



SECRETARIA DE COMERCIO

Y

FOMENTO INDUSTRIAL

NORMA MEXICANA

NMX-O-140-1972

**“METODO DE PRUEBA HIDRODINAMICA E HIDROSTATICA
PARA BOMBAS CENTRIFUGAS”**

*“HIDRODYNAMIC AND HIDROSTATIC TEST METHOD – FOR
CENTRIFUGAL PUMPS”*

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

“METODO DE PRUEBA HIDRODINAMICA E HIDROSTATICA PARA BOMBAS CENTRIFUGAS”

“HIDRODYNAMIC AND HIDROSTATIC TEST METHOD – FOR CENTRIFUGAL PUMPS”

1 ALCANCE

Esta norma establece el método de prueba hidrodinámica que debe aplicarse a bombas centrífugas, para la determinación de la carga dinámica total, la potencia, la eficiencia y la carga neta positiva de succión, en función de la capacidad. Asimismo, se establece la prueba hidrostática a una presión mínima de 1.5 veces la presión máxima de trabajo.

2 APARATOS Y EQUIPOS

2.1 Prueba Hidrodinámica

Para este efecto debe utilizarse: Aparatos para medir temperaturas; medidores de presión, gasto, potencia y velocidad; fuente de energía, un motor eléctrico calibrado para prueba fábrica o la fuente de energía de que se disponga para pruebas en el campo; una instalación de prueba que reúna las condiciones señaladas en esta norma. Además, deben usarse accesorios adecuados para regular la presión cuando se comprueba la carga neta positiva de succión.

3 MATERIALES Y REACTIVOS

3.1 Fluido para la Prueba Hidrodinámica

Para efectuar esta prueba se debe utilizar agua mineral 1 a la temperatura ambiente.

Para efectos de cálculo debe hacerse referencia a la densidad del agua de 998.75 kg/m^3 , a una temperatura del 18°C .

3.2 Comprobación de la muestra

Debe hacerse una inspección cuidadosa de la instalación, antes de la prueba, para asegurar una adecuada operación de la bomba, tomando en consideración lo siguiente:

Observar el correcto ensamble de la bomba.

Revisar los pasajes del líquido de la bomba, para evitar errores durante la prueba, causados por obstrucciones en dichos pasajes.

Alinear la bomba y el motor.

Evitar que las boquillas de succión y de descarga de la bomba estén sometidas a esfuerzos.

Revisar las tomas para los instrumentos de medición.

Determinar los diámetros de las tuberías de succión y descarga de las tomas en los puntos de medición de la presión, de modo que puedan determinarse las cargas de velocidad.

Revisar las conexiones eléctricas.

Revisar la dirección de rotación.

Verificar que no existan entradas de aire en la línea de succión.

Para la comprobación de la carga neta positiva de succión, la presión de succión debe regularse convenientemente.

3.3 Procedimiento

3.3.1 Determinación del gasto, la carga dinámica total, la potencia y la eficiencia

Se instala la bomba en la tubería y se comprueba la correcta instalación de los instrumentos de medición.

Inmediatamente se procede al cebamiento de la bomba, teniendo precaución de eliminar completamente el aire.

Durante la prueba se debe tener cuidado de que no haya fugas.

Efectuando todo lo anterior, se procede a tomar las lecturas de los medidores de presión: de succión y de descarga, así como la lectura del medidor del gasto, del medidor de potencia y de medidor de velocidad angular.

Para la determinación total de las curvas características se deben hacer estas lecturas para 4 puntos como mínimo, haciendo variar el gasto desde 0 (cero) a un valor máximo. Uno de dichos puntos debe ser el de operación de la bomba. Con estos resultados se deben trazar las curvas que relacionen la carga, la potencia y la eficiencia con el gasto, a una velocidad constante de la bomba.

Al hacer las correcciones por velocidad, deben aplicarse las leyes de afinidad.

3.3.2 Comprobación de la carga neta positiva de succión CNPS

Cuando sea necesario comprobar las CNPS de una bomba, ésta prueba debe correrse inmediatamente después de lo descrito en el inciso 5.1.

Primeramente, se calcula la lectura en el medidor de la succión, partiendo que la CNPS requerida y tomado en consideración la temperatura, presión barométrica y la carga de velocidad en la succión, que se tenga en el lugar de prueba.

Determinada dicha lectura, se hace que el medidor en la succión indique esta lectura mediante el uso de válvulas, una en la succión y otra en las descarga u otros accesorios disponibles que permitan conservar constante el gasto correspondiente al punto de operación de la bomba, determinado en la prueba hidrodinámica.

3.3.3 Prueba Hidrostática

La realización de esta prueba requiere manómetros y un sistema para suministrar un fluido a presión a la carcaza de la bomba.

3.3.4 Fluido para la prueba hidrostática

Se debe usar un fluido que permita detectar fugas.

3.3.5 Preparación de la Muestra

Deben sellarse herméticamente todas las conexiones exteriores de la carcaza, dejando únicamente el acceso a la conexión para la entrada del fluido de prueba a presión.

3.3.6 Procedimiento

Se suministra el fluido a una presión mínima de 1.5 veces la presión máxima de trabajo de la bomba, salvo otra indicación hecha para un tipo de bomba particular.

El fluido de prueba se mantiene a esta presión por un tiempo mínimo de 20 minutos. Durante este tiempo, la carcaza no debe presentar ninguna fuga.

4 CALCULOS Y RESULTADOS

4.1 Medición de la Carga Dinámica Total

4.1.1 Medición en la carga con Medidores Tipo Columna de agua

Si la presión en la conexión del medidor es mayor que la presión atmosférica, usar un arreglo similar al que muestra la figs 1.

Los cálculos correspondientes son:

$$h_d = h_{dm} + Z_d + \frac{V_d^2}{2g}$$

$$h_s = h_{sm} + Z_s + \frac{V_s^2}{2g}$$

$$H = h_d - h_s$$

Donde:

h_d = carga dinámica total de descarga, en m columna de agua.

h_{dm} = lectura del medidor de descarga, en m columna de agua.

Z_d = altura del cero del medidor de descarga sobre el plano de referencia, en m.

V_d = velocidad promedio del agua en la conexión del medidor de descarga, en m/s.

g = aceleración debida a la gravedad (9.81 m/s^2), al nivel del mar.

h_s = carga dinámica total de succión, en m columna de agua.

h_{sm} = lecturas del medidor de succión, en m columna de agua.

Z_s = altura del cero del medidor de succión sobre al plano de referencia en m.

V_s = velocidad promedio del agua en la conexión del medidor de succión, en m/s.

H = carga dinámica total de la bomba, en m columna de agua.

Si la presión en la conexión del medidor en el lado de succión es menor que la presión atmosférica, usar un arreglo similar al ilustrado por la fig. 2. Para este caso, los cálculos son:

$$h_s = h_{sm} - Z_s + \frac{V_s^2}{2g}$$

4.1.2 Medición de la Carga Dinámica Total con Medidores Columna de Mercurio.

Si la presión en el medidor es mayor que la presión atmosférica, se debe usar un arreglo similar al ilustrado por la fig. 3. Los cálculos son:

$$h = \frac{W_m}{W} h_m + Z + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

W_m = peso específico del mercurio, kg/m^3

W = peso específico del líquido que está siendo bombeado, kg/m^3 .

h_m = lecturas en m de mercurio en los medidores, en la succión o en la descarga.

FIGURA 1

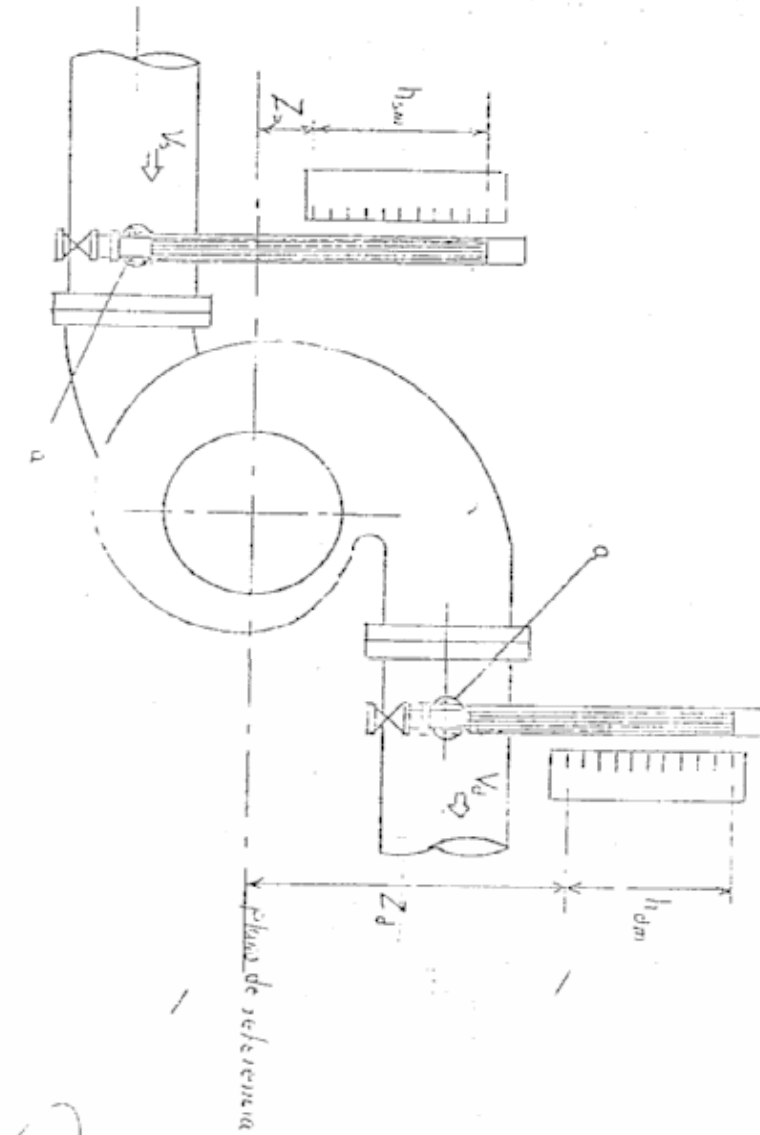


FIGURA 2 Y 3

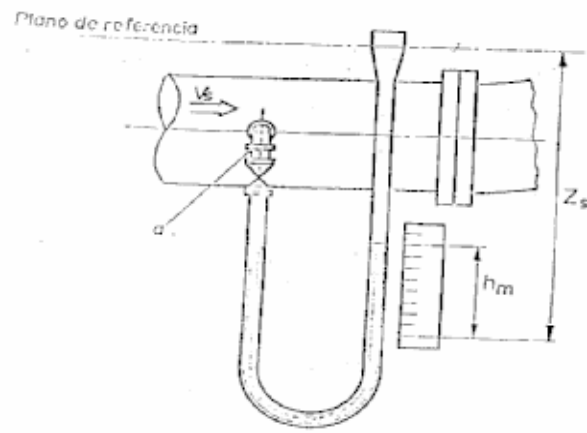


Fig. 2

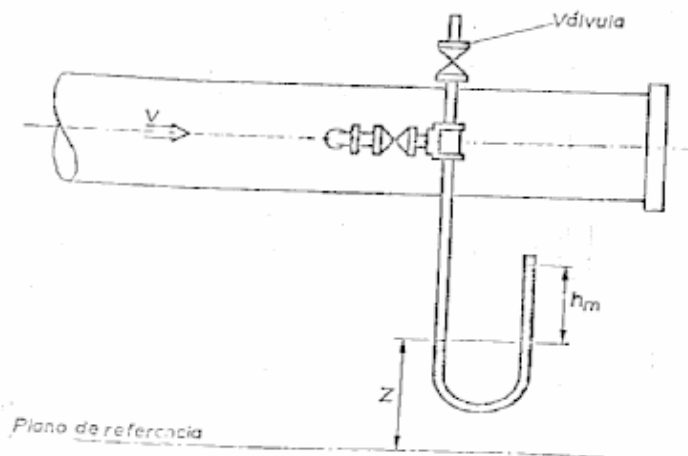


Fig. 3

FIGURA 4

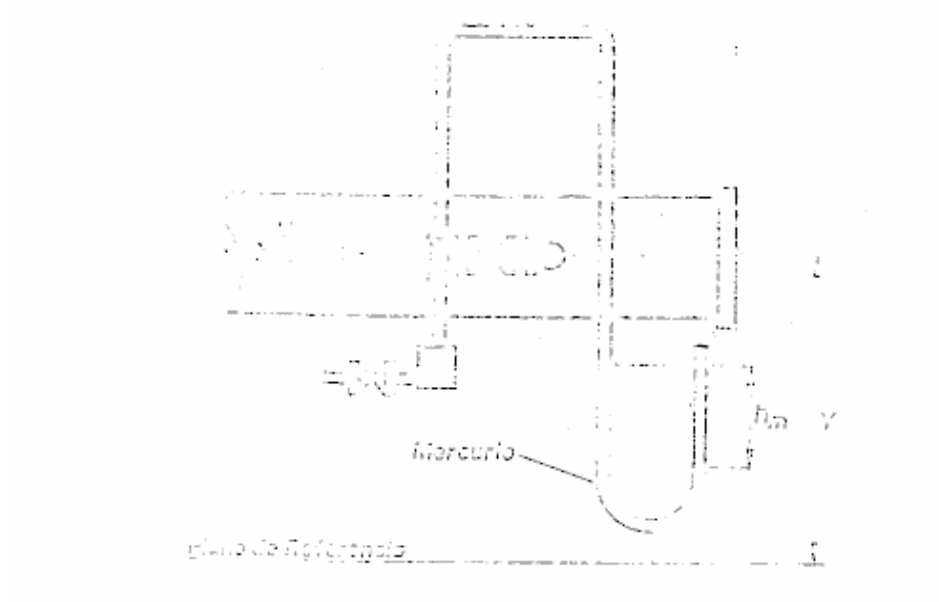


FIGURA 5

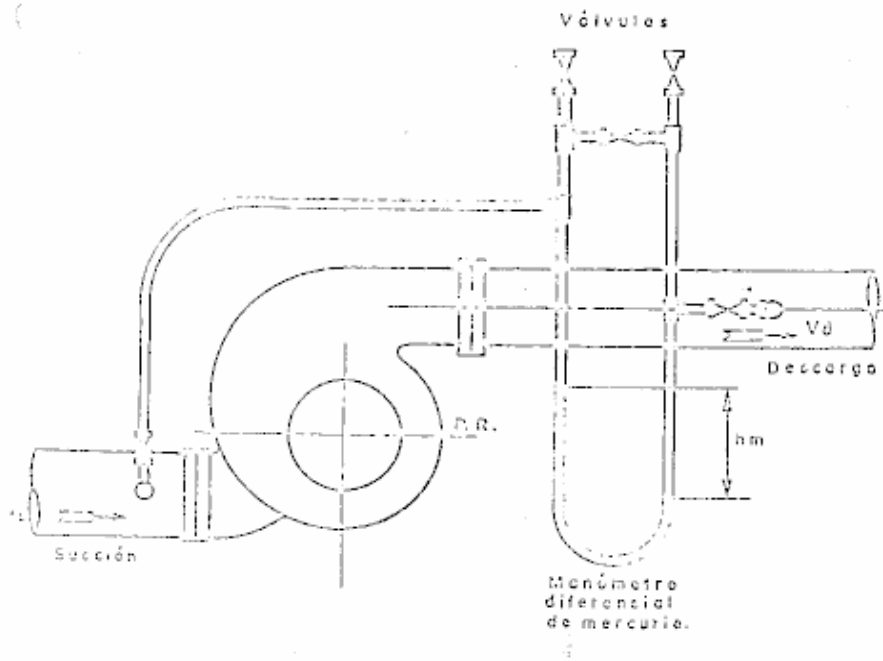
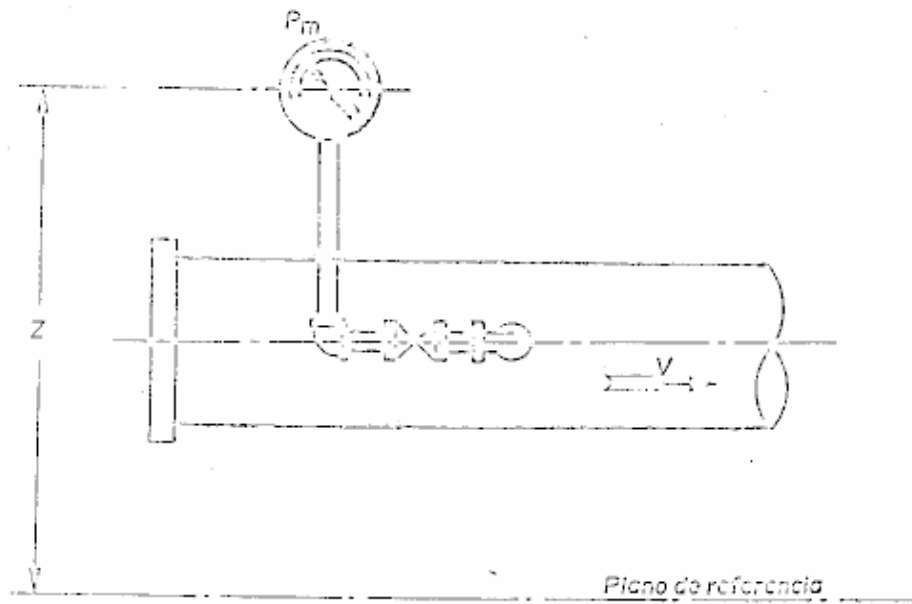


FIGURA 6



Las cantidades h , Z y V , sin índices, se aplican a la succión o a la descarga, según sea el caso.

Si la presión del medidor es menor que la presión atmosférica y con la línea de conexión completamente llena de aire, se debe usar un arreglo similar al ilustrado por la figura 4 para evitar que el agua llegue a la columna de mercurio. Los cálculos en este caso son:

$$h = \frac{W_m}{W} h_m + Y \frac{V_2}{2g}$$

Donde:

Y = altura de la conexión del medidor al plano de referencia, en m.

4.1.3 Medición de la Carga Dinámica Total por Medio de Manómetros Diferenciales de Mercurio

Cuando se usa este tipo de medidores, el cálculo de H se tiene por la ecuación siguiente, a partir del arreglo ilustrado por la fig. 5.

$$H = \left(\frac{W_m}{W} - 1 \right) h_m + \frac{V_d^2}{2g} = \frac{V_s^2}{2g}$$

4.1.4 Medición de la Carga Dinámica Total Por Medio de Medidores Tipo Bourdón, calibrados.

Cuando la presión en el medidor es mayor que la atmosférica, el arreglo que se debe seguir es el ilustrado por la fig. 6, y el cálculo es:

$$h = \frac{P_m}{W} + Z + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

P_m = presión del medidor en kg/cm^2 en la succión y en la descarga.

4.2 Determinación de la Potencia y de la Eficiencia

4.2.1 Potencia

4.2.1.1 Cálculo de la Potencia de Salida (P_s)

Su valor se obtiene por las ecuaciones siguientes:

$$P_s = \frac{QHW}{75} (CV)$$

$$P_s = 0.0098 QHW(K_w)$$

Donde:

Q = gasto en m³/s

H = carga dinámica total en m columna de agua.

W = peso específico del agua, igual a 998.75 kg/m³.

4.2.1.2 Cálculo de la Potencia de Entrada (P_e)

Considerando los K_w que consumen el motor eléctrico calibrado, acoplado directamente a la bomba, y su eficiencia, P_e se obtiene:

$$P_e = N_m E_m (L_w)$$

Donde:

N_m = Potencia del motor en K_w.

E_m = Eficiencia del motor.

4.2.2 Cálculo de la eficiencia de la bomba (E_b)

Esta cantidad se determina por el uso de la siguiente ecuación:

$$E_b = \frac{P_s}{P_e}$$

4.3 Carga neta positiva de succión

4.3.1 Obtención de la presión que debe marcar el manómetro de la succión

La expresión que nos permite calcular la carga neta positiva de succión disponible, es la siguiente:

$$CNPSD = \frac{(P_s - P_v) 10}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + h - h_f$$

Donde:

CNPSD = carga neta positiva de succión, en kg/cm².

P_s = presión absoluta de succión, en kg/cm².

P_v = presión absoluta de vaporización del fluido bombeado correspondiente a la temperatura de operación, en kg/cm².

10 = factor para transformar kg/cm² a m.c.a.

g_e = peso específico, para el agua limpia es igual a la unidad.

$$\frac{V_s^2}{2g} = \text{Carga de velocidad en la succión, en m.}$$

h = Diferencia de niveles entre el manómetro de succión y el plano de referencia, en m.

h_f = Pérdidas por fricción entre el medidor de succión y la línea de centros del impulsor, en m.

Para hacer la comprobación de la CNPS, necesitamos hacer igual la carga neta positiva de succión requerida (CNPSR) por el impulsor en el punto de la operación, a la CNPSD para obtener la presión que debemos estar leyendo en el manómetro de la succión, sobre previa corrección para presión manométrica.

Entonces:

$$\text{CNPSR} = \text{CNPSD}$$

$$\text{CNPSR} = \frac{(P_s - P_v)}{g_e} + \frac{V_s^2}{2g} + h - h_f$$

$$P_s = P_v + \frac{g_e}{10} \left(\text{CNPSR} - \frac{V_s^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g} - h + h_f \right)$$

P_s - P_o = presión leída por el manómetro en la succión; en kg/cm².

P_o = presión barométrica.

Cuando P_s P_v puede leerse en m, su expresión es:

$$P_s = \frac{10}{g_e} + \text{CNPSR} - \frac{V_s^2}{2g} - h + h_f$$

4.4 Correcciones

4.4.1 Correcciones para Velocidad Constante

Con el propósito el grupo de curvas características de un bomba, es necesario hacer las debidas correcciones usando las fórmulas siguientes:

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{n_1}{n}$$

$$\frac{H_1}{H} = \left(\frac{n_1}{n}\right)^2$$

$$P_1 = \left(\frac{n_1}{n}\right)^2$$

Donde:

Q_1 = Gastos de la bomba a la velocidad de prueba.

Q = Gasto de la bomba a la velocidad constante.

n_1 = Velocidad de prueba.

n = Velocidad constante.

H_1 = Carga dinámica total obtenida en la prueba.

H = Carga dinámica total corregida a la velocidad constante.

P_1 = Potencia de la bomba en la prueba.

P = Potencia corregida a velocidad constante.

4.4.2 Correcciones por Densidad Relativa

Para determinar la curva característica debida a la densidad de un líquido diferente al agua, es necesario hacer la corrección con la siguiente fórmula:

$$\frac{P_1}{P} = \left(\frac{n_1}{n}\right)^3 r$$

En donde:

P_1 , P , n_1 y n tienen el mismo significado que el inciso anterior.

r = Densidad relativa del líquido a manejar.

4.4.3 Correcciones por Viscosidad

El fabricante debe proporcionar la suficiente información sobre las correcciones necesarias debidas a la viscosidad del fluido.

5 APENDICE

5.1 Observaciones

5.1.1 Prueba Hidrodinámica

En la porción donde se instala el medidor, el fluido debe ser laminar. Por lo tanto, los medidores deben estar colocados después de una porción de tubo recto con sección transversal constante. Esta porción debe tener una longitud de 5 a 10 diámetros de tubo, después de cualquier codo o conexión curva, válvula o cualquier otra obstrucción.

Deben hacerse cuatro tomas de presión, igualmente separadas alrededor del tubo, y la presión o carga debe tomarse como el promedio de los cuatro valores separados.

Deben tomarse las siguientes precauciones al formar las tomas para los instrumentos de medición de presión y para hacer conexiones entre estos orificios y los manómetros:

El orificio en el tubo debe estar al ras y normal a la pared del mismo.

El orificio debe estar precedido de una longitud mínima de 305 mm de tubo cuya pared interior ha sido despejada de toda clase de asperezas.

El orificio debe ser de un diámetro de 3.1 mm a 6.3 mm y de un largo igual al doble de su diámetro.

Las orillas del orificio deben estar libres de rebabas e irregularidades.

Los orificios múltiples no deben conectarse a un medidor o manómetro.

Todas las conexiones de un orificio al medidor o manómetro deben quedar bien ajustadas. Estas desviaciones deben ser cortas y directas.

Para desviaciones de tipo tubo-seco, se proveerán vasos de drenaje adecuados y debe hacer una vuelta o codo de altura suficiente para evitar que el líquido bombeado penetre en las desviaciones o conexiones para los medidores o manómetros.

Para desviaciones del tipo tubo-húmedo, se deben proveer llaves de ventilación para la limpieza de todo punto alto para asegurar que los tubos no se queden con aire.

Toda manguera de instrumento, tubería y conexión, debe ser sometida a una prueba de presión para asegurar que no existan fugas.

5.2 Pruebas de Velocidad Diferente

Este tipo de pruebas debe hacerse cuando las condiciones de laboratorio no permitan probar las bombas a su velocidad normal.

Con estas pruebas puede obtenerse una información de las curvas características de la bomba, calculando los resultados esperados a velocidad de operación, partiendo de los obtenidos a velocidad diferente, según las fórmulas anotadas en el inciso 4.3. con el mismo significado de los términos Q_1 , n_1 , H_1 , y P_1 , y los términos Q , H , n y P con el significado siguiente:

Q = gasto de la bomba de la velocidad normal.

n = velocidad normal de la bomba.

H = carga dinámica total real de la bomba.

P = potencia real de la bomba.

Para correcciones de eficiencia por cambio de velocidad se puede utilizar la fórmula de Moody.

5.3 Normas de Referencia

NMX-R-005 en vigor.

Norma de Terminología usada en el Campo de las Bombas Hidráulicas.

5.4 Bibliografía

Standards of the Hydraulic Institute

Australian Standard C B 9-1968.

México, D.F., Junio 2, 1972

EL C. DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jose M. Alcala A.", with a long horizontal stroke extending to the right.

ING. JOSE M. ALCALA A.

Fecha de aprobación y publicación: Junio 12, 1972