



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**SIMULADOR DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN
EN SERIE Y PARALELO**

MATERIAL DIDÁCTICO

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico Electricista

P R E S E N T A

Oscar Ramón Zepeda Estrada

ASESOR DE MATERIAL DIDÁCTICO

Dr. Jorge Naude de la Llave



Ciudad Universitaria, CDMX, 2020

INDICE

Carta a DIMEI y al Comité de Titulación de Fac. de Ingeniería UNAM.	1
Cronograma del proyecto SPPSyP.	2
Inicio primer etapa del proyecto SPPSyP.	3
Diagrama de instalación SPPSyP.	5
Continuación de la construcción y desarrollo del SPPSyP 2º etapa.	8
Manual de operación del SPPSyP.	12
Práctica realizada como implementación de Material Didáctico en SPPSyP.	31
Glosario de términos.	43
Especificaciones técnicas del motor eléctrico.	47
Especificaciones técnicas del Turbo soplador.	48
Bibliografía y Conclusión del proyecto SPPSyP.	49
Imágenes del equipo SPPSyP actuales.	50
Acreditación.	51

División de Ingeniería

Mecánica Industrial

Comité de titulación

P R E S E N T E

Me permito presentar ante Ustedes, el proyecto Didáctico denominado **“Simulador de pérdidas de presión en serie y paralelo” (SPPSyP)** que desarrollé durante el período de agosto del 2018 a agosto del 2019, con el propósito de ponerlo a disposición de los estudiantes que cursan diferentes materias; Turbo maquinaria, Dinámica de Fluidos I y II, que se imparten en el Laboratorio de Termofluidos de la Facultad de Ingeniería UNAM edificio N; e incluyó también su manual de operación y funcionamiento.

Objetivo

El alumno se familiarizará con el **SPPSyP** con la finalidad de conocer su capacidad para medir de manera directa las pérdidas de presión a través de diferentes accesorios (tomas de muestras, llaves de globo, llaves de compuerta, codos, placas de orificio, etc.) a lo largo del aparato, generando o evitando caídas de presión al circular el flujo de aire por los diferentes tipos de válvulas y reducciones de diámetros a lo largo de su línea.

El practicante será capaz de observar y registrar los valores de caídas de presión, y conocer la mejor opción para mejorar la eficiencia en instalaciones industriales por medio de la experimentación previa en el SPPSyP

Descripción

El SPPSyP es un aparato que nos permite visualizar de manera práctica las caídas o incrementos de presión del flujo de aire, así como su comportamiento en las diferentes conexiones y diámetros por los cuales circula el fluido desde el inicio en el soplador; ya sea su derivación en línea o en paralelo, hasta su descarga, directamente en un banco de pruebas.

Descripción de las actividades que realice para la implementación del desarrollo del proyecto.

1º Etapa

inicio 1 de agosto del 2018

- Con apoyo del Dr. Jorge Luis Naude de la Llave definimos un espacio apropiado dentro del Laboratorio de Termofluidos edificio "N" de nuestra Facultad; delimitamos el área más funcional para la construcción y cimentación del soporte del banco de pruebas.
- Llevé a cabo la construcción de la cimentación y anclaje al piso de las estructuras del simulador; ya sea con tornillos, taquetes, alcayatas o aprovechando su propio peso.
- Diseñé, fabriqué y acoplé los soportes con puntos de contacto fijos al piso y dos flotantes para soportar los ductos de prueba y atenuar vibraciones.
- Investigué en diversos catálogos de diferentes proveedores los precios y características de tubería CPVC Cedula-80 uso industrial y se consideraron las diferentes calidades para poder garantizar el estado óptimo y duradero para usarse los próximos semestres con mantenimiento mínimo o nulo.
- Bajo estas condiciones, inicié la construcción del simulador por partes, primero la salida del soplador a una brida, de tal manera que de una salida "cuadrada" pudiéramos utilizar la tubería de 4 "de diámetro (CPVC Cedula-80). Siguiendo imagen.

Acoplamiento cuadrado a redondo.



Este acoplamiento de “cuadrado a redondo” fue la parte inicial del ensamble del SPPSyP.

- Realicé el mantenimiento preventivo al motor que se acopla al soplador y posteriormente le di servicio de lubricación, limpieza y le cambié la banda de transmisión. (figura 1)



Fig. 1 Vista del turbo soplador naranja y motor electrico azul

- Me ocupé en dar mantenimiento al turbo soplador, lubricando y apretando sus partes que lo requerían por su desuso y como consecuencia de la vibración a la que fue sometido en anterior uso (figuras 2a y 2b); corregí las líneas de muestra de aire en soplador” (arillos de cobre), (figura 3).



Fig.2a Vista lateral del turbo soplador sin tapa



Fig.2b Vista frontal de acoplamiento y anillos de cobre (toma de muestras de la presión del fluido).



Fig. 3 Vista posterior del acoplamiento al turbosoplador y arillos de cobre

- Una vez dadas las condiciones anteriores, se diseñó el primer soporte de sujeción de acuerdo con las limitaciones del espacio asignado para el simulador (figura 4).



Fig. 4 Primer soporte diseñado para ensamblar y soportar peso del cuerpo de Simulador.

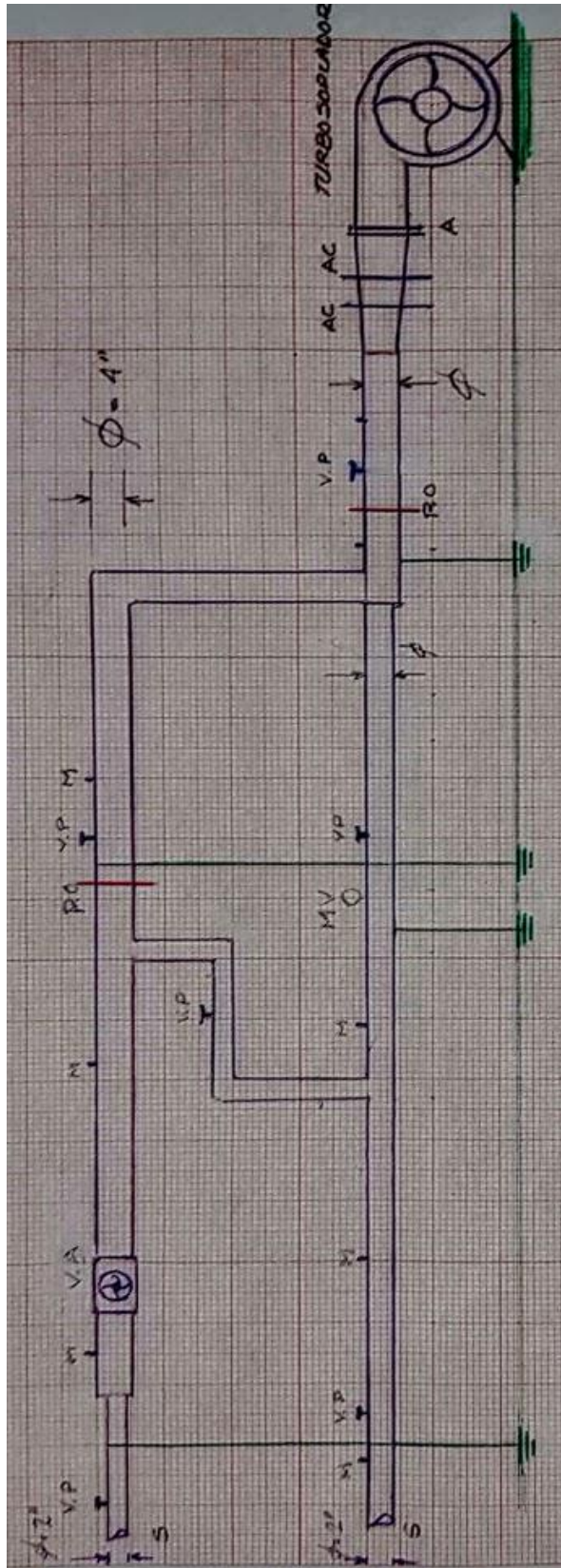


Fig.5

- VP= Válvula de paso.
- M= Puntos de toma de muestra del fluido.
- VA= Ventilador Auxiliar.
- PO= Placa de Orificio.
- MV= Medidor de flujo Vortex.
- A= Acoplamiento.
- AC= Ariños de cobre. (muestreo)
- ≡ =Puntos de apoyo.
- S= Descarga.
- Φ=Diámetro 4".
- φ=Diámetro 2".

ACCESORIOS:

- ∅ Tubos: 4", y 2" cedula 80
- Placas de orificio: D1: 0.9869" y D2: 0.7756"
- Codos: a 90 grados 4" Cedula 80
- Válvulas: tipo globo y tipo compuerta
- Ventilador auxiliar: ver (Imagen 4)

- Acto seguido me ocupé de la Instalación de las tuberías según diseño, y utilicé como pegamento el propio para tuberías PVC (cédula 80 color azul)
- Realicé los cálculos para colocar las diferentes válvulas de control de flujo, a las distancias correspondientes para las tomas de muestras del flujo, a distancias específicas. (figura 6).



Fig. 6 Instalación y distribución de las tomas y válvulas de control de flujo en el Simulador

- El siguiente paso fue realizar el ensamble de la estructura de soportes, el proceso consistió en ir armando el simulador por partes y conforme se va incrementando la longitud del aparato (figuras: 7a, b, c, d, e).



Fig. 7a Presentación para el diseño e instalación en los diferentes puntos de los soportes en Simulador



Fig. 7b. Diseño del soporte que centrará y soportará la parte inicial del Simulador con mayor vibración.



Fig.7c. Proceso de soldadura de los soportes diseñados y ensamblados en el laboratorio.



Fig.7d. Diseño del soporte mayor del Simulador trabaja a tension y compresion para amortiguar mayor vibracion.



Fig. 7e Apoyandome en recursos del laboratorio se presenta en forma simulada para el desarrollo de los soportes y las distancias que llevaran entre cada uno a manera de evitar lo mas posible vibracion.

- Posteriormente realicé la Instalación del Analizador de Flujo Vortex y la preinstalación de las líneas que energizarán la fuente de poder de este (figura 8a y 8b. Estas se conectarán en la segunda fase ya que estén instalados todos los accesorios que ha de controlar el tablero eléctrico.)



Fig. 8a Analizador de flujo Vortex se utilizara para observar el caudal que circula por este con las diferentes configuraciones en la tubería.



Fig. 8b Analizador de flujo Vortex se utilizará para observar el caudal que circula por este con las diferentes configuraciones en la tubería del Simulador.

- Diseñé e implementé el tablero de control del ventilador auxiliar, (con interruptores tipo escalera y cables de uso rudo) que apoyaría en la fase II de la construcción de la línea secundaria (figura 9a, b, c, d) Aun no se energizará, solamente quedan preinstaladas las líneas de corriente.



Fig. 9a Diseño y conexiones del tablero que controlará fuente de poder, ventilador y analizador Vortex.



Fig.9b Fuente de poder del analizador de caudal Vortex.



Fig..9c Interruptores del analizador Vortex, Fuente de poder y ventilador auxiliar del Simulador



Fig 9d. Vista final del tablero de control del Analizador Vortex, tablero de control, e interruptores.

- **En diciembre de 2018** concluí esta primera fase del trabajo con la instalación de la línea primaria del aparato. (la denomine así por ser la parte de abajo e inicial del proyecto hasta aquí se pueden realizar pruebas solamente como línea en serie a través de las diferentes válvulas instaladas en el Simulador hasta aquí.

2º Etapa

Consideraciones técnicas finales

Enero de 2019

- Inicé la segunda fase de construcción del simulador y consistió en instalar la línea paralela de flujo de aire con la derivación auxiliar y con apoyo de un ventilador independiente (figura 10a, b c, d1, d2).



Fig.10 a Inicio la segunda etapa del diseño del Simulador.



Fig.10b Presentación de los elementos para ensamblar el soporte mayor



Fig 10c Ensamble y fijacion del siguiente soporte, empleando soldadura elêctrica.



Fig. 10 d1 Colocaciòn de Soporte mayor

- Calculé la cimentaciòn del soporte mayor y a su vez un tensor “flotante”. Diseñado de tal manera que soporte la propia carga de la tubería y al mismo tiempo “absorba” la vibraciòn que se generaran cuando este a plena carga. (figura 10d2).



Fig. 10d 2 Aplicación de protección anticorrosiva

- Fue necesario Diseñar un tercer soporte con el fin de dar estabilidad y seguridad al operar el aparato evitando un posible accidente ocasionado por la vibración (imagen 10d 1 y 10d 2).



Fig. 11 a Vista frontal el Simulador alineado y con sus soportes distribuidos



Fig.11 b Alineación de los demas componentes.

- Adicionalmente al diseño y construcción de los soportes de sujeción, coloqué 2 placas de orificio una en la primera fase y otra en la segunda (en la parte alta del Simulador para que los practicantes observen el efecto, calculen y comprendan su uso.
- Instalé el ventilador auxiliar en la línea paralela como accesorio didáctico; diseñé la instalación eléctrica y su tablero de control. (figura 12a y 12b).



Fig12 a Ventilador auxiliar.

En la figura anterior se muestra un accesorio, (ventilador auxiliar) que está instalado en la parte superior; o segunda fase del Simulador, en esta Figura se observan 2 tomas de prueba de presión, para observar mediante experimentación que efecto produce un ventilador auxiliar ahí.



Fig. 12 b Analizador de flujo, Vortex

- El siguiente paso fue realizar la conexión eléctrica del cableado preinstalado en fase 1 de construcción del Simulador, al tablero de control de la misma fuente que alimenta al Analizador Vortex de Flujo de Aire (accesorio en la línea primaria del flujo) (imagen 13).



Fig. 13 Tablero de control del analizador Vortex, fuente de poder y ventilador auxiliar.

- Posteriormente para la fase 2; diseñé los tensores y soportes estructurales de sujeción con herrería tubular calibre 18 y procedí a soldar allí mismo en laboratorio, en horas inhábiles para evitar molestias y/o accidentes (figura 14a, b).



Fig. 14a



Fig.14b

Fig.14a, y 14b; Se observan los elementos que fueron ensamblados mediante soldadura eléctrica en Laboratorio.

- Como parte del proceso final, diseñé las pruebas de funcionamiento y estabilidad, y pinté las estructuras que soportan el simulador para que, en la etapa de prueba, ponerlo a funcionar.
- Implementé pruebas de funcionamiento y comienzo con los cálculos de coeficiente de descarga, y caídas de presión en sus diferentes puntos.
- Con el propósito de complementar el presente proyecto, preparé un manual de operación y funcionamiento (anexo al cronograma), tomando en cuenta la Norma Oficial Mexicana. NOM ISO 5167 y de seguridad e incluí en este documento otro Manual de operación del Analizador Vortex que anexo en el apéndice.



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de ingeniería

Simulador de pérdidas de presión en serie y paralelo (SPPSyP)

Manual de operación y funcionamiento



ÍNDICE

Objetivo.	3
Descripcion del dispositivo general.	4
Determinacion de ecuacion del calculo de caudal con placa de orificio	7
Principio de Bernoulli. (Aplicado al SPPSyP).	9
Consideraciones .	12
Equipo sugerido para el uso del Simulador.	13
Precauciones antes de poner en funcionamiento el equipo.(SPPSyP)	14
Diagrama con componentes.(SPPSyP)	15
Procedimiento de medicion.	21
Especificaciones tecnicas del motor electrico.	23
Especificaciones tecnicas del soplador.	24
Glosario.	25

Objetivo:

El alumno se familiarizará con el aparato para conocer el funcionamiento del Simulador de Perdidas de Presión en Serie y en Paralelo o SPPSyP, que fue diseñado y construido para medir experimentalmente la caída de presión del fluido de trabajo, al circular a través de los diferentes accesorios que conforman el dispositivo.

Se propone una serie de prácticas las cuales apoyaran directamente a los alumnos de Laboratorio de Fluidos I y II, así como la materia de Turbo maquinaria que se imparten en nuestro laboratorio de termo fluidos. Edificio **N** de la Facultad de Ingeniería UNAM; y en las cuales se podrá observar y registrar los valores de las caídas de presión, así mismo conocer las mejores opciones mediante la experimentación, con el objetivo de mejorar la eficiencia en las instalaciones industriales; por medio de la experimentación.

Descripción:

El simulador, es un aparato que nos permite visualizar de manera didáctica las caídas o incrementos de presión del flujo de aire, así como su comportamiento físico en las diferentes conexiones y diámetros por los cuales circula el fluido desde su inicio en el soplador, ya sea en la derivación lineal o paralelo, hasta su descarga.

El método más Utilizado en la industria para medir el flujo másico o volumétrico de un fluido que circula en una tubería es por medio de una diferencia de presiones. Es utilizado para la medición industrial de caudales es el que se realiza a partir de la presión diferencial. Existen varios tipos de elementos de medida basados en este principio, como son: placas de orificio con diversas formas, tubos Venturi, tubos Pitot, tubos Annubar, etc.

Los métodos más utilizados son las placas de orificio. A su vez, dentro del grupo de placas de orificio, la más utilizada es la concéntrica de aristas vivas, (instalado en SPPSyP) como la que aparece en la figura 1, montada entre las bridas

correspondientes, donde D_1 es el diámetro exterior, y d_2 es el diámetro interior de paso del fluido).

En este manual explicaremos a modo de ejemplificar el uso del equipo y de la forma más simplificada, el comportamiento de una placa de orificio como elemento primario de medida. Algunas veces la encontraremos con el nombre de diafragma (placa de orificio). Este es un elemento primario de restricción al paso del fluido que hará aumentar la velocidad disminuyendo al mismo tiempo la presión, de tal forma que la suma de energía potencial, energía cinética, y energía interna, permanece constante.

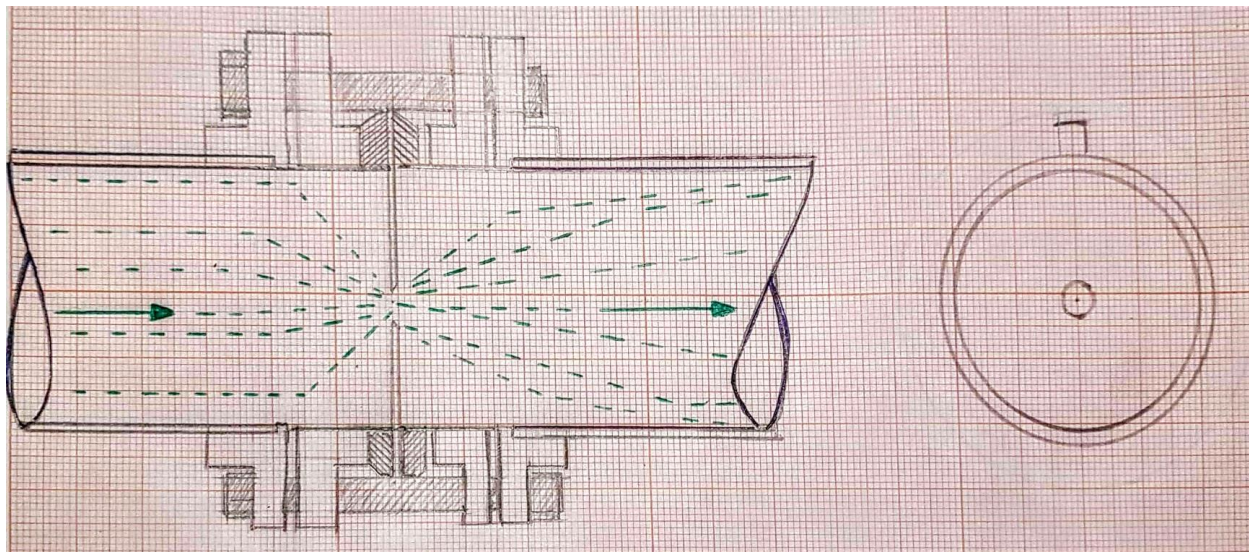


Figura 1 (ejemplo ilustrativo de la colocación y función de una placa de orificio)

Para el cálculo de las placas de orificio hay que tener en cuenta una serie de conceptos, entre los cuales los más importantes serán:

Numero de Reynolds (Re): El comportamiento dinámico de los fluidos depende de las magnitudes relativas de inercia y fricción (fuerzas viscosas o debidas a la

viscosidad). Las fuerzas de fricción son dominantes en corrientes de baja velocidad y tienden a producir flujo laminar.

Las fuerzas inerciales son grandes cuando la velocidad es alta, tendiendo a producir flujo turbulento. El número de Reynolds es un parámetro adimensional formado por la relación entre la inercia y viscosidad, expresado como:

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

ρ = Densidad del flujo.

μ = Viscosidad del flujo.

D = Diámetro de la tubería.

v = Velocidad del paso del flujo.

La magnitud de este parámetro indica si el flujo es laminar o turbulento. Valores inferiores a 2000 son características del flujo laminar, mientras valores superiores a 4000 describen flujos turbulentos. Entre estos dos puntos (se encuentra en la zona de transición en la que es difícil definir las condiciones del flujo. Cabe destacar que estos límites son valores promedio reportados en la literatura y que dependen principalmente de las condiciones bajo las cuales se desarrollen los experimentos) es difícil definir las condiciones del fluido. El flujo turbulento es más común que el laminar.

Relación Beta (β): Es la relación entre diámetro del orificio de restricción o medida y el diámetro interior de la tubería. Valores bajos de β hacen que aumente la diferencia de presión, reduciendo la capacidad del medidor.

Coefficiente de descarga: C_d relaciona los caudales teórico y real obteniendo empíricamente en función del número de Reynolds

Recuperación de presión: la presión disminuye al pasar por el orificio de restricción y se eleva aguas abajo. Este fenómeno es consecuencia de la conversión de energía potencial en energía cinética parte de la energía se disipa en la turbulencia, por lo que una parte de la caída de presión no se recupera.

Factor de expansión (e): Para fluidos compresibles se utiliza en el cálculo de elementos primarios el factor de expansión e . Este factor tiene en cuenta el cambio en la energía interna de un fluido que acompaña a las variaciones en términos de energías cinética y potencial. Para líquidos el factor de expansión vale 1, mientras para un gas 1.4

Determinación de la ecuación de cálculo de caudal con placa de orificio:

Vamos a considerar una tubería que contiene una placa de orificio cuya sección de paso obviamente es menor que la correspondiente a la tubería, tal como se indica en la figura 2

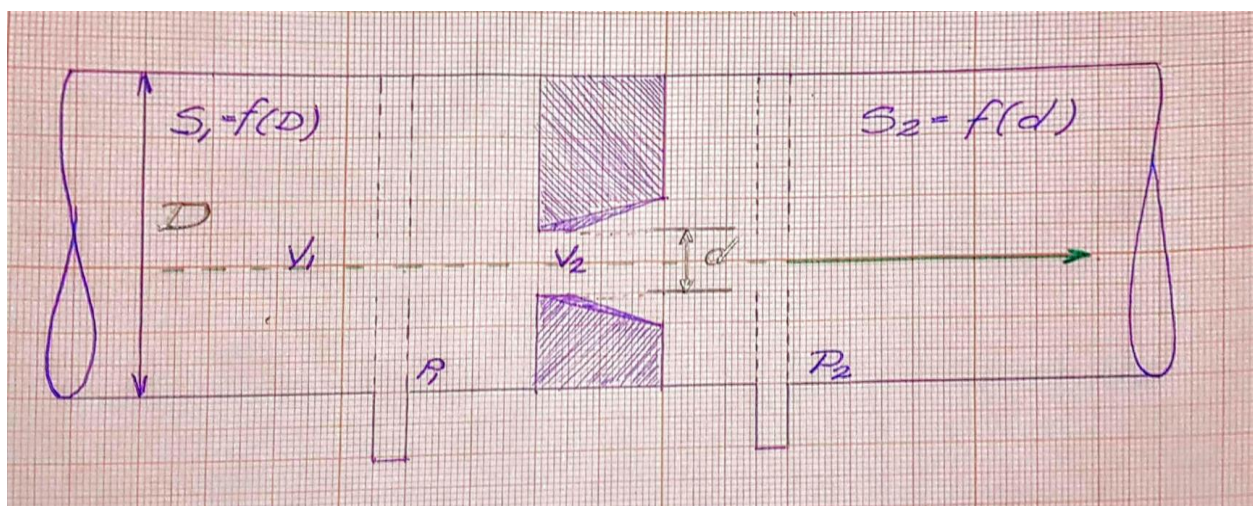


Figura 2

El cálculo se basa en la aplicación del teorema de Bernoulli en una tubería horizontal, el cual establece que: “la suma de la altura cinética + altura debida a la presión + altura potencial = constante”

Siendo **d** el diámetro del orificio en metros, y **D** el de la tubería en metros, se tiene la relación

$$p = d/D, \text{ o también } P^2 = \frac{d^2}{D^2} = \frac{s_2}{s_1}$$

es decir, la relación entre las secciones correspondientes al orificio S2 y la tubería S1.

Si llamamos **P1** y **P2** a las presiones absolutas en kg / Cm^2 (1atm) antes y después del orificio respectivamente y aplicamos el teorema de Bernoulli a las dos secciones **S1** y **S2** se tiene, despreciando las pérdidas y sabiendo que la altura, o energía potencial es la misma en ambas secciones:

De la ecuación o principio de Bernoulli:

Utilizo el siguiente grafico de un Venturi para ejemplificar la función de la placa de orificio dentro de la tubería del simulador (SPPSyP) Fig.3

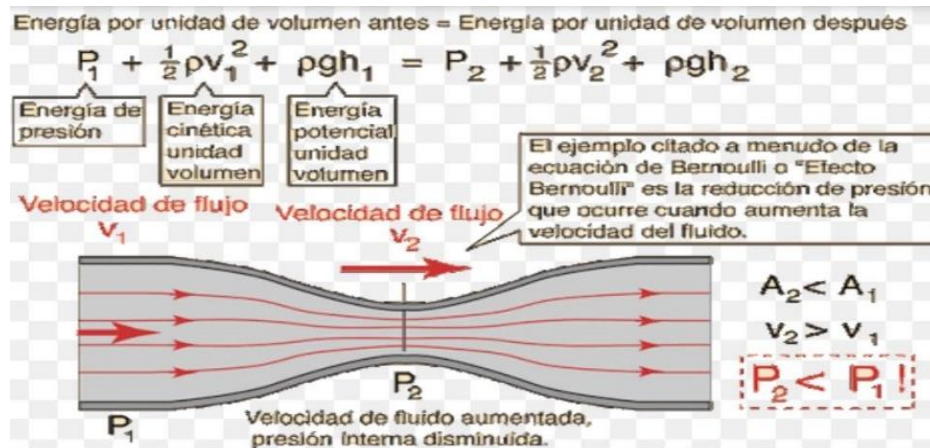


Fig.3. (Principio del Teorema de Bernoulli, Ref.Marks Manual del Ingeniero Mecánico 2 Edición 1990).

Despejando y simplificando nos queda la siguiente relación:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde: \mathbf{V} = velocidad

ρ = densidad

\mathbf{g} = aceleración de la gravedad.

Agrupando términos:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{1}{\rho} (P_1 - P_2) \rightarrow v_2^2 - v_1^2 = K (P_1 - P_2)$$

Donde K es la constante de los gases (fluido aire) y su valor es de 1.4 adimensional

Sabiendo que el caudal es: $Q = S V$, por lo tanto; $V = Q/S$ quedando de esta manera:

$$\frac{Q^2}{S_2^2} - \frac{Q^2}{S_1^2} = K * (P_2 - P_1)$$
$$\rightarrow Q^2 * \left(\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) = K * \Delta P$$

Las secciones tanto de la tubería como del orificio de restricción son constantes. Como consecuencia se llega a la ecuación genérica del caudal en función de la presión diferencial.

$$Q = K \sqrt{dp}$$

Las ecuaciones teóricas anteriores se convierten en la ecuación general para el cálculo de caudales siguiente, de acuerdo con la Norma Oficial ISO-5167: "Medición del caudal de fluidos mediante dispositivos de presión diferencial intercalados en conductos de carga de sección transversal circular. Parte 5 cono de medición ISO 5167-5/2016"

$$Q_M = C * E * \epsilon * \frac{\pi * d^2}{4} * \sqrt{2 * g * h * \rho}$$

O lo que es igual a:

$$C * E * \xi = Q_M / (\pi d^2) / 4 [\sqrt{2gh\rho}]$$

Siendo:

QM = Caudal (kg/seg).

C= coeficiente de descarga(adimensional).

E= Coeficiente de velocidad de acercamiento (adimensional).

ξ = coeficiente de expansión (adimensional).

d = diámetro del orificio (m)

g = fuerza de aceleración gravitatoria (m/seg²)

h = presión diferencial (kg/m²)

Consideraciones:

A partir de estos datos hemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones para hacer las unidades coherentes:

- Al pasar **QM** a kg/h hay que multiplicar el segundo término de la ecuación por 3600
- sabiendo que $\beta^2 = \frac{d^2}{D^2}$ para expresar ambos diámetros en mm hay que multiplicar el segundo término de la ecuación por 10^{-6} , por estar elevados al cuadrado.
- la presión diferencial h en kg/m² es igual que mm en CA.
- según estas conversiones, el coeficiente a aplicar a la ecuación anterior es:

$$\frac{\pi}{4} * 3600 * 10^{-6} * \sqrt{2 * g} = 0.01252183$$

quedando la ecuación general para el cálculo de caudal en masa como:

$$QM = 0.01252183 * C * E * \xi * \beta^2 * D^2 * \sqrt{h * \rho}$$

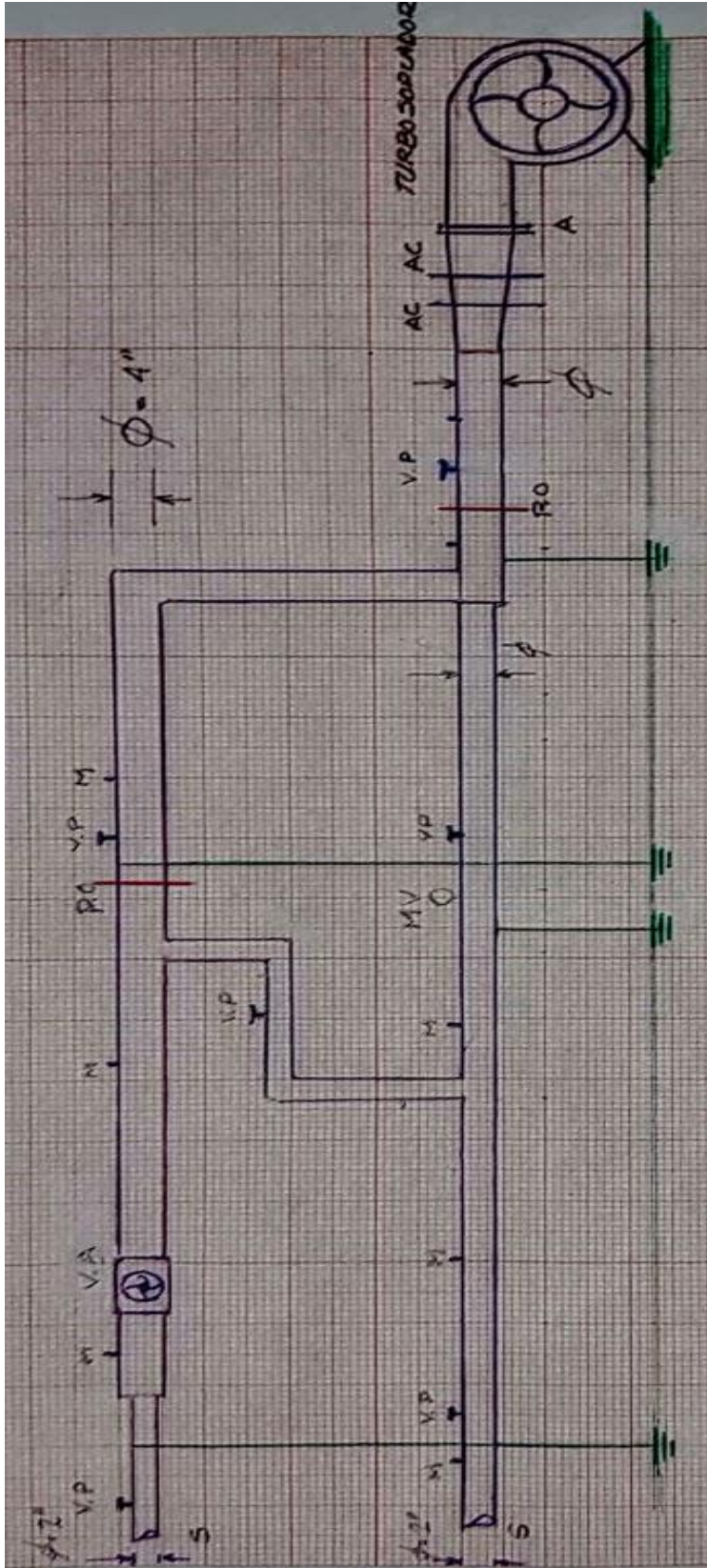
Si el cálculo se requiere en unidades de volumen, basta con dividir la ecuación anterior entre la densidad utilizada como base, normalmente densidad a 15°C. Por tanto:

$$Q_v = \frac{Q_M}{\rho}$$

Equipo sugerido para la operación del equipo:

- Manómetro diferencial
- Termómetro
- Anemómetro
- Flexómetro
- Vacuómetro diferencial
- Calibrador Vernier

Diagrama con componentes del SPPSyP



VP= Válvula de paso.

M= Puntos de toma de muestra del fluido.

VA= Ventilador Auxiliar.

PO= Placa de Orificio.

MV= Medidor de flujo Vortex.

A= Acoplamiento.

AC= Arillos de cobre. (muestreo)

≡ =Puntos de apoyo.

S= Descarga.

Φ =Diámetro 4".

ϕ =Diámetro 2".

Precauciones antes del encendido del equipo

- Se debe revisar que no haya objetos que obstruyan el funcionamiento del turbo soplador o sus accesorios, (Fig. 5) ni mucho menos del lado de las poleas. (Fig. 6)
- Se debe solicitar apoyo al personal del laboratorio; para energizar el sistema
- El banco tiene diferentes etapas de accionamiento, que se energizan en la secuencia siguiente:



Fig.5 No debe obstruir ningún objeto el funcionamiento del motor



Fig.6 Se debe tener la precaución de no permitir acceso a ninguna persona del lado de las poleas del motor, (rejillas amarillas) aunque no esté en funcionamiento.

- Se solicita al personal del laboratorio energice la línea de corriente que alimenta al interruptor break caja metálica gris, (figura 7) y a su vez al motor del turbo soplador.



Fig.: 7 Caja Gris de fusibles conocida como Break o interruptor general de energía eléctrica

- Se debe apagar el ventilador auxiliar (Fig.9) poniendo en posición neutral los interruptores del tablero de apagado como se muestra en la figura 8; además retirar la clavija de alimentación eléctrica.



Fig.8 interruptor del ventilador auxiliar y fuente de poder



Fig.9 Ventilador Auxiliar. Accesorio utilizado en Simulador para producir otro efecto en el fluido.

- Una vez terminado el uso del aparato debe cortarse el suministro eléctrico directamente de la palanca del Interruptor (Break) gris; instalado en la pared frontal del lado (figura 7)

***Si no se requiere el analizador de flujo (imagen 10)**

*Se recomienda mantener apagada la fuente de poder (figura 6) manual y posteriormente proceder a desconectar de la red eléctrica el ventilador auxiliar. (figura 10).

Se incluye en este manual en Apéndice. (instructivo de operación del analizador de flujo)



Fig.10 Analizador de flujo Vortex

Procedimiento de medición

Se medirán los diámetros internos, de los diferentes tramos de tuberías y longitudes, entre cada sección y/o elemento como válvulas o tomas de presión que conectan los diferentes elementos del SPPSyP, se debe considerar la presión atmosférica y temperatura real en el laboratorio, al momento de iniciar el experimento, y al final de este , de tal manera serán más confiables las lecturas del experimento, las condiciones meteorológicas varían a cada momento, se toma de referencia una lectura real y se considera promedio.

- Se deben revisar los interruptores que controlan (imagen 6); tanto el ventilador auxiliar (imagen 4) como la fuente de poder, que analizara el aire que pasa a través de él. (deberán estar en posición apagado de ambos elementos)
- Se deben tomar las diferentes alturas y diámetros por donde fluirá el aire y se tomaran las presiones y caídas a través de la ruta del flujo.
- Se deben tener las válvulas de paso totalmente abiertas para que el fluido circule libre sin trampas y tener una referencia como inicial.
- se debe reconocer la ruta y previamente saber qué es lo que se pretende calcular o el tramo que será motivo de estudio, o análisis.
- Se deberán hacer todas las tomas de lecturas y manejo del equipo con sumo cuidado por las razones de que es un aparato delicado y no es uso rudo para su análisis.
- El equipo para poder ser estudiado con mayor precisión y exactitud deberá ser utilizado por lo menos con tres personas, que deberán estar al pendiente, tanto en la toma de las lecturas como en la manipulación del sistema eléctrico, y análisis de instrumentos utilizados en la experimentación y toma de lecturas.

- Se energizará el sistema, previamente solicitado en la jefatura de laboratorio, y se “sube” el interruptor que alimentará al motor anaranjado del ventilador.
- Se deberán colocar en posición de apagado los interruptores de la fuente y ventilador auxiliar.
- De manera contraía deberá de ser apagado por secciones el aparato una vez que se haya desocupado y desconectar el suministro de energía eléctrica
- Se deberá entregar el equipo auxiliar solicitado utilizado para la realización de la práctica.

Glosario:

Motor:

Es la parte sistemática de una maquina capaz de hacer funcionar el sistema transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, solar etc.,) en energía mecánica capaz de producir un trabajo

Soplador de aire:

Es un elemento mecánico que sirve para desplazar la masa de aire dándole una cierta velocidad y dirección del estado estático o en reposo donde se encuentre, por lo general se utilizan elementos como hélices o alabes dentro de una rejilla o caja donde se genera la turbulencia y se le da dirección y sentido para una función predeterminada

Hélice:

La hélice es un dispositivo mecánico formado por un conjunto de elementos denominados: palas o alabes, montados en forma concéntrica y solidarias a un eje que, al hacer girar, las palas, trazan un movimiento rotativo en un plano.

Muestreadores de aire:

Los muestreadores o tomas de aire que se utilizan para monitorear cómo se comporta un fluido (aire) tanto presión, sentido, cantidad, etc. En alguna sección de longitud (medible) determinada del simulador son de conexión rápida para su facilidad y exactitud en ese punto.

Conexión rápida:

Es un elemento mecánico que esta fija en alguna sección o distancia predeterminada a lo largo de la línea de aire o sentido de flujo del simulador y lo utilizaremos para tomar muestras y saber la presión que se ejerce en ese punto.

Tubería cedula 80:

La tubería PVC cedula 80 se fabrica de acuerdo con ASTM D1785 en diámetros de ½" hasta 16" y se suministra con extremos lisos con los que se puede cementar o roscar. La longitud suministrada es de 6.0 metros y viene en color gris oscuro, está diseñado para soportar una gran variedad de sustancias químicas agresivas aplicables principalmente para usos industriales.

Accesorios en la tubería:

Se consideran accesorios en la tubería aquellos elementos mecánicos que nos permiten ya sea darle la dirección óptima de acuerdo con las necesidades finales del transporte del fluido, a la vez restringir su paso, o velocidad, incluso su sentido, a través de elementos como válvulas de diversos tipos, codos de 15,30,45, y 90º grados, llaves, ventiladores auxiliares etc.

Válvulas de tipo globo:

Son elementos mecánicos que se usan para restringir el paso de fluido a través de ellos la ventaja en este tipo de llave es que son de respuesta rápida abrir cerrar, de un solo paso derecha -izquierda y son muy efectivas.

Válvulas de compuerta:

Son elementos mecánicos que hacen el mismo trabajo de restringir el paso del fluido, pero con la ventaja o desventaja que se puede regular a través del área que se va restringiendo en la compuerta tipo cortina que está dentro de la llave y se acciona girando la perilla o manivela (mediante un tornillo tipo sinfín y un engrane acoplado en el eje de la perilla de la válvula).

Placa de orificio:

Es un dispositivo utilizado para medir la velocidad de flujo, para reducir la presión, o para restringir el flujo se puede determinar un caudal volumétrico o masico, dependiendo del cálculo asociado con la placa de orificio.

Medidor de caudal de flujo directo:

El totalizador sirve para medir flujo total de un fluido dentro de la tubería; es un equipo sencillo y económico que sirve para medir el paso del fluido por una tubería.

Energizar Línea:

Así se le denomina a la acción de hacer pasar energía eléctrica a través de un conductor (línea de corriente)

Break eléctrico:

Se le denomina también interruptor eléctrico general, o caja de fusibles.

Sistema de poleas y correa o (banda):

Un sistema de transmisión por correa es un conjunto de dos poleas acopladas por medio de una correa con el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre arboles paralelos que se encuentran a cierta distancia. La fuerza se transmite por efecto del rozamiento que ejerce la correa sobre la polea.

Fuente de poder:

Es un componente que se encarga de transformar una corriente eléctrica alterna en una corriente continua, transmitiendo la corriente eléctrica requerida para poner a funcionar un aparato correctamente y para el cual fue diseñada

Interruptores de encendido:

Son elementos mecánicos que tienen por función abrir o cerrar un circuito eléctrico.

Soporte estructural:

Elemento mecánico que se encarga de dar la estabilidad y seguridad necesaria al elemento que soporta; absorbiendo en lo posible; las vibraciones que genere el elemento que está soportando o cargando

Línea de aire en serie:

Le denominamos así a la tubería que se encuentra continua y podemos realizar medidas a través de ella de forma continua de inicio a final.

Línea de aire en paralelo:

Le denominamos así a la tubería que se encuentra después de una línea en serie; Es bifurcada (tipo T o tipo Y) y podemos realizar mediciones ya sea en una línea(tubería) o en otra paralela a ella.

Ruta de la tubería:

Le denominamos ruta al lugar físico que sigue de manera continua una tubería o cableado de inicio a fin en su trayecto.

Densidad aire:

La definición científica más elemental, sería; “La relación que existe entre la masa del aire y su volumen” siendo su valor 1.225kg/m^3 , a la presión atmosférica normal y a 15°C , aunque disminuye con la humedad, la temperatura, y la altitud, y por tanto influye en la energía cinética del viento.

Temperatura ambiente:

La temperatura ambiente es la que está comprendida entre las temperaturas que la gente prefiere para lugares cerrados, Representa el rango en el cual el aire no se siente ni muy frío ni muy caliente. La temperatura normal del medio ambiente en lugares cálidos es usualmente tomada de 20 a 25°C

Motor:



Fig. 11 Motor Eléctrico (azul) con sistema de transmisión de poleas 3 velocidades

Voltaje de alimentación: 219,1 Volts

Corriente: 5.9 A

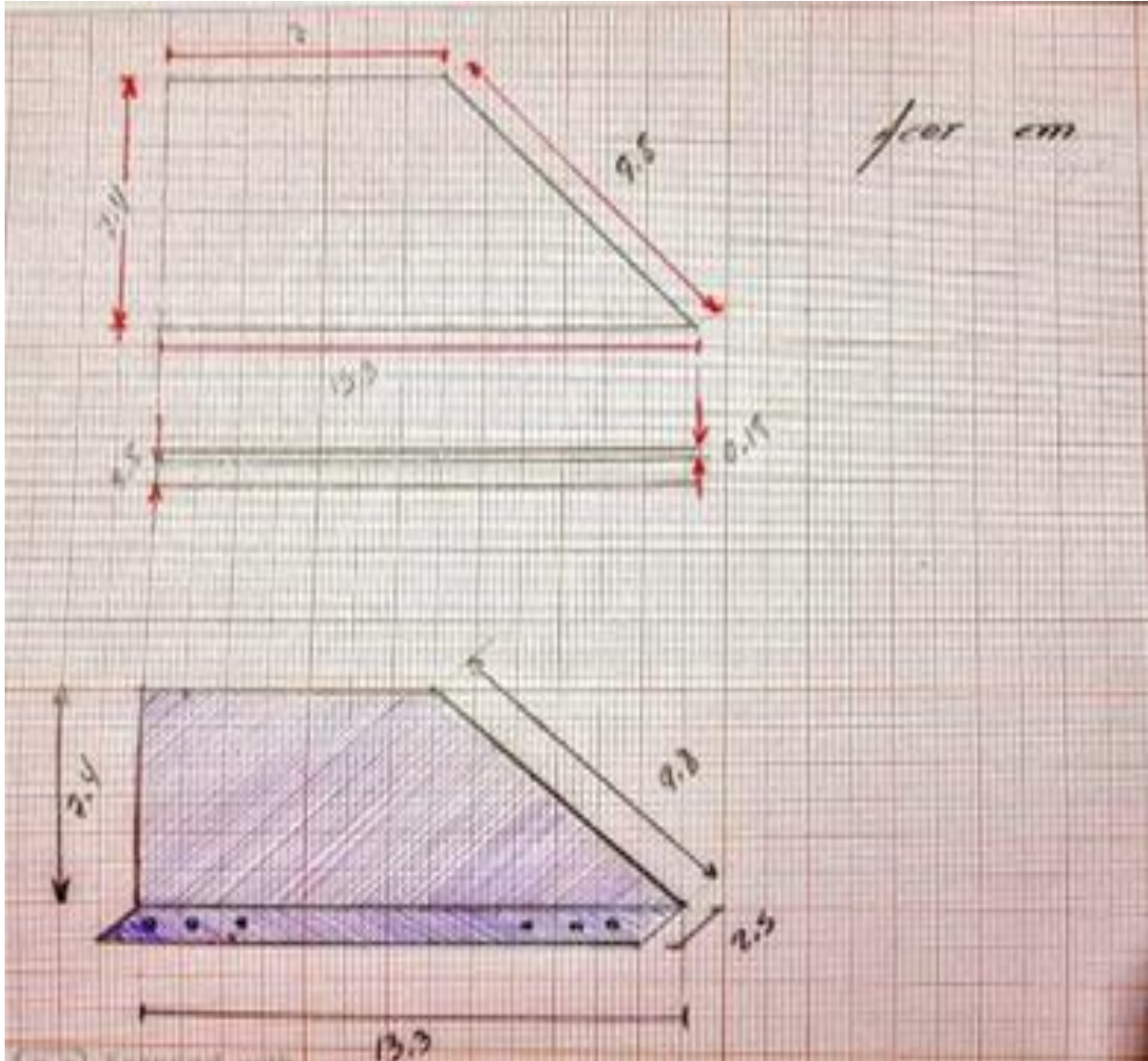
RPM: 1624 polea pequeña, 2142 polea y 2651 polea mayor

Turbo soplador



Fig. 12 Turbo Soplador en color naranja

Acotaciones de los álabes del turbo soplador:



Alabe acot.cm

Fig.13 dimensiones del soplador y álabes.

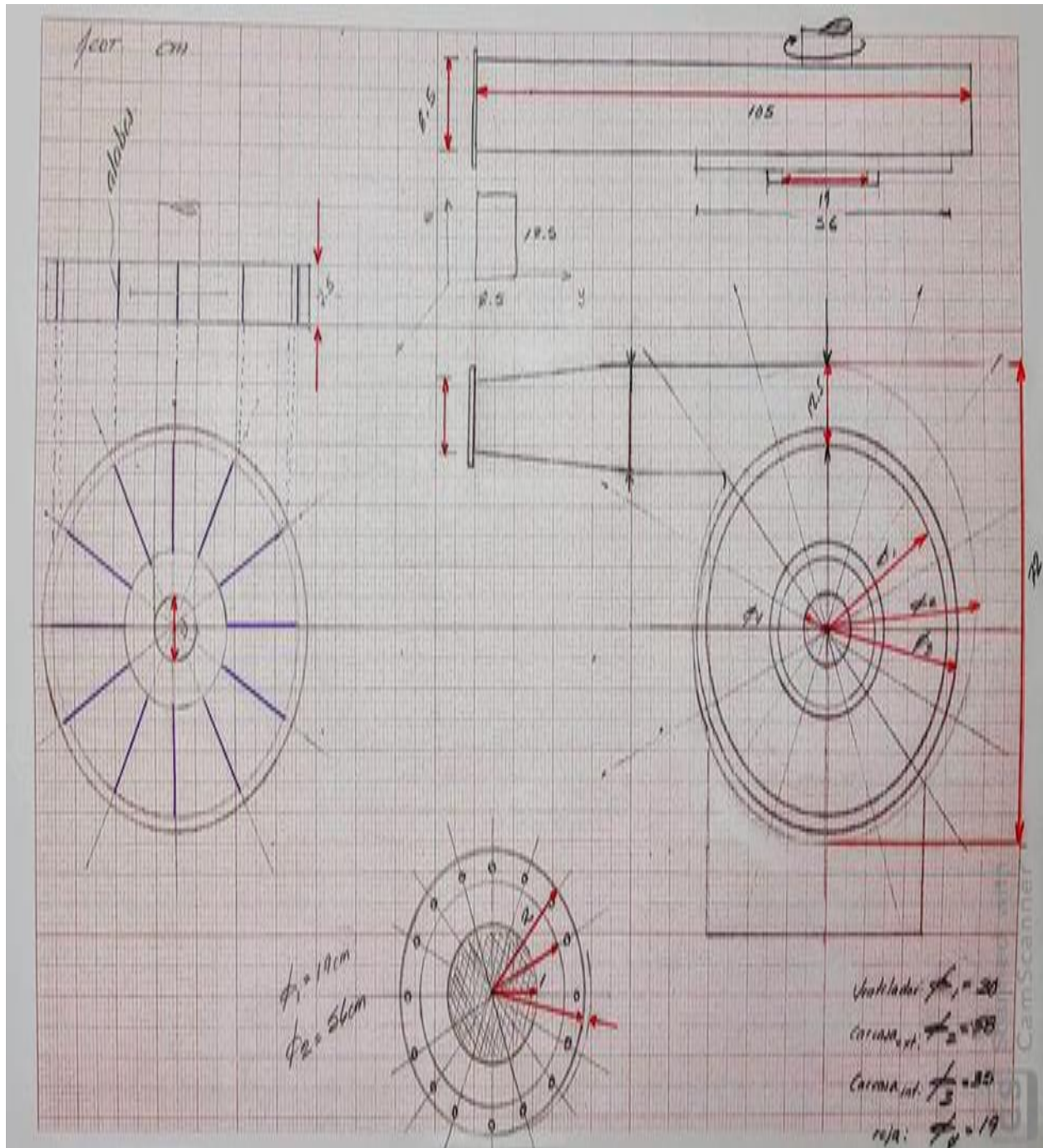


Fig.14 Dimensiones soplador



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Practica N.1 PRUEBA

SIMULADOR DE PERDIDAS DE PRESIÓN EN SERIE Y PARALELO



Objetivos:

- Determinar la curva del sistema del arreglo del laboratorio, así como otros parámetros de este.
- Encontrar la relación que existe entre la placa de orificio y el medidor Vortex.

Equipo sugerido para realizar la práctica en el simulador:

- 2 Manómetros digitales.
- Termómetro.
- Anemómetro.
- Flexómetro.
- Vacuómetro diferencial.
- Calibrador Vernier.
- Mangueras para toma de muestras.

Desarrollo:

- Debemos revisar que no haya obstáculos que impidan el correcto funcionamiento del motor, poleas y/o ventilador.
- Por comodidad debemos instalar mangueras de toma de muestras en los puntos ya designados, con conexiones rápidas firmemente a la línea del simulador.
- Tener precaución de asegurar bien los manómetros ya que con la vibración pueden deslizarse y caer.
- Energizar el simulador mediante el break gris que se encuentra en la pared contigua frente a las poleas de este.
- Las válvulas a lo largo de la línea deberán estar cerradas e ir abriéndolas en función de las necesidades, y para visualizar diferencia de presiones es conveniente ir graduando la abertura tomando como referencia los ángulos de apertura.
- Se sugiere ir tomando y registrando las lecturas con secuencia lógica y ver en cada obstáculo que sucede ya sea en codos válvulas o las mismas placas de orificio instaladas en el simulador.
- Se debe abrir primero la válvula de la línea horizontal sin ninguna desviación y encender el simulador.
- Debemos cerrar ligeramente la válvula de bola y se debe registrar la lectura de la presión en ese punto.
- Iterar varias veces y ver cómo se comporta matemáticamente el efecto de cerrar gradualmente la válvula hasta su cierre total. (todos los eventos se deben ir registrando y observar cómo se van afectando las lecturas.
- Volver a abrir las llaves de tal forma que las válvulas queden abiertas completamente y repetir los eventos de la línea recta, pero ahora interactuando con las líneas en paralelo, es decir las dos líneas abiertas y observar las variaciones que se van registrando en cada evento de ir cerrando las válvulas de globo de ambas líneas.

- Una vez registradas todas las lecturas en todas las configuraciones deseadas, del arreglo, se debe apagar el soplador y desconectar todos los accesorios y manómetros conectados al simulador.
- Realizar los cálculos necesarios para determinar la curva del sistema de cada arreglo examinado.

Considerando:

“Si el flujo estacionario incompresible de un fluido en una tubería horizontal de diámetro” D ” que se restringe a un área de flujo de diámetro “ d ”. (figura 1)

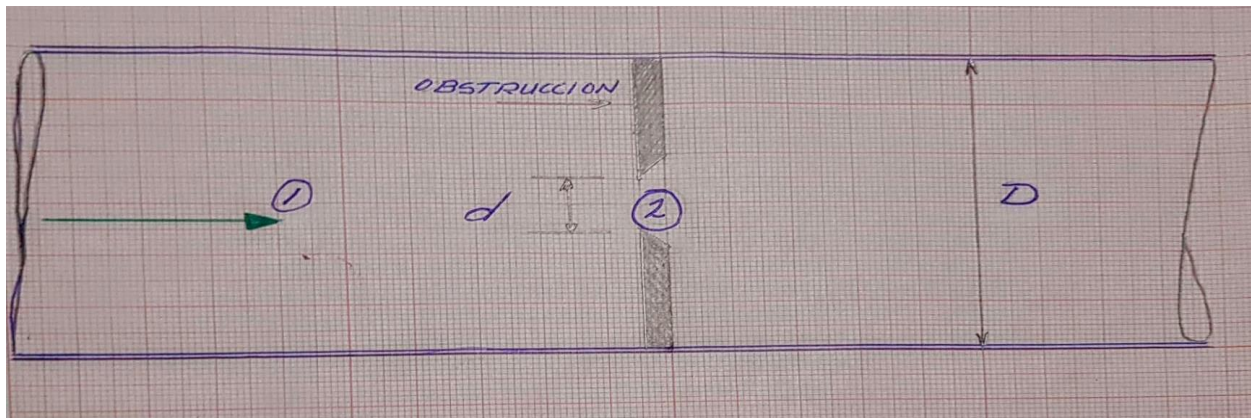


Figura 1. Representación gráfica de una placa de orificio.

Las ecuaciones de equilibrio de masa y el principio de la ecuación de Bernoulli; entre un punto antes de la restricción (punto 1), y la posición después donde ocurre la restricción (punto 2) se puede entender como:

$$\dot{Q} = A_1V_1 = A_2V_2$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ecuación 1

Cuando se combinan las ecuaciones de equilibrio de masa y el Principio de Bernoulli, y se resuelven para la velocidad V_2 se obtiene:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: $\beta = d/D$ es la razón de los diámetros.

V_2 = la razón del flujo. Se puede determinar a partir de:

$$\dot{Q} = A_2 V_2 = \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) V_2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Este análisis muestra que la razón de flujo a través de una tubería se puede determinar cuándo se restringe el flujo y se mide la disminución de presión debida al aumento a la velocidad en el sitio de restricción. Los flujómetros que se basan en este principio se llaman flujómetros de obstrucción y se usan para medir las razones de flujo de gases y líquidos.

De la ecuación 2 la velocidad se obtiene cuando se supone ausencia de pérdidas, y por tanto es la velocidad máxima que puede ocurrir en el sitio de restricción. En realidad, son inevitables algunas pérdidas de presión debidas a efectos de fricción, y por tanto la velocidad será menor. Además, la corriente de fluido continuará contraída al pasar la obstrucción, y el área de vena contracta será menor que el área de flujo de la obstrucción.

Ambas pérdidas se pueden explicar al incorporar un factor de corrección llamado coeficiente de descarga C_d cuyo valor (que es menor que 1) se determina

experimentalmente. Entonces la razón de flujo para el flujómetro de obstrucción se puede expresar

$$\dot{Q} = A_2 C_d \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde: $A_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ es el área trasversal del agujero y $\beta = d/D$ es la razón del diámetro del agujero al diámetro de la tubería. El valor de C_d depende tanto de β como del número de Reynolds $Re = vD/\nu$; las gráficas y correlaciones, de ajustes de curvas para C_d están disponibles para varios tipos de medidores de obstrucción. En esta práctica se utilizó la siguiente expresión para calcular C_d .

$$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521\left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063 * \left(\frac{19000}{Re_D}\right)^{0.8}) * \beta^{3.5} * \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0.3} \\ + (0.043 + 0.08e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1}) * (1 - 0.11\left(\frac{19000}{Re_D}\right)^{0.8}) \frac{\beta^4}{1 - \beta^4} - 0.031\left(\frac{2L_2}{1 - \beta}\right) - 0.8\left(\frac{2L_2}{1 - \beta}\right)^{1.1} * \beta^{0.3} \\ + 0.011(0.75 - \beta) * (2.8 - \frac{D}{25.4})$$

Ecuación 5

Ya con el coeficiente de descarga C_d obtenido se puede calcular el flujo volumétrico del ventilador por lo que la potencia hidráulica está dada por:

$$W_h = \Delta P \dot{Q}$$

Ecuación 6

Pérdidas primarias:

Es conveniente expresar la pérdida de presión para todos los tipos de flujos internos totalmente desarrollados (flujos laminar o turbulento, tuberías circulares o no circulares, superficies lisas o rugosas, tuberías horizontales verticales o inclinadas) como:

$$\Delta P_L = f \frac{L}{D} \left(\frac{\rho v^2}{2} \right)_{\text{promedio}} \quad \text{Ecuación 7}$$

En los análisis de los sistemas de tuberías, las pérdidas de presión comúnmente se expresan en términos de la altura de la columna de fluido equivalente, llamada carga **HL**.

Note a partir de la estática de fluidos que: $\Delta P = \rho g h$ y, por tanto, una diferencia de presión ΔP corresponde a una altura de fluido de: $H_L = \frac{\Delta P}{\rho g}$, la pérdida de carga de la tubería se obtiene de la división anterior quedando de esta manera:

$$H_L = f \frac{L}{D} \left(\frac{\rho v^2}{2g} \right)_{\text{prom}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Pérdidas secundarias:

El fluido en un sistema de tubería típico pasa a través de varias uniones, válvulas, flexiones, codos ramificaciones en forma de la letra T (conexiones en T), entradas, salidas, ensanchamientos, y contracciones además de los tubos. En un sistema de este tipo, con tubos largos, estas pérdidas son menores en comparación con la

perdida de carga por fricción en los tubos (las pérdidas mayores) y se llaman pérdidas menores. El flujo a través de válvulas y uniones es muy complejo, por lo general no es lógico un análisis teórico. En consecuencia, usualmente los fabricantes de los accesorios determinan las pérdidas menores de manera experimental.

En general el coeficiente de pérdida depende de la geometría del accesorio y del número de Reynolds, tal como el factor de fricción, Sin embargo, usualmente se supone que es independiente del número de Reynolds. Esta es una solución razonable, porque, en la práctica, la mayoría de los flujos tienen un número de Reynolds grandes y los coeficientes de pérdidas (que incluyen el factor de fricción) tienden a ser independientes del número de Reynolds grandes. Las pérdidas menores también se expresan en términos de la longitud equivalente ***Leqv***

$$H_L = K_L \frac{v^2}{2g} = f \frac{Leq}{D} \frac{v^2}{2g}$$

El ensayo de ventiladores tiene por objeto determinar la capacidad del aparato para transferir la potencia al aire que desplaza. El ventilador se hace funcionar a un régimen de giro constante, tomando valores de diferentes caudales movidos, según sea la pérdida de carga que debe vencerse. La curva característica de un ventilador se obtiene dibujando en uno de los ejes de coordenadas, los distintos valores caudal-presión, obtenidos mediante ensayo en un laboratorio.

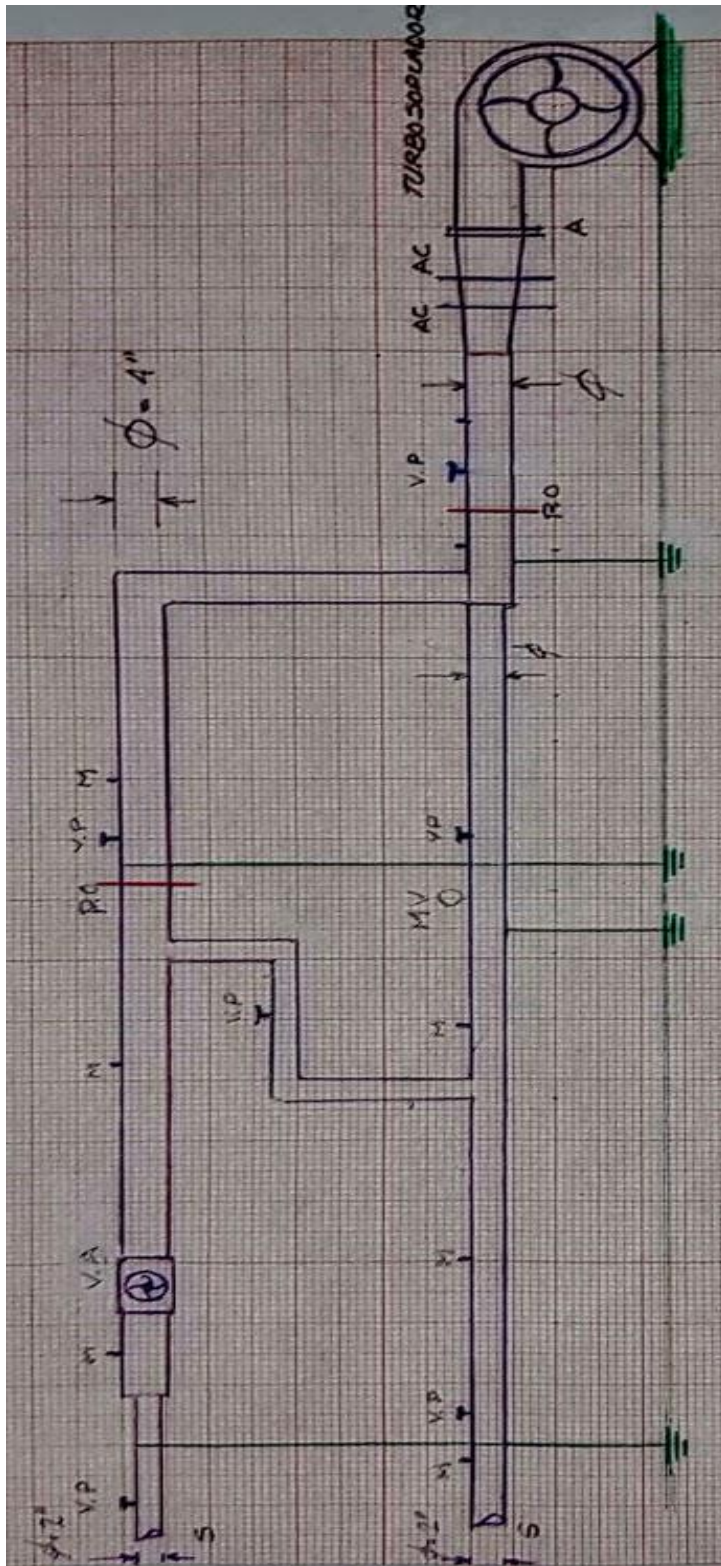
La curva característica del ventilador depende únicamente del ventilador, y solamente puede variar si el ventilador funciona a una velocidad de rotación distinta. Puede aceptarse en principio que la curva característica es totalmente independiente del sistema de conductos al que se acople. Sin embargo, hay que considerar que un ventilador puede funcionar moviendo distintos caudales y comunicándoles distintas presiones, de tal forma que todos los puntos posibles de funcionamiento se hallen representados sobre la curva.

Para saber exactamente en qué condiciones funcionara el ventilador, debemos conocer la curva resistente de la instalación, es decir la curva que relaciona la pérdida de carga de la instalación con el caudal que pasa por ella. Podemos encontrar de forma fácil el punto de trabajo de un ventilador simplemente superponiendo las curvas características del ventilador y resistente del conducto.

Desarrollo:

- Medí la velocidad del motor
- Tome los gastos correspondientes y las presiones para determinar gastos en las placas de orificio.
- Deje pasar el fluido por cada una de las líneas por separado, después el fluido por las dos líneas sin la interconexión y después con ella.
- Realice diferentes mediciones, para diferentes configuraciones en el sistema, las cuales fueron distintas con diferentes gastos, en paralelo y en serie.

Diagrama del simulador:



- VP= Válvula de paso.
M= Puntos de toma de muestra del fluido.
VA= Ventilador Auxiliar.
PO= Placa de Orificio.
MV= Medidor de flujo Vortex.
A= Acoplamiento.
AC= Arillos de cobre. (muestreo)
S= Puntos de apoyo.
A= Descarga.
 Φ =Diámetro 4".
 ϕ =Diámetro 2".
- ACCESORIOS:
 \emptyset Tubos: 4", y 2" cedula 80
Placas de orificio: D1: 0.9869" y D2: 0.7756"
Codos: a 90 grados 4" Cedula 80
Válvulas: tipo globo y tipo compuerta
Ventilador auxiliar: ver (Imagen 4)

Fig. 15 Diagrama del SPPSyP

Memoria de cálculos:

Desarrollo la ecuación 5, y en base a los registros obtenidos presento los siguientes resultados experimentales:

D1 [m]	0.0972	D4 [m]	0.0493
d2 [m]	0.0251	d3 [m]	0.0197
l1 [m]	0.6200	l3 [m]	0.4150
l2 [m]	0.3800	l4 [m]	0.3300
L1 [1]	6.3786	L3 [1]	4.2695
L2 [1]	3.9095	L4 [1]	3.3951
b [1]	0.2579	b [1]	0.2027
Patm [Pa]	78.4747		
Tatm [K]	297.1500		
ρ [kg/m ³]	0.9202		

Tabla 1

e	e/D	Tabla para cálculo de pérdidas por fricción	
1.5E-06	1.5432E-05		
Accesorios	Longitud equivalente [m]		
	D = 2 in	D = 4 in	
V. Bola	13	40	
V. Mariposa	10	35	
Placa Orificio	25	50	
Reducción	0.55	1.1	
Codo	1.3	3	
T reducción	1.3	3	
T	3.4	6	

	P2-P3 [kPa]		P2-P3 [kPa]		P2-P3 [kPa]		P2-P3 [kPa]
Placa principal (1)	0.73	Placa superior (1)	1.005	Placa principal (2) [kPa]	1.03	Placa superior (3) [kPa]	0.19
	0.71		1.068		1.02		0.2
	0.7		1.829		0.98		0.4
	0.67		1.748		0.73		0.62
	0.57		1.5		0.73		0.76
	0.37		0.99		0.56		0.61
							0.63

Pman inferior [kPa] (3)		Vórtex (2)	Q [m ³ /h]	Q placa principal	Q vórtex [m ³ /s]	Factor	Factor promedio						
								2.17	2.03	1.39	0.74	0.27	0.09
			2.65	0.1213	0.000736111	164.741856	214.5682						
			2.5	0.1207	0.000694444	173.77864							
			2.35	0.1183	0.000652778	181.218519							
			1.53	0.1021	0.000425	240.320923							
			1.03	0.0895	0.000286111	312.78118							
			0	0	0.0262	0.0262							
			0	0	0.0302	0.0302							
			0	0	0.0426	0.0426							
			0	0	0.0530	0.0530							
			0.6	0.035761	0.0586	0.0944							
			0.7	0.041722	0.0605	0.1022							
			0.8	0.047682	0.0612	0.1089							

Caudal de la placa de orificio inferior 1...

v4 [m/s ²]	Re4	Cd4''	Cd4'''	Cd4	v5 [m/s ²]	Q [m ³ /s]
13.7644	76561.505	0.001464	0.0001887	0.3448	13.7644	0.1021
13.5751	75508.273	0.001477	0.0001887	0.3448	13.5751	0.1007
13.4794	74976.089	0.001483	0.0001887	0.3448	13.4794	0.1000
13.1882	73356.289	0.001504	0.0001886	0.3448	13.1882	0.0979
12.1670	67676.425	0.001584	0.0001885	0.3449	12.1670	0.0903
9.8094	54562.768	0.001819	0.0001880	0.3451	9.8094	0.0728

Tabla 2

Caudal de la placa de orificio inferior 2...

v4 [m/s ²]	Re4	Cd4''	Cd4'''	Cd4	v5 [m/s ²]	Q [m ³ /s]
16.3427	90902.803	0.001312	0.0001890	0.3446	16.3427	0.1213
16.2634	90461.513	0.001316	0.0001890	0.3446	16.2634	0.1207
15.9421	88674.324	0.001333	0.0001890	0.3447	15.9421	0.1183
13.7644	76561.505	0.001464	0.0001887	0.3448	13.7644	0.1021
12.0602	67081.889	0.001593	0.0001885	0.3449	12.0602	0.0895

Caudal de la placa de orificio superior 1...

v4 [m/s ²]	Re4	Cd4''	Cd4'''	Cd4	v5 [m/s ²]	Q [m ³ /s]
13.7644	76561.505	0.001464	0.0001887	0.3448	13.7644	0.1021
13.5751	75508.273	0.001477	0.0001887	0.3448	13.5751	0.1007
13.4794	74976.089	0.001483	0.0001887	0.3448	13.4794	0.1000
13.1882	73356.289	0.001504	0.0001886	0.3448	13.1882	0.0979
12.1670	67676.425	0.001584	0.0001885	0.3449	12.1670	0.0903
9.8094	54562.768	0.001819	0.0001880	0.3451	9.8094	0.0728

Caudal de la placa de orificio superior 2...

v4 [m/s ²]	Re4	Cd4''	Cd4'''	Cd4	v5 [m/s ²]	Q [m ³ /s]
3.5307	19638.447	0.002824	0.0000705	0.1954	3.5307	0.0262
4.0714	22646.234	0.002563	0.0000707	0.1951	4.0714	0.0302
5.7421	31939.108	0.002029	0.0000712	0.1946	5.7421	0.0426
7.1387	39707.147	0.001752	0.0000714	0.1943	7.1387	0.0530
7.8989	43936.092	0.001636	0.0000715	0.1942	7.8989	0.0586
8.1532	45350.273	0.001601	0.0000716	0.1942	8.1532	0.0605
8.2527	45903.661	0.001588	0.0000716	0.1941	8.2527	0.0612

Tabla 3

	v [m/s]	Q [m ³ /s]	Re	f	ha
Placa principal (1)	13.764	0.102	76561.5	0.01911	1.819
	13.575	0.101	75508.3	0.01916	1.774
	13.479	0.100	74976.1	0.01919	1.752
	13.188	0.098	73356.3	0.01928	1.685
	12.167	0.090	67676.4	0.01961	1.459
	9.809	0.073	54562.8	0.02055	0.994
Placa superior (1)	12.478	0.093	69405.6	0.01951	2.297
	12.379	0.092	68857	0.01954	2.265
	12.250	0.091	68138.1	0.01958	2.223
	11.977	0.089	66620.1	0.01968	2.135
	11.100	0.082	61738.9	0.02	1.864

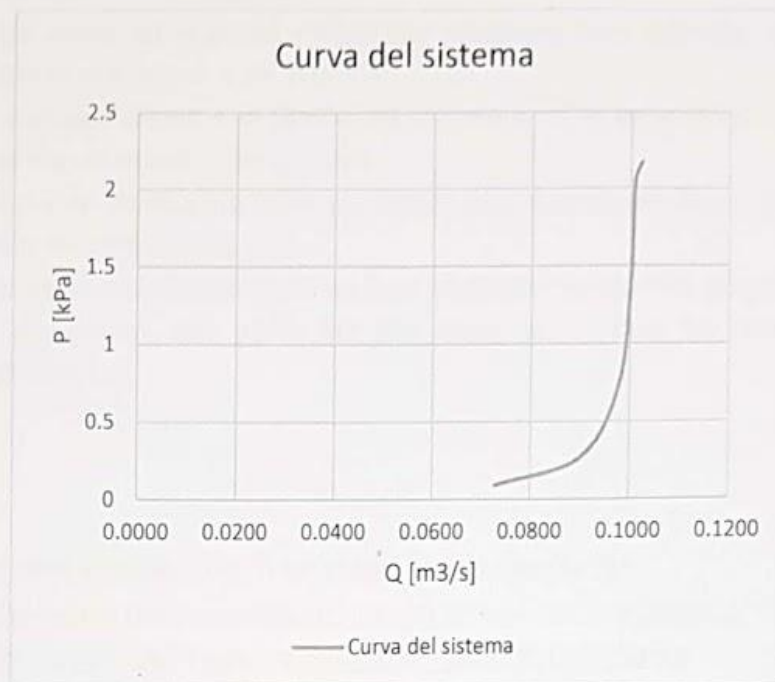
	v [m/s]	Q [m ³ /s]	Re	f	ha
Placa superior (3)	3.531	0.026	19638.5	0.02603	0.245
	4.071	0.030	22646.3	0.02515	0.315
	5.742	0.043	31939.1	0.02318	0.578
	7.139	0.053	39707.2	0.02206	0.850
	7.899	0.059	43936.1	0.02156	1.017
	8.153	0.060	45350.3	0.02141	1.076
	8.253	0.061	45903.7	0.02135	1.100

Vortex (3)	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0.03576	128.312	0.49878	0.00035
	0.04172	149.698	0.42753	0.0004
	0.04768	171.083	0.37409	0.00046

Pérdidas en tubería y accesorios	
ha [m] (serie)	ha [m] (paralelo)
4.116	2.064
4.039	2.090
3.975	2.330
3.820	2.535
3.323	2.476

Tabla 4

Gráfica 1. Curva del sistema



Gráfica 2. Curva del ventilador y del sistema



Tabla 5

Conclusiones:

- Es posible encontrar una relación entre los medidores Vortex y placa de orificio, esto nos indica que las mediciones del medidor Vortex no son simplemente aleatorias, sino que siguen cierto tipo de error experimental constante.
- Observe durante el experimento que el arreglo de tuberías no permitía un buen desempeño del flujo en paralelo, debido a las dimensiones de los ductos superior e inferior, ya que el ducto superior el doble del diámetro que la tubería inferior, por lo cual el primero se lleva toda la carga. Para el flujo en paralelo con la interconexión observe que la carga se equilibra en los dos ductos.
- En conclusión, puedo decir que es posible determinar y describir cualquier efecto que se quiera de acuerdo con la configuración que le demos al simulador y los instrumentos (elementos) que lo acompañan.

Glosario:

Motor:

Es la parte sistemática de una maquina capaz de hacer funcionar el sistema transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, solar etc.,) en energía mecánica capaz de producir un trabajo

Soplador de aire:

Es un elemento mecánico que sirve para desplazar la masa de aire dándole una cierta velocidad y dirección del estado estático o en reposo donde se encuentre, por lo general se utilizan elementos como hélices o alabes dentro de una rejilla o caja donde se genera la turbulencia y se le da dirección y sentido para una función predeterminada

Hélice:

La hélice es un dispositivo mecánico formado por un conjunto de elementos denominados: palas o alabes, montados en forma concéntrica y solidarias a un eje que, al hacer girar, las palas, trazan un movimiento rotativo en un plano.

Muestreadores de aire:

Los muestreadores o tomas de aire que se utilizan para observar cómo se comporta un fluido (aire) tanto presión, sentido, cantidad, calidad etc. En alguna sección determinada del simulador son de conexión rápida para su facilidad y exactitud en ese punto.

Conexión rápida:

Es un elemento mecánico que esta fija en alguna sección o distancia predeterminada a lo largo de la línea de aire o sentido de flujo del simulador y lo utilizaremos para tomar muestras y saber la presión que se ejerce en ese punto.

Tubería cédula 80:

La tubería PVC cédula 80 se fabrica de acuerdo con ASTM D1785 en diámetros de ½" hasta 16" y se suministra con extremos lisos con los que se puede cementar o roscar. La longitud suministrada es de 6.0 metros y viene en color gris oscuro, está diseñado para soportar una gran variedad de sustancias químicas agresivas aplicables principalmente para usos industriales.

Accesorios en la tubería:

Se consideran accesorios en la tubería aquellos elementos mecánicos que nos permiten ya sea darle la dirección óptima de acuerdo con las necesidades finales del transporte del fluido, a la vez restringir su paso, o velocidad, incluso su sentido, a través de elementos como válvulas de diversos tipos, codos de 15,30,45, y 90º grados, llaves, ventiladores auxiliares etc.

Válvulas de tipo globo:

Son elementos mecánicos que se usan para restringir el paso de fluido a través de ellos la ventaja en este tipo de llave es que son de respuesta rápida abrir cerrar, de un solo paso derecha -izquierda y son muy efectivas.

Válvulas de compuerta:

Son elementos mecánicos que hacen el mismo trabajo de restringir el paso del fluido, pero con la ventaja o desventaja que se puede regular a través del área que se va restringiendo en la compuerta tipo cortina que está dentro de la llave y se acciona girando la perilla o manivela (mediante un tornillo tipo sinfín y un engrane acoplado en el eje de la perilla de la válvula).

Placa de orificio:

Es un dispositivo utilizado para medir la velocidad de flujo, para reducir la presión, o para restringir el flujo se puede determinar un caudal volumétrico o masico, dependiendo del cálculo asociado con la placa de orificio.

Medidor de caudal de flujo directo:

El totalizador sirve para medir flujo total de un fluido dentro de la tubería; es un equipo sencillo y económico que sirve para medir el paso del fluido por una tubería.

Energizar Línea:

Así se le denomina a la acción de hacer pasar energía eléctrica a través de un conductor (línea de corriente).

Break eléctrico:

Se le denomina también interruptor eléctrico general, o caja de fusibles. (imagen 3).

Sistema de poleas y correa o (banda):

Un sistema de transmisión por correa es un conjunto de dos poleas acopladas por medio de una correa con el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre arboles paralelos que se encuentran a cierta distancia. La fuerza se transmite por efecto del rozamiento que ejerce la correa sobre la polea.

Fuente de poder:

Es un componente que se encarga de transformar una corriente eléctrica alterna en una corriente continua, transmitiendo la corriente eléctrica requerida para poner a funcionar un aparato correctamente y para el cual fue diseñada

Interruptores de encendido:

Son elementos mecánicos que tienen por función abrir o cerrar un circuito eléctrico.

Soporte estructural:

Elemento mecánico que se encarga de dar la estabilidad y seguridad necesaria al elemento que soporta; absorbiendo en lo posible; las vibraciones que genere el elemento que está soportando o cargando

Línea de aire en serie:

Le denominamos así a la tubería que se encuentra continua y podemos realizar medidas a través de ella de forma continua de inicio a final.

Línea de aire en paralelo:

Le denominamos así a la tubería que se encuentra después de una línea en serie; Es bifurcada (tipo T o tipo Y) y podemos realizar mediciones ya sea en una línea(tubería) o en otra paralela a ella.

Ruta:

Le denominamos ruta al lugar físico que sigue de manera continua una tubería o cableado de inicio a fin en su trayecto.

Densidad aire:

La definición científica más elemental, sería; “La relación que existe entre la masa del aire y su volumen” siendo su valor 1.225kg/m^3 , a la presión atmosférica normal y a 15°C , aunque disminuye con la humedad, la temperatura, y la altitud, y por tanto influye en la energía cinética del viento.

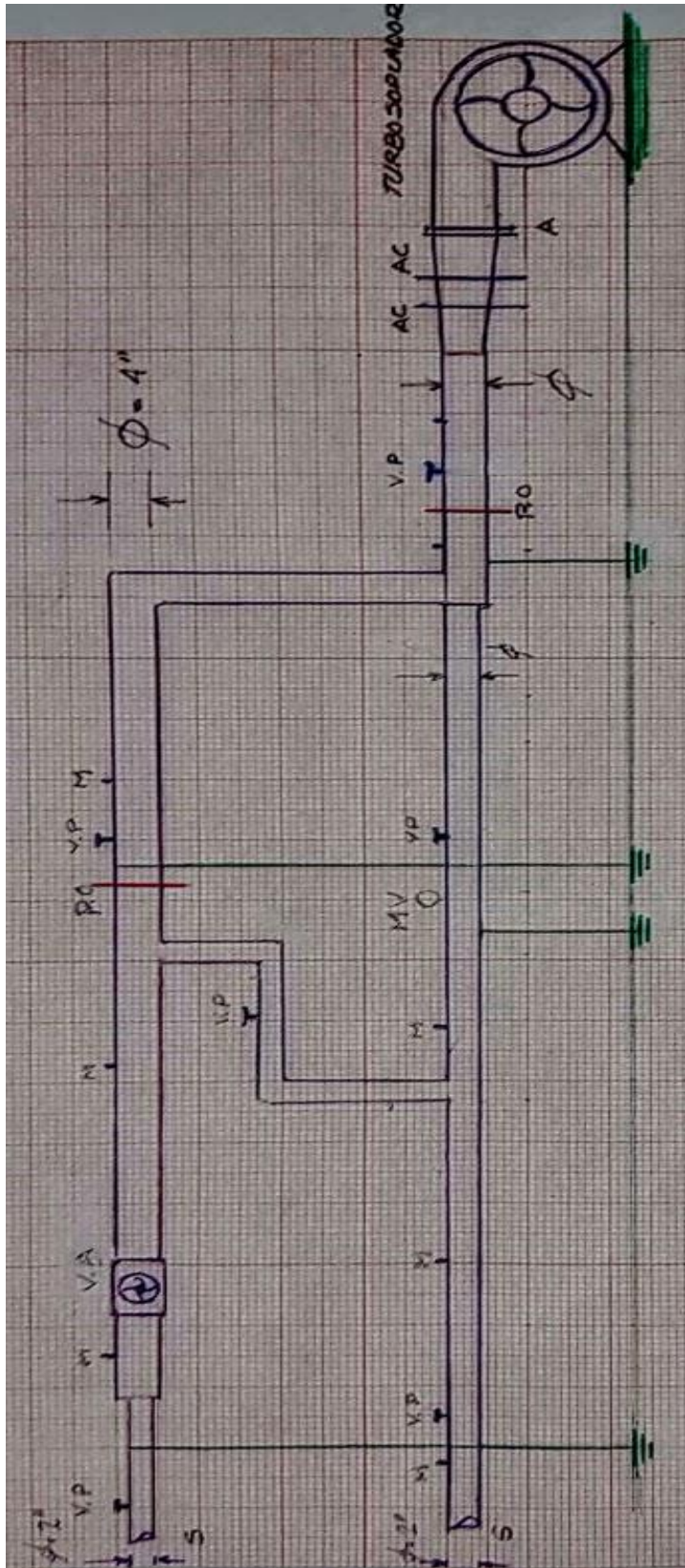
Temperatura ambiente:

La temperatura ambiente es la que está comprendida entre las temperaturas que la gente prefiere para lugares cerrados, Representa el rango en el cual el aire no se siente ni muy frío ni muy caliente. La temperatura normal del medio ambiente en lugares cálidos es usualmente tomada de 20 a 25°C

Puertos de tomas de muestras de aire:

Son las puntas que se encuentran colocadas a cierta distancia respetando diseño original de la ruta de la tubería y se posicionaron perpendicularmente a ella de tal manera que podamos conectar y desconectar las mangueras para su toma rápida de lectura al momento de circular el caudal de aire por ese punto en específico.

Diagrama del SPPSy P.



VP= Válvula de paso.

M= Puntos de toma de muestra del fluido.

VA= Ventilador Auxiliar.

PO= Placa de Orificio.

MV= Medidor de flujo Vortex.

A= Acoplamiento.

AC= Arillos de cobre. (muestreo)

≡ = Puntos de apoyo.

S= Descarga.

Φ =Diámetro 4".

ϕ =Diámetro 2".

ACCESORIOS:

ϕ Tubos: 4", y 2" cedula 80

Placas de orificio: D1: 0.9869" y D2: 0.7756"

Codos: a 90 grados 4" Cedula 80

Válvulas: tipo globo y tipo compuerta

Ventilador auxiliar: ver (Imagen 4)

Motor:



Fig.16 Motor eléctrico en azul; con sistema de transmisión de poleas 3 velocidades.

Voltaje de alimentación: 219,1 Volts

Corriente: 5.9 A

RPM: 1624 polea pequeña, 2142 polea y 2651 polea mayor

Turbo soplador:



Fig.17 Turbo soplador (naranja) acoplado al motor eléctrico en azul.

Detalles de los alabes y del turbo soplador.

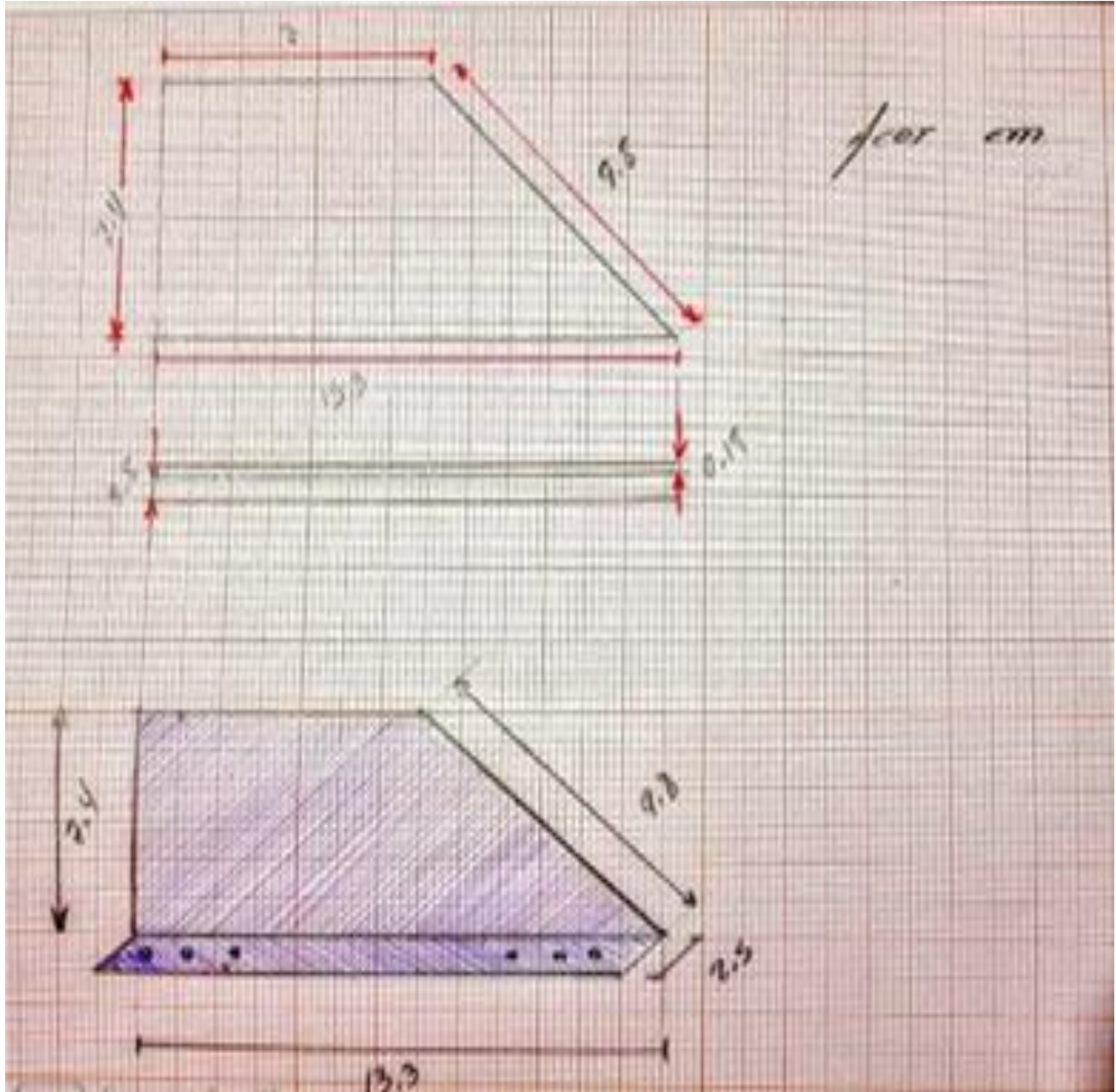


Fig.18 detalle de los alabes del turbo soplador acot. en cm.

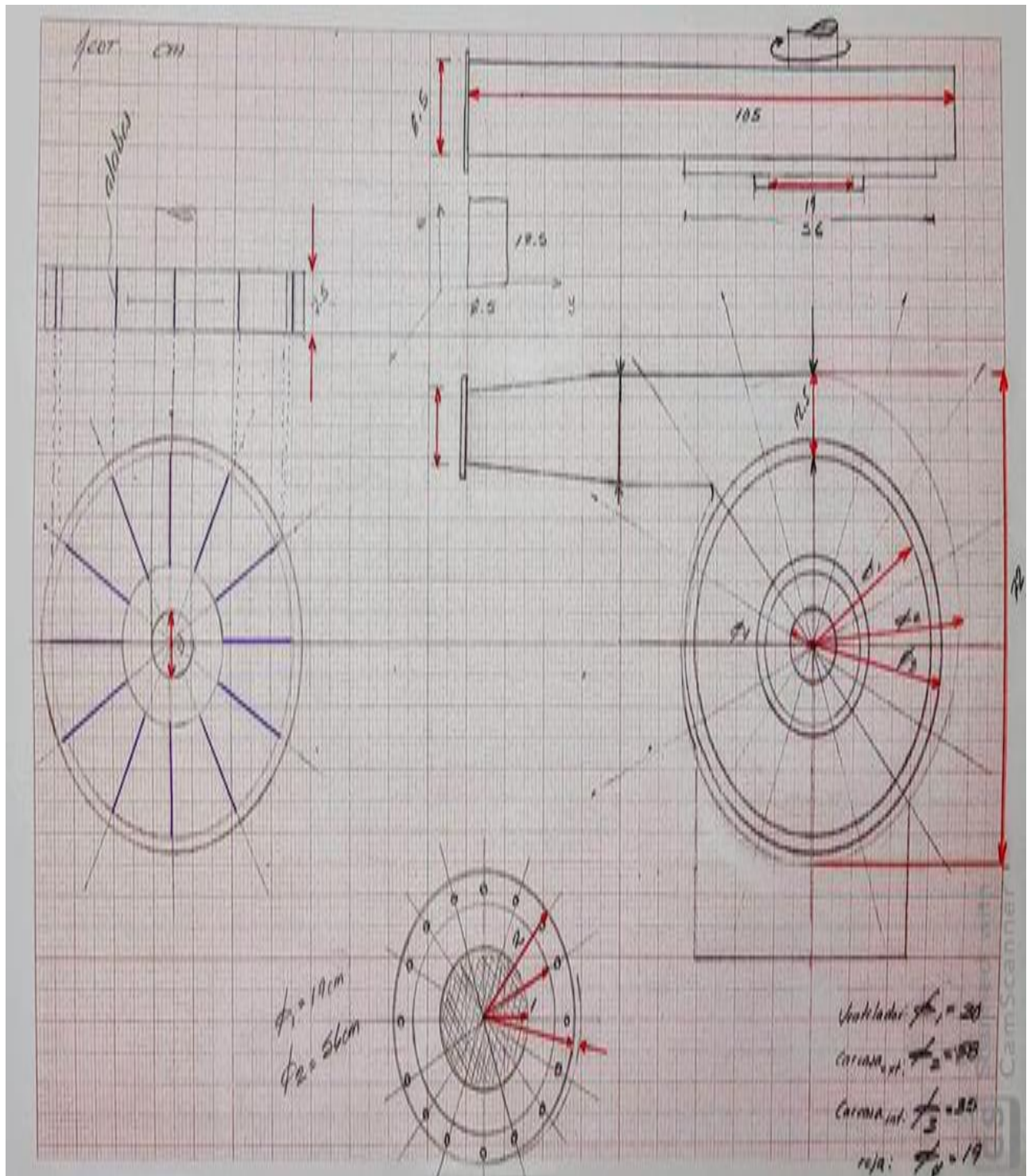


Fig.19 Dimensiones soplador (acot en cm)

Conclusiones del proyecto

- Inicio la propuesta de las practicas sugeridas en el Simulador, por el Dr.Jorge Luis Naude de la Llave las cuales se aplicaran a los practicantes en ciclos corrientes y posteriores.
- Concluimos la fase de pruebas,de las cuales son sugeridas diversas practicas didacticas.asi mismo me pongo a su disposicion, para dar una clase practica de su uso y mantenimiento,en cuanto sea necesario.
- Concluyo el proyecto con la construccion,fijacion(estructuras),puesta en marcha,calibracion,y nivelacion del aparato, asi como su manual de operación y mantenimiento en el tiempo planeado (agosto del 2019),sin embargo, si fuese necesario podria estar al pendiente de su operación en tiempo prudente para capacitar a los profesores que impartiran su practica en el Simulador.



3 diferentes vistas del SPPSyP

Referencias bibliográficas:

- S&P. (2017). *Ventiladores centrífugos: tipos y características*. Recuperado el 27 de octubre de 2019

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventiladores-centrifugos/>

- EMMSA (s.f.) *Tubería de PVC cedula 80*. Recuperado el 27 de octubre de 2019 en:

<https://emmsa.com/admin/img/servicio-cliente/ft-tuberia-c80.pdf>.

- **Mecánica de fluidos**. Teoría con aplicaciones y modelado. Alejandro Zacarias Santiago, Justino González López, Andrés Granados Manzo, Antonio Mota Lugo. Ed patria 2017 IPN.
- **Marks Manual del Ingeniero Mecánico Vol. I, II, y III**. Aut.Theodore Baumeister, Eugene A. Avallone, Octava Edición en Español. Mac Graw Hill 1989. Barderas, A.V. (2002).
- **Flujo de fluidos**. México: Facultad de Química UNAM.
- **Mataix, C.** (1986). *Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas*. Madrid: Ediciones Castillo.
- **Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Pérez, R.M. (2010).



Agradecimientos:

Por amor a la **Universidad Nacional Autónoma de México** y el agradecimiento a mis Profesores y Compañeros que incondicionalmente me apoyaron y asesoraron en el desarrollo de este material didáctico, al Dr. Rafael Chávez Martínez por su apoyo incondicional, en la elaboración paso a paso de este proyecto, que servirá para apoyar a los a los alumnos que estudiamos en Facultad de Ingeniería UNAM, dedico este material didáctico, y que dejo al servicio de quien lo pudiera utilizar y aprender de mi trabajo. Lo pude realizar de manera precisa bajo la tutela y dirección, del Dr. Jorge Luis Naude de la Llave, a quien le debo mi más respetuoso reconocimiento, agradecimiento y lealtad.

Dr. Jorge L. Naude de la Llave

Oscar Ramón Zepeda Estrada

Asesor

Alumno

Ciudad Universitaria a 17 de febrero del 2020.