



G- 605425
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



PRACTICAS DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA

APUNTE 223

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



G.- 605425

JOSE L. DE LA MORA REAL
ROBERTO RINCON GUTIERREZ

DIVISION DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE FLUIDOS Y TERMICA

FI/DIME/84-037

4. De los informes de las prácticas

- 4.1 Los informes de las prácticas deberán ser presentados en hojas tamaño carta con letra legible y perfectamente engrapadas.
- 4.2 La portada de los informes deberá traer los siguientes datos: materia, número del grupo de laboratorio, horario, número de brigada, número de práctica, fecha en que se realizó, nombre del maestro y de cada uno de los integrantes de la brigada.
- 4.3 Los informes deberán entregarse a más tardar al realizar la práctica siguiente no aceptándose después de ésta.

5. De las calificaciones

- 5.1 La calificación obtenida en la práctica del laboratorio se tomará en cuenta para poder acreditar la teoría.
- 5.2 Se deberá acreditar el 60% de las prácticas para poder tener derecho a presentar el examen final del laboratorio.
- 5.3 Es requisito indispensable acreditar el examen final del laboratorio para promediar la calificación obtenida en las prácticas y así obtener la calificación final.

6. De los proyectos

7. De las sanciones

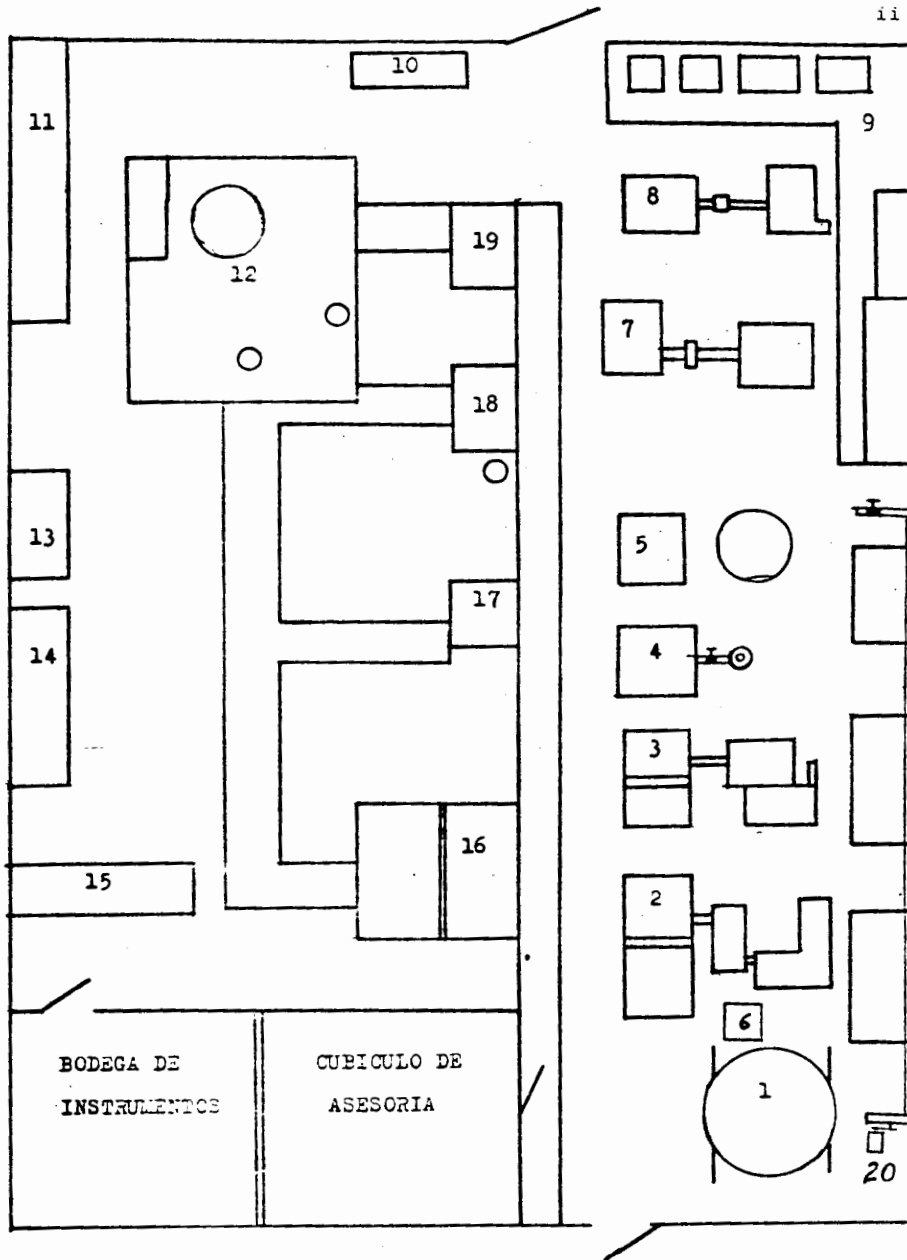
- 7.1 El infractor al reglamento será objeto de una llamada de atención, si reincide se le expulsará de la práctica correspondiente y se le anulará. La persona que acumulará dos expulsiones será dado de baja del laboratorio.
- 7.2 Los alumnos que con su comportamiento pongan en peligro el equipo, su seguridad o la de sus compañeros será expulsado definitivamente de el laboratorio.
- 7.3 La persona que sea sorprendida robando algún material de los alumnos o del laboratorio será consignado a las autoridades Universitarias.

DIAGRAMA DEL LABORATORIO. SIMBOLOGIA

1. Experimento de Reynolds
2. Bomba centrífuga de flujo radial
3. Bomba centrífuga de flujo mixto, con flecha horizontal
4. Bomba centrífuga de flujo mixto para un pozo profundo
5. Bomba centrífuga de flujo axial
6. Sistema para probar el golpe de ariete
7. Bomba de pistones
8. Bomba de engranes
9. Conjunto de bombas seccionadas
10. Prototipo de turbina Pelton
11. Tableros de control para las bombas que alimentan el tanque de carga constante, turbina Pelton y Kaplan y flujo de aire para pérdidas por fricción
12. Bombas para el tanque de carga constante
13. Compresor de aire
14. Pruebas hidrostáticas
15. Turbosoplador
16. Chiflón
17. Turbina Pelton
18. Turbina Kaplan
19. Turbina Francis
20. Turbosoplador para pérdidas en tuberías y accesorios

DIAGRAMA DEL LABORATORIO

ii



FORMATO DE LA PORTADA DEL INFORME

FECHA DE ENTREGA _____ MATERIA _____

DIA Y HORARIO _____

BRIGADA NUMERO _____ PRACTICA NUMERO _____

GRUPO _____

INTEGRANTES DE LA BRIGADA: _____

PARA MAYOR FACILIDAD LEE CUIDADOSAMENTE TODO EL INSTRUCTIVO ANTES DE INICIAR EL CURSO.

LAS PREGUNTAS CON ASTERISCO DEBEN ENTREGARSE DESPUES DE EFECTUADA LA PRACTICA, JUNTO CON EL INFORME DE LA MISMA.

INSTRUCCIONES PARA EL USO DE INSTRUMENTOS DE MEDICION

Cualquier daño causado por los alumnos será repuesto por los mismos, por lo tanto, revise al recibir los instrumentos, su buen estado; en caso contrario, repórtelo de inmediato.

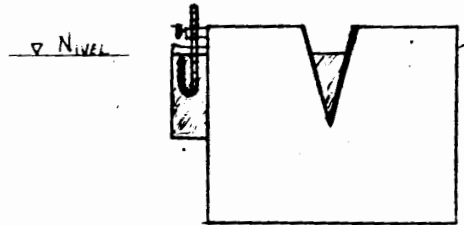
Cronómetro

Este tiene dos perillas; úsese únicamente la superior; todo el recorrido de la carátula abarca 30 seg.; la indicación de minutos está en la carátula pequeña. Manéjelo con cuidado, evite golpearlo para no dañar su mecanismo.

Limnómetro

Este aparato sirve para medir profundidades y en combinación con el vertedor podemos medir o aforar el gasto de la turbomáquinas del laboratorio.

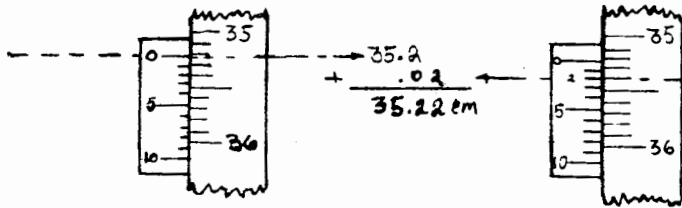
Cada bomba centrífuga tiene un vertedor que obedece una ley y el único dato requerido para saber el gasto es precisamente la altura del nivel, misma que mide este aparato



Posee pues una escala en cm con un Vernier. Una vez fija cierta abertura de la válvula, se espera a que el flujo sea estable o

sea que la punta del aparato "no se la coma" el nivel del agua. El gancho debe estar totalmente sumergido y solo debe salir apenas la punta.

Entonces se realiza la medición; primero se lee la escala de la barra grande hasta el cero del Vernier, dándonos dos cifras enteras y una decimal, después se busca en la escala del Vernier (del 1 al 10) cuál raya coincide con alguna del lado de la barra y así poder dar la otra fracción decimal, o sea que la lectura deberá darse con dos cifras enteras y dos cifras decimales.



El Limnómetro tendrá una "tara" indicada que deberemos descontar de la lectura obtenida; si no existe alguna indicación, ésta deberá tomarse como cero. Para fines de cálculo deberá traducirse la lectura de cm a metros para introducirla en la fórmula correspondiente y obtener el gasto en m^3/seg .

No haga caso de una segunda escala que existe a la izquierda de la escala pequeña del Vernier.

Tubo de Pitot

Aparato de medición para determinar velocidades de los fluidos. Para el caso del agua, éste se encuentra dentro de la boquilla que se coloca a la salida del chiflón y la recomendación que hacemos es de que se purge la manguera que lleva la señal de presión, además de verificar que ésta no tenga obstrucciones como pueden ser: alguna basura ó algún dobléz de la manguera. Para el

caso de medición de aire, es importante que el tubo esté paralelo a las líneas de corriente y mantenerlo firme y un poco se parado de la boca de salida.

Vertedor

Mide el gasto en función de la altura alcanzada por el líquido sobre el vértice del vertedero. Existen varias fórmulas para calcular el gasto dependiendo del tipo de vertedor y el acabado del mismo.

Psicrómetro de honda (Cuando el higrómetro no está fijo)

Satúrese la mecha, cúbrase el bulbo con agua a la temperatura ambiente; después gírese el instrumento por 15 o 20 segundos, sosteniéndolo lejos del cuerpo. Párese y léase la t_{bh} ; entonces repítase la operación de girarlo hasta que dos o más lecturas del termómetro de bulbo húmedo concuerden con la más baja indicación obtenida. La mecha debe mantenerse perfectamente limpia y completamente saturada, para asegurar la indicación precisa.

Si las temperaturas son menores de 10°C , conviértase a $^{\circ}\text{F}$ y utilice las tablas correspondientes.

A temperaturas abajo de 0°C , no hay capilaridad del agua, por lo tanto moje directamente el bulbo y ya que se haya formado una capa de hielo haga circular una corriente de aire. La exactitud no es tan buena como cuando se trabaja a temperaturas positivas.

Estroboscopio

Se utiliza para ver de manera estática un objeto en movimiento cíclico. Por ejemplo, dispositivos giratorios y oscilantes. El estroboscopio da destellos a determinada frecuencia, que se

puede ajustar mediante una perilla. Así, cuando la frecuencia del destello coincide con la del aparato en movimiento, la imagen en la retina del ojo aparece como estática y entonces es posible visualizar un fenómeno que de otro modo sería imposible apreciar.

Manómetros

Deben fijarse cuidadosamente en las unidades que están indicadas en los mismos, tanto en el rango de presión positiva, como negativa.

Medidor de gasto

En las tuberías de admisión de las turbinas Kaplan y Pelton existe un Venturi por medio del cual se lleva la señal a un transductor que dará el gasto directamente en una carátula graduada en litros/seg.

Es necesario purgar el venturímetro antes de tomar las lecturas.

La purga consiste en dejar salir el aire existente en la tubería, aflojando los tornillos que dicen "purga" en la parte posterior del transductor, con la palanca que hay en el costado bajada. Después de 20 segundos, apriete de nuevo los tornillos y suba la palanca lateral para empezar a tomar lecturas.

Termómetro

Existen en el Laboratorio de dos tipos: Los de mercurio, con un rango de temperaturas de -20 a 110°C ; y el de carátula, entre 0 y 100°C . Integrado al termómetro se tiene una escala que mide la humedad relativa (aguja roja).

Higrómetro

Tipo Mason; que consta de dos termómetros de mercurio, uno de

ellos tiene el bulbo enfundado en una mecha, que se introduce en un frasco para que, por capilaridad, se mantenga húmedo. Importante llenar el recipiente con agua destilada, lávese frecuentemente. Para exactitud en las lecturas, cuando el higrómetro está fijo, debe hacerse circular una corriente de aire, ya sea con un abanico o con un ventilador durante un minuto o más e inmediatamente tomar la temperatura de bulbo húmedo (t_{bh}) y luego la de bulbo seco (t_{bs}).

Para conocer la humedad relativa al ambiente (ϕ), se entra en las tablas con la t_{bh} y la t_{bs} ; en la intersección del renglón y la columna correspondiente se localiza la humedad relativa.

Tacómetro

Los que poseemos en el Laboratorio son de tipo manual, con carátula y con tres rangos de velocidades: de 40 a 500 rpm; 400 a 5,000 y 4,000 a 50,000 rpm. Estos rangos se fijan mediante un disco y para las mediciones que se efectúan aquí el rango indicado es de 400 a 5,000 rpm. Si desconoce por completo la velocidad a medir, ponga siempre el rango más elevado y sucesivamente vaya disminuyendo hasta lograr el adecuado.

Antes de aplicar el tacómetro a la flecha motriz, debe acoplarsele a su extremo un adaptador de hule. Debe tener cuidado de no maltratarlo y al efectuar las mediciones no debe ejercer demasiada presión contra la flecha, para evitar la destrucción rápida del hule. El tacómetro indica correctamente la velocidad con tan solo hacer contacto suavemente con la flecha.

Los tacómetros así mismo, tienen una pequeña flecha con extensión y una rueda, para medir velocidades lineales en bandas; estos accesorios usualmente no se usan en las prácticas que se realizan aquí.

Piezómetros

Estos son los dispositivos más simples para medir presiones y consisten esencialmente de un tubo o manguera en forma de "U", que se conecta por un lado de la sección en la que se quiera medir la presión. En general tienen un líquido de diferente peso específico al que se va a medir, para aumentar o disminuir la diferencia de alturas en las columnas, según se requiera. En algunos casos el piezómetro es sólo un tubo vertical en el cual el nivel a que llega el mismo líquido que se maneja nos da la presión (expresada en unidades de longitud de la columna del fluido). En todos los casos se debe tener la precaución de revisar cuidadosamente los piezómetros para evitar que contengan burbujas de aire dentro de la columna de líquido y si esto sucede, purgarlos, esto es, sacarles dichas burbujas.

Báscula

Aun cuando todos las conocen, las lecturas deben hacerse tomando el número de kilogramos indicado en la ventanilla próxima anterior a la fracción que indica la aguja (en sentido contrario al de la aguja indicadora de la báscula).

PRACTICA 1-6

PERDIDAS POR FRICCIÓN

OBJETIVO

Determinación experimental de las pérdidas por fricción en una tubería; utilización del diagrama de Moody; conceptos de rugosidad, rugosidad relativa, número de Reynolds y del coeficiente de fricción.

GENERALIDADES

La ecuación de Bernoulli modificada permite considerar las pérdidas de energía por unidad de peso del fluido ocasionadas por la fricción en las paredes de un conducto. Dichas pérdidas se pueden expresar mediante la fórmula de Fanning:

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g} \quad (1)$$

donde:

- f = coeficiente de fricción
- L = longitud de la tubería en m
- D = diámetro de la tubería en m
- V = velocidad del fluido en m /seg.
- g = aceleración de la gravedad en m /seg².

Se tiene en el laboratorio una instalación que consta de un turbosoplador, un tramo de tubería de 15m. de longitud y 10cm. de diámetro, un tramo de tubería de 2m. de longitud y 5cm. de diámetro, dos codos de 90° normal, una reducción campana de 10 a 5cm. de diámetro, una válvula de compuerta de 5cm, de diámetro, un tubo de Pitot a la salida del aire, además de piezómetros colocados a lo largo de la instalación con el objeto de observar dichas pérdidas y poder realizar los cálculos correspondientes. (Ver figura No. 1.6.1.

INSTALACION

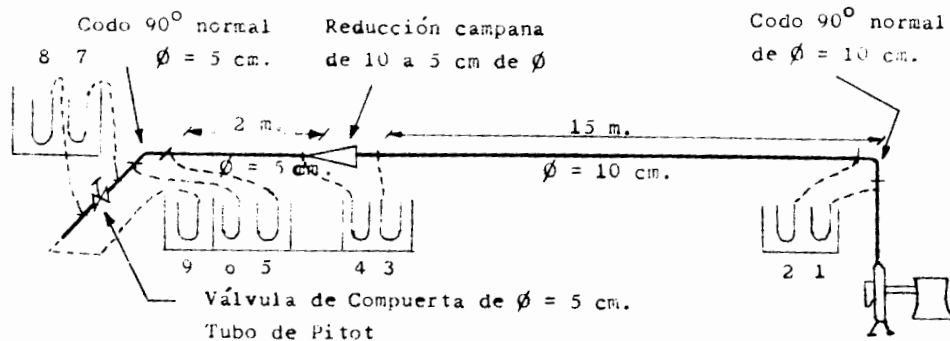


Fig. No. 1.6.1

PROCEDIMIENTO

1. Asegúrese de que la válvula de control esté totalmente abierta. Esta se encuentra al final de la instalación.
2. Con la válvula totalmente abierta, tómense las lecturas de todos los piezómetros sobre la tubería y al final del ducto, mida la velocidad de salida con ayuda del tubo de Pitot, asegurándose que dicho tubo esté paralelo a las líneas de corriente del flujo de aire.
3. Haga cuatro diferentes graduaciones de la válvula de control hasta una cercana al cierre total (NUNCA CIERRE TOTALMENTE LA VALVULA)
4. Sabiendo que es aire el fluido en la tubería, calcule el número de Reynolds para cada velocidad y con el diagrama de Moody determine f .

5. Calcule h_f (pérdidas por fricción) con ayuda de la fórmula (1) para las diferentes lecturas.
6. Llene una tabla de resultados como se muestra en la figura No.
7. Para determinar la densidad del aire, usamos la ecuación de estado.

TABLA DE DATOS

Valv.	L_{s1}	L_{i1}	L_{s2}	L_{i2}	L_{s3}	L_{i3}	L_{s4}	L_{i4}	L_{s5}	L_{i5}	L_{s6}	L_{i6}	L_{s7}	L_{i7}	L_{s8}	L_{i8}	L_{s9}	L_{i9}	
Abert.	cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm		cm		
Total																			
3/4																			
1/2																			
1/4																			

La ecuación de estado de los gases ideales es:

$$\frac{P}{\rho} = R T \quad (2)$$

donde:

P es la presión de descarga absoluta ($P = P_d + P_{atm}$) en N/m^2 ;

ρ es la densidad del aire;

R es la constante del aire = $287.5 \text{ Nm/kg } ^\circ\text{K}$;

T es la temperatura absoluta ($^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273$).

Conocida la densidad obtenemos:

$$W = \rho g \quad (3)$$

de (3) obtenemos la velocidad

$$V = \sqrt{2g \frac{W_{\text{agua}}}{W_{\text{aire}}} H} \quad \text{din} \quad (4)$$

8. Para determinar las pérdidas energéticas (caída de presión) a través de accesorios tales como codos, válvulas, reducciones, etc., se efectúa mediante la fórmula

$$h_k = k \frac{V_m}{2g} \quad (5)$$

donde:

- h_k son las pérdidas de energía en accesorios;
 k es la constante de cada accesorio (ver tablas en libros)
 V es la velocidad del fluido
 g es la aceleración de la gravedad

EL INFORME COMPRENDE:

1. Memoria de cálculo
2. Tabla de resultados como se muestra en la figura No.
3. Conclusiones y observaciones ¿Por qué son diferentes el valor calculado y el valor determinado experimentalmente de h_f ?
4. Respuesta al cuestionario adjunto.

BIBLIOGRAFIA

1. Giles, V.R., Mecánica de los fluidos e hidráulica, Mc Graw Hill, Bogotá,
2. Mataix, C., Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Harper and Row, New York, 1970
3. Shames, L.H., La mecánica de los fluidos
4. Streeter, V., Mecánica de los fluidos

TABLA DE RESULTADOS

Lec.	Experimento		$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$		Experimental			$h_f = K \frac{V^2}{2g}$						Experimento		Teórico		Valv.		Codo	Reduc.		
	$h_{f_{2-3}}$	$h_{f_{4-5}}$	$h_{f_{2-3}}$	$h_{f_{4-5}}$	Δh_{1-2}	Δh_{3-4}	Δh_{5-6}	Δh_{1-2}	Δh_{3-4}	Δh_{5-6}	$V_{\phi=10}$	$V_{\phi=5}$	Q	f_{2-3}	f_{4-5}	2-3	4-5	Re_{2-3}	Re_{4-5}	K	K	K	
1																							
2																							
3																							
4																							

- 5 -

CUESTIONARIO

1. Explique la ecuación de Poiseuille y su utilidad práctica.
2. Por qué el número de Reynolds crítico superior es indeterminado?
3. Qué se entiende por pérdidas primarias y qué por pérdidas secundarias?
4. Qué nos indica la ecuación de Darcy y Weisbach?
5. Qué es y para que nos sirve el Abaco de Moody?
6. Respecto al coeficiente adimensional de pérdida de carga f :
 - a) De qué variables es función en el caso general?
 - b) Si la longitud y el diámetro permanecen constantes a qué es directamente proporcional la pérdida h_f ?
7. Dibuje microscópicamente el perfil de una tubería y en ella indique cuál es la rugosidad y como se determina ().
8. Describa la ecuación de Colebrook-White y su importancia.
9. Exprese la rugosidad absoluta en mm. de los tipos de tubería indicados:
 - a) Tubería de acero soldada nueva _____
 - b) Tubería de acero soldada oxidada _____
 - c) Tubería de fundición nueva _____
 - d) Tubería de fundición oxidada _____
10. Indique los dos métodos existentes para el cálculo de pérdidas primarias en una tubería
11. En qué casos las pérdidas secundarias son de mayor importancia que las pérdidas primarias?
12. Qué métodos existen para determinar pérdidas secundarias?
13. Dibuje aproximadamente la curva del coeficiente K en una válvula de mariposa para una abertura de 0° a 50° .
14. De la expresión general de la suma de pérdidas primarias y secundarias, considerando "n" accesorios.
15. Utilizando el método de longitud equivalente, calcule la pérdida " h_p " que produce una válvula de globo de diámetro interior de 4 pulgadas, si se encuentra pasando un caudal de 60 litros/seg. (acero comercial).

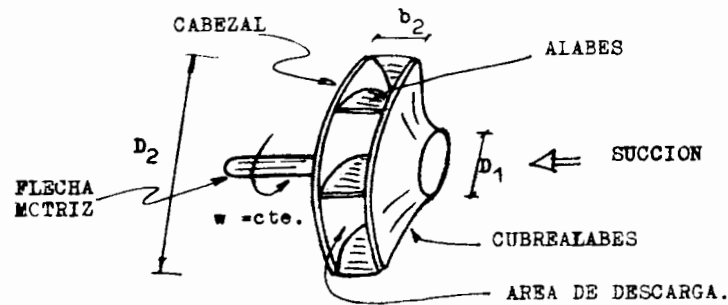
PRACTICA 2.1

BOMBA CENTRIFUGA DE FLUJO RADIAL

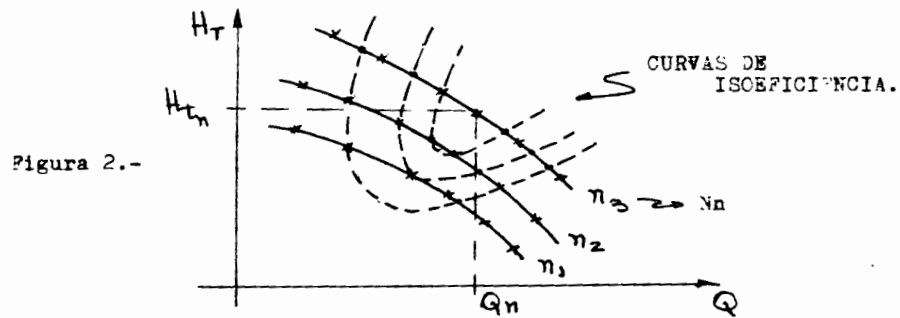
OBJETIVO. Conocimiento de las partes principales de este tipo de máquina; principio en que se apoya su funcionamiento; la ecuación de Euler; de como el fluido sufre transformaciones energéticas a partir de la energía cinética comunicada al fluido por el impulsor a energía de presión obtenida a través de la carcasa de la bomba; el concepto de cebado; presión de succión; presión de descarga; carga total desarrollada por la bomba, diferenciándola de la altura física a la que se encuentra la descarga. Comparación en cuanto a dirección de flujo a manejar con la bomba de flujo mixto. Curvas características, usos y rango de operación. Determinación de la velocidad específica tipo.

OBTENCION DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE LA BOMBA.

En la figura 1 se muestra un impulsor, en el que se indican sus componentes principales.



Supóngase que ya ha sido seleccionada una cierta bomba y que la mantenemos operando a una cierta velocidad angular constante (n); entonces si variamos la abertura de la válvula de control generamos la curva de gasto. Observamos que la bomba puede operar en cualquier punto de esa curva de gasto. Si variamos la velocidad angular nuevamente de n a n y repetimos el proceso, obtendremos otra curva de gasto. Siguiendo el mismo procedimiento generaremos tantas curvas de gasto como diferentes velocidades angulares ensayemos para el impulsor de diámetro constante. Ver figura 2.



Una vez graficadas las curvas de gasto en el plano H_T - Q , el siguiente paso consiste en calcular las eficiencias para diferentes puntos localizados sobre dichas curvas de gasto, anotando a cada uno su valor correspondiente. A continuación por medio de curvas se unen los puntos de igual eficiencia ó interpolando entre los que no se tengan. De esta manera obtenemos las Curvas de Isoeficien-

cia, con las cuales por simple inspección del diagrama, se puede determinar la zona de máxima eficiencia y por consiguiente el punto normal de operación (donde la eficiencia alcanza el máximo maximorum que determina a H_{tn} , Q_n y N_n ; carga, gasto y velocidad angular normales de operación respectivamente). La combinación de H_{tn} , Q_n y N_n en un parámetro adimensional nos da como resultado, la obtención de la velocidad específica tipo (N_s) de esa bomba y que se expresa: (véase la referencia 3).

donde: N_n está en RPM.

Q_n está en GPM.

H_{tn} está en FT.

$$N_s = \frac{N_n \sqrt{Q_n}}{H_{tn}^{3/4}}$$

y es para las condiciones a que fué diseñada esa bomba, porque a esa N_s desarrolla su máxima eficiencia.

NOTA. El que usemos unidades inglesas es porque la mayoría de las bombas en México son de diseño norteamericano y las especificaciones y curvas características vienen expresadas en ese sistema.

SECUENCIA EN EL LABORATORIO

1. Se hace funcionar la bomba por medio del arrancador de consola y se ceba si es necesario.
2. Fijar una velocidad angular con ayuda de un tacómetro, moviendo el maneral del motovariador. MOVERLO SOLO CUANDO LA BOMBA ESTE FUNCIONANDO. (El rango de velocidades para esta bomba es de 800 a 1400 rpm. Ver la relación de engranes, en la placa de la bomba, para determinar su velocidad real).
3. Ya que se ha fijado la velocidad angular, cerrar totalmente la válvula de control (NO DEBE PERMANECER ASI MAS DE UN MINUTO) y se hacen las lecturas de presión de descarga (pd), presión de succión (ps), y potencia al freno o consumida por la bomba (pf). En este punto no es necesario leer la altura del limnómetro, pues to que si la válvula está totalmente cerrada, se entiende que el gasto Q es nulo.
4. Sin variar la velocidad angular y a partir de pd a válvula cerra

da (máxima p_d), varíe la abertura de la válvula, viendo el manómetro de descarga, para espaciar las diversas aberturas cubriendo el rango desde mín. a p_d max. (Tome varias lecturas cercanas a p_d máxima). Por Ej. Con la válvula totalmente abierta medimos la presión (p_d), enseguida cerramos totalmente la válvula y medimos nuevamente la presión (p_d). Este rango lo dividimos entre seis, que son las lecturas que queremos. Lea p_d , p_s , p_f , y h_{lim} . Si tiene duda pregunte. DEBEN HACERSE SEIS LECTURAS COMO MINIMO.

5. Una vez que la válvula está totalmente abierta se cambia la velocidad angular y de nuevo vuelven a hacerse los pasos tres y cuatro PARA TRES VELOCIDADES ANGULARES.

EL ALUMNO DEBERA CALCULAR.

- a) El gasto Q en m^3/s ; $Q = 0.67 h^{2.75}$; donde $h=h_{lim}$. Tara en m.
- b) Carga total desarrollada por la bomba en $m(H_t)$. Y la potencia hidráulica de la bomba (ph).
- c) La eficiencia en %.
- d) La velocidad específica tipo (N_s), sólo para el punto de la máxima eficiencia.
- e) La velocidad normal de operación (N_n), la carga normal de operación (H_{tn}) y el gasto normal de operación (Q_n).

EL INFORME COMPLETO DEBE INCLUIR LO SIGUIENTE:

1. Memoria de cálculo ó de la secuencia de ecuaciones utilizadas, anexando algunos cálculos numéricos.
2. Curvas características (H_t-Q) y de Isoeficiencia.
3. Tabla de resultados
4. Dibujo de un impulsor de una bomba centrífuga radial
5. Aplicaciones de este tipo de bombas
6. Conclusiones obtenidas a partir de la propia práctica, que incluye la comparación con las bombas de las cuales ya haya hecho la práctica. Mínimo media cuartilla.

RESUELVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es la ecuación fundamental de las turbomáquinas?
2. ¿Por qué esta bomba se considera dentro de las rotodinámicas?
3. ¿Según qué parámetros se hace la clasificación de las bombas rotodinámicas?
4. Explique detalladamente y con sus propias palabras por qué sube el agua del nivel inferior del tanque, al ojo del impulsor.
5. Para el análisis de la bomba es necesario saber en donde se considera la entrada y en donde la salida de la misma. Analice la instalación y deduzca estos puntos (1) y (2)
6. Dibuje tres secciones de voluta de uso común.
7. De la expresión de altura manométrica ó carga total (Ht)

$$H_m = H_t = \frac{p_d - p_s}{\rho} + z_d - z_s + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2} - \frac{1}{g}$$

Cuales son las consideraciones más comunes para poder eliminar varios términos y quedar $H_m = \frac{p_d - p_s}{\rho}$.

¿Qué precauciones se deben tener al descartar esos términos?

8. Describa los tipos de pérdidas volumétricas que existen y diga qué dispositivos se usan para reducir o eliminar las pérdidas volumétricas exteriores.
9. ¿Qué es el cárcamo en un sistema de bombeo y cuál es su función?
10. Exponga las aplicaciones de un impulsor abierto y otro cerrado.
11. Qué es la CNSP (NSPH)? Ayúdese de un diagrama para explicarla.
12. ¿Cómo afecta la ASNM en la instalación de un sistema de bombeo?
13. ¿Qué es cebar una bomba y qué equipo hace que a una bomba se le denomine autocebante?

BIBLIOGRAFIA SELECTA

1. Mataix, C., Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Harper-Row, New York, 1970.
2. Russell, and G.E. Hidráulica, CECOSA, México, 1974.
3. Viejo Zubizaray, M., Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones, México. Limusa, 1972.

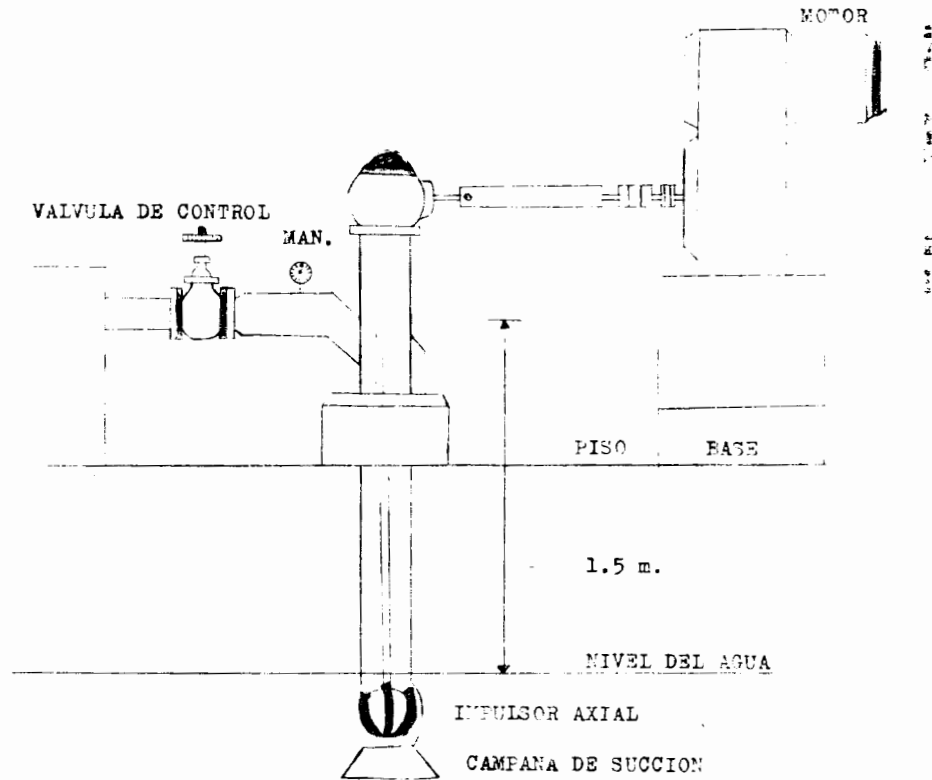
PRACTICA 2-2

BOMBA VERTICAL DE FLUJO AXIAL

OBJETIVO.

Conocer el funcionamiento de éste tipo de bombas y sus partes principales; determinar sus curvas características y familiarizarse con su modo de empleo; localizar el rango normal de operación y su velocidad específica tipo, N_s .

DIAGRAMA DE LA INSTALACION EN EL LABORATORIO



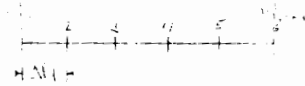
NOTA: Rango de operación: 800-1400 rpm.

- Instrumentos auxiliares para la realización de la práctica: tacómetro y lámpara de C.D.

SECUENCIA EN EL LABORATORIO

1. Se hace funcionar la bomba por medio del arrancador de consola asegurándose que la válvula de control (descarga) este abierta.
2. Fijar la velocidad angular con ayuda de un tacómetro, moviendo el maneral del motovariador. Moverlo solo cuando la bomba esté funcionando.
3. Ya que se ha fijado una velocidad (Rango de 800-1400 rpm) abrir totalmente la válvula de control para obtener la presión mínima de descarga a esa velocidad. Haciendo las lecturas de presión de descarga (Pd), Potencia al freno (Pf) y altura del limnómetro (hLim), está última esperando un poco a que se estabilice el flujo.
4. Ya que se tomaron las lecturas a válvula abierta, ahora se procede a cerrar totalmente la válvula para obtener la presión máxima de descarga a la misma velocidad. NO DEBE PERMANECER ASI MAS DE UN MINUTO, haciendo las lecturas de Pd y Pf puesto que hLim = h tara para este punto.
5. Ahora que se tiene el rango total de Pd, se toman valores de Pd (Variando la abertura de la válvula y en cada abertura se tomaran las lecturas respectivas) de tal forma que se puedan hacer seis lecturas de los parámetros Pf, Pd y hLim para lo cual se procede de la siguiente manera:

$$\Delta Pd = \frac{Pd_{\max} - Pd_{\min}}{5}$$



- Pdmin + ΔPd = Pd₂
- Pd₂ + ΔPd = Pd₃
- ⋮
- Pd₅ + ΔPd = Pd_{max}

6. Una vez que se hicieron estas seis lecturas se varía la velocidad angular y se repiten los puntos tres, cuatro y cinco, se

hace para tres diferentes velocidades.

7. Concluida la práctica disminuya la velocidad angular al orden de las 900 rpm., y oprima el botón de paro.

EL ALUMNO DEBERA CALCULAR LO SIGUIENTE

- a) Presión de descarga (Pd) en Pascales. $\left(\frac{Nw}{m^2}\right)$
 b) Carga total desarrollada por la bomba (Ht) en metros.
 c) El gasto Q en m³/seg. (gasto $Q=0.558 h^{1.5}$ donde $h=h_{Lim}-h_{tara}$ y debe expresarse en metros). Esta relación se obtiene a partir de la forma trapecial del vertedor quedando exclusivamente en función de la altura del agua, midiéndose esta con el limnómetro que esta a un lado del vertedor.
 d) Con Ht y Q calcular la potencia hidráulica (Ph)
 e) La eficiencia (η) en %
 f) La velocidad específica tipo Ns

$$Ns = \frac{Nn \sqrt{Qn}}{HTN^{3/4}}$$

Nn = rpm
 Qn = gpm
 HTN= ft

EL INFORME COMPLETO COMPRENDE

- a) Memoria de cálculos, que consiste en todas las fórmulas o ecuaciones utilizadas en la práctica anexando algunas operaciones.
 b) Tabla de resultados
 c) Gráfica de curvas características en papel milimétrico (Ht contra Q)
 d) Determinación de velocidad, gasto y carga normales de operación y velocidad tipo, Ns.
 e) Dibujo de un impulsor de bomba centrífuga de flujo axial.
 f) Conclusiones obtenidas a partir de la propia práctica que incluye la comparación en otras bombas, si ya se realizaron esas prácticas, (mínimo 1/2 página de conclusiones).
 g) Aplicación de este tipo de bombas y sus curvas características
 h) Respuesta al siguiente cuestionario

CUESTIONARIO

1. Cuál es la diferencia entre una boma centrífuga y una bomba de desplazamiento positivo?
2. Mencione cuáles son las partes principales de la bomba
3. ¿Se Ceba?. Justifique su respuesta
4. Cuál es el rango de operación, en gasto y carga neta, de este tipo de bomba?
5. Cuál es el rango de rapidez (N_s) de este tipo de bombas?
6. En qué dimensiones se da el Q_n , N_s y la H_n para calcular la N_s de una bomba.
7. ¿Qué relación hay entre la N_s encontrada en el laboratorio y la encontrada con dstos de placa?
8. Si la bomba se hiciera trabajar a 2000 rpm., ¿Qué gasto, carga y potencia daría?. Use las ecuaciones de similitud, aplicándolas al punto de máxima eficiencia.
9. Determinar N_s tipo, busque en le sección de problemas del libro de bombas de Viejo Zubicaray, defina a qué tipo de impulsor corresponde y haga un esquema de él. Esta bomba tiene impulsor de hélice, si sus resultados no corresponden a éstos explique la razón.
10. ¿Qué es una bomba de foso seco y qué una de foso lleno?
11. ¿Mediante qué dispositivo se realiza el intercambio de energía cinética a energía de presión y de qué tipo es en este caso?
12. ¿Qué son los "pasos" en una bomba centrífuga?. Por qué en ocasiones se pone más de uno?

BIBLIOGRAFIA SELECTA

Mataix C., Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas
Harper-Row, New York, 1970.

Russell, and G.E., Hidráulica, CECSA, México, 1974

Viejo Zubicaray, M., Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones,
México. Limusa, 1972.

Igor Karassick, Bombas Centrífugas, CECSA, México, 1974

PRACTICA 2-3

BOMBA HORIZONTAL DE FLUJO MIXTO

OBJETIVO

Poder establecer: ¿Cómo funciona? ¿Qué partes la componen? ¿Dónde se usa? y determinar su comportamiento a diferentes velocidades de trabajo, variando, además el gasto y carga del sistema.

SECUENCIA EN EL LABORATORIO

1. Se hace funcionar la bomba por medio del arrancador de consola.
2. Fijar una velocidad angular con ayuda de un tacómetro, moviendo el maneral del motovariador. MOVERLO SOLO CUANDO LA BOMBA ESTE FUNCIONANDO.
3. Con la velocidad angular fija, de acuerdo con el rango (entre 1000 a 1500 rpm) se cierra totalmente la válvula de control (no debe permanecer cerrada más de 1 minuto totalmente cerrada) y se toman las lecturas de presión de descarga (pd), presión de succión (ps) y la potencia al freno ó consumida (pf). No es necesario leer el (limnómetro) por estar la válvula totalmente cerrada, no habrá gasto y sería nulo.
4. Sin variar la velocidad angular, con la presión de descarga máxima ó a válvula cerrada y la presión de descarga mínima ó a válvula totalmente abierta se hacen seis (6) divisiones y se toman las lecturas de pf, ps, pf y hlim, en cada una de ellas cerrando la válvula de control (espere un poco a que se restablezca el flujo de agua, cada vez que cierre la válvula) Se repite este punto para cada una de las divisiones con una misma velocidad angular.
5. Se vuelve a abrir la válvula totalmente, se cambia la velocidad angular y de nuevo vuelven hacerse las lecturas y los pasos 3 y 4 para tres velocidades angulares como mínimo.



¿COMO SE OBTIENEN LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA?

Supóngase que se ha seleccionado una bomba y mantenemos constante la velocidad angular (N), entonces al variar la abertura de la válvula de control generaremos la curva de gasto dando por resultado que la bomba puede trabajar en cualquiera de los puntos de esa curva de gasto.

Ahora supongamos además que cambiamos la velocidad angular de N_1 a N_2 , N_3 , etc, y repetimos el procedimiento anterior, entonces generaremos tantas curvas de gasto como velocidades angulares ensayemos para un diámetro constante.

El problema ahora consiste en obtener la zona en el plano ($Ht-Q$) que debe operar la bomba propuesta, para lo cual obtenemos la eficiencia cuyo valor se anota en la gráfica en el punto correspondiente a la (N) que corresponde esta eficiencia, uniendo todos los puntos de igual eficiencia o interpolando entre los que no se tengan, se obtienen las curvas de isoeficiencia, con las cuales, por simple inspección se puede determinar la zona de máxima eficiencia y por consiguiente el punto normal de operación (donde la eficiencia alcanza el máximo maximorum) que determina a H_{tn} , Q_n , y N_n , Carga, gasto y velocidad angular normales de operación respectivamente.

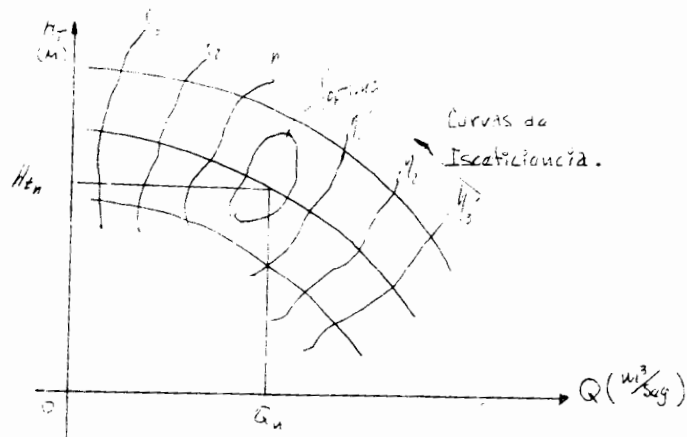
Combinando estos en un parámetro adimensional se obtiene la velocidad específica tipo (N_s) de esa bomba en particular y se expresa como:

$$N_s = \frac{N_n \sqrt{Q_n}}{H_{tn}} \quad N_n \text{ en rpm; } Q_n \text{ en gpm; } H_{tn} \text{ en ft.}$$

En las bombas de flujo mixto el flujo cambia de axial a radial. Son bombas para gastos grandes y cargas intermedias y la velocidad específica de los impulsores es mayor que en las de flujo radial.



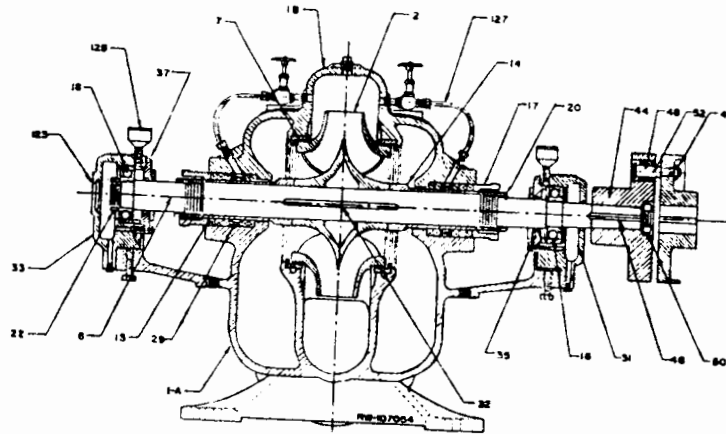
FACULTAD DE INGENIERIA



Las partes constitutivas de una bomba centrífuga (flujo mixto) dependen de su construcción y tipo, del libro del Instituto Hidráulico de los Estados Unidos de Norteamérica se han extractado y numerado las partes más usadas:

1: Carcaza (A: mitad superior; B: mitad inferior). 2: Impulsor.
 4: Propela. 6: Flecha. 7: Anillo de desgaste de la carcaza.
 8: Anillo de desgaste del impulsor. 9: Tapa de succión. 11: Tapa del Estopero. 13: Empaque. 14: Camisa de flecha. 15: Tazón de descarga. 16: Balero (inferior). 17: Prensa estopas. 18: Balero (exterior) 19: Soporte de balero. 20: Tuerca de la camisa. 22: Tuerca del Balero. 24: Tuerca del impulsor. 25: Anillo de desg. de la cabeza de succión. 27: Anillo de la tapa del estopero. 29: Jaula de sello. 31: Alojamiento del balero (inf). 32: Cuña del impulsor. 33: Alojamiento del balero (ext). 39: Buje del balero. 40: Deflector. 42: Cople (mitad motor) 44: Cople (mitad bomba). 46: Cuña del cople. 48: Buje del cople. 50: Tuerca del cople. 52: Perno del cople. 59: Tapa de registro. 68: Collarín de la flecha. 72: Collarín axial. 78: Espaciador del balero.

85: Tubo de protección de la flecha. 89: Sello. 91: Tazón de succión. 101: Tubo de columna. 103: Chumacera de conexión. 123: Tapa de balero. 125: Graseira de copa. 127: Tubería de sello.



EL ALUMNO DEBERA CALCULAR

- a) El gasto Q en $m^3/seg.$; $Q = 0.67 h^{2.45}$ donde h -hlim-tara en metros
- b) Carga total desarrollada por la bomba en m (H_t) y la potencia hidráulica de la bomba (Ph) en Kw .
- c) La eficiencia en $\%$
- d) La velocidad tipo (N_s) solo para el punto de máxima eficiencia
- e) La velocidad normal de operación (N_n) la carga normal de operación (H_{tn}) y el gasto normal de operación (Q_n)

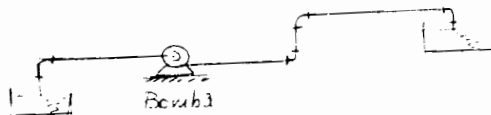
EL INFORME COMPLETO INCLUYE LO SIGUIENTE

- I. Memoria de calculo ó la secuencia de ecuaciones utilizadas, anxando algunos cálculos numéricos.
- II. Curvas características (H_t-Q) y de isoeficiencia en papel milimétrico.

- III. Tabla de resultados (como se piden al final de este)
- IV. Aplicaciones de este tipo de bomba
- V. Conclusiones obtenidas a partir de la propia práctica, que incluye la comparación con las bombas de las cuales ya haya hecho la práctica.

RESUELVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO

1. Expresese con sus propias palabras, el significado de altura manométrica.
2. Energéticamente ¿Qué significa bombear?
3. Describa el equipo mínimo que debe tener una instalación de una bomba centrífuga (como la ilustrada) para su correcto funcionamiento.
4. De la pregunta anterior cuál sería el Equipo adicional?



5. Cuál es el campo aproximado de velocidad específica (rpm,gpm, y Ht) para impulsores de flujo mixto?
6. Para qué rangos de carga y gasto se usan estas bombas?
7. Cuáles son las condiciones de servicio que afectan principalmente la selección del material para una bomba?
8. Indique los sólidos en suspensión que es capaz de manejar este tipo de impulsor y lo que significa "diámetro de esfera"
9. Defina la carga de succión y la elevación de succión.
10. Diga la clasificación de las bombas por el tipo de succión
11. Enliste las partes que constituyen el extremo que se encuentra sumergido en el agua.
12. Diga la clasificación de las bombas por el tipo de succión

BIBLIOGRAFIA SELECTA

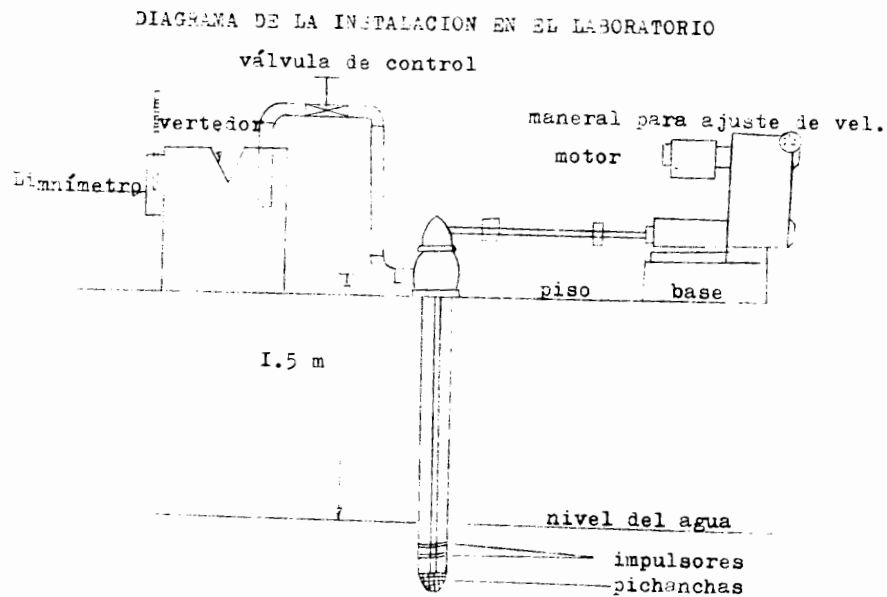
1. Mataix C. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas
Harper and Row, New York, 1970.
2. Viejo Z. M., Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones,
Limusa, México, 1972.

PRACTICA 2-4

BOMBA DE FLUJO MIXTO PARA POZO PROFUNDO

OBJETIVO

Conocer la operación de este tipo de bombas, así como sus partes principales (obsérvese el corte de esta bomba, al fondo del laboratorio); características debidas a su diseño de impulsores sumergidos; localizar su rango normal de operación y su velocidad específica tipo, N_s ; encontrar sus curvas características y cómo se usan; comparación con la bomba centrífuga de flujo radial.



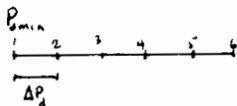
NOTAS:

- Rango de operación: 1000 a 1600 rpm
- Tomar la tara
- Instrumentos auxiliares: tacómetro y lámpara de corriente directa.

SECUENCIA A SEGUIR EN EL LABORATORIO

1. Se hace funcionar la bomba por medio del arrancador de consola asegurandose que la válvula de control (a la descarga) este abierta.
2. Fijar una velocidad angular con ayuda de un tacómetro, moviendo el maneral del motovariador. Moverlo solo cuando la bomba este funcionando.
3. Ya que se ha fijado una velocidad (rango de 1000 a 1600 rpm), abrir totalmente la válvula de control para obtener la presión mínima de descarga a esa velocidad. Haciendo las lecturas de presión de descarga (Pd), Potencia al frenado (Pf) y altura del limnómetro (hlim), ésta última esperando un poco a que se estabilice el flujo.
4. Ya que se han tomado las lecturas a válvula abierta, ahora se procede a cerrar totalmente la válvula para obtener la presión máxima de descarga a la misma velocidad, NO DEBE PERMANECER ASI MAS DE UN MINUTO, haciendo las lecturas de Pd y Pf puesto que hlim=htara en este punto.
5. Ahora se tiene el rango total de Pd, se toman valores de Pd (variando la abertura de la válvula y en cada abertura se toman las lecturas respectivas), de tal forma que se puedan hacer 6 lecturas de Pf, Pd y hlim para lo cual se procede de la siguiente manera:

$$\Delta P_d = \frac{P_{d_{\max}} - P_{d_{\min}}}{5}$$



$$P_{d_{\min}} + \Delta P = P_{d_2}$$

$$P_{d_2} + \Delta P = P_{d_3}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$P_{d_5} + \Delta P = P_{d_{\max}}$$

6. Una vez que se hicieron las 6 lecturas se varia la velocidad angular y se repiten los puntos 3, 4 y 5 se hace para tres diferentes velocidades.
7. El alumno deberá calcular lo siguiente:

- a) Presión de descarga (Pd) en Pascales
- b) Carga total desarrollada por la bomba Ht en metros
- c) El gasto Q en m³/seg. (Gasto $Q=0.67 h^{2.45}$), donde $h=h_{lim}=h_{tara}$ y debe expresarse en metros. Esta relación de $Q=0.67 h^{2.45}$ se obtiene a partir de la forma triangular del vertedor quedando exclusivamente en función de la altura del agua, midiéndose esta con el limnómetro que esta a un lado del vertedor.
- d) Con Ht y Q calcular la potencia hidráulica (Ph)
- e) La eficiencia (η) en %
- f) La velocidad específica tipo Ns

$$Ns = \frac{N_n \sqrt{Q_n}}{H_{tn}^{3/4}}$$

N_n = r.p.m.	vel. normal de operación
Q_n = g.p.m.	gasto normal de operación
H_{tn} = ft	carga normal de operación

EL INFORME COMPLETO COMPRENDE

- a) Memoria de cálculos, que consiste en todas las fórmulas o ecuaciones utilizadas en la práctica anexando algunas operaciones.
- b) Tabla de resultados
- c) Gráfica de curvas características en papel milimétrico (Ht contra Q)
- d) Determinación de velocidad, gasto y carga normales de operación y vel. tipo, Ns.
- e) Conclusiones obtenidas a partir de la propia práctica que incluye la comparación con otras bombas, si ya se realizaron esas prácticas, mínimo 1/2 página de conclusiones.
- f) Aplicación de este tipo de bombas y sus curvas características.

TABLA DE DATOS

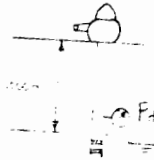
Lectura	N	h_{lim}	Pd	Pf
	rpm	m	kg/cm ²	kW

TABLA DE RESULTADOS

Lectura	N	Pd	Q	Ht	Ph	Pf	η
	rpm	Pascal	m ³ /seg	m	kW	kW	%

RESUELVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO

1. ¿Qué diferencias existen entre una bomba vertical de foso lleno y una vertical de foso seco, en cuanto a construcción y aplicaciones?
2. Indique la característica fundamental y la aplicación típica de una bomba tipo lata.
3. Haga un corte seccional de una bomba de pozo profundo, indicando sus partes constitutivas.
4. Si se tiene una bomba como se muestra en el siguiente diagrama, con los impulsores sumergidos, ¿la carga total sería $\frac{P_d}{\gamma}$ solamente?. Explique su razonamiento.



5. En las págs. 49 y 50 del libro de bombas del Ing. Viejo Z. existen los cortes seccionales de dos bombas de pozo profundo, se diferencian en el sistema de lubricación; describa brevemente uno y otro y en donde se aplica cada uno.
6. Esta bomba no necesita cebarse, ¿a que se debe?
7. A la bomba le llega una potencia; ¿es la que leemos en el wáttmetro?. Justifique su respuesta.
8. ¿Qué es una bomba de varios pasos y para que se utiliza?
9. ¿Que le hace falta a una licuadora para ser una bomba?
10. ¿Porqué a veces se utiliza un acoplamiento a 90 y una flecha cardán y en ocasiones el motor es colineal con la flecha? ¿de que factores depende?
11. Que relación existe entre la potencia al freno y la potencia suministrada a la bomba así como entre éstas y la potencia hidráulica.
12. Se oye mencionar bombas de varios pasos y bombas conectadas en serie o en paralelo. Hay relación entre ellas? ¿cuál es?

BIBLIOGRAFIA SELECTA

1. Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas
Harper-Row, New York, 1970.
2. Streeter, V.L. Mecánica de Fluidos, 6a. ed., Mc Graw Hill,
México, 1978.
3. Viejo Zubicaray, Manuel. Bombas teoría, diseño y aplica-
ciones

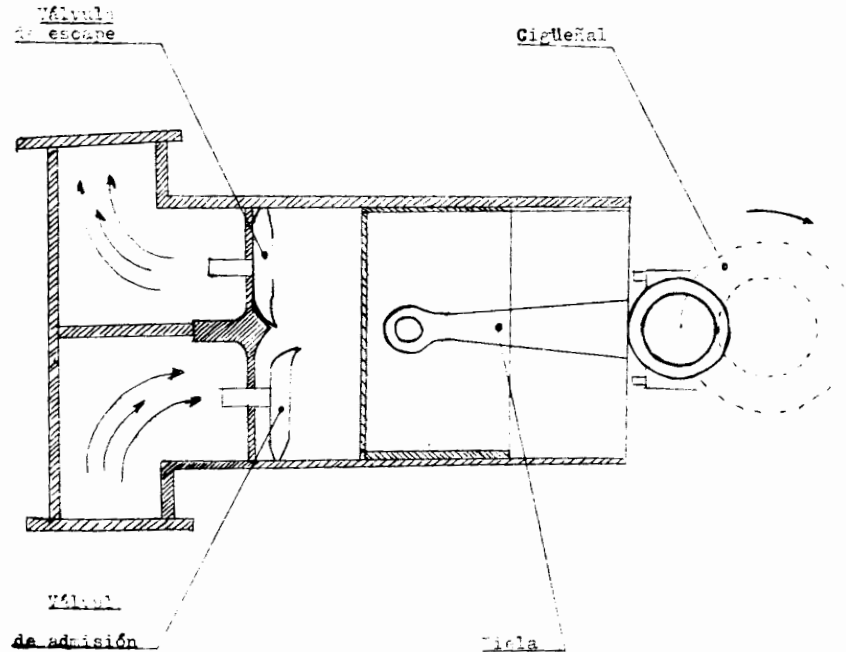
PRACTICA 2.5

BOMBA DE PISTONES

OBJETIVO

Observación práctica de la forma de intercambio de energía por medio de variaciones de presión; conocimiento del principio de desplazamiento positivo en bombas reciprocantes, de sus curvas características, rango de velocidades, así como sus usos para las diferentes necesidades y tipos de fluidos; finalmente conocimiento de las diferencias con respecto a las turbomáquinas en cuanto a capacidades y aplicaciones.

¿Qué es una bomba de pistones? En esencia es un convertidor de energía mecánica a hidráulica; funciona bajo el principio de desplazamiento positivo, que consiste en que el movimiento del fluido se origina por la disminución del volumen de una cámara. El esquema siguiente ilustra esta bomba:



Al girar el cigueñal, el pistón sigue un movimiento alterno. Al desplazarse hacia la derecha se abre la válvula de admisión y se produce una baja de presión en la cámara; entonces la presión atmosférica es mayor que la de la cámara y el fluido penetra a ésta. Cuando se termina la carrera de admisión, se cierra la válvula de admisión y se abre la de descarga. A continuación el pistón se desplaza hacia la izquierda y el fluido es expulsado de la cámara a cierta velocidad y presión que depende de las características de la propia bomba y de las condiciones de la instalación.

El funcionamiento de la bomba se describe a través de su eficiencia total η_t y volumétrica η_v , definidas en función de:

- γ peso específico del fluido con que se está trabajando. (en este caso diesel) en N/m^3
- Q_r gasto real en m^3/s
- Q_t gasto teórico en m^3/s
- H_t carga total en metros del fluido manejado
- P_f potencia al freno en Nm/s .

$$\eta_t = \frac{\gamma Q_r H_t}{P_f} \quad \eta_v = \frac{Q_r}{Q_t}$$

La descarga de una bomba de desplazamiento positivo difiere de la ideal.

INSTRUMENTOS

Tacómetro y Cronómetro

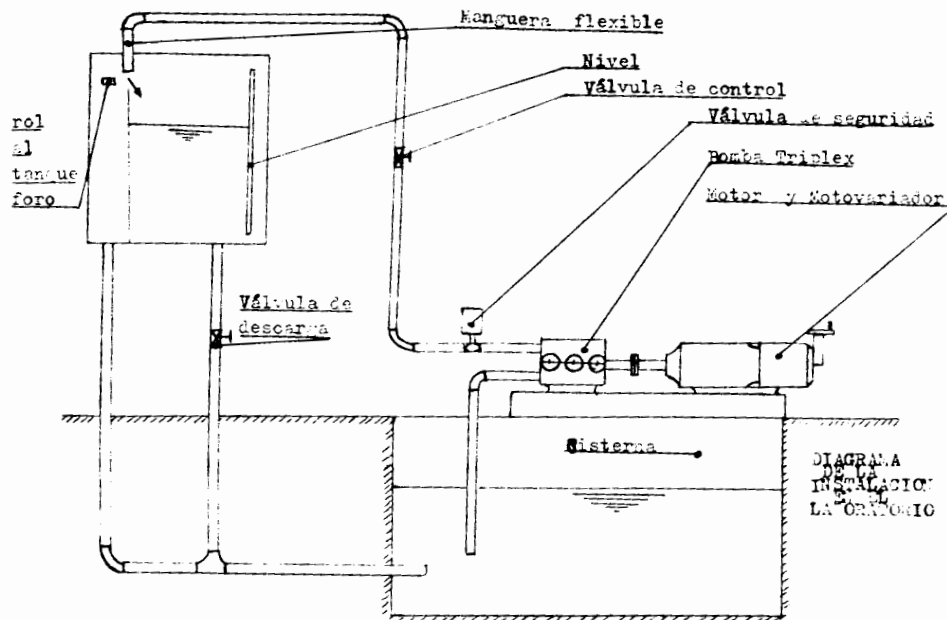
CARACTERISTICAS DE LA BOMBA

Rango de velocidades del motovariador es de 500 a 2000 rpm.

FLUIDO DE TRABAJO

Diesel

Corriente eléctrica



RECOMENDACIONES A SEGUIR:

1. Identifique cada una de las partes del diagrama de la instalación.
2. Verificar que el switch, principal este en posición de funcionamiento (Nota: se localiza en la parte superior del arrancador).
3. Antes de arrancar la bomba verificar que la válvula de control este abierta y la válvula de descarga este cerrada.

4. Cebarr la bomba si es necesario.
5. Mover el motovariador, con la máquina funcionando
6. Cuando se termine de realizar, la práctica abrir la válvula de descarga que esta en la parte inferior, del depósito para regresar el fluido a la cisterna. No olvide cerrarla.

PROCESO A SEGUIR EN EL LABORATORIO

1. Arrancar la bomba
2. Una vez funcionando la bomba se fija la velocidad por medio del motovariador y un tacómetro. La velocidad medida con el tacómetro es mayor que la del cigueñal, por un factor especificado en la placa del motovariador.
3. Se procede a llenar parcialmente el tanque hasta poder tener la primera lectura de nivel (h_i)
4. Cerrando lentamente la válvula de control se fija una presión de descarga P_d de cuatro kg/cm^2 .
5. Una vez fija la presión de descarga y con el dato de la primera altura de nivel h_i , se procede a desviar la palanca hacia el tanque de aforo, que se encuentra en la parte superior del tanque, al mismo tiempo se pone a funcionar el cronómetro. Recomendamos tiempos de un minuto.
6. Paralelamente cuando estamos midiendo el tiempo hacemos las medidas de presión de succión P_s (cm de H_g), potencia al freno P_f (kW), altura h_f (m) y el tiempo t (seg).
7. Se repiten los pasos cinco y seis para presiones de tres, dos uno y cero kg/cm^2 , tomando la h_f de la presión anterior como h_i para la nueva presión.
8. Una vez que se han obtenido las lecturas de h_f , h_i , P_s y P_f para la presión de descarga cero, se cambia la velocidad (recomendamos 1000, 1500 y 2000 rpm) y se repiten los pasos cuatro, cinco, seis y siete.
9. Dejar pasar por lo menos un minuto para cada cambio de velocidad para que se establezca el funcionamiento de la bomba.

NUNCA CIERRE LA VALVULA DE CONTROL TOTALMENTE

3. La eficiencia volumétrica

$$\eta_v = \frac{Q_r}{Q_t} \quad (\%)$$

4. La carga total H_t .

$$H_t + z_s + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_a}{2g} = z_d + \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d}{2g} + \Sigma h_{fs-d}$$

$$\gamma_{\text{diesel}} = 8.44 \times 10^3 \text{ N/m}^3$$

5. La potencia desarrollada por la bomba P_h .

$$P_h = \gamma Q_r H_t \quad (\text{KW})$$

6. La eficiencia total η_t .

$$\eta_t = \frac{P_h}{P_f} \quad (\%)$$

EL INFORME DEBE COMPRENDER:

- Memoria de cálculo
- Gráficas Q_r-H_t , P_f-Q_r y $\eta_t - H_t$
- Resumen de resultados expresados en la siguiente forma

2. En comparación con las turbomáquinas, ¿cuál es la diferencia en el intercambio de energía en el fluido?
3. ¿Cuál es el campo casi exclusivo en que estas bombas son utilizadas; dé algunas razones?
4. ¿Según el tipo de movimiento del desplazador, como se clasifican las bombas de desplazamiento positivo?
5. ¿Existe algún límite en cuanto a presiones a manejar por estas bombas? Dé fundamentos.
6. ¿Existe algún límite en cuanto a caudal a manejar por estas bombas? Exponga sus razones.
7. ¿Qué desventajas presentan estas bombas en comparación con las rotodinámicas?
8. ¿A qué debe su nombre una bomba de émbolo de doble ó simple efecto?
9. ¿A qué se debe el uso de una bomba triplex o cuádruplex en lugar de una simplex de dimensiones equivalentes?
10. ¿Podría trabajar una bomba de pistones como un motor hidráulico?, si es así justifique su respuesta
11. Dibuje un corte de una bomba de tres pistones.
12. ¿Qué es una válvula de seguridad o alivio y como funciona? (Consulte a los fabricantes o distribuidores de válvulas).

BIBLIOGRAFIA

1. Mataix, C. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, Harper and Row, New York, 1970.
2. Viejo Z. M., Bombas: Teoría, Diseño y Aplicaciones, Limusa, México, 1972.

PRACTICA 2.6

BOMBA DE ENGRANES

OBJETIVO.

Conocimiento práctico de este tipo de bombas; significado de eficiencia volumétrica, obtención de sus curvas características, rango normal de operación y finalmente algunas de sus aplicaciones y selección.

GENERALIDADES

¿Qué es una bomba de engranes? es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, esto es, el movimiento del fluido es originado por la disminución del volumen de una cámara. El intercambio de energía se hace siempre en forma de presión mientras que en las bombas centrífugas, éste se hace con variación de la energía cinética. La bomba de engranes es rotoestática o de desplazamiento positivo con movimientos rotativos. Estas bombas se emplean generalmente en transmisiones, controles y para manejar líquidos de alta viscosidad.

INSTRUMENTOS

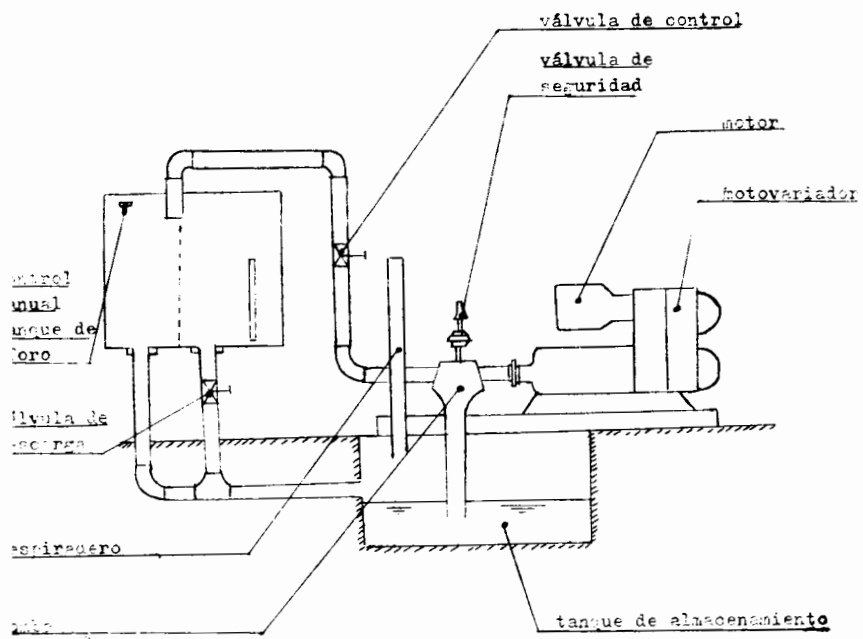
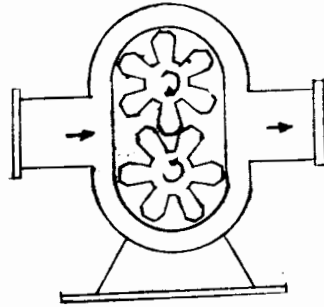
Tacómetro y cronómetro

- Rango de velocidades en el motovariador, es de 1800 a 3000 r.p.m. (use tacómetro)
- Identifique cada una de las partes del diagrama de la instalación en el laboratorio.

RECOMENDACIONES A SEGUIR

1. Verificar que el switch, principal esté en posición de funcionamiento (Nota: se localiza en la parte superior del arrancador)

2. Antes de arrancar la bomba verificar que la válvula, de control este abierta y la válvula de descarga este cerrada.
3. Mover el motovariador, con la máquina funcionando
4. Cuando se termine de realizar la práctica, abrir la válvula que esta en la parte inferior del depósito para regresar el fluido a la cisterna. No olvide cerrarla.



SECUENCIA DE CALCULOS

1. Puesto que el espacio entre dientes es de 5.4cm cada engrane tiene 11 dientes y son dos engranes, determinar el volumen teórico desplazado por revolución.

$$V = 2ez \text{ (m}^3\text{/rev)}$$

donde: e = espacio comprendido entre dientes

z = número de dientes

2 = número de Engranes

2. Gasto teórico

$$Q_t = \frac{V N_r}{60} \quad N_r = \frac{N \text{ leída}}{3.38} \quad \begin{array}{l} N_r = \text{velocidad angular real} \\ 3.38 = \text{relación de reducción} \end{array}$$

3. Determinar la eficiencia volumétrica (η_v) en función del gasto real (Q_r) y gasto teórico (Q_t).

4. Calcular la carga total (H_t)

$$H_t + z_d + \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d}{2g} = z_s + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s}{2g} + \Sigma h_{fs+d}$$

$$\gamma_{\text{diesel}} = 8.44 \times 10^3 \text{ N/m}^3$$

5. La potencia desarrollada por la bomba (P_h)
6. Encuentre la eficiencia total (η_t)

EL INFORME COMPRENDE

1. Usos de la bomba de engranes y utilidad de las curvas características.
2. Memoria de cálculo. Sólo secuencia de fórmulas utilizadas, más algunos cálculos.
3. Resumen de resultados como se indica en la tabla de resultados.

CUESTIONARIO

1. ¿Cuáles son las partes principales de una bomba rotoestática?
2. ¿Qué clasificación se hace según su órgano desplazador?
3. ¿Indique si este tipo de bombas son reversibles?
4. ¿Para qué tipo de fluidos se utiliza este tipo de bomba y porque explíquelo?
5. ¿De qué tipos pueden ser las bombas de engranes? (en cuanto a la forma de los engranes y su disposición)
6. Dibuja un corte de una bomba de tres lóbulos; indicando succión descarta y sentido de giro de los lóbulos
7. ¿Por qué difieren Q_t y Q_r ?
8. ¿Qué es un servomecanismo hidráulico y qué relación guarda con esta bomba?
9. Dibuje usted una bomba de engranes indicando sus componentes
10. ¿Qué ventajas tienen las máquinas rotatorias?
11. Si observas el fondo del laboratorio la bomba de engranes en corte, verás que los engranes no son rectos sino helicoidales formando cierto ángulo, ¿a qué se debe esto, siendo más difícil máquinas engranes helicoidales que rectos?
12. ¿Qué sucede con la t al trabajar la bomba a bajas revoluciones?
13. ¿La eficiencia total corresponde a la bomba únicamente ó a toda la instalación?

BIBLIOGRAFIA

1. Mataix, C. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, Harper and Row, New York, 1970
2. Viejo Zubicaray, M. Bombas: Teoría, Diseño y Aplicaciones, Limusa, México, 1972.

PRACTICA 2.3

TURBINA PELTON

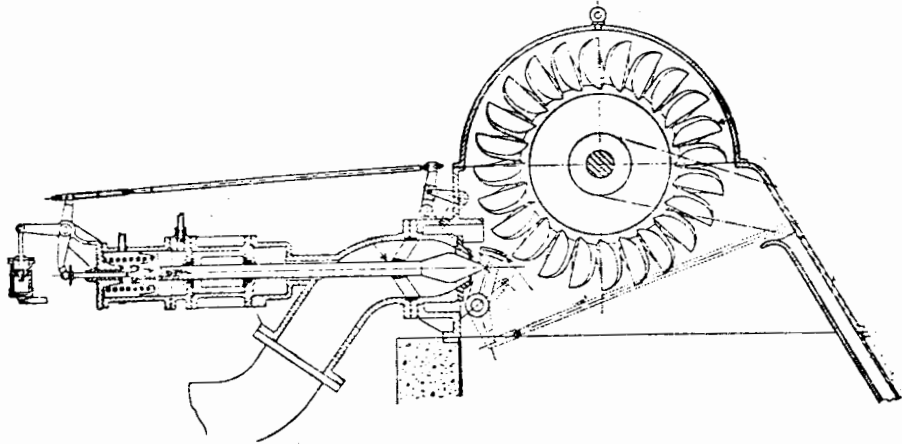
OBJETIVO

Conocimiento práctico de una turbina de impulso, y el por qué de ese nombre, del cómo es aprovechada la energía potencial ó de "presión" del agua en esta máquina y de las transformaciones energéticas que tienen lugar en la instalación hasta su conversión en energía eléctrica; de sus componentes principales, condiciones de instalación, curvas características, rango normal de operación y de su utilidad; así como de sus aplicaciones en determinados aprovechamientos hidro-eléctricos, del por qué ocurre la llamada "velocidad de desboque" y lo que ocurre al llegar a ella; finalmente, de la aplicación práctica del momento de la cantidad de movimiento en el sistema.

GENERALIDADES

Una turbina es una máquina hidráulica que transforma la energía potencial del agua en energía mecánica, la que se utiliza para mover un generador y así convertir la energía mecánica en eléctrica. Existen dos clases de turbinas: de impulso ó acción y de reacción, la turbina Pelton es de las denominadas de impulso; ésta se encuentra alimentada por unos dispositivos llamados chiflones y el número de éstos puede ser de uno hasta seis, según el caso, los chiflones dirigen el agua hacia los cangilones, éstos son tangenciales a la rueda. El agua después que sale del chiflón se encuentra a la presión atmosférica. La turbina Pelton a diferencia de las turbinas de reacción no cuenta con tubo de succión.

A continuación se muestra un esquema de la Turbina Pelton.



SECUENCIA DE LABORATORIO

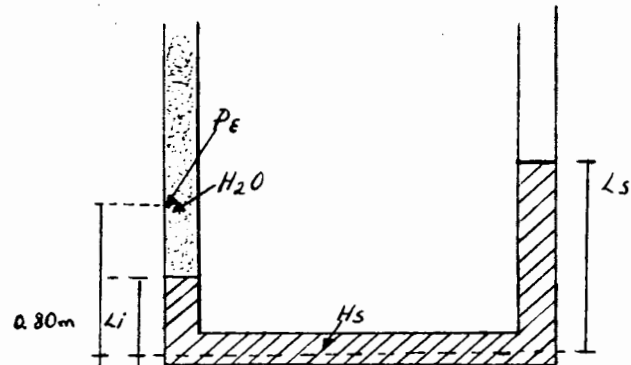
1. Asegúrese de que la válvula de suministro de agua a la turbina este totalmente abierta (Válvula de color verde claro) y la válvula de suministro de agua de chiflón (Válvula de color rojo) esté totalmente cerrada (ambas válvulas sobresalen del enrejado del piso) Se tiene en la tubería una presión constante.
2. Se conecta el interruptor colocado en la columna ubicada entre el chiflón y la turbina pelton, y se oprime el botón "marche", color negro.
3. Arranque la bomba de pozo profundo marcada como "chiflón turbina pelton" en el arrancador ubicado al fondo del laboratorio, primero debe subirse la palanca y luego oprimir el botón de arranque color negro.
4. Con la válvula de control (válvula de aguja) a la entrada de la rueda de color azul colocada previamente en cualquier posición menos en la de cierre total, purgar el medidor de gasto y el piezometro de mercurio colocada en la misma columna que el interruptor (entre el chiflón y la turbina)

5. Se fija una abertura en la válvula de control (se recomienda aberturas en 5, 10, 15 y 20 divisiones).
6. Se fija una velocidad angular a partir de 400 RPM por medio del reóstato (en la consola). El rango de velocidades es de 400 a 950 RPM aproximadamente.
7. Una vez fija la velocidad angular (n), se toman lecturas de la fuerza (F) el gasto (Q) u las lecturas superior e inferior del piezometro (L_s , L_i); las lecturas de Q , L_s y L_i se recomienda hacerlas cuando la velocidad es la de desboque o sea la carga mínima (mínima resistencia). Estas lecturas deben hacerse lo más rápido posible, procurando no exceder de 30 segundos.
8. Se cambia la velocidad angular por medio del reóstato (se recomiendan variaciones de 100 RPM). Y se vuelven a tomar las lecturas (n) y (F). La longitud del brazo de palanca es de 0.70 metros.
9. Hechas las lecturas para diferentes velocidades hasta llegar a la desboque (mínima carga), se cambia la abertura de la válvula de control y se repiten los pasos 6, 7 y 8. Hacer esto tantas veces como curvas se requieran (mínimo 4). Para cada abertura tomar datos a 6 velocidades angulares diferentes.

EL ALUMNO DEBERA CALCULAR

- a) La presión de entrada (P_e)
- b) La velocidad (v) en al tubería (diámetro 0.10 metros) en m/s.
- c) La carga neta (H_n) en m.
- d) La potencia hidráulica (P_h) en Kw.
- e) La potencia al freno (P_f) en Kw
- f) La eficiencia (η) %.
- g) Graficar en papel milimétrico las curvas características (P_f contra n) trazando también las curvas de ISOEFICIENCIA para la cual se les pide anotar la eficiencia elegida en cada punto, así como anotar en la memoria de cálculo la forma en que se obtuvo.

- h) La velocidad específica tipo (N_s)
- i) La velocidad normal de operación (n_n) y la potencia normal de operación (P_n).
- j) Una tabla de resultados como la que se indica al final



- k) Conclusiones; incluyendo la comparación de las curvas características obtenidas en la otra turbina (si ya hizo la otra práctica).
- l) La aplicación de las curvas obtenidas
- m) Memoria de cálculo que comprende todas las fórmulas utilizadas y unos cuantos cálculos numéricos, en todos.
- n) Respuesta a las preguntas formuladas a continuación de la tabla de resultados.

BIBLIOGRAFIA

1. Mataix, C., Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas
2. Russell, G., Hidráulica,
3. Streeter, V.L. Máquinas de los fluidos,
4. Webber, N.B., Mecánica de fluidos para ingenieros,

8. Un rodete peltón rápido ($N_s = 48$) ¿A qué tipo de caudales y alturas se adapta?
9. Un rodete pelton lento ($N_s = 15$) ¿A qué tipo de gastos y cargas se adapta? ¿El decir lento o rápido se refiere a las RPM de la máquina?
10. ¿Cuál es el número máximo de chiflones que puede llevar una rueda pelton y por qué?
11. ¿Por qué es necesario un sistema de regulación de velocidad en las turbinas de las centrales hidroeléctricas?
12. ¿Para qué rangos de carga y gasto se diseñan las ruedas pelton?
13. ¿Cuál es la función del deflector en la turbina pelton?
14. Se tiene una carga neta de 440m. y un gasto de 21 m³/s. El sistema tiene tres unidades (turbinas) en la casa de máquinas, que trabajan con una eficiencia de 86%. Si $n = 300$ RPM, determine el tipo de turbinas a usar en el sistema justificando su respuesta. Los rangos para calcular las turbinas según su velocidad específicas son:

10	N_s	50	Pelton
50	N_s	400	Francis
	N_s	400	Kaplan

Donde para el cálculo de N_s , n está en RPM; P_f en CV y H_n en m.

PRACTICA 2.9

TURBINA KAPLAN

OBJETIVO

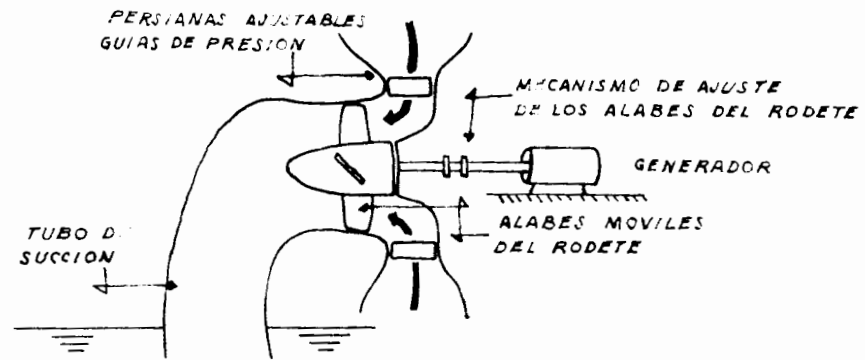
Conocimiento práctico de una turbina de reacción y de la razón de su nombre, de su instalación para el aprovechamiento de la energía potencial del fluido, así como la secuencia de transformaciones de energía hasta su final aprovechamiento como energía eléctrica; conocer las partes principales que la componen y de cómo el fluido al pasar por los álabes efectúa el cambio del momento de la cantidad de movimiento, teoría en que se apoya dicha turbina.

La utilidad de sus curvas características, los rangos de operación en cuanto a gasto y carga y sus aplicaciones en sistemas hidroeléctricos. De la observación física del fenómeno de cavitación y de su origen, de las condiciones de instalación en el laboratorio; finalmente, de cómo es posible aumentar la eficiencia de la máquina en base al mecanismo de variación de la orientación de sus álabes, y su comparación con la turbina de impulso, sus ventajas y desventajas.

Una turbina Kaplan, es del tipo de reacción, trabaja con grandes gastos y pequeñas cargas. El principio de funcionamiento es similar al de bombas centrífugas de flujo axial. El rodete es análogo a la propela que utilizan los barcos pero con la cualidad de poder variar el ángulo de sus aspas o álabes, esto aunado al distribuidor de flujo a la entrada del rodete, denominado persiana FINK, permite obtener grandes eficiencias, aún cuando las condiciones de gasto o demanda energética varían.

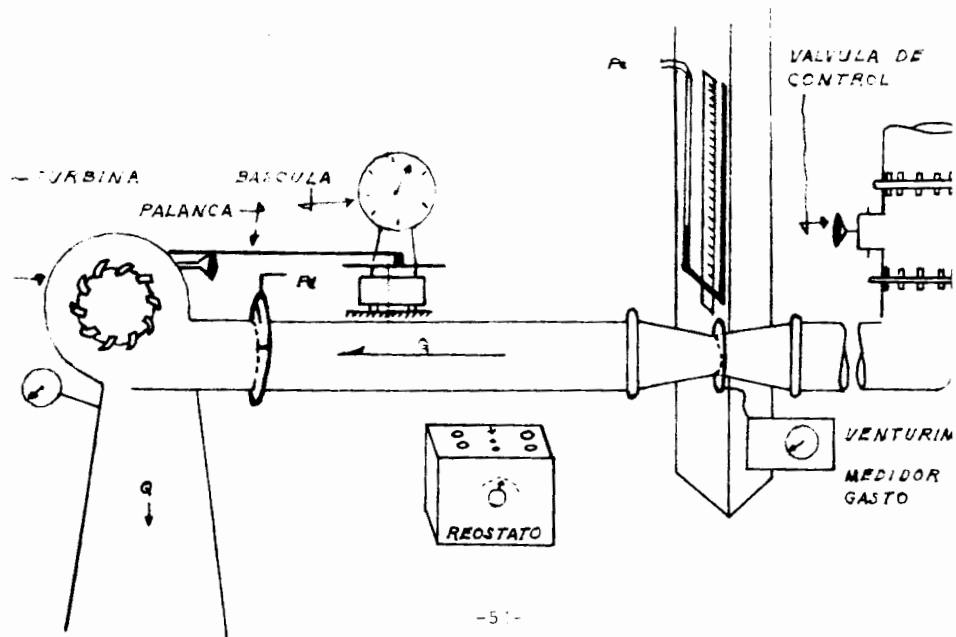
Análisis Práctico:

- a) Funcionamiento de la turbina



CORTE DE LA TURBINA KAPLAN

DIAGRAMA DE INSTALACION EN EL LABORATORIO



1. Se arrancan las dos bombas de pozo profundo marcadas "TURBINA KAPLAN" en los arrancadores de bombas al fono de el laboratorio, SUBIR PRIMERO LAS PALANCAS Y LUEGO OPRIMIR EL BOTON DE ARRANQUE.
2. En la consola del reóstato oprimir el botón de MARCHE.
3. Se verifica el libre funcionamiento de la báscula y se mide la tara. (Antes de que funcione la turbina o después que deje de hacerlo).
4. Se abre la válvula de control (10 vueltas completas)
5. Se fija un ángulo de los álabes directores por medio de un volante situado a un lado de la voluta (se recomienda aberturas en 4, 8 y 12 divisiones, medidas en un indicador al lado de la voluta, abajo del volante) vista desde el cople de izquierda a derecha.
6. Ajustando el reóstato se fija una velocidad angular (rango de velocidades de trabajo 500-1900 R.P.M., se fija en 500 RPM y se variará cada 200 RPM.
7. Una vez establecido el flujo y la velocidad angular (n), se toman las lectuas del gasto (Q, venturímetro) la presión de succión (Ps, manómetro colocado en el turbo de succión), la presión de entrada (Pe, piezómetro colocado en la columna, tómelas una sola personas), y la fuerza (F, báscula) ejercida por la palanca, cuya longitud es de 0,70m sobre báscula.
8. Se modifica la velocidad angular (con el reóstato) y se toman nuevamente todas las lecturas correspondientes n (en RPM), Q(lt/seg), Ps (en cm. de Hg), Pe (en cm. de Hg) y F en kg).
9. Una vez hechas las lecturas para diferentes velocidades hasta llegar a la de desboque (carga mínima), se cambia el ángulo de los álabes directores (abertura) y se repiten los pasos 6 y 7; hacer ésto tantas veces como curvas se requieran (mínimo 3).

Para facilitar la anotación de lecturas se recomienda usar la tabla siguiente:

- b) Visualización de cavitación: (Nota: esta prueba se efectuará solo si el profesor lo considera conveniente).

Responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es la cavitación?
2. ¿Cómo se produce?
3. ¿Qué efectos ocasiona?

La cavitación se logra cuando la dirección de las líneas del flujo no son paralelas al perfil de los álabes.

PRECAUCION: DADO QUE LA CAVITACION ES NOCIVA, LA PRUEBA DEBE REALIZARSE POR BREVE TIEMPO.

Para visualizar la cavitación utilizamos un estroboscopio, en el que se hace coincidir la frecuencia de destellos con la velocidad del rodete? el fenómeno se puede captar entonces como estático, aunque permanezca en movimiento.

COMO PARAR LA TURBINA: Cierre totalmente la válvula de control, Oprimir el botón rojo de la consola (arret). PARE las dos bombas de pozo profundo oprimiendo los botones de "parar" y bajando las palancas de los interruptores.

EL ALUMNO DEBERA CALCULAR:

1. La velocidad V (m/seg). (Diámetro interior de la tubería 24.5cm)
2. La carga neta H_n (m)
3. La potencia hidráulica (P_h) en kw.
4. La potencia al freno (P_f) en kw.
5. La eficiencia η en %
6. Graficar en papel milimétrico las curvas características de P_f contra (n) , trazando también las curvas de ISOEFICIENCIA anotando la eficiencia calculada en cada punto e indica COMO ES QUE LAS OBTUVO.
7. La velocidad específica tipo (N_s)
8. Determinar la velocidad normal de operación (n_n) y la potencia

normal de operación (Pn)

9. Llenar una tabla como la siguiente:

NOTA: F neta= F (leída) - Tara (peso del brazo de la palanca, cuando la turbina está parada).

TABLA DE RESULTADOS

Abert.	Lect.	Q	Ps	Pe	Hn	Fneta	V	Pf	Ph	η
		m ³ /seg	PASCAL	PASCAL	mH ₂ O	Nw	m/seg	kw	Kw	%

10. Conclusiones

características obtenidas en la otra turbina (si ya la hizo)

11. Teoría sobre el funcionamiento y aplicación de éste tipo de turbina y su descripción, así como la aplicación de las curvas obtenidas.

12. Respuestas al siguiente cuestionario.

CUESTIONARIO:

1. ¿Qué valor tiene el grado de reacción para la turbina Kaplan y en conclusión de qué tipo es?
2. ¿Qué características significativas distinguen a las turbinas de reacción en cuanto a:
 - a) Admisión del caudal
 - b) Presiones a la entrada, en el rodete y a la salida. Haga un diagrama de presiones en esos puntos.
3. ¿Qué función desempeña el tubo de succión en esta turbina y qué beneficios energéticos proporciona?
4. ¿Cuál es la utilidad de la orientabilidad de los álabes del rodete en función del diagrama η % - Q?
5. ¿Es reversible esta turbina? ¿Si es así, cual es su aplicación industrial?
6. ¿Qué relación existe entre una turbina Kaplan y una Deriaz?
7. Describa esquemáticamente el mecanismo de orientación de los álabes de un rodete Kaplan.
8. ¿Cuáles son las tendencias actuales en la construcción de tur-

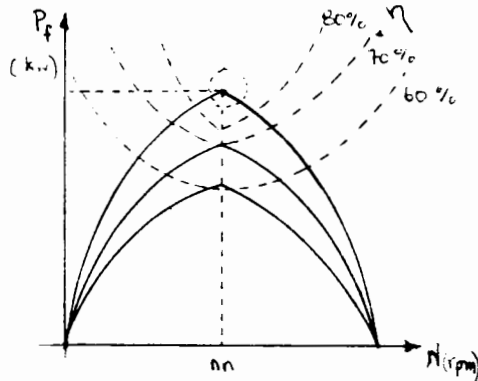
binas cada vez más económicas?

9. ¿Si comparamos una turbina Francis y una Kaplan, en qué difieren?
10. ¿Qué energía aprovecha una turbina Bulbo?
11. Mencione las características de la central de La Rance, Francia (No. de unidades, capacidad instalada, carga neta, gasto, diámetro de los rodets, etc.)
12. Si se tiene una carga neta de 50m, un gasto total de 1 200 m³/s y se instalan tres unidades (turbinas) con una eficiencia del 92% y giran a 300 rpm. ¿De qué tipo serían las turbinas? Recuerde que el parámetro que define el tipo de máquina a usar es la velocidad específica.

$$N_s = \frac{n \sqrt{p_f}}{H_n^{5/4}}$$

Pelton	Ns	50	donde: n en rpm
Francis	50 Ns	400	pf en CV
Kaplan	Ns	400	Hn en m

13. ¿Cuál es el record actual en cuanto a carga (m) y gasto (m³/s) que se ha logrado con esta turbina?

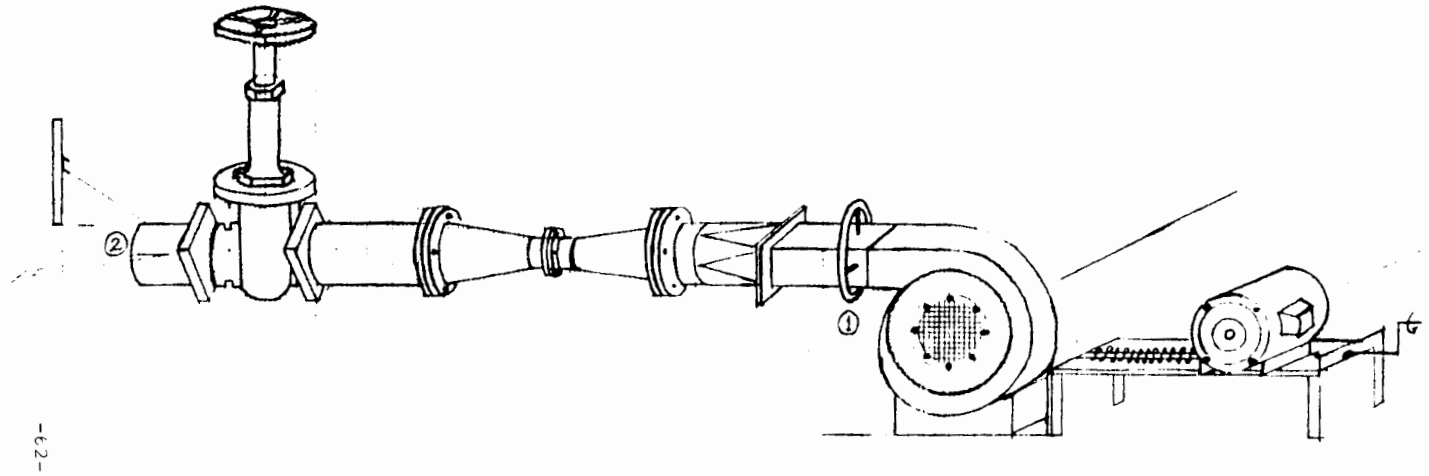


BIBLIOGRAFIA SELECTA

Mataix, C., Mecánica de Fluidos

Streeter, V.L., Mecánica de Fluidos

Russell, G., Hidráulica



-62-

INSTALACION EN EL LABORATORIO

PRACTICA 2.10

TURBOSOPLADOR

OBJETIVO

Conocimiento práctico del funcionamiento de las turbomáquinas; obtención de sus curvas características, así como su utilidad.

Determinación del punto de máxima eficiencia así como su velocidad específica tipo y rango normal de operación.

Entender físicamente los conceptos de carga estática y carga dinámica,

Manejo de un fluido compresible y empleo de la ecuación de estado de los gases.

Uso del barómetro de Fortin.

GENERALIDADES

El turbosoplador es una máquina empleada para bombear gases usando el mismo principio que las bombas centrífugas. (Vea la Práctica 2.1, Bomba Centrífuga de Flujo Radial).

Principales usos de los ventiladores:

- a) Ventilación de salas de trabajo.
- b) Para secados en procesos industriales
- c) Para refrigeración
- d) Para acondicionamiento del aire. (Extracción de humo, polvo, etc.)

PROCESO:

1. Colocar y tensar (no demasiado) la banda, de tal modo que el impulsor trabaje a la velocidad mínima (polea menor)

NOTA: Medir la velocidad antular del turbosoplador (impulsor)

para cada cambio de polea, pues varía en cada caso (N_1 , N_2 , N_3 , N_4)

* Precauciones

2. Tomar la temperatura ambiente y la presión barométrica en los medidores de presión y temperatura colocados dentro del cubículo del laboratorio.
3. Arrancar el turbosoplador.
4. Medir la presión de descarga con el piezómetro (Punto 1); la carga total (Dinámica + Estática) con el tubo de Pitot (Punto 2), en este caso la carga total es igual a la carga dinámica ya que en el punto 2 la carga estática es nula.
 Importante: La punta del tubo de Pitot debe estar en el CENTRO DEL AREA DE SALIDA (Círculo); medir la potencia al freno con el wattmetro; medir la velocidad angular del impulsor para cada cambio de poleas con un tacómetro. (Area 1 = $8 \times 12 = 96 \text{ cm}^2$; Area 2 = $\pi D^2/4$; $\pi (10.5)^2/4 = 86.6 \text{ cm}^2$). El tubo de Pitot se debe de colocar perpendicular a las líneas del flujo
5. Medir la abertura máxima de la válvula (L) y dividirla en 5 partes iguales (100%, 75%, 50%, 25%, 0) y medir para cada una de las aberturas la presión de descarga (punto 1), la carga total (Dinámica, punto 2) y la potencia al freno.
6. Parar el turbosoplador, cambiar a la siguiente posición de la banda y tensarla.
7. Seguir la secuencia de los puntos cuatro, cinco y seis hasta abarcar el rango de velocidades que se pueden obtener con el juego de poleas (4).

*Al cambiar la banda dejar que el motor pare por completo y al arrancarlo fijarse que no esté cerca ninguna persona.

Para determinar la densidad del aire usamos la ecuación de estado:

$$\frac{P}{\rho} = R T$$

Donde P es la presión de descarga absoluta ($P = P_d + P_{atm}$) en N/m^2
 ρ la densidad del aire en kgm/m^3
 $R =$ cte del aire = $287.5 \frac{N \cdot m}{kgm \cdot ^\circ K}$ y T la temperatura absoluta en $^\circ K$

Para el punto 1

$$P_1 = P_d + P_{atm}$$

$$\rho_{aire} = \frac{P_1}{RT} \Rightarrow \gamma_1 = \rho_1 g$$

$$H_{ST} = \frac{P_d}{\gamma_1}$$

$$V_{m1} = \frac{\rho_2 A_2 V_2}{\rho_1 A_1}$$

$$Q = \rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

Para el punto 2

$$P_2 = P_{atm}$$

$$\rho_{2aire} = \frac{P_2}{RT} \Rightarrow \gamma_{2aire} = \rho_2 g$$

$$V_{m2} = \sqrt{2gH_{DN} \frac{\gamma_{H_2O}}{\gamma_{aire}}}$$

$$Q = \rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

Para convertir kg_m a m^3 usamos la ecuación:

$$PV = GRT$$

Donde

G = mg en Kgf

R = 29.27 en M/°K

T = °C + 273 en °K

P en Kgf / m²

V en m³

Y así obtenemos Q en m³/seg.

$$Ph = \frac{\gamma Q H_t}{75} (0.735) \text{ kw}$$

$$\eta = \frac{Ph}{Pf} \times 100$$

EL INFORME COMPRENDE:

- a) Memoria de cálculo
- b) Curvas características y de isoeficiencia
- c) Velocidad específica tipo
- d) Velocidad normal de operación Nn, carga normal de operación Hn y gasto normal de operación Qn.
- e) Resumen de resultados en una tabla como la antes indicada
- f) Respuesta a las preguntas del cuestionario con asteriscos
- g) Aplicaciones
- h) Conclusiones

BIBLIOGRAFIA SELECTA

Mataix, C., Mecánica de Fluidos

Streeter, V.L., Mec. de los fluidos

CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo de energía absorbe y qué tipo de energía restituye un tubosoplador?
2. ¿Qué consideración se hace para poder aplicar la teoría de la bomba centrífuga que maneja fluidos incompresibles, al tubosoplador que maneja un fluido compresible?
3. Dé las aplicaciones principales de un tubosoplador
4. Según la presión a desarrollar. ¿Qué clasificación general se hace de los ventiladores?
5. En cuanto a la dirección del flujo, cuántos tipos de ventiladores existen y qué características generales presentan?
6. Los impulsores de un tubosoplador pueden tener ángulos a 90° cosa que no es posible en una bomba centrífuga; ¿explique por qué razón?
- *7. Explique (usando diagramas) la diferencia esencial entre la curva característica de un tubosoplador y la de una bomba centrífuga.
- *8. Describa brevemente las partes principales de esta máquina y la función que desempeña cada una de ellas.
9. ¿Qué es carga estática, carga dinámica y carga total?
- *10. Un ventilador aspira aire a una temperatura de 23°C a una presión de 725 mm hg; lo envía por un conducto de $A = \text{ / m}$, se tiene un tubo piezométrico a la salida marcando 75mm de columna de agua y un tubo Prandtl marcando 88mm de c. de agua.
Calcule:
 - a) La presión estática, dinámica y total de m de aire
 - b) El gasto de aire que proporciona el ventilador
 - c) La potencia suministrada por el ventilador
 - d) La carga total en m de c de aire.