

Diseño de un sistema de muestreo automático programable para contaminantes aldehídos

Wilfrido Gutiérrez López.; García Espinosa, M.; Robles Roldan M.A., García Martínez R.
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México D. F. MEXICO
wili@atmosfera.unam.mx, mgare@atmosfera.unam.mx

Introducción

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales al que más importancia se le ha dado en la actualidad

Los aldehídos en el ambiente, se encuentran entre la mayoría de los compuestos orgánicos que participan en reacciones fotoquímicas formando principalmente radicales en cantidades significativas. Por otro lado, se sabe que son compuestos que tienen efecto nocivo en la salud de los habitantes de las urbes con atmósferas contaminadas, entre estos compuestos el formaldehído y el acetaldehído juegan un papel importante

Se han reportado en la literatura un gran número de investigaciones concernientes a los aldehídos, compuestos que se encuentran presentes en atmósferas no solo contaminadas, sino también en lugares remotos, sitios que se han escogidos con el fin de determinar los niveles de fondo, y en esta forma poder determinar con certeza las concentraciones que ocurren como contribución de fuentes antropogénicas en atmósferas contaminadas (Zafiriou et al., 1980; Thompsom, 1980; Shulam et al., 1985; Haszpra et al., 1991). Sin embargo, son pocos los trabajos que se han publicado sobre exposición a los aldehídos y sus efectos.

Dos aspectos principales por los cuales los aldehídos han sido tan estudiados son que sólo los aldehídos alifáticos absorben energía de la radiación solar disponible en la troposfera a un $\lambda > 290$ nm, y se disocian produciendo radicales libres, un segundo factor de importancia es considerar que sus vidas fotolíticas son bastantes largas y por lo tanto contribuyen en una manera importante a los diversos efectos que tienen sobre la salud.

Las alteraciones que más se han detectado por la exposición al formaldehído y acetaldehído son: irritación de ojos, nariz, garganta y vías respiratorias (Carlier et al., 1986; Luce et al., 1993; Zhang et al., 1994; Williams et al., 1996). Hay controversia sobre los posibles efectos cancerígenos del formaldehído en las personas. La incidencia del cáncer inducido en las ratas, hace que las posibilidades de ello sean relativamente altas.

Las fuentes más importantes de aldehídos en intramuros son las emisiones directas de los productos de madera, de alfombras, del humo del cigarro y la combustión del gas doméstico, etc. (Gérin et al., 1989; Merletti et al., 1991; Goldoft et al., 1993).

La sección de Química Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, realiza una serie de estudios para determinar correlaciones entre concentración de aldehídos intramuros y extramuros y la salud de la población expuesta a ellos. La determinación de estos compuestos se obtiene por medio de seis muestras tomadas por períodos de 1, 2, 4, 6 u 8 horas, dependiendo del sitio de muestreo y de la concentración esperada, los filtros que se utilizan para este fin son específicos para este fin y están formados por una combinación de materiales llamada "Sep-Pak DNPH-silica", a través de los cuales se hace pasar aire succionándolo mediante bombas de vacío con un flujo constante de 1 L/min. Posteriormente, los filtros se analizan por métodos cromatográficos para determinar las concentraciones de interés.

Objetivo

Dada la necesidad de un equipo específico para la captura de contaminantes el área de Instrumentación Meteorológica del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCA-UNAM) se dió a la tarea de desarrollar el presente proyecto con el objetivo de obtener un sistema de muestreo automático, programable de acuerdo a los tiempos o intervalos que se requiera, secuencial para los diferentes cartuchos de captura , con auto reinicio en caso de falla eléctrica en cualquiera de las secuencias establecidas, reloj en tiempo real, que sea capaz de funcionar durante todo el tiempo de muestreo, con un requerimiento muy importante y es que debe de tener la capacidad de decisión si reinicia o no en la misma bomba de acuerdo a las condiciones previamente programadas además de obtener un bajo costo para su fabricación.

Con estos requerimientos se procedió al planteamiento del sistema a desarrollar.

Método de diseño.

El método utilizado para la realización del sistema de medición se basa en un análisis de la información para llegar al planteamiento específico del problema, evaluación de alternativas, toma de decisiones en base a los recursos disponibles como son adquisición de componentes, recursos materiales en el país, costos, facilidad de manejo, eficiencia, durabilidad etc., desarrollo de cada una de las etapas, pruebas de funcionamiento y resultados a fin de evaluar el comportamiento y confiabilidad del prototipo.

Solución Planteada.

Este prototipo es un sistema electrónico basado en un microcontrolador de la familia Microchip el cual será el encargado de realizar e interpretar todos los requerimientos del usuario, así como el manejo de la etapa de potencia para el activamiento de las bombas y principalmente la toma de decisión en caso de falla

Para llevar a cabo el muestreo en forma continua, se pensó en utilizar dos bombas de vacío, funcionando alternadamente con la finalidad de permitir el enfriamiento de una mientras se ocupa la otra. El aire estaría pasando por un sistema neumático de succión con seis puntos de selección para permitir el muestreo de cada filtro en turno (figura 1).

Con las condiciones anteriores, se requiere de un sistema de encendido y apagado de alguna de las bombas y válvulas, con la siguiente secuencia: una vez transcurrido un período de muestreo, el sistema encendería otra válvula y otra bomba, permitiendo que descansa la primera y se utilice un filtro nuevo, y así sucesivamente hasta obtener los seis muestreos. La secuencia se resume en el cuadro 1.

Periodo	Bomba encendida	Solenoides y filtro
1	1	1
2	2	2
3	1	3
4	2	4
5	1	5
6	2	6

Cuadro 1. Secuencia de encendido y apagado de bombas y válvulas

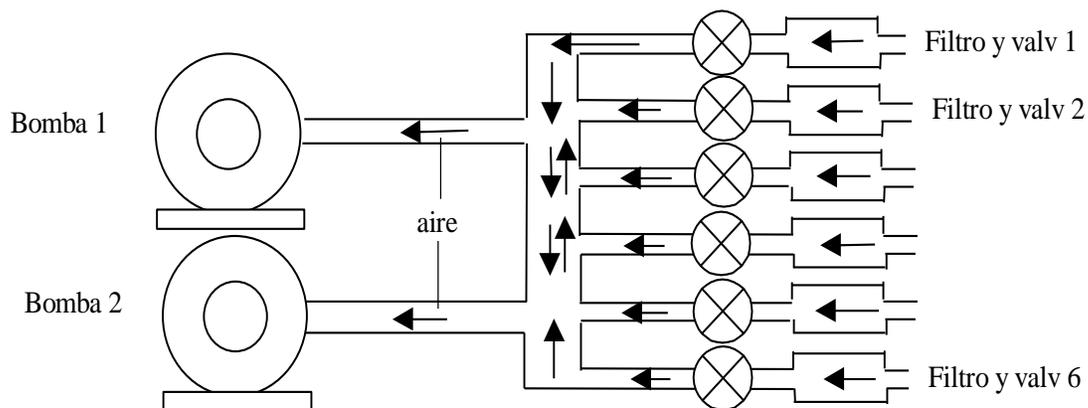


Figura. 1. Diagrama esquemático del sistema de muestreo de aldehídos en el aire.

DESARROLLO

Circuito electrónico

El circuito electrónico que soluciona el problema planteado se divide en cinco etapas (figura 2):

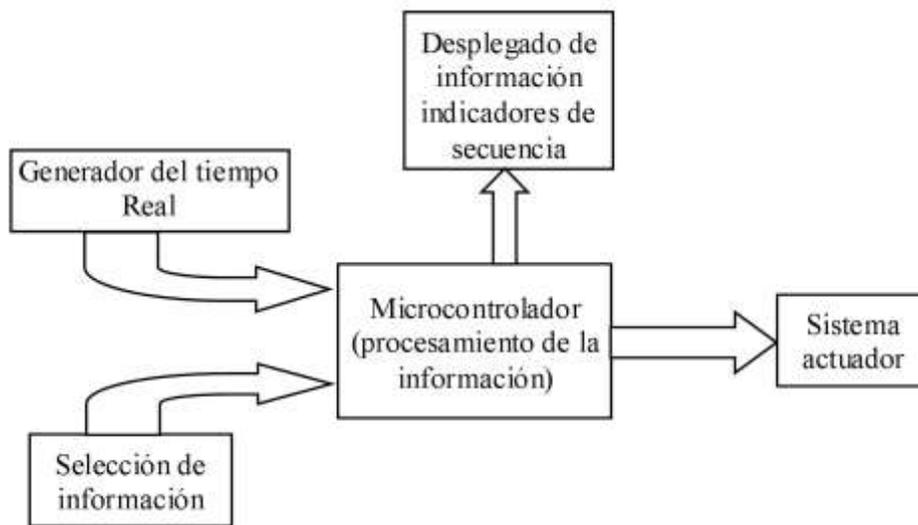


Figura 2 Planteamiento del sistema

Etapas de procesamiento de la información

Tomando en cuenta las características y necesidades mencionadas anteriormente, este diseño se encuentra basado principalmente en la utilización de un microcontrolador, el cual será el

encargado de la captura, procesamiento, despliegue de información y transferencia de la información al sistema actuador.

En los microcontroladores es posible implementar rutinas de control para los distintos protocolos de bus de comunicación (I²C, SPI, RS232) así como manejo de señales analógicas y digitales. Existe una amplia variedad de ellos con diferentes características y precios. Sin embargo, los microcontroladores PIC de la compañía Microchip son de los más utilizados, tanto en la industria como en la enseñanza, debido a su bajo costo y amplia variedad. Además de contar con un gran número de periféricos y herramientas de programación.

El modelo utilizado es un PIC16F877A que cuenta con 32 terminales de entrada/salida, posibilidad de 8 canales con convertidor A/D de 10 bits para señales analógicas, módulo de comunicación I²C, SSP, SPI y RS232, 256 bytes de memoria de datos tipo EEPROM, una memoria de programa tipo flash, diversas interrupciones y alimentación de 2.0 a 5.5 V. (figura 3).

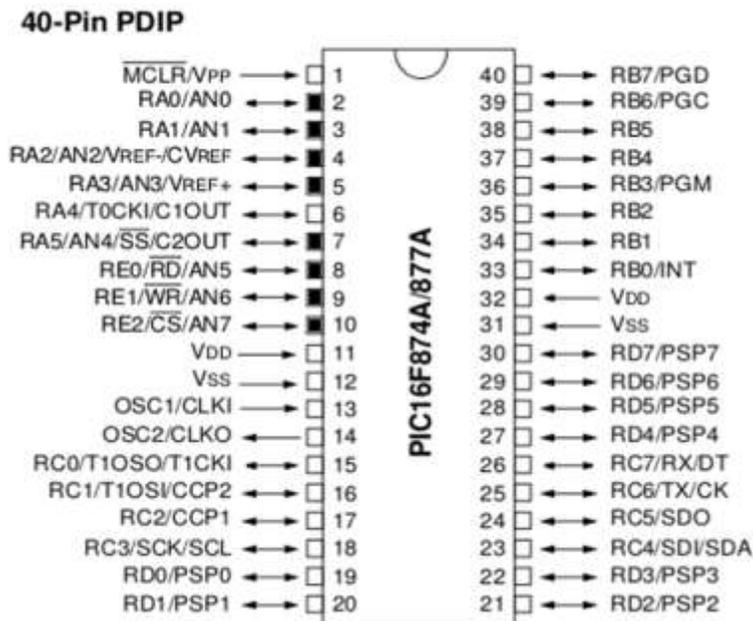


Figura 3 Configuración del Microcontrolador

El software del programa principal, las rutinas y subrutinas utilizadas para hacer las funciones requeridas fueron hechas en el compilador PIC C CCS (Custom Computer Services)

Etapa de Generador de tiempo real.

El reloj de tiempo real/calendario que se está utilizando es de la compañía Dallas Semiconductor modelo DS1307, con bajo consumo de energía, y protocolo de comunicación I²C el cual se configura y lee fácilmente por medio del microcontrolador

Éste es capaz de proveer la fecha y hora entregando información de segundos, minutos, horas, día, día de la semana, mes y año. Además incluye una salida de onda cuadrada programable que puede ser utilizada para sincronizar datos y una pequeña memoria RAM de

propósito general (56 bytes). Su circuito de operación es sencillo: requiere un cristal de 32,768 kHz y resistencias de polarización en sus salidas de colector abierto (figura 4).

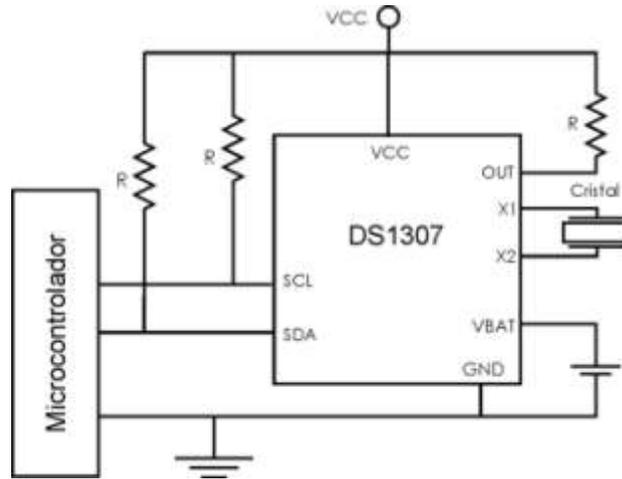


Figura 4 Diagrama de conexiones del reloj de tiempo real

El cuadro 2 presenta la tabla de referencia para poder programar el reloj DS1307

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds	00-59	
01h	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	00-59	
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1-12 +AM/PM 00-23	
		24	PM/AM							
03h	0	0	0	0	DAY			Day	01-07	
04h	0	0	10 Date		Date			Date	01-31	
05h	0	0	0	10 Month	Month			Month	01-12	
06h	10 Year			Year			Year	00-99		
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08h-3Fh									RAM 56 x 8	00h-FFh

0 = Always reads back as 0.

Cuadro 2 Tabla de configuración del reloj

Etapa de Selección y despliegue de Información:

Esta etapa se encuentra basada en la utilización de una serie de teclas hechas con botones de push o cierre momentáneo (figura. 5) con los cuales se hará la exploración de las opciones del sistema y la programación de los diferentes periféricos utilizando para esto el visualizador de cristal líquido LCD de 4X16 (4 líneas con 16 caracteres).

Cuenta con cuatro botones de selección multifunción dependiendo del menú en que se encuentren en la configuración:

- Configurar la hora, minutos, segundos y el botón de aceptar (enter)
- Configurar cuantas bombas y filtros se van a utilizar
- Verificar el intervalo de medición (hora de inicio y terminación del muestreo)
- Verificar si hubo falla durante el muestreo, en qué momento sucedió, en que secuencia se encontraba al momento de la falla y con qué secuencia procedió.

Además contiene 8 leds indicadores de los cuales 6 nos mostraran en que válvula esta la secuencia y los otros 2 que bomba de succión está funcionando.

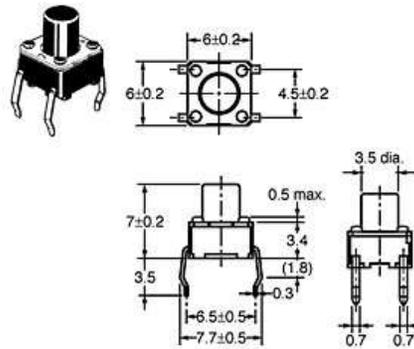
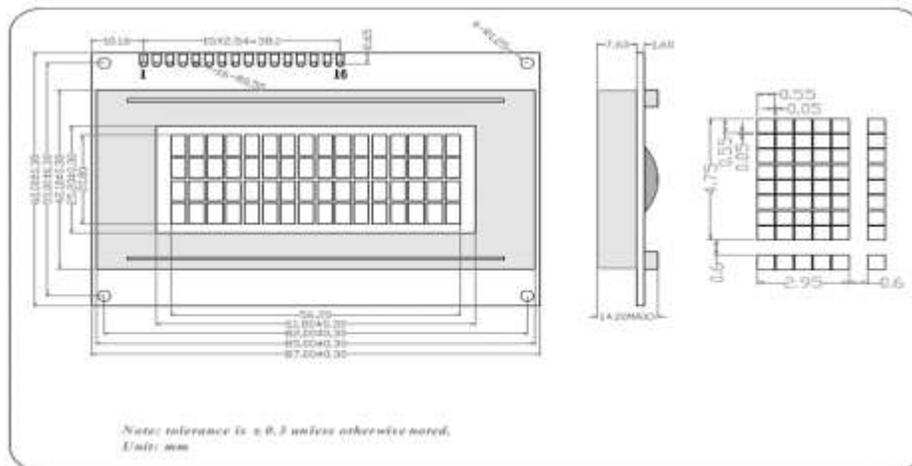


Figura 5 Esquema del botón push

El LCD visualizador en el que se mostrará el menú principal y los submenús que contiene la programación, es de la marca JHD electronics modelo JHD539-164B (figura 6).



PIN CONFIGURATION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
V _{SS}	V _{DD}	V ₀	R/S	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LEOK	LEDA



Figura 6 Esquemático del LCD 16X4

Etapa actuadora o de potencia

El microcontrolador enviará las señales de control a esta etapa la cual realizará el encendido automático de las bombas y válvulas mediante relevadores o interruptores de corriente alterna de estado sólido, conocidos como “triacs”.

Este tipo de dispositivos tienen una parte electrónica desde la cual se controla su funcionamiento, y una salida, que cierra un circuito de mayor potencia, para encender el instrumento a controlar.

Dado que las válvulas solenoides tienen partes mecánicas e inductancias, es común que se produzca un pulso de “regreso” indeseado, que puede provocar alteraciones o daños en la parte electrónica. Para evitar este problema, se ocupan aisladores ópticos, los cuales contienen diodos emisores de luz (conocidos como LEDS, por sus siglas en ingles), y un dispositivo fotosensible (foto-triac o foto-transistor). Mediante estos dispositivos, se independiza y aísla la parte electrónica de la parte actuadora electro-mecánica, por lo que cualquier problema que se presente en un lado no afectará al otro.

El funcionamiento se comprende mejor viendo el diagrama de la figura 7.

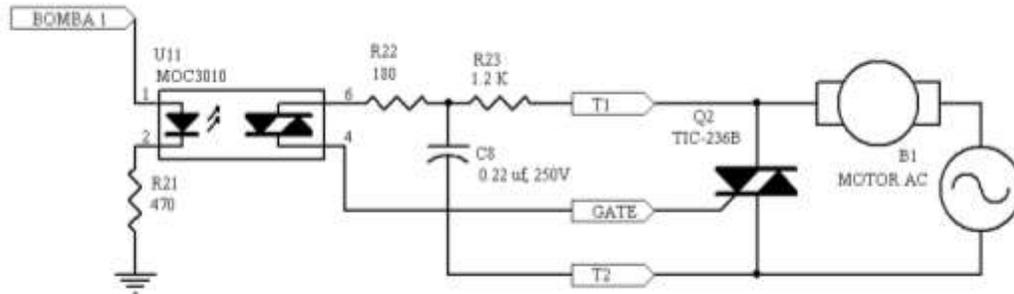


Figura 7. Circuito de encendido o apagado de bombas.

Pruebas de Funcionamiento.

Para probar el sistema, se tomó la señal de reloj que ordena el encendido y apagado de bombas y solenoides. Este es un tren de pulsos con un ciclo de trabajo de 50%, con medio ciclo de duración correspondiente al período escogido (1, 2, 4 6 u 8 horas). Esta señal se conectó a un sistema de adquisición de datos (datalogger) el cual tiene la capacidad de registrar y almacenar la hora en la que se produce un cambio de estado.

A continuación se muestra una prueba realizada en el laboratorio para un período de una hora y cumpliendo las seis etapas del muestreo en la cual se puede observar los tiempos registrados en el adquisidor:

Secuencia	hora	minutos	segs
1	14	30	0
2	15	29	58
3	16	29	52
4	17	29	54
5	18	29	56
6	19	29	58

La figura 8 presenta el circuito electrónico final utilizado para el proyecto.

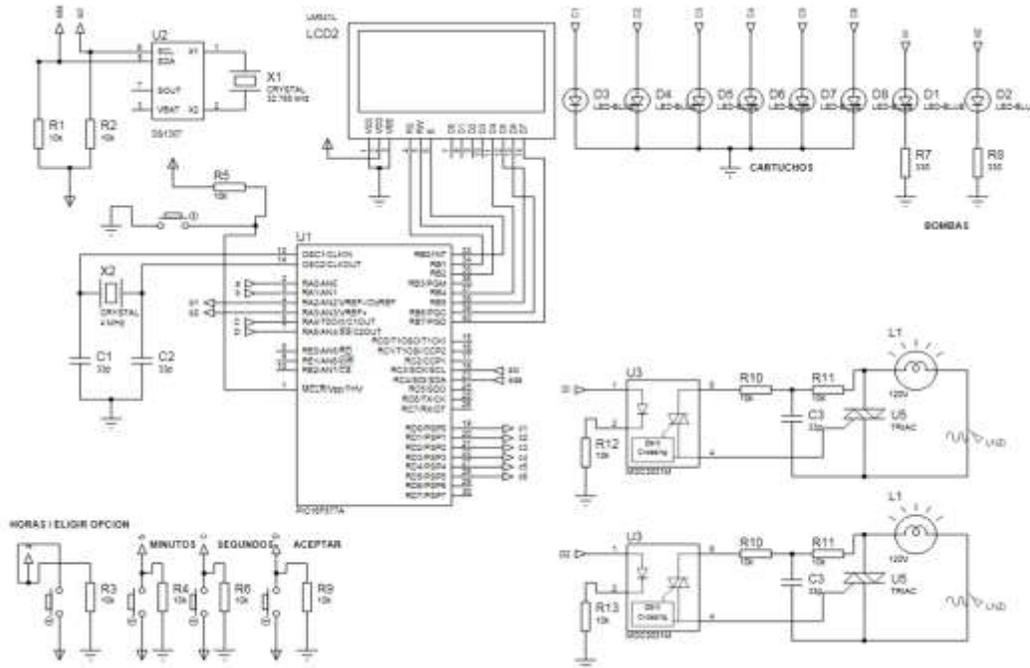


Figura 8 Diagrama esquemático final

Alimentación del sistema:

Fuente de alimentación del circuito electrónico:

La alimentación es una fuente básica que es muy utilizada en proyectos electrónicos, consiste en un transformador de corriente alterna con una relación de transformación de 10:1 para bajar el voltaje de 120V a 12V, un puente de diodos rectificadores 1N4001 y un capacitor de 1000uf a 16 volts los cuales se encargan de convertir el voltaje alterno en voltaje directo, y como último se integra un circuito integrado conocido como regulador de voltaje modelo LM7805 que entrega 5V cd a la salida, que es el voltaje que se requiere para todo el diseño (Figura 9).

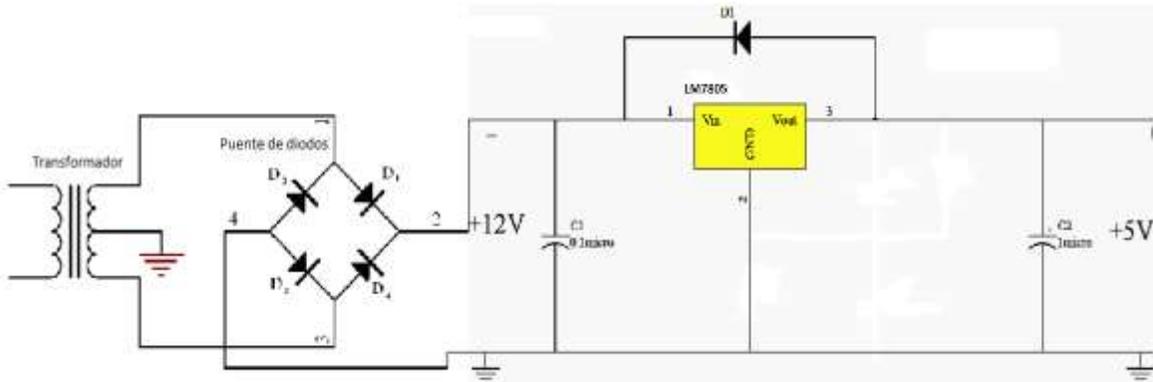


Figura 9 Fuente de alimentación.

Conclusiones.

Se logró obtener un sistema automático de muestreo de aldehídos programable de acuerdo a las necesidades del usuario tanto en tiempo como en número de secuencias a realizar además de tener la capacidad de proseguir los muestreos automáticamente en caso de falla de acuerdo a la secuencia en que se haya interrumpido esta última.

Siendo de fácil manejo y de programación para el usuario a un costo bajo de fabricación además de tener mantenimientos correctivos relativamente baratos y fáciles.

Por otro lado se ejemplifica ampliamente la forma de la resolución de un problema específico en investigación, valiéndose de las herramientas y procedimientos de la ingeniería.

La figura 10 muestra el sistema terminado.



Figura 10 vista del sistema interno y externo.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a Miriam Martínez Saldivar y Sonia Noemi Flores Bermeo por el apoyo prestado para la realización de este proyecto.

Bibliografía

- Báez, A.P., Belmont, R., and Padilla, H. (1995). **Measurements of formaldehyde and acetaldehyde in the atmosphere of Mexico city**; *Environmental Pollution*, vol. 89, 163-167.
- García, R. (2002). **Caracterización y evaluación de aldehídos en ambientes intramuros y extramuros en la ciudad de México**; tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Pires M., and L.R.F. Carvalho. (1998). **An Artifact in Air Carbonyls Sampling Using C18 DNPH-Coated Cartridge**; *Analytica Chimica Acta*, vol. 367, 223-231.
- Uchiyama S., and S. Hasegawa. (1999). **A Reactive and Sensitive Diffusion Sampler for the Determination of Aldehydes and Ketones in Ambient Air**; *Atmospheric Environment*, vol. 33, 1999-2005.
- Taub, Herbert, **Circuitos Digitales y Microprocesadores**. 1a. edición, Mc Graw-Hill, México, 1988.
- Tocci, Ronald J. **Sistemas Digitales. Principios y aplicaciones**. 1a. edición, Prentice Hall, México, 1981.
- Schilling, Donald y Belove, Charles, **Circuitos Electrónicos, Discretos e Integrados**., 1a edición, Publicaciones Marcombo, S.A., México, 1989.
- Holman, J.P., **Métodos Experimentales para Ingenieros**., 1a. edición, Mc Graw-Hill, México, 1979.
- Ayllón T, Tesresa; Gutiérrez R. Jesús, **Introducción a la Observación Meteorológica**, 1a. edición, Limusa, México 1983.
- Oke, T. R. **Boundary Layer Climates**, 2a. edición, Mathuen, London, 1987.
- Aguila: **In situ Measurements of Mexico City air pollution by a research aircraft**, Atmos. Environ., 26B, 445–451.
- Pérez-Vidal H, Raga G B (1998) **On vertical distribution of pollutants in Mexico City, Atmósfera**, 11, 95–108.
- Llaugue Dausa, Felix, **La meteorología?: Pero si es muy Fácil**, 1a. edición, Marcombo, Barcelona , España 1976.