

Equipo Didáctico para Medir la Presión

Sosa Castro Itzel del Rocío*, Valdez Almaral Jesús Alberto*, Valenzuela Salazar José Raúl*,
Valerio Jiménez Andrey Esli*, Aguirre Cerillo Fabio Abel**, Pérez Luque Gilberto***

*Instituto Tecnológico de Culiacán

Departamento de Metal-Mecánica *Departamento de Ing. Eléctrica-Electrónica
Juan de Dios Batiz s/n, Col. Guadalupe, C.P. 80220, Culiacán, Sinaloa, México
Tel (667)7133804 Ext 262, E-mail: fabio4aguirre@yahoo.com.mx

Resumen

En el presente trabajo se presenta un equipo para medir la presión. El equipo se ha construido con características didácticas; se genera una presión manométrica en el interior de un tanque rígido y se visualiza la presión en una escala graduada en una columna de líquido por medio de un tubo en U. La presión generada se transmite a un sensor de presión proporcionando una señal eléctrica, es caracterizada y amplificada para proporcionar una señal de salida de 0 a 5 Volts proporcional a la presión manométrica generada en el interior del tanque rígido. Además, se desarrolló una interfaz gráfica para visualizar la señal de la presión con un instrumento virtual.

Palabras clave: Presión manométrica, tubo en U, sensor de presión, tanque rígido, señal eléctrica de salida.

1. Introducción

El ser humano sólo puede subsistir si es capaz de reaccionar a lo que sucede en su entorno, esto es, debe ser capaz de observar lo que acontece y tomar decisiones. El sector industrial reacciona de la misma forma, los sistemas de automatización tienen una gran cantidad de sistemas de procesamiento de señales. Las señales de variables físicas (presión, temperatura, caudal, posición, velocidad, entre otras) al llegar a los microprocesadores y/o microcontroladores, en función de un programa determinado, generan señales de salidas adecuadas para que los actuadores realicen la función predeterminada para lo que fueron diseñado.

Sin embargo todas las señales, los datos y valores de medición que se procesan, tienen que captarse primero. Esta operación puede asumirla el ser

humano utilizando aparatos de medición o puede realizarse mediante sensores sin que intervenga el hombre. Las máquinas sin sensores son ciegas, sordas y carecen de relación con el entorno.

En últimos tiempos ha aumentado el interés hacia los sistemas de medición capaces de detectar magnitudes de fluidos (presión, volumen y masa). Al aumentar el grado de automatización, es indispensable tener en cuenta estas magnitudes en los procesos de monitoreo y control. En la técnica de procesos, por ejemplo, entre un 30 y un 40 % de todas las mediciones son mediciones de presiones [1]. Sobra decir entonces la importancia de dicha variable y el conocimiento de la misma.

Lamentablemente, muchas de las instituciones educativas del país no disponen de los recursos económicos necesarios para adquirir equipos de medición para el procesamiento de señales en procesos físicos, de manera didáctica. En este artículo se presentan los principios físicos, la construcción y los elementos principales de un sensor para medir la presión manométrica. Desde la generación de la presión hasta la visualización y captación de la misma. Finalmente, se presentan los resultados así como las conclusiones de este trabajo.

2. Fundamentos teóricos

La presión representa una fuerza de contacto F que se aplica sobre un área A determinada. La fuerza es normal a la superficie de contacto [2]; la presión se representa por:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Se distinguen varios tipos de presión tal y como se muestra en la figura 1. La presión absoluta (P_{abs}) es

la suma de la presión de referencia local (P_o) y la presión manométrica (P_{man}) [3]:

$$P_{abs} = P_o + P_{man} \quad (2)$$

La presión de referencia local también se le conoce como presión barométrica. Esta presión depende de la altura respecto al mar. A nivel del mar, se tiene la presión atmosférica estándar con un valor de 101.33 kPa (760 mm de mercurio con una densidad de 13595 kg/m³) [3].

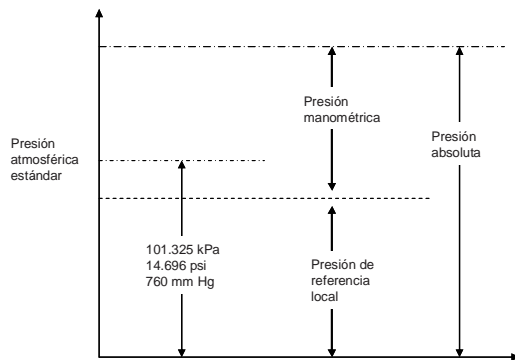


Figura 1. Tipos de presión.

La presión manométrica se genera a partir de la presión de referencia local. En la figura 2 se muestra un tubo en U con uno de sus extremos abierto a una presión de referencia local [4]. El otro extremo se encuentra conectado a un recipiente. Si la presión en el interior del recipiente es mayor a la presión de referencia local, se genera una columna de líquido h.

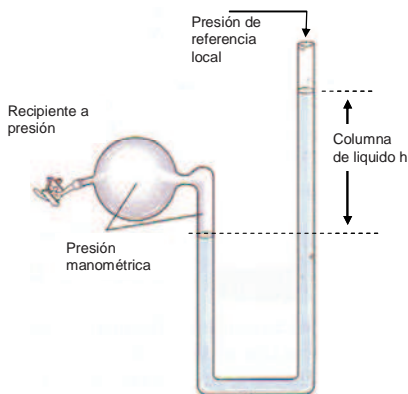


Figura 2. Generación de la presión manométrica.

La columna de líquido representa una fuerza (el peso w) que se aplica sobre el área del tubo en U:

$$w = m g \quad (3)$$

Si la fuerza del peso dada por la ecuación (3) se sustituye en la ecuación (1) se tiene:

$$P = \frac{m g}{A} \quad (4)$$

La densidad (ρ) de una sustancia es la relación de su masa y su volumen (V):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Despejando la masa de la ecuación (5) y utilizando el resultado en la ecuación (4) se tiene:

$$P = \frac{\rho g V}{A} \quad (6)$$

El volumen resulta de multiplicar el área del tubo por una altura h. Por tanto la presión manométrica es:

$$P_{man} = \rho g h \quad (7)$$

Por otro lado, la ecuación (7) se puede utilizar para encontrar la densidad de líquidos una vez conocida la presión manométrica y la columna de líquido h.

$$\rho = \frac{P_{man}}{g h} \quad (8)$$

3. Construcción del equipo didáctico

La construcción del equipo didáctico para la medición de presión se divide en dos partes:

- Reproducción del fenómeno de presión.
- Adquisición y manejo de la señal eléctrica.

3.1. Reproducir el fenómeno de presión.

Para generar una presión se tiene un dispositivo capaz de almacenar aire en un tanque de almacenamiento rígido y que a la vez, la transmite a un tubo en U (medidor visual de la presión). En la figura 3 se muestra el dispositivo y cada una de sus partes:

- Tanque de aire rígido para almacenar aire a presión.
- Una válvula antirretorno a la entrada que evita la salida de aire una vez almacenado.
- Un distribuidor de aire que sirve para comunicar la presión desde el tanque hasta los dos tubos en U y el sensor de presión.

- Dos tubos en U que pueden contener líquidos diferentes. Uno de ellos es agua.
- Una regla graduada por cada tubo en U para realizar la medición visual de la presión por medio de una columna de líquido.
- Los dos tubos en U se encuentran abiertos al aire atmosférico. Lo anterior significa que se mide la presión manométrica dentro del tanque a partir de la presión de referencia local.
- La salida de aire se conecta a un sensor de presión. Aquí es el lugar para obtener la señal de presión que contiene el interior del tanque.
- Para el suministro de aire se tiene una bomba de aire manual (no mostrada en la figura).

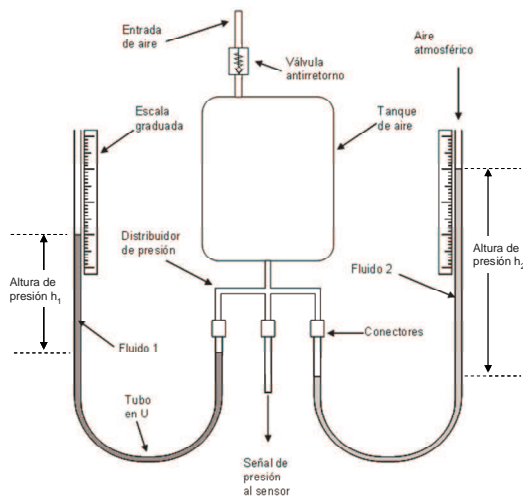


Figura 3. Dispositivo para generar presión.

La idea de contar con dos tubos en U hace posible utilizar la ecuación (8) para determinar la densidad de algunos líquidos.

3.2. Adquisición y manejo de la señal eléctrica.

Una vez generada la presión y visualizada en el tubo en U, es necesario convertir dicha señal mecánica en una señal eléctrica y que pueda ser manipulada, por lo tanto, se utiliza un sensor de presión, el MPX2010DP de Motorota. Entonces, la presión generada en el tanque se conecta al sensor, como se muestra en la figura 4.

El sensor de presión MPX2010DP es un sensor de presión diferencial que proporciona una señal eléctrica en (mV), es proporcional a la señal de presión de entrada; se puede alimentar con 10 voltios de corriente directa, su principio de funcionamiento es piezorresistivo. La presión máxima de operación es de 10 kPa [5].

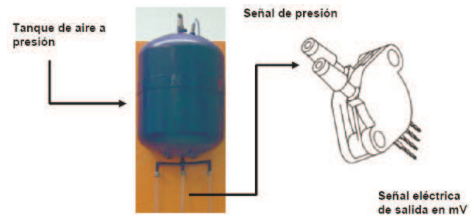


Figura 4. Sensor de presión MPX2010P.

La señal eléctrica de salida que proporciona el sensor de presión es baja y no es normalizada. Por tanto, la señal se conecta a un amplificador de instrumentación, tal y como se observa en la figura 5. El amplificador de instrumentación que se utiliza en el AD620AN de Analog Devices. El amplificador recibe una señal de entrada en mV y proporciona una señal de salida de 0 a 5 V [6]. Se tiene un potenciómetro para realizar el ajuste de la ganancia adecuada.

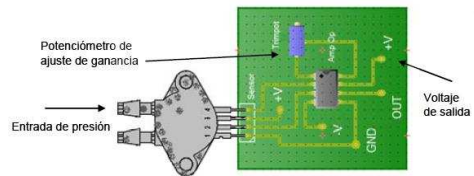


Figura 5. Sensor conectado al AD620AR.

Finalmente la figura 6 muestra una fotografía del equipo didáctico construido con todas y cada una de sus partes.



Figura 6. Fotografía del equipo didáctico construido.

4. Caracterización y pruebas realizadas

Para observar el comportamiento del sensor de presión se procede a realizar una caracterización o calibración. Una calibración aplica datos conocidos de entrada a un sistema de medida con el propósito de observar los valores de salida del sistema [2]. El dato conocido de entrada es la columna de líquido o altura de presión h , en este caso, agua a 20 °C. El valor de salida es el voltaje proporcionado por el sensor de presión (ver figura 4). En la tabla 1 se tiene los datos de la caracterización de 0 a 500 mm en intervalos de 20 mm.

Altura h (mm)	Voltaje (mV)	Altura h (mm)	Voltaje (mV)
0	0.00	260	14.50
20	1.20	280	15.50
40	2.20	300	16.60
60	3.30	320	17.70
80	4.50	340	18.80
100	5.60	360	19.90
120	6.70	380	21.10
140	7.80	400	22.20
160	8.90	420	23.50
180	10	440	24.40
200	11.10	460	25.50
220	12.30	480	26.60
240	13.30	500	27.60

Los datos de la tabla 1 se grafican y se muestran en la figura 7. La gráfica muestra un comportamiento prácticamente lineal en todos los puntos.

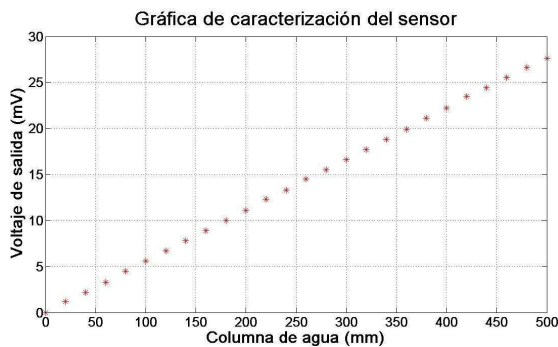


Figura 7. Respuesta de voltaje para valores de altura h .

De la misma manera, se obtiene la altura de presión h y en esta ocasión se mide el voltaje a la salida del amplificador de instrumentación (ver figura 5). La ganancia se ajusta por medio de un potenciómetro. El valor de la ganancia debe ser tal, que al multiplicarse por el voltaje a una altura de presión de 500 mm (27.60 mV) se obtenga a la salida un voltaje de 5 V. Por tanto la ganancia se ajusta para

un valor de 181.2 aproximadamente. En la tabla 2 se muestran los resultados de los mediciones.

Altura h (mm)	Voltaje ascendente (V)	Voltaje descendente (V)
0	0	0
10	0.11	0.11
20	0.21	0.20
30	0.30	0.30
40	0.40	0.40
50	0.50	0.50
60	0.58	0.60
70	0.69	0.69
80	0.79	0.79
90	0.89	0.89
100	1.00	1.00
110	1.09	1.10
120	1.20	1.20
130	1.29	1.30
140	1.40	1.40
150	1.50	1.50
160	1.60	1.60
170	1.70	1.69
180	1.79	1.80
190	1.89	1.89
200	2.00	2.00
210	2.09	2.09
220	2.20	2.19
230	2.30	2.29
240	2.40	2.39
250	2.50	2.49
260	2.60	2.59
270	2.70	2.70
280	2.80	2.80
290	2.90	2.90
300	3.00	3.00
310	3.10	3.09
320	3.20	3.19
330	3.30	3.30
340	3.41	3.40
350	3.50	3.51
360	3.61	3.61
370	3.71	3.70
380	3.80	3.80
390	3.90	3.89
400	3.99	3.99
410	4.08	4.09
420	4.19	4.18
430	4.29	4.28
440	4.38	4.37
450	4.47	4.47
460	4.58	4.59
470	4.68	4.69
480	4.78	4.79
490	4.88	4.89
500	4.98	4.99

Los datos de la tabla 2 se han obtenido para altura de presión h en forma ascendente y descendente. En la figura 8 se muestran los datos de la tabla para un voltaje en forma descendente y una línea ideal para el sensor.

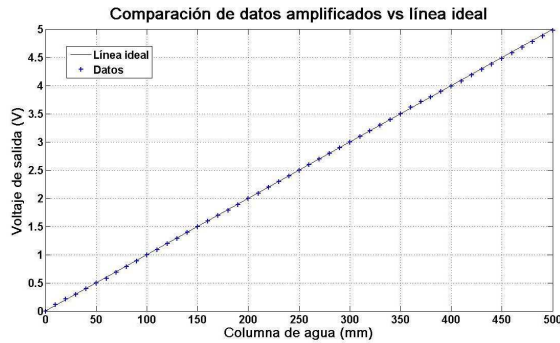


Figura 8. Voltaje de salida en función de la altura h .

La línea ideal mostrada en la figura 8 representa el voltaje (v) en función de la columna de agua h y esta dada por:

$$v(h) = 0.01 h \quad (9)$$

Por otro lado, se tiene una interfaz gráfica elaborada con ayuda de Labview para visualizar la señal de la presión en una computadora [7]. Se utiliza una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments (NI USB-6008) [8]. La tarjeta tiene puertos de entrada analógica para voltajes de 0 a 5 V. La figura 9 se muestra una imagen de la interfaz gráfica.

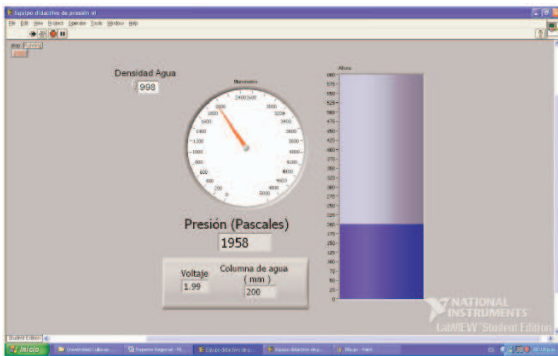


Figura 9. Interfaz gráfica programada en Labview 8.2.

5. Análisis de resultados

Los resultados muestran una relación prácticamente lineal. Se tiene aproximadamente 1 V de salida por cada 100 mm de columna de agua. La desviación máxima es de $4.40 - 4.37 = 0.03$ V y

ocurre en una altura de presión de 440 mm de agua, en relación a la línea ideal mostrada en la figura 8 y dada por la ecuación (9).

En la figura 6 se tiene una fotografía del prototipo didáctico. Contiene un póster adherido y en él se ha colocado la gráfica de la figura 8 y la ecuación (9). De esta manera el estudiante realiza la medición visual en el tubo en U, introduce su valor en la ecuación (9) y realiza la medición por medio de un voltímetro. Con lo anterior el estudiante verifica y comprueba el resultado.

Además el póster contiene una recta ideal que relaciona el voltaje con la presión y se muestra en la figura 10. Una vez obtenido el voltaje, se puede encontrar la presión manométrica en el interior del tanque y el resultado se compara con la ecuación (7).

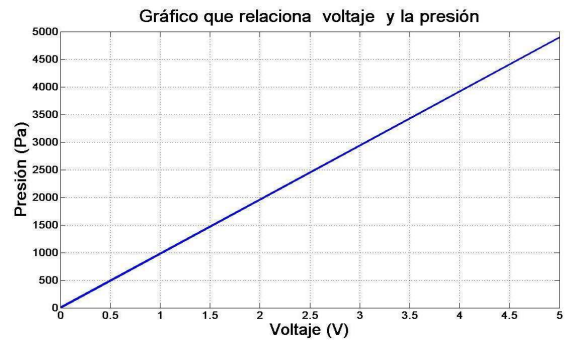


Figura 10. Voltaje de salida para encontrar la presión.

6. Conclusiones

Se ha construido un prototipo didáctico de medición de presión manométrica, el rango de voltaje de es 0 a 5 V para una altura de presión de hasta 500 mm columna de agua. El prototipo es de gran apoyo para los estudiantes de licenciatura y que les ayude a comprender el concepto de presión, de forma práctica.

Por el momento se sigue trabajando con el prototipo para que muestre el valor de la presión por medio de cuatro display's de 7 segmentos.

Se pretende que el prototipo sea modular con la finalidad de que estudiantes de licenciatura obtenga y manipule la señal de presión. En una placa de circuito impreso se tenga el sensor y el amplificador de presión, en otra un convertidor analógico digital, en otra un microcontrolador y un LCD o display de 7 segmentos.

Referencias

- [1] Hesse, Stefan, “*Sensores en la técnica de fabricación*”, Blue Digest on Automation, Festo AG & Co, Esslingen, Alemania, 2006.
- [2] Hesse, Stefan, “*Aire comprimido fuente de energía*”, Blue Digest on Automation, Festo AG & Co, Esslingen, Alemania, 2006.
- [3] Figliola, Richard S y Beasley, Donald E., “*Mediciones Mecánicas Teoría y Diseño*”, Alfaomega, México, Cuarta Edición, 2008.
- [4] Sears, Francis W y Zemansky, Mark W., “*Física Universitaria con física moderna*”, Pearson, México, Undécima Edición, 2005.
- [5] Motorola, “*Semiconductor technical data MPX2010DP*”, www.freescale.com, 2002.
- [6] Floyd, Thomas, “*Dispositivos Electrónicos*”, Limusa, México, 2005.
- [7] Lajara, José Rafael Vizcaíno y Pelegrí, José Sebastián, “*LabVIEW Entorno gráfico de programación*”, Alfaomega, México, 2007.
- [8] Nacional Instruments , “*Getting Started with LabVIEW*”, Versión 8.20 Austin Texas, USA, 2006.