acerca del trabajo de laboratorio y resultan inadecuados para los fines didácticos que se pretenden alcanzar esto por la poca información, aunado a que contienen instrucciones generales que no son tan claras.

El presente proyecto se elaboró con el fin de actualizar el equipo de laboratorio, utilizado en la determinación del número de Reynolds y la eficiencia de una bomba que son utilizados en las prácticas de laboratorio integral I. la modificación de este equipo es automatizarlo mediante un sensor que nos mida el flujo volumétrico, el porcentaje de llenado y los litros acumulados en el tanque. Esto se logra manejando el programa de computo "Arduino".

Se espera que con este proyecto se tenga una herramienta más para crecer en la formación profesional como ingeniero químico.

3.0 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Automatización del equipo de determinación del número de Reynolds
Implementando un sistema de control digital.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Construir un equipo instrumentado para la determinación del número de Reynolds.
- Instrumentar un sensor de fluido para la determinación del flujo volumétrico.
- Seleccionar un programa de computadora para el sensor de caudalímetro (Arduino).
- Determinar la potencia real de la bomba, al llenado del tanque.

4.0 PROBLEMAS A RESOLVER.

El equipo de experimentación para determinar el número de Reynolds se realizaba determinando la velocidad del fluido en forma rústica, midiendo la distancia recorrida en un determinado tiempo, este procedimiento se llevaba a cabo con una jeringa que contenía colorante y esta recorría a través del tubo a su vez se determinaba el flujo volumétrico utilizando un recipiente de llenado y tomando el tiempo correspondiente, el cual nos daba resultados muy erróneos por lo que se determinó en la asignatura de instrumentación y mejorar la forma de operar este equipo.

La parte instrumentada deberá contar con un sensor de caudal, el cual deberá contar tres condiciones, la primera deberá ser el flujo volumétrico representado en litros/minuto, la segunda nos proporcionará el porcentaje de llenado del tanque y la tercera indicará los 20 litros acumulados en el tanque. Al mismo tiempo se colocará una bomba para el llenado del tanque.

5.0 ALCANCES Y LIMITACIONES

Con este proyecto se pretende ayudar a los alumnos, especialmente a cursante de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, a que tengan una herramienta de apoyo en el cual encuentren la posibilidad de complementar las prácticas de laboratorio integral I.

Durante las sesiones realizadas en este proyecto en el laboratorio, existieron muchas limitaciones, pero a pesar de esto se llevaron a cabo, dentro de estas limitaciones podemos mencionar la falta de material de laboratorio, instalaciones adecuadas para montar el equipo, por lo que se ingeniaron métodos para llevar a cabo este proyecto.

6.0 FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Los fluidos son sustancias capaces de fluir y que se adaptan a la forma de los recipientes que los contienen. Cuando están en equilibrio, los fluidos no pueden soportar las fuerzas tangenciales o cortantes. Todos los fluidos son compresibles en cierto grado y ofrecen poca resistencia a los cambios de forma. De esta manera, los fluidos ejercen fuerzas sobre las paredes de los recipientes donde están contenidos. A esta fuerza que se aplica sobre áreas definidas originan una presión que permite al fluido moverse.

Las diferencias esenciales entre líquidos y gases son: los líquidos son prácticamente incompresibles y los gases son compresibles, por lo que en muchas ocasiones hay que tratarlos como tales y por otro lado los líquidos ocupan un volumen definido y tienen superficies libres mientras que una masa de gas se expande hasta ocupar todas las partes del recipiente.

Cada fluido posee ciertas características por medio de las cuales se puede describir su condición física. A tales características de les denomina propiedades de los fluidos, las cuales se expresan en términos de un número limitado de dimensiones básicas (longitud, masa o fuerza, tiempo y temperatura), y estas a su vez se cuantifican en unidades básicas. El sistema tradicional de unidades en Estados Unidos ha sido el sistema pie-libra-segundo. Sin embargo, ya que todas las sociedades de ingeniería tratando de usar del Sistema Internacional (SI) se utilizan las unidades de metro-kilogramo-segundo, o MKS.

6.1 Propiedades de los fluidos

Densidad. La masa por unidad de volumen es la densidad, de ahí que tenga las unidades de kilogramo por metro cúbico. La densidad se representa por el símbolo griego ρ (rho)

Peso específico. La fuerza gravitacional por unidad de volumen de fluido o simplemente el peso por unidad de volumen se denomina peso específico y se representa por el símbolo γ (gamma). En los líquidos puede considerarse constante para las variaciones ordinarias de la presión.

Densidad relativa. La densidad relativa de un cuerpo es un número adimensional que viene dado por la relación del peso específico de la sustancia al peso específico de una sustancia que se toma como referencia, usualmente el peso específico del agua.

Calor específico. La propiedad que describe la capacidad de una sustancia para almacenar energía térmica se denomina calor específico. Por definición, calor específico es la cantidad de calor que debe transferirse a una unidad de masa de sustancia para aumentar su temperatura un grado. El calor específico de los gases depende del proceso que acompaña al cambio de temperatura. Si el volumen específico ($v=1/\rho$) permanece constante mientras que la temperatura cambia, el calor específico se identifica como C_v ; sin embargo, si la presión se mantiene constante durante el cambio de estado, entonces el calor específico se identifica como C_p .

Viscosidad. La viscosidad de un fluido es aquella propiedad que determina la cantidad de resistencia opuesta a las fuerzas cortantes, se debe a las interacciones entre las moléculas del fluido. La viscosidad absoluta o dinámica en la cual interviene la dimensión de la fuerza tiene como unidades $[\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^2]$ La viscosidad cinemática, así llamada porque la dimensión fuerza no interviene en la combinación (μ/ρ). El símbolo utilizado para identificar la viscosidad cinemática es ν (nu).

Presión de vapor. Para cada líquido, la actividad molecular interna es tal que las moléculas escapan de la superficie hasta que la presión dentro del espacio contiguo a la superficie alcanza tal valor que el cambio neto de moléculas entre líquido y el vapor es cero. Esta presión se denomina presión de vapor saturada o simplemente presión de vapor. Ya que la actividad molecular depende de la temperatura, la presión de vapor a su vez es una función de la temperatura del líquido, por tanto, puede llegarse a la ebullición ya sea por un incremento de temperatura o por una reducción en la presión.

6.2 Flujo de fluidos

El flujo de fluidos puede ser permanente o no permanente; uniforme o no uniforme; laminar o turbulento; unidimensional, bidimensional o tridimensional, y rotacional o irrotacional. Ciertamente, el flujo unidimensional de un fluido incomprensible tiene lugar cuando la velocidad en dos puntos es idéntica, es decir, tienen misma dirección y sentido. No obstante, el análisis con flujo unidimensional es aceptable cuando se considera como única dimensión espacial, de la que dependen todas las características, la línea de corriente central del flujo pueden considerarse como despreciables las variaciones de las velocidades y aceleraciones en dirección normal a dicha línea de corriente. Un flujo bidimensional tiene lugar cuando las partículas fluidas se mueven en planos o en planos paralelos de forma que la configuración de las líneas de corriente es idéntica en cada plano. Para un fluido ideal en que no existen tensiones cortantes no pueden transmitirse pares y no tienen lugar movimientos rotacionales de las partículas fluidas alrededor de su propio centro de gravedad, tales fluidos ideales, que admiten una representación muy intuitiva mediante una red de corriente, se llaman flujos irrotacionales.

Flujo permanente. El flujo permanente tiene lugar cuando, en un punto cualquiera, la velocidad de las sucesivas partículas que ocupan ese punto en los sucesivos instantes es la misma. Por tanto, la velocidad es constante respecto del tiempo o bien $\partial U/\partial t=0$, pero puede variar de un punto a otro, es decir, ser variable respecto de las coordenadas espaciales.

Flujo laminar. En el flujo laminar las partículas fluidas se mueven según trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o láminas. Los módulos de las velocidades de capas adyacentes no tienen el mismo valor. El flujo laminar está gobernado por la ley que relaciona la tensión cortante con la velocidad de deformación angular, es decir, la tensión cortante es igual al producto de la viscosidad del fluido por el gradiente de las velocidades.

Velocidad crítica. La velocidad crítica es de interés práctico para el ingeniero es aquella velocidad por debajo de toda turbulencia que es amortiguada por la acción de la viscosidad del fluido. La experiencia afirma que un límite superior para el régimen en tuberías, viene fijado por un valor del número de Reynolds de 2000, en la mayoría de los casos prácticos.

Número de Reynolds. El número de Reynolds, que es un grupo adimensional, viene dado por el coeficiente de las fuerzas de inercia y por las fuerzas debidas a la viscosidad.

$$N_{Re} = \frac{UD\rho}{\mu} = \frac{UD}{\nu}$$

Donde:

U =velocidad (m/s)

D =Diámetro de la tubería (m, ft)

ν =viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

ρ =densidad del fluido

μ =viscosidad absoluta (kg/m^2s)

Flujo turbulento. El flujo turbulento se caracteriza por la acción de mezclado en todo el campo. Este mezclado se debe a remolinos o torbellinos de tamaño variable que se forman en el fluido. Por simple observación sabemos que este tipo de flujos se presenta en los ríos y en la atmósfera. Las ráfagas de aire son el resultado de los torbellinos grandes que a veces se agregan y otras se oponen a la velocidad media del viento.

Para entender el papel de la turbulencia en el proceso de flujo, consideramos en primer lugar el flujo laminar en una situación dada, en el caso del flujo laminar, la distribución de velocidades es parabólica en cualquier sección dada, y a cualquier distancia dada de la pared del tubo la velocidad será constante respecto al tiempo. En el flujo turbulento, se hacen evidentes de inmediato dos efectos. Primero con los torbellinos hacen que el flujo se mezcle casi por completo la distribución de velocidades es más uniforme en la mayor parte de la sección transversal que en el caso del flujo laminar. El segundo efecto de la turbulencia es añadir continuamente componentes fluctuantes de velocidad de flujo. Un valor que nos sirve como índice de turbulencia, es el número de Reynolds, que se define como $Re = UD\rho/\mu$. Si el número de Reynolds es grande ($Re > 2000$), el flujo en el tubo es generalmente turbulento y si es menor de 2000, el flujo es laminar.

Fluidos newtonianos. Los fluidos para los cuales el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación se denominan fluidos newtonianos. Sin embargo, para algunos fluidos el esfuerzo cortante no puede ser directamente proporcional a la rapidez de deformación. Estos fluidos se clasifican como no newtonianos, por ejemplo, la sangre, ciertos plásticos y mezcla de barro y agua. Debe aclararse que este trabajo se limitará a la teoría y aplicaciones que incluyen únicamente fluidos newtonianos.

Gasto. El gasto volumétrico o descarga, es el volumen de fluido que pasa por una sección dada en la unidad de tiempo.

Caída de presión. La variación de la presión es importante para el ingeniero por varias razones, en ciertos casos, como en el diseño de estructuras altas debe considerarse la variación de la presión debida al viento en el diseño de partes individuales como ventanas, así como en el diseño de la estructura básica para resistir la carga total del viento. En el flujo de fluidos existen básicamente dos

causas de la variación de presión, además del efecto del peso, que son la aceleración y la resistencia viscosa, también debe tomarse en cuenta que la gravedad también puede entrar en el problema. Las variaciones de presión en un fluido compresible son, por lo general muy pequeñas ya que los pesos específicos son pequeños, como también lo son las diferencias de elevación consideradas en la mayoría de los cálculos en la hidráulica.

Ecuación de energía. Se obtiene la ecuación de energía al aplicar al flujo de fluido el principio de conservación de la energía. La energía que posee un fluido en movimiento está integrada por la energía interna y las energías debidas a la presión, a la velocidad y a su posición en el espacio.

Pueden enumerarse los siguientes tipos de energía almacenada en un elemento de masa:

1. **Energía cinética E_c :** Energía asociada con el movimiento de la masa. La energía cinética de una partícula infinitesimal es $V^2/2gc$.
2. **Energía potencial E_p :** Energía asociada con la posición de la masa en campos externos conservativos. Suponiendo que el único campo externo es el campo gravitacional de la Tierra, la energía potencial de una partícula infinitesimal, situada a una elevación Z por encima de algún nivel de referencia, será la cantidad.
3. **Energía interna U :** Energía moléculas y energía atómica asociadas con los campos internos de la masa. Si se conocen ciertas propiedades de algún fluido, la energía interna por unidad de masa, con respecto a algún estado base, usualmente puede evaluarse en tablas experimentales.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Energía} \\ \text{entrante} \\ \text{al} \\ \text{sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Energía} \\ \text{saliente} \\ \text{del} \\ \text{sistema} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Energía} \\ \text{generada} \\ \text{en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Energía} \\ \text{consumida} \\ \text{en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right) = (\text{energía acumulada en el sistema})$$

Ecuación de continuidad. La ecuación de continuidad se basa en el principio de la conservación de la masa aplicado al movimiento de fluidos. En otras palabras, la ecuación de continuidad establece que la masa que sale de una región del espacio, como por ejemplo un volumen de control, menos el gasto que entra a la región, es igual al gasto con el que esta evacuando la masa del fluido de la región considerada. Esta puede calcularse como sigue:

$$p_1 A_1 V_1 = p_2 A_2 V_2 = \text{constante}$$

$$w_1 A_1 V_1 = w_2 A_2 V_2$$

Para los fluidos incompresibles y para todos los casos prácticos en que $w_1 = w_2$, la ecuación se transforma en:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

Donde A_1 y V_1 son respectivamente, el área de la sección recta en m^2 y la velocidad media de la corriente en m/s en la sección 1, con significado análogo en la sección 2.

Teorema de Bernoulli. Para un flujo sin fricción en el que solamente interviene la energía mecánica, es decir, no hay transferencia de calor ni cambio en la energía interna. La ecuación de Bernoulli se presenta a continuación.

$$\frac{v_1^2}{2} + p_1 v + gz_1 = \frac{v_2^2}{2} + p_2 v + gz_2$$

Esta ecuación se conoce como ecuación de Bernoulli, al disminuir la sección transversal de un tubo de corriente sin límites, Bernoulli establece que a lo largo de una línea la energía mecánica por unidad de masa se conserva a lo largo de cualquier tubería.

$$\frac{v_1^2}{2} + p_1 v + gz_1 = \text{constante}$$

Factor de fricción. Es proporcional al coeficiente de la pérdida de cantidad de movimiento del fluido y a la pérdida de la cantidad de movimiento debido a la cantidad de remolinos de la capa fronteriza con la pared del tubo, Principalmente está en función de la aspereza o rugosidad del tubo y del número de Reynolds. El factor o coeficiente de fricción f puede deducirse matemáticamente en el caso del régimen laminar, más en el caso del flujo turbulento no se dispone de las relaciones matemáticas sencillas para obtener la variación de f con el número de Reynolds.

Flujo laminar y turbulento en conductos no circulares. Teóricamente pueden encontrarse los perfiles de velocidad y los factores de fricción para flujo laminar completamente desarrollados en conductos no circulares. También pueden utilizarse métodos numéricos, como los elementos finitos y los elementos frontera. Sin embargo, pueden obtenerse datos para secciones no circulares a través de algunas secciones transversales. Esos resultados proceden de investigaciones teóricas y experimentales. Los números de Reynolds (Re), utilizados para conductos no circulares emplea el diámetro hidráulico D_H definido como:

$$D_H = \frac{4A}{P_M}$$

Donde A es el área de la sección transversal del conducto
 P_m es la longitud del perímetro mojado de la sección transversal del conducto.

Ahora se calculan algunos diámetros hidráulicos para algunas secciones transversales.

1. Sección transversal circular

$$D_H = \frac{4 \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)}{\pi D}$$

Se ve que el diámetro hidráulico es el diámetro interno ordinario para la tubería circular.

2. Anillo circular de diámetro D_1 (mayor) y D_2 (menor)

$$D_H = \frac{4 \left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi D_2^2}{4} \right)}{\pi D_1 + \pi D_2} = \frac{D_1^2 - D_2^2}{D_1 + D_2}$$

6.3 Medidor de flujo

Hay muchos dispositivos para medir el flujo. Algunos miden el flujo volumétrico en forma directa, mientras que otros miden una velocidad promedio del flujo que se convierte en flujo volumétrico por medio de $Q=VS$. Algunos proporcionan mediciones primarias directas, en tanto otros requieren de calibración o la aplicación de un coeficiente de descarga a la salida observada del instrumento. La forma de la salida del medidor de flujo también varía en forma considerable de un tipo a otro. La lectura puede provenir de la presión, nivel de líquido, contador mecánico, posición de un indicador en la corriente de fluido, señal eléctrica continua o una serie de pulsos eléctricos.

6.3.1 Factores principales para la selección de un medidor

Rango. Los medidores que existen comercialmente miden flujos que van desde unos cuantos milímetros por segundo, para experimentos precisos de laboratorio, hasta varios miles de metros cúbicos por segundo, para el agua de riego y sistemas municipales de agua potable y residual.

Exactitud requerida. Cualquier dispositivo de medición de flujo que se instale y opere en forma apropiada tiene exactitud dentro de 5% del flujo real. La mayor parte de los medidores comerciales poseen exactitud de 2%, y hay algunos de los que se afirma es de 0.5%. Por lo general, si se desea más exactitud el costo es un factor importante.

Pérdida de presión. Debido a que los detalles de construcción de los distintos medidores son muy diferentes, producen cantidades de pérdida de energía diferentes conformes el fluido pasa a través de ellos. Con la excepción de

unos cuantos tipos, llevan a cabo la medida colocando una restricción o dispositivo mecánico en la corriente de flujo, lo que origina la pérdida de energía.

Tipo de indicación. Los factores para considerar al elegir el tipo de indicación de flujo incluyen si el control automático va a actuar sobre la salida, si el operador necesita vigilar ésta y si existen condiciones ambientales severas.

Tipo de fluido. El rendimiento de algunos medidores de flujo se ve afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración fundamental es saber si el fluido es líquido o gas. Si hay factores importantes como viscosidad, temperatura, corrosión, conductividad eléctrica, visibilidad, propiedades lubricantes y homogeneidad. Los lodos y fluidos de fases múltiples requieren medidores especiales.

Calibración. Ciertos tipos de medidores de flujo requieren calibrarse. Algunos fabricantes proporcionan la calibración en forma gráfica o tabla de resultados reales versus la lectura del indicador. Algunos están equipados para la lectura directa, con escalas calibradas en las unidades de flujo que se desea. En el caso de los medidores más importantes, tales como los de carga variable, se han determinado formas y dimensiones geométricas estándar para las que se dispone de datos empíricos. Estos datos relacionan el flujo con una variable que se mide con facilidad, tal como la diferencia de presión o el nivel de un fluido.

Otros factores. En la mayoría de casos, también debe considerarse el tamaño físico del aparato, su costo, el sistema de presión y la aptitud del operador

6.4 Válvulas

Disponemos de muchas clases de válvulas y acoplamientos (accesorios) de distintos fabricantes, para cumplir las especificaciones de las instalaciones de sistemas de circulación de fluidos. Las válvulas se emplean para controlar la cantidad de fluido; pueden ser de globo, ángulo, compuerta, mariposa, cualquiera de varios tipos de válvulas de verificación y muchas más. Los acoplamientos dirigen la trayectoria del flujo o hacen que cambie su tamaño. Incluyen codos de varios diseños, tes, reductores, boquillas y orificios. Es importante determinar los datos de resistencia para el tipo particular y tamaños elegidos, porque aquélla depende de la geometría de la válvula o accesorio de acoplamiento. Asimismo, los distintos fabricantes reportan los datos de diferentes formas.

La válvula de globo tiene un dispositivo sellador que se activa al girar la llave, son muy comunes y baratas, sin embargo, tienen poco rendimiento, en términos de energía perdida, tienen el propósito de hacer resistencia al flujo con el fin de controlar la cantidad de flujo que circula. La válvula de ángulo es parecida a la de globo, sin embargo, el fluido llega por la entrada inferior, se mueve alrededor del fondo de la válvula y gira para salir por el lado derecho. La válvula de compuerta se eleva de forma vertical y se aparta de la trayectoria de flujo, es una de las mejores limitantes para la pérdida de energía, si cerramos en forma parcial al llevar

la compuerta de regreso hasta cierto punto en la corriente, la válvula de compuerta estrangularía el flujo. La función de una válvula de verificación es permitir el flujo en una dirección y detenerlo en la contraria, un uso muy común de este tipo de válvulas es el bombeo en una fosa séptica, por debajo del piso, al exterior de una casa o edificio comercial, con el fin de mantener seca el área de cimentación. Las válvulas de mariposa proporcionan abertura y cierre fácil, tiene función de forma manual, eléctrica o neumática, la mayor parte de las válvulas son muy delgadas y se montan entre las bridas de una tubería estándar para una instalación y retiro fáciles. Ciertos diseños reemplazan las válvulas metálicas existentes en los sitios apropiados.

6.5 Selección y dimensionamiento de bombas

Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de un sistema de tuberías. La ecuación de energía que se introdujo para determinar la energía de que una bomba agrega al fluido es:

$$h_a = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + h_2$$

A este valor de h_a se le llama carga total sobre la bomba. Algunos fabricantes de bombas se refieren a él como carga dinámica total (TDH). La interpretación para esta ecuación se debe tomar como un conjunto de tareas que tiene que realizar la bomba en un sistema dado.

- En general, debe elevar la presión del fluido, desde la que tiene en la fuente p_1 , hasta la que tendrá en el punto de destino p_2 .
- Debes subir el fluido, desde el nivel de la fuente z_1 , al nivel de destino z_2 .
- Tiene que incrementar la carga de velocidad en el punto 1 a la del punto 2
- Se necesita que compense cualesquiera pérdidas de energía en el sistema, debido a la fricción en las tuberías o en válvulas, acoplamientos, componentes del proceso o cambios en el área o dirección del flujo.

Se dispone de una extensa variedad de bombas para transportar líquidos en sistemas de flujo de fluidos. La selección y aplicación apropiadas de una bomba requiere de la comprensión de sus características de rendimiento y usos comunes.

Factores que deben considerarse al seleccionar una bomba para una aplicación específica:

1. Naturaleza del líquido para bombear
2. Capacidad requerida (flujo volumétrico)
3. Condiciones del lado de succión (entrada) de la bomba
4. Condiciones del lado de descarga (salida) de la bomba
5. Carga total sobre la bomba
6. Tipo de sistema donde la bomba impulsa el fluido
7. Tipo de fuente de potencia (motor eléctrico, motor Diesel, turbina de vapor y otros)
8. Limitaciones de espacio, peso y posición
9. Condiciones ambientales
10. Costo de adquisición de bomba
11. Costo de operación de bomba
12. Códigos y estándares gubernamentales

La naturaleza del fluido se caracteriza por su temperatura y condiciones de bombeo, gravedad específica, viscosidad y tendencia a corroer o erosionar las partes de la bomba y su presión de vapor a la temperatura del bombeo. El término presión de vapor se emplea para definir la presión en la superficie libre de un fluido debido a la formación de vapor. La presión de vapor se hace más alta conforme aumenta la temperatura del líquido, y es esencial que la presión en la entrada de la bomba permanezca por arriba de la presión de vapor del fluido.

Después de seleccionar la bomba debe especificarse lo siguiente:

1. Tipo de bomba y su fabricante.
2. Tamaño de la bomba.
3. Tamaño de la conexión de succión y su tipo (bridada, atornillada y otras).
4. Tamaño y tipo de la conexión de descarga.
5. Velocidad de operación.
6. Especificaciones para el impulsor (por ejemplo: para un motor eléctrico — potencia que requiere, velocidad, voltaje, fase, frecuencia, tamaño del chasis y tipo de cubierta).
7. Tipo de acoplamiento, fabricante y número de modelo.
8. Detalles de montaje.
9. Materiales y accesorios especiales que se requiere, si hubiera alguno.
10. Diseño y materiales del sello del eje. Los catálogos de bombas y los representantes del fabricante proporcionan la información necesaria para seleccionar y cumplir las especificaciones de las bombas y el equipo accesorio.

7.0 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES.

7.1 Tubo PVC hidráulico

La Tubería Hidráulica de PVC - Transparente cedula 40 es ideal para uso hospitalario y médico, alimentos y bebidas, aplicaciones de laboratorio, tratamiento químico, la galvanoplastia y otras aplicaciones que requieren monitoreo visual y procesos no contaminantes.

7.1.1 Características

La Tubería Hidráulica de PVC Cedula 40 cementar (Schedule 40 Pipe) se fabrica en Sistema Ingles dimensiones IPS (Iron Pipe Size), se fabrica bajo la norma americana ASTM D-1785 y la norma nacional NMX-E-145/1, se fabrica con Resina (materia prima) virgen 12454-b de acuerdo a la norma americana ASTM D-1784, la longitud de esta Tubería Hidráulica de PVC son de 6.0 m. en tubería Nacional y 20 pies (6.10) m. en tubería de importación, la Temperatura máxima que se recomienda es de 140 °F (60 °C), cuenta con un abocinado (Campana) en un extremo de la tubería el otro extremo es espiga, su fabricación es de Color Blanco y esta listada por el NSF-PW Standard 61 & Standard 14, se puede conectar con cualquier conexión de sistema Ingles la más recomendada seria Cedula 40, incluso la conexión de Cedula 80 es compatible para esta tubería.

La temperatura de operación no debe de exceder los 60 °C y en temperaturas de más de 23 °C se tiene que aplicar un factor de corrección para la presión de Trabajo. Factor de Corrección.

7.1.2 Ventajas

Durabilidad para aplicaciones en donde se requiere de resistencia química las tuberías de PVC son la mejor opción es por eso que el tiempo de vida útil es el de mayor durabilidad, Abocinado representa un ahorro de un cople ya que le permite ir uniando las tuberías en un tendido lineal sin necesidad de coples adicionales, Economía el uso de PVC representa un ahorro significativo en el costo final de la instalación, Resistencia Química las Tubería Hidráulica de PVC no permiten la corrosión e incrustación de los elementos que conducen, Bajo Peso el PVC es ligero y facilita las maniobras de almacenaje, transporte e instalación.

7.1.3 Dimensiones

DIAMETRO NOMINAL (PULG.)	DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO INTERIOR		ESPESOR DE PARED		PRESIÓN A 23°C		PESO APROX KG/M
	(PULG)(OD)	(MM)	(PULG)(ID)	(MM)	(PULG)(T)	(MM)	(PSI)	(KG/CM2)	
½"	0.840	21.3	0.609	15.5	0.109	2.8	600	42.0	0.24
¾"	1.050	26.7	0.810	20.6	0.113	2.9	480	33.6	0.32
1"	1.135	33.4	1.033	26.2	0.133	3.4	450	31.5	0.47
1¼"	1.680	42.2	1.363	34.6	0.140	3.6	370	25.9	0.63
1½"	1.900	48.3	1.593	40.5	0.145	3.7	330	23.1	0.76
2"	2.375	60.3	2.049	52.0	0.154	3.9	280	19.6	1.01
2½"	2.875	73.0	2.455	62.1	0.023	5.2	300	21.0	1.60
3"	3.500	88.9	3.042	77.3	0.216	5.5	260	18.2	2.10
4"	4.500	114.3	3.989	101.5	0.237	6.0	220	15.4	2.98
6"	6.625	168.3	6.031	153.2	0.280	7.1	180	12.6	5.26
8"	8.625	219.1	7.942	201.7	0.322	8.2	160	11.2	7.89
10"	10.750	273.1	9.976	253.4	0.365	9.3	140	9.8	11.20
12"	12.750	323.9	11.889	302.0	0.406	10.3	130	9.1	14.80
14"	14.000	355.5	13.073	332.1	0.437	11.1	130	9.1	17.56
16"	16.000	406.4	14.940	379.5	0.500	12.7	130	9.1	22.93
18"	18.000	457.2	16.809	426.9	0.552	14.3	130	9.1	29.91
20"	20.000	508.0	18.743	476.1	0.593	15.1	120	8.4	35.13
24"	24.000	609.6	25.544	572.6	0.687	17.4	120	8.4	48.89

7.2 Accesorios

7.2.1 Codos

Los codos para tubería, son considerados como un accesorio que se instala entre las dos longitudes de un tubo para permitir un cambio de dirección, el cual, mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de las éstas.

7.2.1.1 Tipos de codos

Los codos de tuberías generalmente cuentan con un grado de dirección, los cuales pueden ser:

- 45°
- 60°
- 90°
- 180°

7.2.1.2 Características de los codos

Existen diversos criterios o características que deben ser tomados en cuenta para la elección de un codo de tubería, por ejemplo:

Diámetro

Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes los cuales existen desde ¼" hasta 120".

Angulo

Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.

Radio

Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extra largo.

Junta

Es el procedimiento que se emplea para pegar un codo con un tubo, u otro accesorio y esta puede ser: soldable a tope, roscable, embutible y soldable.

Dimensión

Es la medida del centro al extremo o cara del codo y la misma puede calcularse mediante formulas existentes.

7.2.2 Cople

Los coples para tubería son considerados como un accesorio complementario ya sea por adaptación al sistema.

7.2.2.1 Cople reductor

Une tuberías roscadas de diferentes diámetros

7.2.2.2 Cople roscado

Une tuberías y accesorios en línea recta que tenga extremos roscados

7.2.3 Válvula

Las válvulas tienen como función básica el control del flujo de un fluido, tanto en dirección como en cantidad, lo cual realizará por la inserción de un objeto (elemento de control de flujo), y la acción anterior permitirá la diversificación, restricción o regulación de flujo.

7.2.3.1 Válvula de compuerta

Las válvulas de compuerta es una alternativa para evitar el flujo del agua. Esta válvula emplea una compuerta a nivel de paso ligeramente obtusa que se baja al darle vuelta a la llave en dirección de las manecillas del reloj de una canaleta mecánica ubicada en la estructura de la válvula con el fin de cerrar completamente el flujo. Cuando está totalmente abierta, la válvula de compuerta no presenta ninguna restricción del flujo, lo que representa su mayor ventaja. Y aunque puede abrirse parcialmente para restringirse el flujo, dicho flujo sobre la compuerta puede deteriorar los bordes mecánicos ya dar a pie filtraciones cuando está cerrada.

7.3 Bomba

Un equipo de bombeo se compone de motor y bomba, los motores pueden ser de combustión o eléctricos. Los sistemas de bombeo difieren de mucho según sean la fuente de agua a utilizar, así un equipo de bombeo para un sistema de recirculado tiene una configuración en el cual el sistema le permite subir el agua a un tanque de almacenado y así poder llevar su trayectoria hasta el tanque de almacenamiento madre el cual agarra agua para su alimentación de la bomba.

7.3.1 Características

- Fuerza: ½ Hp
- 3450 R.P.M
- 157/26 L/min

7.4 Tubo de acrílico

Los tubos de acrílico son elaborados bajo un proceso de extrusión, lo que los hace fáciles de termo formar. Son más transparente y brillantes, sumamente versátiles y de gran calidad

7.4.1 Características

- Extraordinaria brillantez y transparencia
- Excepcionalidad durabilidad
- Excelente transmisión de luz
- Espesor uniforme
- Son termoplásticos
- Se pueden maquinar
- Diámetro interno 2 pulgadas
- Pared 1 mm
- Largo 1 m

7.5 Tanque de almacenamiento

En el tanque de almacenamiento de la materia prima que es agua consta con una función de distribución en el sistema.

7.5.1 Tanque de almacenamiento madre

El tanque de almacenamiento consta de ciertas dimensiones:

- Ancho: 28 cm
- Largo: 35 cm
- Altura: 54 cm
- Volumen: $52920 \text{ cm}^3 = 52.92 \text{ litros}$

Es un tanque modificado en el cual se colocó a nivel de la bomba para que se obtenga un beneficio de la gravedad y esta pueda ser succionada con facilidad por la bomba y a su vez consta con un orificio el cual es rellenado por el sistema de recirculación.

7.5.2 Tanque de almacenamiento secundario

El tanque de almacenamiento consta con las siguientes dimensiones:

- Ancho: 33cm
- Largo: 33 cm
- Altura: 50 cm
- Volumen: $54450 \text{ cm}^3 = 54.45 \text{ litros}$

En este tanque se almacena el agua para que distribuya el agua en el sistema, consta de un medidor de volumen, el cual nos permite observar si está lleno el tanque.

7.6 Agua.

El agua es un líquido insípido (no tiene sabor), incoloro e inodoro (no tiene olor).

Lo podemos encontrar en los 3 estados ya sea sólido, líquido o gaseoso.

7.6.1 Densidad

La densidad del agua no es muy variable, pero a diferentes temperaturas se llega a modificar, por lo tanto se considera la siguiente tabla ya que esta consta de un sistema abierto ósea a 1 atmosfera

Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C

www.vaxasoftware.com

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

7.6.2 Viscosidad

Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas

Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)
0	0,001792	34	0,000734	68	0,000416
1	0,001731	35	0,000720	69	0,000410
2	0,001674	36	0,000705	70	0,000404
3	0,001620	37	0,000692	71	0,000399
4	0,001569	38	0,000678	72	0,000394
5	0,001520	39	0,000666	73	0,000388
6	0,001473	40	0,000653	74	0,000383
7	0,001429	41	0,000641	75	0,000378
8	0,001386	42	0,000629	76	0,000373
9	0,001346	43	0,000618	77	0,000369
10	0,001308	44	0,000607	78	0,000364
11	0,001271	45	0,000596	79	0,000359
12	0,001236	46	0,000586	80	0,000355
13	0,001202	47	0,000576	81	0,000351
14	0,001170	48	0,000566	82	0,000346
15	0,001139	49	0,000556	83	0,000342
16	0,001109	50	0,000547	84	0,000338
17	0,001081	51	0,000538	85	0,000334
18	0,001054	52	0,000529	86	0,000330
19	0,001028	53	0,000521	87	0,000326
20	0,001003	54	0,000512	88	0,000322
21	0,000979	55	0,000504	89	0,000319
22	0,000955	56	0,000496	90	0,000315
23	0,000933	57	0,000489	91	0,000311
24	0,000911	58	0,000481	92	0,000308
25	0,000891	59	0,000474	93	0,000304
26	0,000871	60	0,000467	94	0,000301
27	0,000852	61	0,000460	95	0,000298
28	0,000833	62	0,000453	96	0,000295
29	0,000815	63	0,000447	97	0,000291
30	0,000798	64	0,000440	98	0,000288
31	0,000781	65	0,000434	99	0,000285
32	0,000765	66	0,000428	100	0,000282
33	0,000749	67	0,000422		

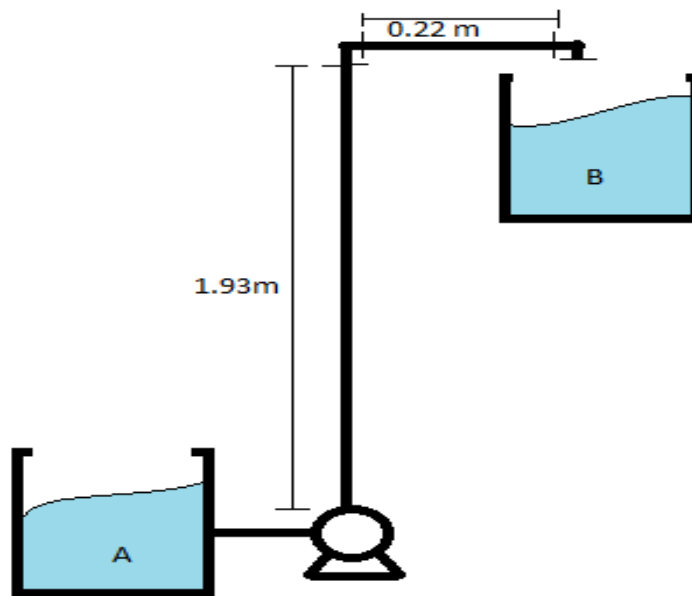
8 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

8.1 Problemas típicos de flujo de fluidos

A continuación, se listan los problemas seleccionados en bloques para facilitar al estudiante la ubicación del problema

Problema 1.

Se tiene un tanque madre (A) lleno de agua el cual se desea que llene al tanque secundario (B) considerando que el tubo es PVC con un DI 1 ¼ pulgada del tanque A a la bomba y de la bomba del tanque B es un tubo de PVC con un DI 1 pulgada



Datos:

Tanque A:

Volumen=52.92 litros=0.05292 m³
Error de volumen= 5%

Tanque B:

Volumen= 54.45 litros= 0.05445 m³
Error de volumen= 2%

Bomba:

½ HP
3450 RPM
157 L/min

Datos de tubo

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (m)	Área de corte transversal (m ²)
1	26.2	0.0262	$\frac{\pi(0.0262)^2}{4}$ = 0.000539128
1 ¼	34.6	0.0346	$\frac{\pi(0.0345)^2}{4}$ = 0.000940247265

Rugosidad: 2×10^{-5} m

Accesorios:

Cantidad	Tipo de accesorio	K
2	Codo PVC 1 pulgada 90°	0.26
2	Codo PVC 1 ¼ pulgada 90°	0.28

Con los datos propuestos podremos determinar lo siguiente:

Volumen real del tanque A

$$(0.05292 \text{ m}^3)(0.95) = 0.050274 \text{ m}^3$$

Volumen real del tanque B

$$(0.05445 \text{ m}^3)(0.98) = 0.053361 \text{ m}^3$$

Se calcula el área transversal de los tubos:

$$\text{Tubo de 1 pulgada} = \frac{\pi(0.0262)^2}{4} = 0.000539128 \text{ m}^2$$

$$\text{Tubo de 1 ¼ pulgada} = \frac{\pi(0.0345)^2}{4} = 0.000940247265 \text{ m}^2$$

Se procede con el cálculo de la velocidad de flujo, el cual subirá, y así mismo considerando las características de la bomba, por lo tanto:

$$157 \frac{l}{min} = 0.00261667 \frac{m^3}{s}$$

Se calcula la velocidad del flujo.

$$\text{velocidad} = \frac{\text{flujo volumetrico}}{\text{area del tubo}} = \frac{0.00261667 \frac{m^3}{s}}{0.000539128 \text{ m}^2} = 4.8535 \frac{m}{s}$$

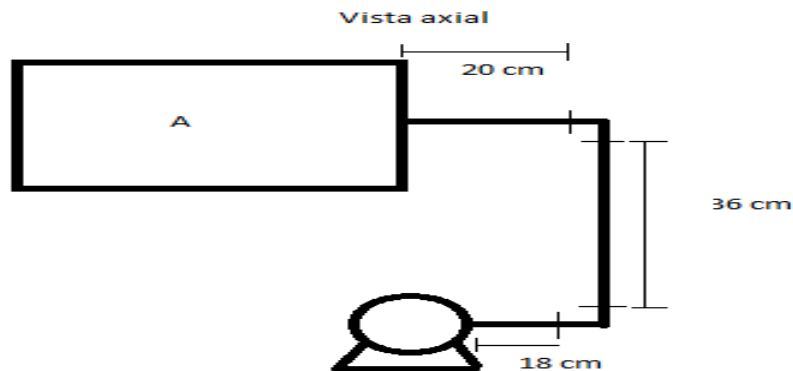
Con ello podemos determinar el número de Reynolds

Nota: Se considera una temperatura ambiente de 25 °C

$$RE = \frac{UD\rho}{\mu} = \frac{\left(4.8535 \frac{m}{s}\right) (0.0262m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 142308.8406$$

Se considera que es turbulento

Nota: El número de Reynolds es demasiada alta por el tipo de bomba que se está utilizando, ya que va a una velocidad tremendamente exagerada



Se calcula la pérdida de fricción en tuberías

Tubo de 1 pulgada

Se determina la velocidad

$$velocidad = \frac{flujo\ volumetrico}{area\ del\ tubo} = \frac{0.00261667 \frac{m^3}{s}}{0.000539128m^2} = 4.8535 \frac{m}{s}$$

Se calcula la pérdida de fricción en tuberías

$$hf = \frac{fxLv^2}{2Dg} = \frac{(0.00002)(1.93m)\left(4.8535 \frac{m}{s}\right)^2}{2(0.0262m)\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0.001768m$$

$$h_f = \frac{f_x L x v^2}{2 D g} = \frac{(0.00002)(0.22m)(4.8535 \frac{m}{s})^2}{2(0.0262m) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0.000201m$$

Tubo de 1 ¼ pulgada

Se determina la velocidad

$$velocidad = \frac{flujo\ volumetrico}{area\ del\ tubo} = \frac{0.00261667 \frac{m^3}{s}}{0.000940247265m^2} = 2.7829 \frac{m}{s}$$

Se calcula la perdida de fricción en tuberías

$$h_f = \frac{f_x L x v^2}{2 D g} = \frac{(0.00002)(0.20m)(2.7829 \frac{m}{s})^2}{2(0.0346m) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0.000045 m$$

$$h_f = \frac{f_x L x v^2}{2 D g} = \frac{(0.00002)(0.36m)(2.7829 \frac{m}{s})^2}{2(0.0346m) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0.000082 m$$

$$h_f = \frac{f_x L x v^2}{2 D g} = \frac{(0.00002)(0.18m)(2.7829 \frac{m}{s})^2}{2(0.0346m) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0.000041 m$$

Se calcula la perdida de fricción por accesorios

Accesorio	K (mm)	K(m)	Cantidad	hf
Codo 90° 1 pulgada	0.28	0.00028	2	$hf = 0.00028(2)$ $= 0.00056m$
Codo 90° 1 ¼ pulgada	0.26	0.00026	2	$hf = 0.00026(2)$ $= 0.00052m$

Total, perdida de fricción= 0.003217 m.

Luego se aplica la ecuación de la energía entre los puntos 1 y 2 (Bernoulli)

$$z_1 + P_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + Hb - hf = z_2 + P_2 + \frac{v_2^2}{2 * g}$$

Donde z es la cola en la que están los tanques. P es la presión en la que está sometida el tanque, el cual es 0 ya que están expuestos a la atmosfera y v es la velocidad del fluido la cual es 0 debido a que tiende a la superficie del tanque. Por lo tanto:

$$0 + 0 + 0 + Hb - 0.003217 m = 1.93 m + 0 + 0$$

Despejando Hb

$$Hb = 0.003217 \text{ m} + 1.93 \text{ m} = 1.933217\text{m}$$

La potencia útil de la bomba:

$$Pb = \frac{\rho * Q * Hb}{75} = \frac{\left(997.13 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.00261667 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (1.933217\text{m})}{75} = 0.06725 \frac{\text{Kgm}}{\text{s}}$$

$$Pb=0.65949 \text{ W}$$

La ecuación para el consumo de la red eléctrica corresponde a la potencia real

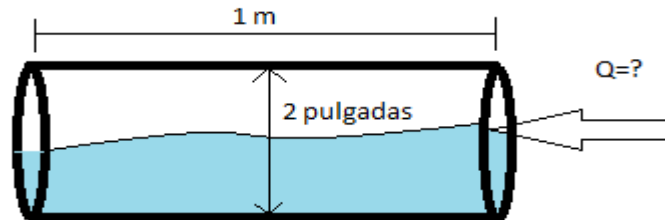
$$P_{real} = \frac{Pb}{n} = \frac{0.06725 \frac{\text{Kgm}}{\text{s}}}{0.8} = 0.08406 \frac{\text{Kgm}}{\text{s}}$$

$$P_{real} = 0.82434\text{W} = 0.0011 \text{ hp}$$

8.2 Problema 2

En el siguiente problema se desea calcular el Numero de Reynolds a diferentes temperaturas las cuales son consideradas al ambiente de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, y el tipo de flujo con los siguientes datos.

Temperatura	Q (m ³ /s)
28	0.00008
	0.00014
	0.0002
	0.0003
29	0.00008
	0.00014
	0.0002
	0.0003
30	0.00008
	0.00014
	0.0002
	0.0003
31	0.00008
	0.00014
	0.0002
	0.0003
32	0.00008
	0.00014
	0.0002
	0.0003



Datos:

- DI=2 pulgadas =0.0508m
- Sustancia: agua

Para la solución de este problema se toma en cuenta los requisitos de la ecuación del Numero de Reynolds:

$$RE = \frac{UD\rho}{\mu}$$

Según los daos proporcionados, nos hace falta la densidad y la viscosidad a diferentes temperaturas las cuales se obtienen de las tablas de propiedades físicas del agua. Al obtenerlo se hace una tabla para la misma solución.

temperatura °C	densidad(kg/m ³)	viscosidad (kg/ms)
28	996.31	0.000833
29	996.02	0.000815
30	995.71	0.000798
31	995.41	0.000781
32	995.09	0.000765

guía

Se determina el área transversal:

$$area\ transversal = \frac{\pi(D)^2}{4} = \frac{\pi(0.0508m)^2}{4} = 0.00258064\ m^2$$

Luego calculamos la velocidad de acuerdo al flujo volumétrico.

$$velocidad = \frac{flujo\ volumetrico}{area\ del\ tubo} = \frac{0.00008 \frac{m^3}{s}}{0.00258064m^2} = 0.031000062 \frac{m}{s}$$

$$velocidad = \frac{flujo\ volumetrico}{area\ del\ tubo} = \frac{0.00014 \frac{m^3}{s}}{0.00258064m^2} = 0.05425019 \frac{m}{s}$$

$$velocidad = \frac{flujo\ volumetrico}{area\ del\ tubo} = \frac{0.0002 \frac{m^3}{s}}{0.00258064m^2} = 0.077500255 \frac{m}{s}$$

$$velocidad = \frac{flujo\ volumetrico}{area\ del\ tubo} = \frac{0.0003 \frac{m^3}{s}}{0.00258064m^2} = 0.116250233 \frac{m}{s}$$

Por lo consiguiente se emplea la ecuación de acuerdo a los datos:

28°C

$$RE = \frac{(0.031000062 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.31 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000833 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1883.5439 \text{ se considera laminar}$$

$$RE = \frac{(0.05425019 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.31 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000833 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3296.20195 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.077500155 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.31 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000833 \frac{Kg}{ms}\right)} = 4708.8549 \text{ se considera turbulento}$$

$$RE = \frac{(0.116250233 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.31 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000833 \frac{Kg}{ms}\right)} = 7063.2898 \text{ se considera turbulento}$$

A 29°C

$$RE = \frac{(0.031000062 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.02 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000815 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1924.5833 \text{ se considera laminar}$$

$$RE = \frac{(0.05425019 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.02 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000815 \frac{Kg}{ms}\right) (0.0508m)} = 3368.0208 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.077500155 \frac{m}{s})(0.05425019 \frac{m}{s}) \left(996.02 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000815 \frac{Kg}{ms}\right) (0.0508m)} = 4811.4583 \text{ se considera turbulento}$$

$$RE = \frac{(0.116250233 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(996.02 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000815 \frac{Kg}{ms}\right)} = 7217.1875 \text{ se considera turbulento}$$

A 30°C

$$RE = \frac{(0.031000062 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.71 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000798 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1964.9714 \text{ se considera laminar}$$

$$RE = \frac{(0.05425019 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.71 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000798 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3438.7001 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.077500155 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.71 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000798 \frac{Kg}{ms}\right)} = 4912.4287 \text{ se considera turbulento}$$

$$RE = \frac{(0.116250233 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.71 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000798 \frac{Kg}{ms}\right)} = 7368.643 \text{ se considera turbulento}$$

A 31°C

$$RE = \frac{(0.031000062 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.41 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000781 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2007.138 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.05425019 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.41 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000781 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3512.4915 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.077500155 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.41 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000781 \frac{Kg}{ms}\right)} = 5017.845 \text{ se considera turbulento}$$

$$RE = \frac{(0.116250233 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.41 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000781 \frac{Kg}{ms}\right)} = 7526.7676 \text{ se considera turbulento}$$

A 32°C

$$RE = \frac{(0.031000062 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.09 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000765 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2048.4586 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.05425019 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.09 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000765 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3584.8026 \text{ se considera en transicion}$$

$$RE = \frac{(0.077500155 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.09 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000765 \frac{Kg}{ms}\right)} = 5121.1466 \text{ se considera turbulento}$$

$$RE = \frac{(0.116250233 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(995.09 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000765 \frac{Kg}{ms}\right)} = 7681.7199 \text{ se considera turbulento}$$

8.3 Banco de pruebas sobre el tubo de acrílico a una sola temperatura a diferentes flujos volumétricos:

Datos:

T= 25°

Diámetro de tubo=2 pulgadas=0.0508 m

$$\text{Área transversal} = \frac{\pi(0.0508\text{m})^2}{4} = 0.00258064 \text{ m}^2$$

$$RE = \frac{UD\rho}{\mu}$$

Se agarro un rango de 0.8 l/min hasta 3 l/min que es el máximo. Como se realizó las pruebas a una solo temperatura y el flujo es agua, se determina que $\mu=0.000891 \text{ Kg/ms}$ $\rho=997.13 \text{ Kg/m}^3$

Al mismo tiempo se hace una conversión de l/min a m³/s, por lo cual se genera la siguiente tabla:

Pruebas	Flujo (l/min)	Flujo (m ³ /s)	Velocidad de flujo= flujo volumétrico/área transversal (m/s)
1	1	0.000016	0.00620001
2	1.5	0.000025	0.00968752
3	2	0.000033	0.01162502
4	2.5	0.000041	0.01588753
5	3	0.000050	0.01937504
6	3.5	0.000058	0.02247504
7	4	0.000066	0.02557505
8	4.5	0.000075	0.02906256
9	5	0.000083	0.03216256
10	5.5	0.000091	0.03526257
11	6	0.000100	0.03875008
12	6.5	0.000108	0.04185008
13	7	0.000116	0.04495009
14	7.5	0.000125	0.0484376
15	8	0.000133	0.0515376
16	8.5	0.000141	0.05463761
17	9	0.000150	0.05812512
18	9.5	0.000158	0.06122512
19	10	0.000166	0.06200012
20	10.5	0.000175	0.06781264
21	11	0.000183	0.07091264
22	11.5	0.000191	0.07401265

23	12	0.0002	0.07750016
----	----	--------	------------

$$RE = \frac{(0.00620001 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 352.47$$

$$RE = \frac{(0.00968752 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 550.74$$

$$RE = \frac{(0.01162502 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 660.89$$

$$RE = \frac{(0.01588753 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 903.22$$

$$RE = \frac{(0.01937504 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1101.48$$

$$RE = \frac{(0.02247504 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1277.72$$

$$RE = \frac{(0.02557505 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1453.96$$

$$RE = \frac{(0.02906256 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1652.23$$

$$RE = \frac{(0.03216256 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 1828.47$$

$$RE = \frac{(0.03526257 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2004.71$$

$$RE = \frac{(0.03875008 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2202.97$$

$$RE = \frac{(0.04185008 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2379.21$$

$$RE = \frac{(0.04495009 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2555.45$$

$$RE = \frac{(0.0484376 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2753.72$$

$$RE = \frac{(0.0515376 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 2929.96$$

$$RE = \frac{(0.05463761 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3106.2$$

$$RE = \frac{(0.05812512 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3304.46$$

$$RE = \frac{(0.06122512 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3480.7$$

$$RE = \frac{(0.06200012 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3524.76$$

$$RE = \frac{(0.06781264 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 3855.21$$

$$RE = \frac{(0.07091264 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 4031.45$$

$$RE = \frac{(0.07401265 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 4207.68$$

$$RE = \frac{(0.07750016 \frac{m}{s})(0.0508m) \left(997.13 \frac{Kg}{m^3}\right)}{\left(0.000891 \frac{Kg}{ms}\right)} = 4405.95$$

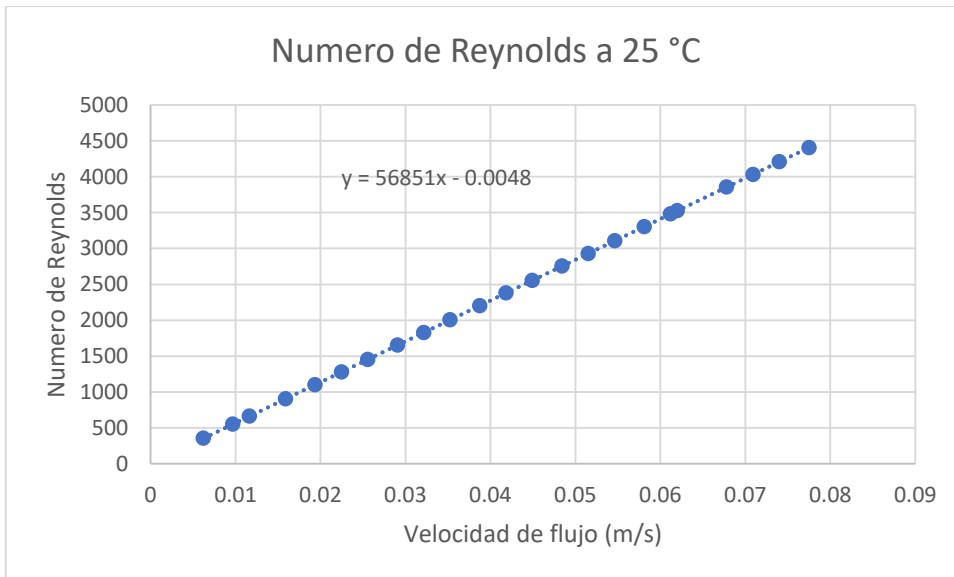
De acuerdo a lo datos adquiridos se obtiene un resultado en el cual se determina que tipo de flujo es, donde:

De las pruebas del 1-8 se determina que es un flujo laminar

De las pruebas del 9-19 se determina que es un flujo en transición

De las pruebas del 20-22 se determina que es un flujo turbulento

Tabla de Resultados.



Al determinar la grafica nos proporciona una pendiente con la cual podremos determinar el numero de Reynolds nada mas colocando el flujo volumétrico, siempre y cuando este dentro del rango de flujo y la temperatura sea de 25°C.

La ecuación queda de la siguiente manera:

$$\text{Numero de Reynolds} = 56851 \left(\text{velocidad de flujo} \left(\frac{m}{s} \right) \right) - 0.0048$$

8.4 Apoyo al Manual de Laboratorio

8.4.1 Práctica 1: Eficiencia en equipo de bombeo

Objetivo:

Evaluar el funcionamiento de la bomba trabajando a distintas velocidades, determinando su eficiencia total.

Marco teórico:

Existen muchos tipos de bombas que se usan en diversos campos de la ingeniería, pero entre todas ellas se pueden desarrollar 3 tipos de ellas: centrífugas, rotativas y reciprocantes.

Estos términos solamente se aplican solamente a la mecánica del movimiento de líquido y no al servicio para el que se ha diseñado una bomba.

Una bomba centrífuga es una bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulso rotatorio, llamado rodete que dispone energía cinética y potencia requerida.

El fluido entra por el centro de rodete que dispone de unos alabes para conducir el fluido y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba que por el contorno su forma la conduce hacia el tubo de salida.



Para la determinación de la eficiencia real de la bomba se deben de considerar las pérdidas de fricción por tubería y accesorios ya que al aplicar la ecuación de energía entre 2 puntos (Bernoulli) nos indica lo siguiente.

$$z_1 + P_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + Hb - hf = z_2 + P_2 + \frac{v_2^2}{2 * g} \dots \dots ec(1)$$

Donde z es la cota en la que están los tanques. P es la presión en la que están sometidos el tanque, el cual es 0 ya que están expuestos a la atmósfera y v es la velocidad del fluido la cual es 0 debido a que tiende a la superficie del tanque. Por lo tanto:

$$H_b - h_f = z_2 \dots \dots ec. (2)$$

Donde:

- H_b =energía total. Unidad: metro (m)
- h_f = pérdidas de fricción por tuberías y accesorios
- z_2 =es la altura del tubo en el cual sube

Al mismo tiempo se despeja H_b

$$H_b = z_2 + h_f \dots \dots ec. (3)$$

Ahora para las pérdidas de fricción se determina por tubería y por accesorios, por lo cual se determina 2 ecuaciones:

$$\text{Para tubos: } h_f = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2Dg} \dots ec. (4)$$

Donde:

- f =constante de fricción de tubo
- L =largo del tubo
- v =velocidad
- D =diámetro del tubo
- g =gravedad

Para accesorios:

$$h_f = (\text{cantidad de accesorios})(\text{constante de fricción por accesorio}) \dots ec. (5)$$

Se determina la potencia útil de la bomba con la siguiente ecuación.

$$P_b = \rho * Q * H_b \dots ec. (6)$$

Donde:

- P_b =potencia útil de la bomba
- ρ =densidad del flujo (Kg/m^3)
- H_b =energía total (m)
- Q =gasto volumétrico (m^3/s)

Para la determinación de la potencia real de la bomba se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{real} = \frac{P_b}{\eta}$$

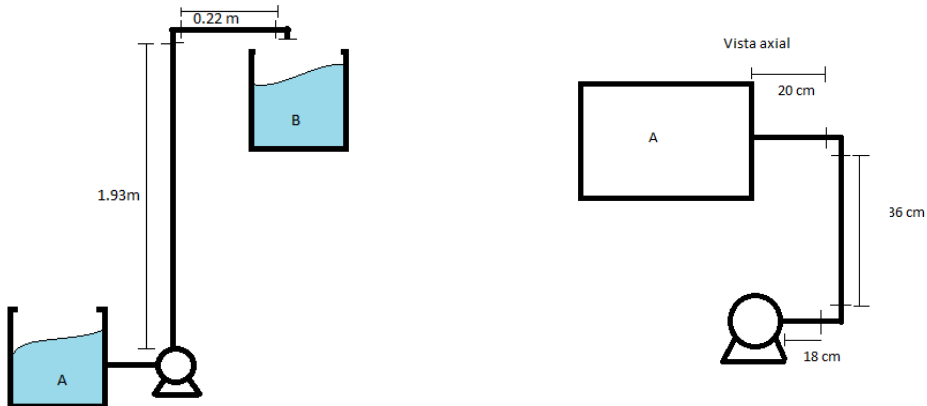
- P_b =potencia útil
- n =eficiencia de la bomba, la cual se estima un 75%

Procedimiento:

1. Medir el tanque de depósito para realizar un aforo de volumen de 20 L
2. Tomar tiempo de llenado del segundo tanque, en el momento de prender la bomba.
3. Verificar con el sensor de caudal, cuanto fue el llenado total del tanque.
4. Determinar el gasto volumétrico
5. Calcular pérdidas de fricción por tuberías y accesorios.
6. Aplicar la ecuación de Bernoulli
7. Determinar la potencia útil de la bomba
8. Repetir desde el paso 1 con distintos valores de flujo, por lo menos 3
9. Determinar la eficiencia global del equipo

Nota: Considerar los siguientes datos para los cálculos.

Accesorio	K (mm)	K(m)	Cantidad	hf
Codo 90° 1 pulgada	0.28	0.00028	2	$hf = 0.00028(2)$ $= 0.00056m$
Codo 90° 1 ¼ pulgada	0.26	0.00026	2	$hf = 0.00026(2)$ $= 0.00052m$



Cálculos y Resultados.

Conclusión

8.4.2 Práctica 2: Numero de Reynolds y Resistencia al flujo en tubos

Objetivo:

Calcular el número de Reynolds en función al caudal de salida en un tramo de tubería recto e identificar la influencia y la importancia de las distintas variables en su cálculo. Calcular el coeficiente de fricción y estimar la pérdida de energía por fricción para distintos caudales.

Marco Teórico:

En la aplicación de la ecuación de energía o de Bernoulli, es necesario el cálculo de las pérdidas de energía debidas a la fricción para problemas de gran longitud, donde este termino cobra importancia.

$$z_1 + P_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} = z_2 + P_2 + \frac{v_2^2}{2 * g} \dots ec(1)$$

Para estudiar el problema de la resistencia al flujo en necesario la clasificación de los flujos en laminar o turbulento. En el cual Osborne Reynolds propuso un criterio para distinguir ambos tipos de flujo por medio de un numero adimensional.

$$RE = \frac{UD\rho}{\mu} \dots ec(2)$$

Como ya se mencionó, la aplicación del numero de Reynolds es la determinación de las pérdidas de energía en la ecuación de la energía o de Bernoulli

$$z_1 + P_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + Hb - hf = z_2 + P_2 + \frac{v_2^2}{2 * g} \dots ec(3)$$

Donde el termino de perdida de energía debida a la fricción en el tubo de determina por:

$$hf = \frac{fxLxv^2}{2Dg} \dots ec. (4)$$

Si ampliamos la superficie de la pared de un conducto. Observamos que está formada por irregularidades o asperezas aleatorias. Todas estas imperfecciones en las paredes del conducto se expresan por medio del termino rugosidad absoluta ϵ . A la relación que guarda la rugosidad absoluta con el diámetro del tubo se le conoce como rugosidad relativa ϵ/d . un tubo liso teóricamente es aquel que no existen imperfecciones en su superficie (surugosidad es nula). El calculo del coeficiente f depende del estado de flujo y se puede obtener mediante formula.

$$f = \frac{64}{RE} \dots \text{valido para tubos rugosos y lisos con un } RE < 2000 \text{ (flujomlaminar)}$$

$$\frac{1}{f} = -2 \log \left(\frac{RE\sqrt{f}}{2.51} \right) \dots \text{valido para tubos lisos en la zoa de transicion o turbulenta(Nikuradse)}$$

$$\frac{1}{f} = 2 \log \left(\frac{\frac{\epsilon}{d}}{3.71} + \frac{2.51}{RE\sqrt{f}} \right) \dots \text{valido para tubos lisos en la zoa de transicion o turbulenta(Colebrook - White)}$$

Equipo:

- Flexómetro
- Termómetro
- Medidor de flujo (sensor de caudal)

Procedimiento:

1. Considerar 3 tramos de tubería en el cual se demuestra en la imagen
2. Se establece un flujo permanente en 3 tramos rectos de tubería a un caudal constante y conocido (5 mediciones).



Calculo y resultados

1. Se calcula la viscosidad y densidad del agua midiendo su temperatura
2. Calcular la velocidad de flujo de acuerdo a su flujo volumétrico, donde la proporciona el sensor de caudal y esta se divide con el área transversal
3. Calcula RE y se define si se trata de un flujo laminar o turbulento
4. Estima el valor de la rugosidad absoluta y de la rugosidad relativa para el tramo de medición (si es un flujo turbulento)
5. Calcula el coeficiente de fricción y las pérdidas por fricción para el tubo
6. Elabore una grafica de Q vs hf anotando en cada punto el valor de RE calculado.
7. Compare los valores de pérdida de energía calculados con los valores medidos.

8.5 Rutina de programación (Sensor de flujo)

Para el sensor de flujo se utilizó el programa de Arduino, donde se estipula que de manera digital nos determine el flujo volumétrico, el cual nos ayudara en la determinación del número de Reynolds. Así mismo nos dara la cantidad de litros acumulados mientras siga transcurriendo el agua.

```
caudal
|
#include <LiquidCrystal.h>
volatile int pulsos; // Cantidad de pulsos del sensor. Como se usa dentro de una interrupcion debe ser volatile
int p100;
unsigned int litrosPorHora; // Calculated litres/hour

unsigned char sensorDeFlujo = 2; // Pin al que esta conectado el sensor

unsigned long tiempoAnterior; // Para calcular el tiempo

unsigned long pulsosAcumulados; // Pulsos acumulados

float litros; // Litros acumulados
void flujo () // Funcion de interrupcion

{
pulsos++; // Simplemente sumar el numero de pulsos
}

const int rs = 12, en = 11, d4 = 6, d5 = 5, d6 = 4, d7 = 3;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
```

Se estipula en el programa que cada segundo que pase nos, de la información de la cantidad de volumen en litros y a su vez nos indicara el porcentaje de llenado el cual esta medido para 20 L

```
void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  delay(1000);
  pinMode(sensorDeFlujo, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, flujo, RISING); // Setup Interrupt
  interrupts(); // Habilitar interrupciones
  tiempoAnterior = millis();
}
```

```

void loop ()
{
  // Cada segundo calcular e imprimir Litros/seg
  if( millis() - tiempoAnterior > 1000)
  {
    tiempoAnterior = millis(); // Updates cloopTime
    // Pulse frequency (Hz) = 6.67 Q, Q is flow rate in L/min. (Results in +/- 3% range)
    // Q = frecuencia / 6.67 (L/min)
    // Q = (frecuencia * 60) / 6.67 (L/hora)
    pulsosAcumulados += pulsos;
    litrosPorHora = (pulsos / 8); // (Pulse frequency x 60 min) / 7.5Q = flow rate in L/hour
    pulsos = 0; // Reset Counter
    litros = pulsosAcumulados*1.0/480; //Cada 400 pulsos = 1 litro
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Litros:");
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print (litros);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Lit/min:");
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print (litrosPorHora);
    lcd.setCursor(12,1);
    pl00=litros*5;
    lcd.print (pl00);
    lcd.print("%");
  }
}
}

```

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la realización de este proyecto se puede concluir en el logro de la determinación del número de Reynolds y la potencia de la bomba utilizada. En este proyecto se instalaron un medidor de gasto volumétrico manejado mediante un programa de computo llamado Arduino con la cual se logró la automatización de la medición del número de Reynolds al mismo tiempo el equipo está diseñado para determinar también la potencia de la bomba utilizada. Con esto se logro resolver los problemas de mediciones que se realizaban de manera mecánica, facilitando por lo tanto la realización de la práctica y al mismo tiempo el alumno obtiene conocimiento del manejo de un equipo automatizado. Y al mismo tiempo se instaló un bomba hidráulica que da suministro al taque de almacenamiento y a su vez con ello se da otro manejo del equipo para prácticas.

Se diseñaron las 2 prácticas que son la determinación del número de Reynolds y la potencia de una bomba, cumpliendo con esto, con el programa de estudio de Laboratorio Integral I.

En la utilización del equipo se recomienda los siguientes puntos:

- Revisar que la batería de 9V tenga la suficiente carga eléctrica para su buen funcionamiento.
- Observar que la válvula este cerrada antes de empezar andar la práctica.
- Verificar que el sistema esté limpio.

10. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

Con ello se cumplieron los siguientes puntos:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organizar y planificar.
- Comunicación oral y escrita.
- Habilidades básicas de manejo de la computadora.
- Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.
- Toma de decisiones.
- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajo en equipo.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Habilidades de investigación.
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).
- Habilidad para trabajar en forma autónoma.

11.0 REFERENCIAS

Crane. (1996). *Flujo de fluidos en valvulas, accesorios y tuberias*. Mexico: mc graw hill.

Hughes, & frank, w. (1970). *Teoria y problemas de dinamica de fluidos*. Mexico: mc graw hills.

L., a. M. (1965). *Fluid mechanics for engineers* . New york: pretince hall .

M., g. P. (1992). *Fundamentals of fuid mecanics*. Usa: addison welsey.

Principios basicos de los procesos quimicos. (1981). En f. M.r, & r. W.r. mexico: el manual moderno.

[Http://www.tuberiadepvc.mx/tuberia-hidraulica-de-pvc-cedula-40.html](http://www.tuberiadepvc.mx/tuberia-hidraulica-de-pvc-cedula-40.html)

[Http://www.quiminet.com/articulos/conozca-la-funcion-principal-de-los-codos-para-tuberias-2688752.htm](http://www.quiminet.com/articulos/conozca-la-funcion-principal-de-los-codos-para-tuberias-2688752.htm)