

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Introducción**

El hombre a través de su historia ha tratado de comprender los fenómenos naturales que lo rodean; siempre los ha analizado y tratado de obtener ventaja, desde el descubrimiento del fuego, hasta los avances tecnológicos de nuestros días. El proceso de razonamiento del ser humano es, primero observar los fenómenos, tratar de entenderlos, analizarlos, sacar hipótesis, comprobarlas y finalmente obtener una explicación científica de lo que está sucediendo. Un fenómeno natural muy importante es el desplazamiento de un fluido, la presión con que lo hace, su trayectoria y cómo varían sus propiedades cuando se encuentra con obstáculos, diferentes tipos de superficies y rutas.

Entendiendo el comportamiento de un fluido, el ser humano pudo utilizar esta propiedad natural para su beneficio, un ejemplo claro son las presas generadoras de energía eléctrica, así como sistemas hidráulicos que nos brindan la capacidad de amplificar la fuerza generada en un extremo. Los ingenieros y científicos han estudiado muy bien estos fenómenos y los han aplicado a automóviles, en la agricultura con sistemas de riego, en la industria, medicina y hasta en nuestros propios hogares con la propulsión de agua desde la cisterna hasta el tinaco.

En la siguiente tesis, se implementará un sistema que va a medir la presión de un líquido en distintas tuberías. El objetivo es obtener información de un fenómeno natural como es la presión del agua en diferentes condiciones, que más adelante vamos a explicar.

El tema a desarrollar es la instrumentación electrónica y virtual de un sistema hidráulico.

El Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de las Américas - Puebla buscó actualizar sus métodos de enseñanza en todas sus ramas, con el objetivo de proporcionar a sus estudiantes más herramientas para la comprensión de los conceptos enseñados. Así que los encargados del laboratorio construyeron una planta hidráulica, donde se hace circular agua por varios tubos construidos de distintos materiales y calibres, esto con el objetivo de analizar su comportamiento.

El sensor que se compró es el MPX2050 de Motorola, el cual obtiene dos muestras. Se dejó un puerto destapado, sin nada conectado a él, para que tome muestras de la presión atmosférica y el otro puerto es conectado a un pequeño tubo que toma las muestras del fluido. Este sensor en particular entrega un voltaje de salida de  $0\text{ mV}$  a  $40\text{ mV}$ , equivalentes a  $0$  a  $50\text{ KPa}$  [1], como presión manométrica, por lo que se necesitó hacer un sistema de acondicionamiento de señal para poder trabajar con estos datos en la tarjeta de adquisición de datos.

Se trabajó con la tarjeta de adquisición de datos NI-USB6008, de *National Instruments*; esta tarjeta nos brinda la capacidad de tomar 4 muestras de voltajes analógicos diferenciales ó 8 muestras referenciadas a tierra, gracias a sus 16 entradas analógicas.

La planta con la que se trabajó tiene las siguientes características: es un sistema de propulsión de agua por medio de un hidroneumático, el agua recorre diferentes rutas, según sean abiertas 4 válvulas colocadas al principio del trayecto de agua de cada tubo. Existen en este momento 4 tuberías de 5 metros de longitud cada una (posteriormente habrá más, como se muestra en la figura 1.1), los materiales de estas tuberías son acrílico, fierro galvanizado, y cobre de una y dos pulgadas.

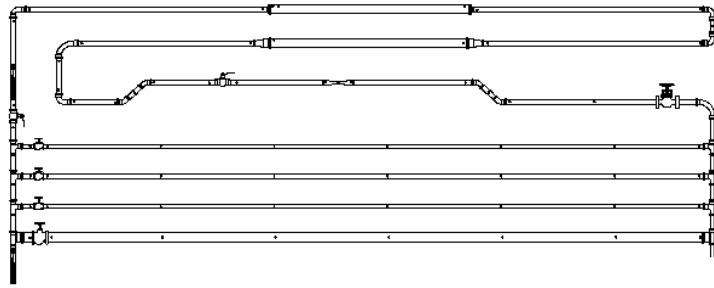


Fig. 1.1 Planta hidráulica

Otro de los puntos importantes, es que cada tubo del mismo material de la planta hidráulica cuenta con 8 orificios para la colocación de los sensores; esto se hizo con la finalidad de tomar 8 muestras en diferentes lugares de la misma tubería y poder analizar el comportamiento del fluido. Así que se necesitan utilizar 8 conexiones que transporten la información de cada uno de los sensores (correspondientes a una tubería) al sistema de acondicionamiento de señal, el cual es la interfaz entre el sistema hidráulico y la computadora. Así, el sistema es capaz de tomar 8 mediciones simultáneas de presión manométrica en distintos puntos de la planta.

## 1.2 Planteamiento del problema

El problema a resolver en esta tesis es mejorar los métodos didácticos del laboratorio de Ingeniería Civil. Esto se puede hacer mediante el uso de métodos prácticos y eficientes para que el alumno entienda, comprenda y analice problemas de dinámica de fluidos.

Durante varios años se han impartido clases como: Mecánica de fluidos, Hidráulica y Aprovechamientos hidráulicos con un barómetro simple, diseñado por E. Torricelli, discípulo de Galileo, el cual es muy ineficiente. Este barómetro es un instrumento de medición poco confiable por que presenta problemas como inexactitudes ya que la presión se mide a través de una diferencia de alturas de una columna de mercurio, si la columna de mercurio colocada en una tubería de plástico se mueve por equivocación, la medición ya no es correcta; también considero que es un método con capacidades limitadas, ya que no grafica, sólo se puede tomar una muestra a la vez, es muy lenta la

captura y cálculo de la presión, presenta problemas de paralelaje, además de todo se torna un poco incómodo la toma de la muestra.

El departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de las Américas – Puebla, viéndose en la necesidad de mejorar sus métodos didácticos de aprendizaje, se dispuso a pedir ayuda al departamento de Computación, Electrónica, Física e Innovación para implementar un sistema capaz de resolver estos problemas, que sea eficiente y fácil de manipular.

### **1.3 Conceptos básicos**

#### **1.3.1 La presión en los fluidos**

Un fluido no viscoso, al que se le llama ideal, no puede ejercer una fuerza constante, es por esto que sólo va a ejercer una fuerza en sentido normal sobre un área determinada. Cuando el fluido no tenga ninguna fuerza externa que lo excite, es decir que esté en reposo, cada una de sus partículas van a estar en equilibrio; por lo tanto, la fuerza que se va a ejercer sobre un pequeño elemento va a ser la misma en todas direcciones, si no fuera así, el fluido no va a estar en equilibrio [2].

*“La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes” [2].*

#### **Fluidos**

El concepto de fluido es muy sencillo; es aquel que puede fluir, por lo que incluye a los líquidos como a los gases [3].

#### **Presión**

A la fuerza normal por unidad de área se le llama presión.

$$P = \frac{F}{A} \tag{1.1}$$

Donde:

A es el área dónde se aplica la fuerza perpendicular F.

En el sistema SI (Sistema Internacional) de unidades, al  $\text{N/m}^2$  se le llama pascal (Pa). El kilopascal (kPa) es la unidad de medida más apropiada para la presión de los fluidos [2].

$$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ N/m}^2 = 0.145 \text{ lb/in}^2 \quad (1.2)$$

### **Densidad**

La densidad o masa específica  $\rho$  de un cuerpo se define como la relación de su masa m con respecto a su volumen V.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.3)$$

Las unidades de la densidad son el resultado del cociente de unidad de masa entre unidad de volumen, por ejemplo, gramos por centímetro cúbico, kilogramos por metro cúbico, o slugs por pie cúbico. La densidad del mercurio que equivale a  $13\,600 \text{ kg/m}^3$  [2].

### **Presión atmosférica**

E. Torricelli demostró mediante un experimento muy sencillo que existe una presión atmosférica, su experimento consistió en sumergir un tubo largo lleno de mercurio en una canaleta con el mismo material, al levantar el extremo cerrado del tubo fuera del mercurio, este material permanecía a una altura de 76 cm sobre el nivel de la canaleta. Con este hallazgo, Torricelli tuvo la brillante idea de construir un instrumento que midiera la presión de líquidos a partir de la presión atmosférica, así fue como construyó el barómetro.

El barómetro de Torricelli consiste en un recipiente de mercurio, un tubo largo de vidrio de aproximadamente 1 metro de longitud que primero se llena completamente de mercurio y después se invierte dentro del recipiente, sin permitir que entre el aire. Por medio de una marca de referencia que localiza el nivel de mercurio en el recipiente, y de

observación visual del nivel del mercurio en el tubo de vidrio a una altura determinada sobre el recipiente, se determina la diferencia de presión correspondiente a la presión atmosférica [4].

*“El aire que nos rodea ejerce una presión de unos  $10^5 \text{ N/m}^2$  sobre nosotros” [5].*

### **Medición de la presión**

Distintos dispositivos se han inventado a través de los años para medir la presión de los fluidos, la más simple de éstas es el manómetro de tubo abierto. El manómetro de tubo abierto es un tubo en forma de U parcialmente lleno de un líquido, usualmente mercurio o agua. La presión P que es medida es relacionada con la diferencia de alturas de los dos niveles del líquido.

$$P = P_0 + \rho gh \quad (1.4)$$

Donde:

- $P_0$  es la presión atmosférica que está actuando en la parte más alta del fluido
- $\rho$  es la densidad del líquido
- $g$  es el valor constante para la gravedad ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )
- $h$  es la diferencia de alturas de los dos niveles del líquido

Las presiones son a veces especificadas como milímetros de mercurio (mm Hg) y otras como milímetros de agua. La unidad 1 mm Hg es equivalente a una presión de  $133 \text{ N/m}^2$ .

$$\begin{aligned} \rho gh &= (13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(1 \times 10^{-3} \text{ m}) \\ \rho gh &= 1.33 \times 10^2 \text{ N/m}^2. \end{aligned} \quad (1.5)$$

La unidad mm Hg es también llamada “torr” en honor de Evangelista Torrielli (1608 - 1647), cabe señalar que las unidades  $\text{N/m}^2$  son también llamadas Pascales (Pa). [6].

### 1.3.2 Sistemas de medición

Medición es definido como la extracción de señales que representan parámetros o variables de sistemas físicos y químicos o procesos. Un ejemplo muy útil para explicar el concepto, es el ser humano; éste adquiere información de su entorno a través de sus cinco sentidos, olfato, tacto, gusto, vista y oído. Esta información es convertida en impulsos eléctricos y es enviada al cerebro, el cual procesa la información y manda una señal para moverse hacia el objeto. La salida de un dispositivo de medición es información concerniente al estado del proceso al cual está conectado. La información de salida tiene que ser relativa a una referencia previamente definida [7].

#### Sistemas de medición analógicos

Las señales obtenidas de un sensor son analógicas, proporcionales a los cambios que está experimentando el proceso. Es necesario un sistema de acondicionamiento de señal que generalmente incluye:

1. Un transductor que va a transformar la señal física al cual está conectado, a una señal eléctrica proporcional a la anterior.
2. Un amplificador que va a mejorar la intensidad de la señal eléctrica para que sea más perceptible y menos sensitiva al ruido de interferencia.
3. Uno o mas sistemas subsecuentes de procesamiento de señal, como pueden ser filtrado, amplificado, extracción de *offset* [8].

#### Transductor

Un transductor es cualquier dispositivo que puede ser utilizado para determinar el valor, cantidad o condición de algunas variables físicas o fenómenos que deben ser monitoreados. El propósito del transductor es medir la magnitud de algún fenómeno en particular para propósitos de control [7].

## **Transductores de presión**

Existen diferentes tipos de transductores para diferentes fenómenos. Nos vamos a centrar en los transductores o sensores de presión. Estos se clasifican en dos tipos, los de presión absoluta y los de presión diferencial.

### **Sensores de presión absoluta**

Este dispositivo en un puerto es introducida la presión desconocida  $P_x$ , en el puerto opuesto es evacuado hasta llegar al vacío; entonces, la presión medida es proporcional a la presión absoluta.

### **Sensores de presión diferencial**

En este dispositivo un puerto es para la presión  $P_1$ , mientras que el otro es para una presión diferente  $P_2$ . La presión diferencial  $\Delta P$  es la diferencia entre  $P_1$  y  $P_2$

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (1.6)$$

En algunos sensores de presión diferencial un lado es puesto a una presión específica, llamada presión de referencia, y así se puede medir la presión diferencial teniendo una de referencia [9].

En el capítulo 2 se trata todo lo relacionado al sistema de adquisición de datos, conceptos y su realización.