UE9020300 I MECÁNICA DE FLUIDOS

OBJETIVO
Análisis de las características fundamentales del flujo estacionario y laminar de los fluidos por medio del método ultrasónico Doppler

TAREAS

- Mida la desigualdad que presenta la frecuencia Doppler ante diferentes velocidades de bombeo y las caídas de presión en tuberías verticales.
- Determine los caudales, las resistencias de flujo y la viscosidad dinámica del fluido Doppler usando las ecuaciones de continuidad, la de Bernoulli y la de Hagen-Poiseuille.
- Calcule el número de Reynold con diferentes velocidades de flujo y distintos diámetros de tubería.

RESUMEN
En concordancia con el método ultrasónico Doppler, se recurre a las mediciones de flujos para demostrar las leyes fundamentales que rigen el desplazamiento de fluidos en tubos y su dependencia con la velocidad del flujo y la geometría de la tubería. Se examina la relación entre la velocidad de flujo y la sección transversal del tubo (condición de continuidad), al igual que la que existe entre la resistencia al flujo y el diámetro del tubo (ley de Hagen-Poiseuille).

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Aparato Doppler de Ultrasonidos	1022330
1	Prueba Ultrasónico 2MHz GS200	1018618
1	Set de Prismas Doppler y tubos	1002572
1	Tubos Riser para Medir Presión	1002573
1	Fluido Doppler	1002574
1	Bomba centrifugal	1002575
1	Gel de acoplamiento para ultrasonido	1008575

FUNDAMENTOS GENERALES
Las aplicaciones del efecto Doppler en los diagnósticos médicos se encuentran en el análisis de los movimientos de flujo y de estructuras móviles como ocurre en los casos cardiológicos, de vasos sanguíneos arteriales y venosos, de circulación de sangre por el cerebro y de control postoperatorio de los vasos sanguíneos.

Un flujo estacionario se caracteriza por una circulación constante del fluido por cada punto del sistema. Por lo tanto, la ecuación de continuidad de dos diferentes áreas del tubo capilar A_1 y A_2 da como resultado:

(1) $$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dot{V} = const.$$

v_1 y v_1 son las velocidades principales en la sección respectiva y V el caudal (volumen por unidad de tiempo). La presión estática de un fluido en movimiento es siempre menor que si este careciera de desplazamiento y se reduce mientras mayor se la velocidad del caudal (ecuación de Bernoulli). En el caso de un flujo a través de un tubo capilar horizontal (sin presión gravitacional) la presión total p_0 es igual a:

(2) $$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = p_0$$

p_0 solo es constante en un fluido sin fricción. En un flujo que comporte fricción, la presión total disminuye en función de la viscosidad η, la longitud l, la sección transversal A de la zona de paso y el caudal V. En el caso de los fluidos que circulen con no muy altas velocidades (flujo laminar) en tubos capilares estrechos, es válida la ley de Hagen-Poiseuille con una caída de presión Δp:

(3) $$\Delta p = R\dot{V}$$

(4) $$R = \frac{8}{\pi}\frac{l}{r^4}\eta$$

donde r es el radio del tubo y l constituye la longitud. Esto significa que si se reduce a la mitad el diámetro del tubo aumentaría 16 veces la resistencia al flujo. Por medio de este principio, los vasos sanguíneos regulan la distribución de la sangre entre las extremidades y los órganos internos.
Se monta una estructura de circulación de fluido que consta de 3 líneas de tubos de longitudes iguales y diámetros diferentes. En el inicio y en el extremo final de cada uno de ellos se encuentra un punto de medición de igual diámetro. En los tubos se mide la velocidad principal con 3 caudales diferentes (3 tensiones distintas de la bomba centrífuga) creados por medio del prisma Doppler y la función «FlowDop». Al conocer las velocidades de flujo medidas, el caudal se puede determinar y comparar por medio de la ecuación (1). En los puntos de medición también es posible medir la caída de presión debida a la resistencia al flujo. Una vez calculado el caudal a partir de la ecuación (1), se puede determinar la resistencia al flujo por medio de la igualdad (4) y, a partir de esto, se obtiene la viscosidad dinámica del fluido por medio de la geometría ya conocida.

EVALUACIÓN
Resulta factible calcular el caudal a partir de los flujos medidos y de la específica sección transversal propia de cada zona. Esto es aproximadamente equivalente en este montaje de experimentación para todos los diámetros de los tubos con los mismos ajustes de la bomba centrífuga, con lo que se satisface la ecuación de continuidad. Como resultado adicional, el siguiente diagrama muestra la resistencia al flujo R determinada con diferentes diámetros de tubo y distintos caudales. Esto muestra la fuerte dependencia del radio r del tubo, tal como se espera a partir de la ecuación de Hagen-Poiseuille:

$$R \sim \frac{1}{r^4}$$

La figura 1 muestra que el caudal calculado a partir de la velocidad medida y del área es aproximadamente el mismo con todos los diámetros de tubo con iguales tensiones y que, por lo tanto, se cumple la ecuación de continuidad.

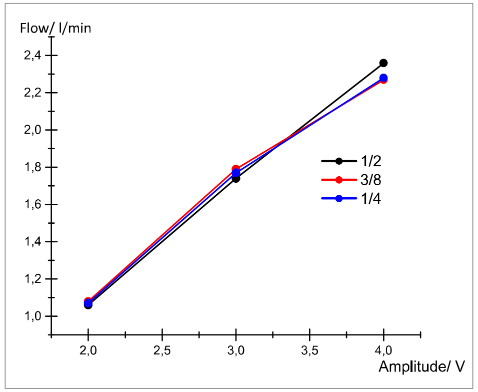

Fig. 1: Caudales con diferentes diámetros de tubo

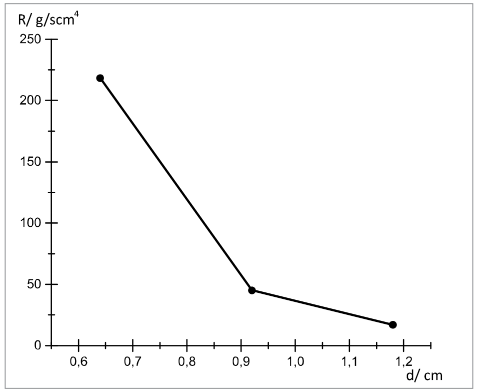

Fig. 2: Resistencia frente a diferentes diámetros de tubo