

DESARROLLO DE EQUIPOS PARA LA INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS DE LABORATORIO RELACIONADOS CON EL SANEAMIENTO DE AGUAS

LAURO SANTIAGO CRUZ, JULIO CÉSAR MORALES MEJÍA, GUILLERMO ISAAC MARTÍNEZ DEL CERRO SANTILLÁN Y ALEJANDRO VEGA PADILLA

Los equipos referidos en el presente trabajo se desarrollaron como parte del proyecto de investigación PAPIME PE109220, "Tratamiento de Aguas. Enfoque actualizado de la teoría y del laboratorio al perfil de Ingeniería Química", Facultad de Estudios Superiores Campus Cuautitlán de la UNAM, a invitación del Dr. Julio César Morales Mejía.

Cuando hablamos del tratamiento de aguas para diferentes propósitos, el proceso que se seleccione depende de múltiples factores, entre ellos el tipo y concentración de los contaminantes presentes, el caudal generado, la tecnología a emplear, la disponibilidad de espacio, el nivel deseado de depuración y la disponibilidad de recursos, entre otros.

En los laboratorios de algunas universidades y centros de investigación se realizan estudios sobre el tratamiento de aguas y se capacita a los alumnos interesados en esta área del conocimiento.

Entre los equipos desarrollados e integrados en el presente proyecto se encuentran, los medidores de flujo o caudal de agua, flujo de ozono y fotómetros. En el presente documento únicamente se describe el medidor de flujo de agua.

Para obtener la información de cuánta agua ha sido tratada en alguna de las etapas de depuración, es necesario contar con un sistema capaz de realizar dicha medición; identificar la cantidad de agua tratada, según el nivel de tratamiento nos permite reconocer de forma cualitativa la calidad de los efluentes descargados al sistema de drenaje y alcantarillado.

El medidor de caudal es un instrumento que mide el gasto o flujo volumétrico de un fluido, y suele colocarse en serie con la tubería que transporta al fluido.

Existen distintos tipos de medidores de flujo, en su mayoría mecánicos o eléctricos y diseñados para diversos fluidos; sin embargo, para el agua lo más cotidiano es utilizar un medidor mecánico o electrónico, en ambos casos el funcionamiento es similar, estos dispositivos van colocados en la tubería que transporta el fluido, en su interior contienen aspas de manera transversal al flujo del fluido, las cuales giran impulsadas por la circulación del fluido. Para nuestro trabajo el elemento sensor de flujo de agua es de efecto HALL que, en conjunto con la electrónica asociada, mide el flujo de agua.

El equipo se desarrolló con base en un microcontrolador, con sus interfaces para el almacenamiento de datos, en una memoria SD, midiendo la cantidad de gasto volumétrico en un lapso de un minuto, y el display de cristal líquido. En la figura 1 se presentan los elementos de hardware que integran el equipo.

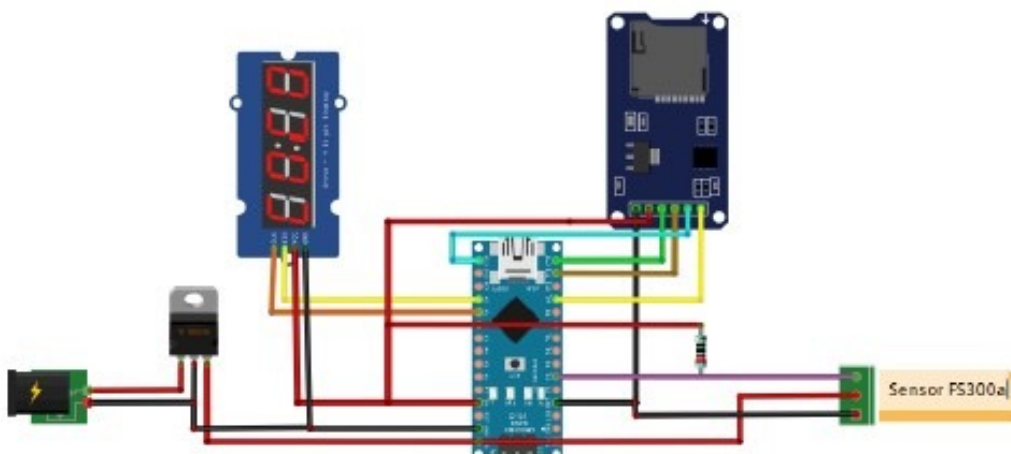


Figura 1. Electrónica del medidor de flujo

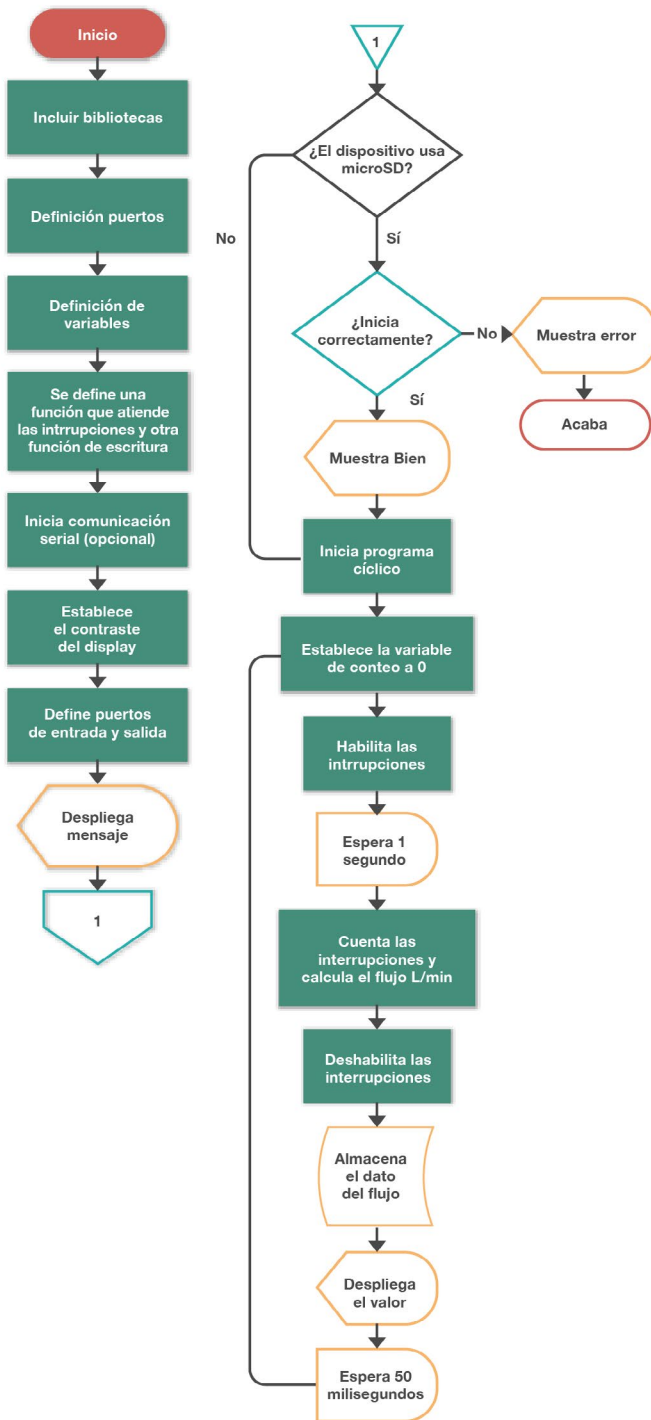


Figura 2. Diagrama de flujo de la programación

El sensor de efecto Hall que se adquirió tiene las siguientes características técnicas: presión del agua hasta 1.75MPa, flujo de entrada de 1 a 60 L / min, voltaje de funcionamiento 5 - 15 V CD, resistencia mecánica = 30 N / cualquier dirección, error menor a 5%, salida de pulso de alta > 4.7V (voltaje de entrada 5V), salida de pulsos de baja < 0.5 V (voltaje de entrada 5V) y una temperatura de operación de hasta 80°C.

El flujo se determina mediante la ecuación, $F = (5.5 * Q)$; donde, F (Hz) es la frecuencia y Q (lpm) es el gasto.

Los pulsos enviados por el sensor son adquiridos y procesados para realizar la conversión de magnitudes, y así obtener el gasto correspondiente. Los datos del gasto generado son almacenados y finalmente presentados en el display LCD. En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo del *software* desarrollado para el proceso de adquisición, registro y despliegue de datos del medidor de caudal.

Diseño y experimentación

Una vez diseñado el equipo, se procedió a probar los prototipos armados. Inicialmente se hizo una prueba con una placa electrónica y los elementos requeridos para este proyecto, a excepción del sensor de flujo, el cual se sustituyó por un pulsador para la simulación del envío de pulsos (Figura 3).

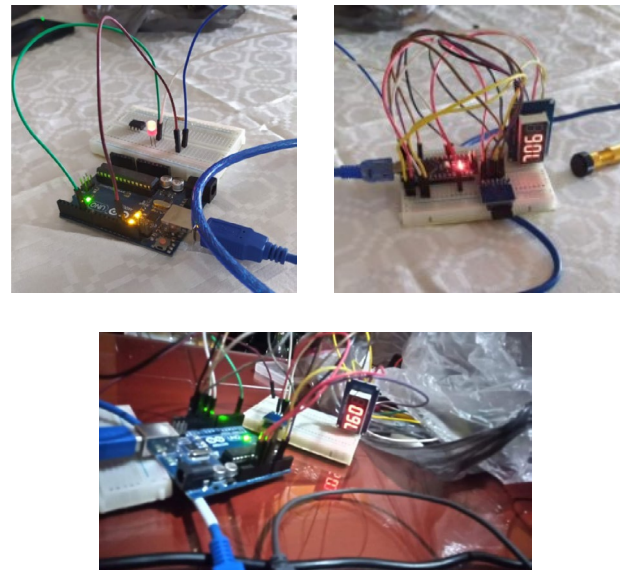


Figura 3. Pruebas al medidor de flujo

En la figura se muestra el display de 4 dígitos, conectado a la placa electrónica que recibe y procesa la información. A esta placa se le mandaron pulsos y se registró un flujo correspondiente a 0.9 L / min. Para esta prueba se incluyó también el módulo de memoria SD, el cual funcionó correctamente, se creó un archivo llamado Datalog, en el cual se registra cada segundo el flujo calculado, además este dato es presentado en el display. Estas pruebas muestran el funcionamiento adecuado de nuestros módulos y el código programado.

Posteriormente se realizó una prueba en la que se utilizaron dos placas electrónicas; una de ellas, integrada con todos los módulos, será la encargada de recibir la información, calcular valores, desplegarlos y almacenarlos en la memoria; la segunda placa solamente enviará pulsos. En un principio se enviará 1 pulso por segundo durante 4 segundos, después se enviarán dos pulsos por segundo durante 4 segundos y así sucesivamente hasta llegar a 330 pulsos por segundo, cantidad que corresponde al máximo valor que alcanza el sensor.

Cabe comentar que en esta prueba se reemplazó la placa electrónica inicial por una versión nano, de menor tamaño y costo (Figura 4).

Como resultado de estas pruebas se obtuvo un archivo de texto, en el cual se registraron todas las magnitudes del

flujo calculado, en la figura 5 se da una muestra parcial de dicho archivo.

El archivo es demasiado grande como para capturarlo todo en imágenes, pero con esta información se realizó una tabla y una gráfica donde se muestra que el flujo se calcula correctamente en la placa; sin embargo, existe un problema con este experimento, pues a altas frecuencias la placa puede tener error en la lectura de interrupciones, figura 6. No obstante, lo anterior no es problema para la aplicación, ya que se cumple con el rango de medición que se requiere en el proceso del laboratorio.

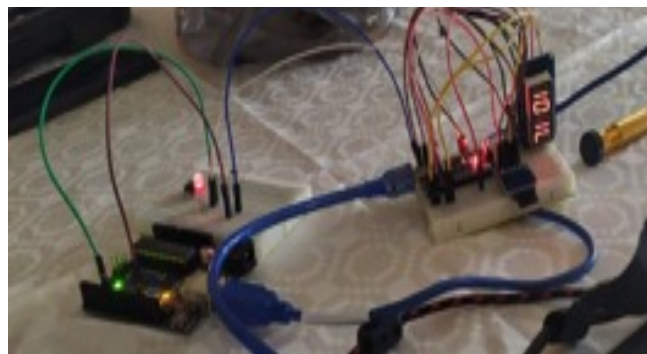


Figura 4. Versión final del medidor de flujo

L/min										
0	0	0	0	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.36	
0.55	0.36	0.36	0.73	0.55	0.55	0.73	0.73	0.91	0.73	
1.09	0.91	1.09	1.09	1.09	1.27	1.27	1.27	1.45	1.45	
1.27	1.64	1.64	1.64	1.64	1.82	2	1.64	2	2	
2.18	2	2.18	2.36	2.18	2.36	2.36	2.55	2.36	2.73	
2.55	2.55	2.73	2.73	2.73	2.73	2.91	2.91	2.91	2.91	
3.09	3.09	3.09	3.27	3.27	3.45	3.45	3.64	3.64	3.45	
3.64	3.64	3.64	3.64	2.82	4	3.82	4	4.18	4	
4.18	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.73	4.73	
4.73	4.91	4.91	4.91	4.91	5.09	5.09	5.09	5.09	5.27	
5.27	5.09	5.27	5.45	5.27	5.45	5.64	5.64	5.64	5.82	
6	5.82	5.82	6	6	6	6.18	6.36	6.18	6.36	
6.55	6.55	6.36	6.36	6.36	6.55	6.55	6.73	6.73	6.55	
6.91	7.27	7.27	7.09	7.09	7.09	7.09	7.45	7.27	7.27	

Figura 5. Resultados de pruebas experimentales

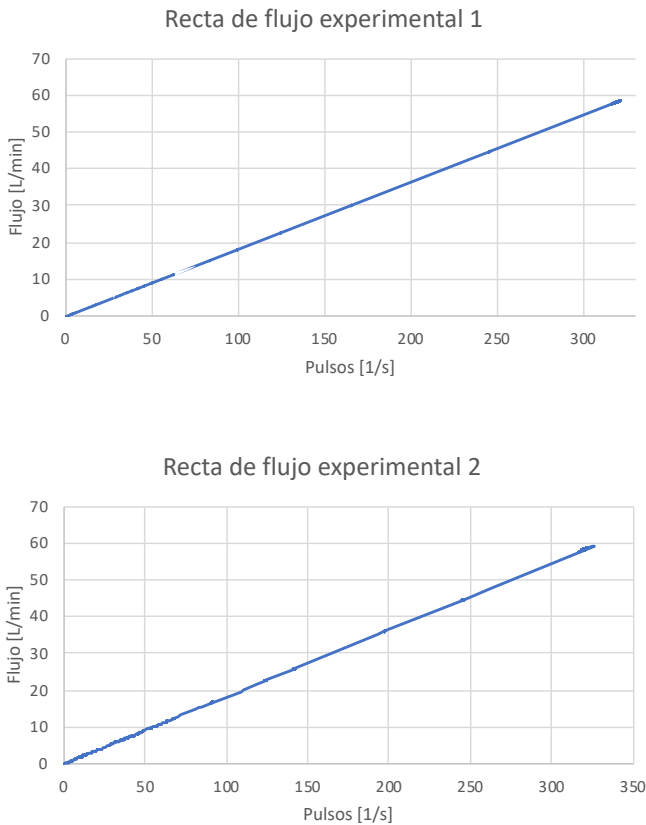


Figura 6. Gráficas del comportamiento del medidor de flujo

Proceso

El prototipo desarrollado será instalado en una línea del proceso de tratamiento de aguas en laboratorio, la que se encuentra en la FESC. El agua tratada será bombeada desde un contenedor a presión atmosférica, hasta la parte alta de una columna de adsorción de 1.3 m de altura. El medidor debe estar en posición horizontal o vertical antes de que se alimente el agua a la columna. La conducción del agua será en manguera de 3/8 de pulgada (Figura 7).

El sensor viene con conexión roscada a 1/2 pulgada NPT, de manera que se instalará en el proceso utilizando un tramo de tubería de PVC de 0.5 pulgadas antes y después del mismo.

La alimentación de energía al equipo estará dada por un adaptador de voltaje AC a DC y es posible que éste ya contenga en su interior un voltaje regulado y un fusible de seguridad, de ser así ya no será necesario colocarlo en nuestro equipo; sin embargo, en caso contrario si fuese necesario se colocará un regulador de voltaje y un fusible que funcione para la seguridad del equipo y cortar la corriente en caso de un circuito en corto.

Resultados y conclusiones

Actualmente, contamos con un prototipo del medidor de flujo de agua completamente funcional, de acuerdo con lo solicitado, determinación del flujo de 0 a 60 lpm.

Agradecimientos

En el desarrollo de este instrumento, para aplicaciones de laboratorio, colaboraron el Instituto de Ingeniería, la Coordinación de Electrónica, y la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Sección de Ingeniería Química, Laboratorio de Ingeniería Química Ambiental y Fotoquímica. Este proyecto recibió el apoyo económico del PAPIME PE109220, "Tratamiento de Aguas. Enfoque actualizado de la teoría y del laboratorio al perfil de Ingeniería Química". |

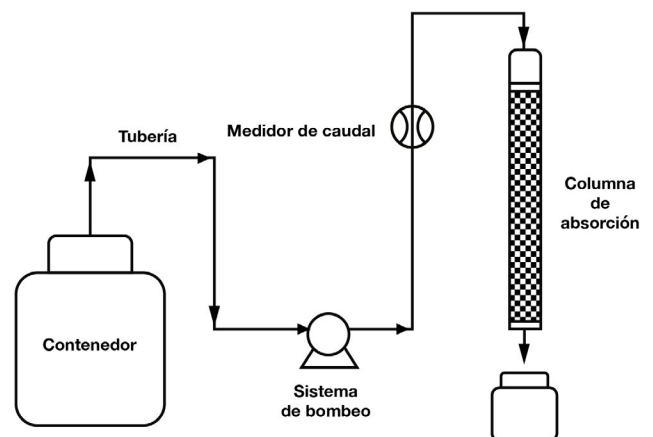


Figura 7. Diagrama del proceso a instrumentar