



VISIÓN ELECTRÓNICA

Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO PARA USO RESIDENCIAL.

INSTRUMENT FOR MEASURING CARBON MONOXIDE FOR RESIDENTIAL USE.

Jairo Alfonso Ruíz Caicedo¹
Nelson Enrique Másmela Vergara²
Cesar Augusto Ramírez Moreno³

Resumen:

Un alto porcentaje de la población colombiana tiene acceso al servicio de gas natural, consecuente a ello se observan accidentes en los cuales se presentan intoxicaciones por monóxido de carbono CO y en algunos casos la muerte, a raíz del uso inapropiado de este servicio.

El gas natural es una mezcla de diversos hidrocarburos gaseosos que encontramos del subsuelo (primordialmente metano, etano, propano y butano entre otros), el monóxido de carbono se produce cuando existe una combustión incompleta de combustibles de origen fósil (gas propano, gas natural, gasolina, ACPM). Esta combustión incompleta se puede presentar en los gasodomésticos que no han tenido una rutina periódica de mantenimiento, generando de esta manera monóxido de carbono: gas incoloro, insaboro e inodoro (no tiene olor) que produce intoxicación y puede ser letal.

El Instrumento de medición de monóxido de carbono (CO), tiene la función de indicar a los habitantes de una residencia cualquiera la pureza ó impureza del aire en el que se encuentran, en determinado caso en el que el aire no se encuentre en condiciones adecuadas para la presencia humana, es decir, sobrepase la cantidad de monóxido de carbono CO de (100ppm) con la cual una persona puede presentar cefalea ligera, este dispositivo funcione como una alarma dando advertencia del retiro inmediato de las personas que se encuentren en este sitio, el instrumento es de gran ayuda e importancia en una casa ya que ayuda a prevenir accidentes y/o muertes.

¹ Licenciado en electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional.
jaruizca@yahoo.com

Correo electrónico:

² Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico:
nelsonmasmela@hotmail.com

³ Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico:
cesar9004r@gmail.com

Palabras clave: *monóxido de carbono, carboxihemoglobina, Microcontrolador.*

Abstract:

A high percentage of the Colombian population has access to natural gas service, this leads to accidents are observed which are carbon monoxide poisoning CO or in some cases death from misuse of the service.

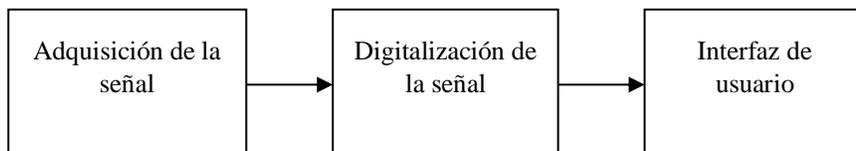
The natural gas is a mixture of various hydrocarbon gases found in the subsurface (primarily methane, ethane, propane and butane, etc.), carbon monoxide is produced when there is incomplete combustion of fossil fuels (propane, natural gas, gasoline). This incomplete combustion can occur in the gas appliances that have not had a regular routine maintenance, thus generating carbon monoxide: colorless, tasteless and odorless (no odor) that causes intoxication and can be lethal.

The instrument for measuring carbon monoxide (CO), serves to indicate the inhabitants of any residence or purity of the air impurity found in a particular case in which the air is not in proper condition to human presence, exceeds the amount of carbon monoxide CO (100ppm) with which a person may have slight headache, this device works as an alarm, giving warning of immediate withdrawal of persons found on this site The instrument is of great help and importance in a house as it helps to prevent accidents and / or deaths.

Key Words: *Carbon monoxide, carboxyhemoglobin, Microcontroller.*

1 Introducción

Para dar solución a la problemática presentada por la intoxicación con monóxido de carbono (CO) debido a escapes ó al uso inadecuado del servicio de gas natural en lugares con poca ventilación, se ha presentado la solución de implementar un instrumento de medición de monóxido de carbono (CO), dando la posibilidad al usuario de ser advertido de la pureza o impureza del aire en el entorno que se encuentra.



Para realizar la adquisición de la señal se hace uso del sensor de gas MQ7 descrito más adelante, esta señal tiene una conversión en datos digitales, donde se aplica el ADC del microcontrolador PIC16F877A.

Por último, se puede visualizar mediante una pantalla LCD de 2x16 el porcentaje de monóxido de carbono (CO) que se encuentra en el aire, además de presentar una visualización tipo semáforo (verde, amarillo y rojo), siendo verde el aire limpio, amarillo aire

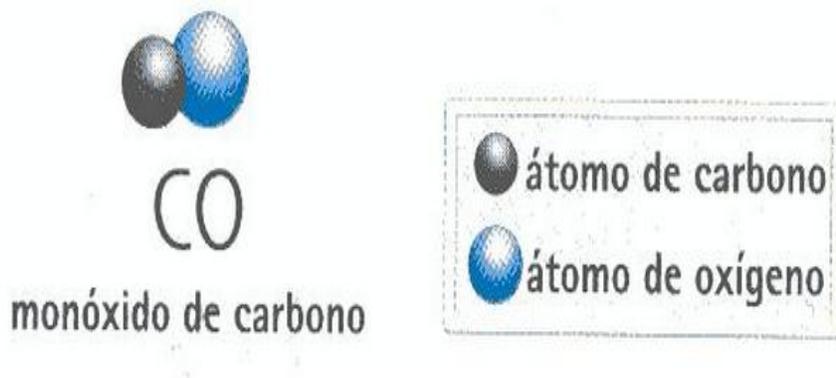
impuro y rojo peligro de intoxicación, para finalizar dando advertencia mediante una alarma una vez que el aire no sea apto para la presencia humana.

2 Marco Teórico

2.1 Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Es muy estable y tiene una vida media en la atmósfera de 2 a 4 meses. Las emisiones globales del monóxido de carbono son grandes (350 millones de toneladas/año en 1968) de las que aproximadamente 20 por ciento es obra del hombre. Tal concentración resultaría en un aumento de cerca de 0.03 ppm/año en la concentración ambiental. Pero este aumento no se ha observado. Los hongos en el suelo pueden eliminar una porción significativa de la cantidad liberada, y se supone, por lo general, que el CO se oxida a **CO₂** en la atmósfera, a pesar de que la tasa de conversión es muy lenta. Se tiene alguna evidencia de que el CO puede ser químicamente activo durante la formación del neblumo. [1]

Figura 1. Formación del monóxido de carbono.



2.2 Propiedades Físicas y Químicas

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insípido, que comúnmente se forma durante la combustión incompleta de sustancias carbonosas. Es un poco más ligero que el aire y muy poco soluble en el agua. El monóxido de carbono absorbe la radiación electromagnética en la región de infrarrojos y la banda principal de absorción esta centrada en los 4.67 μ ; se utiliza esta propiedad en la medición de concentraciones atmosféricas de monóxido de carbono. En la tabla 1. Se enumeran otras propiedades físicas del monóxido de carbono. [2]

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del monóxido de carbono

Características	Valor
Masa Molecular Relativa	28.01
Punto crítico	-140.2°C a 34.5 atm (3.5 Mpa)
Punto de fusión	-205.1°C
Punto de Ebullición	-191.5°C
Densidad a 0°C, 1 atm	1.250 g/litro
a 25°C, 1 atm	1.145 g/litro
Peso específico relativo con respecto al aire	0.967
Solubilidad en el agua	
A 0°C, 1 atm	3.54ml/100ml
A 25°C, 1 atm	3.54ml/100ml
A 35°C, 1 atm	3.54ml/100ml ^a
Factores de Conversión	
A 0°C, 1 atm	$1mg/m^3 = 0.800ppm^b$
	$1ppm = 1.250mg/m^3$
A 0°C, 1 atm	$1mg/m^3 = 0.873ppm$
	$1ppm = 1.145mg/m^3$

.a Valor obtenido mediante interpolación gráfica o calculada (Altman *et al.*,1971).

.b Partes por millón por volumen.

2.3 Efectos del monóxido de carbono en la salud

Existen muchos estudios que demuestran que en altas concentraciones de monóxido de carbono pueden causar cambios fisiológicos y patológicos, y, finalmente, la muerte. El monóxido de carbono es un veneno que inhalado priva a los tejidos del cuerpo del oxígeno necesario.

Desde hace mucho tiempo se sabe que el monóxido de carbono puede causar la muerte cuando se encuentra expuesto a una alta concentración (>750 ppm). La combinación del monóxido de carbono conduce a la formación de la carboxihemoglobina COHb; la combinación del oxígeno y la hemoglobina produce la oxihemoglobina, O₂Hb. La hemoglobina tiene una afinidad por el CO que es aproximadamente 210 veces su afinidad por el oxígeno. Es decir, la presión parcial del CO requerido para saturar totalmente la hemoglobina es sólo de 1/200 a 1/250 de la presión parcial del oxígeno requerido para la completa saturación con el oxígeno. [3]

2.4 Efectos en el hombre

Los efectos en el nombre de la exposición a concentraciones elevadas de monóxido de carbono están bien documentados y en los textos corrientes se exponen en forma adecuada el diagnóstico, tratamiento y secuelas de la intoxicación aguda por monóxido de carbono. Recientemente se ha dedicado mucha atención a los posibles efectos sobre las funciones y estructura del organismo causados por exposiciones al monóxido de carbono que producen concentraciones de carboxihemoglobina del 10% o menos. El monóxido de carbono actúa fundamentalmente al interferir en el transporte de oxígeno, y como el sistema nervioso central es más sensible a la hipoxia que otros sistemas y aparatos del organismo, se han efectuado numerosos estudios del deterioro de la vigilancia, la percepción y la realización de tareas delicadas después de la exposición a concentraciones de monóxido de carbono tan bajas que no producen signos ó síntomas clínicos. [4]

Tabla 2. Síntomas en el cuerpo debido al monóxido de carbono

Concentración de monóxido de carbono	Carboxihemoglobina %	Síntomas
Menos de 35 ppm (cigarrillo)	5	Ninguno o cefalea suave.
0.005% (50 ppm)	10	Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea.
0.01% (100 ppm)	20	Cefalea pulsátil, disnea de moderados esfuerzos.
0.02% (200 ppm)	30	Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa.
0.03-0.05% (300-500 ppm)	40-50	Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, respiración de Cheyne-Stokes.
0.08-0.12% (800-1200 ppm)	60-70	Coma, convulsiones, falla respiratoria y cardíaca.
0.19% (1900 ppm)	80	Muerte.

2.5 Evaluación de los riesgos para la salud

La evaluación de los riesgos de la exposición a concentraciones bajas de monóxido de carbono en el aire inhalado por poblaciones que incluyen a personas sanas y enfermas, fumadores y no fumadores, niños y ancianos, sería sin duda una tarea compleja, si no imposible, aún en el caso de que la concentración ambiental del gas permaneciera constante en el tiempo y en el espacio. En consecuencia, solo es posible lograr una orientación muy general de acuerdo con la información disponible obtenida en trabajos científicos. En general, se puede decir que todo individuo debe de ser protegido de exposiciones al monóxido de carbono que produzcan concentraciones de carboxihemoglobina del 5% durante períodos que no sean transitorios.

La posibilidad de que se produzca una adaptación hace difícil el caso de los fumadores y los trabajadores sometidos a exposiciones industriales. El fumador tiene concentraciones elevadas de carboxihemoglobina por decisión propia, para ello se le debe comunicar los resultados de las pruebas en las cuales se nota claramente que ese hábito puede resultar perjudicial. Sabiendo que se debe proteger a cualquier persona de exposiciones del 5%de

monóxido de carbono por ello no sólo se debe pensar en estudios científicos para los fumadores sino también se debe tener en cuenta que:

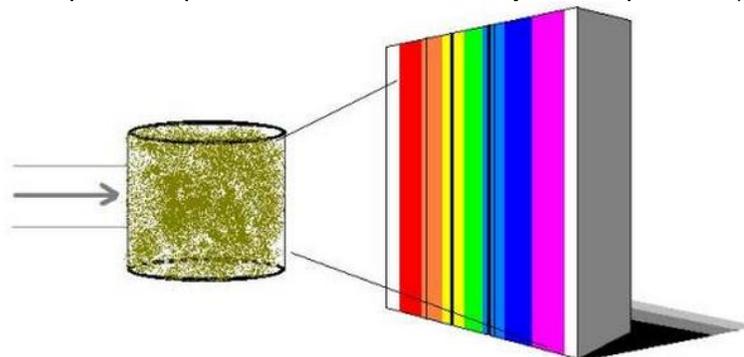
- Es necesario estudiar apropiadamente diversas poblaciones en distintos sitios para estimar la magnitud del problema que representa la presencia de monóxido de carbono en el aire de ciudades, hogares y lugares de trabajo.
- Las opiniones respecto a concentraciones de monóxido de carbono por debajo de las cuales no se observan efectos nocivos y que, cuando son superadas, parecen producir deterioro de las funciones mentales se basan en datos obtenidos en experimentos en pruebas sobre percepción y realización de tareas, o en experimentos relacionados sobre el monóxido de carbono en los músculos cardíacos durante el ejercicio y sobre los síntomas de los pacientes que sufren enfermedades cardíacas.
- En experimentos con animales, se ha encontrado que el monóxido de carbono es un factor importante en los efectos nocivos del tabaco.
- Se ha dedicado escasa atención a los posibles efectos del monóxido de carbono sobre las personas que viven y trabajan a gran altitud. [5]

2.6 Procedimientos para medir el monóxido de carbono

Son tres los procedimientos usados comúnmente para la determinación ordinaria del monóxido de carbono presente en el aire; el análisis continuo basado en la espectroscopia de absorción de infrarrojos no dispersivos (IRND); el análisis semicontinuo en que se emplean técnicas de cromatografía de gases, y un método semicuantitativo con tubos detectores. Otros procedimientos incluyen la oxidación catalítica, el análisis electroquímico, el desplazamiento del mercurio y la técnica de isótopos dobles (OMS, 1976).

En el método de IRND, la radiación infrarroja se divide en dos rayos que pasan a través de una célula de referencia y la de muestreo, respectivamente. El monóxido de carbono que se introduce en la célula de muestreo absorbe la radiación en la banda característica centrada en los 4,67 μm y hace que el detector emita una señal de salida proporcional a la concentración de monóxido de carbono que haya en la célula de muestreo. Varios fabricantes ofrecen analizadores de IRND en forma de instrumentos automáticos de funcionamiento continuo. Los instrumentos de buena calidad tienen un límite de detección de alrededor de $1\text{mg}/\text{m}^3$ (0,87ppm). El dióxido de carbono y el vapor de agua interfieren en la medición, pero hay diversas técnicas que permiten minimizar esa interferencia.

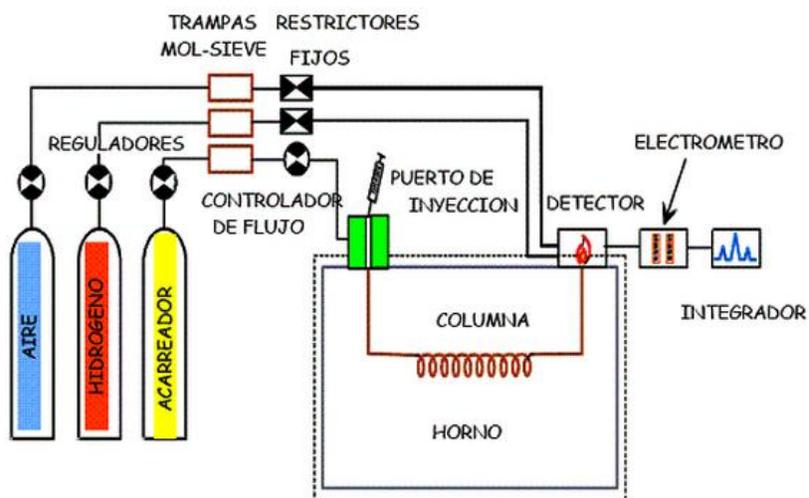
Figura 2 .Espectroscopia de absorción de infrarrojos no dispersivos (IRND)



Cuando la radiación atraviesa un gas, este absorbe una parte del espectro. El resultado es su espectro característico de absorción, donde faltan las bandas absorbidas, apareciendo en su lugar líneas negras.

En los métodos cromatográficos, se separa primero el monóxido de carbono del vapor de agua, el dióxido de carbono y los hidrocarburos. Luego se reduce por catálisis a metano se lo hace pasar por un detector de ionización de llama, cuya señal de salida es proporcional a la concentración de monóxido de carbono presente en la muestra de aire. La escala de medición más frecuente en los instrumentos de fabricación comercial permite medir concentraciones de 1 a 350 mg/m³ (1 a 300 ppm), pero hay otros que pueden medir concentraciones de alrededor de 0,02 a 1,00 mg/m³ (0,017 a 0,87 ppm). La cromatografía de gases es un procedimiento muy adecuado cuando hay que medir concentraciones bajas de monóxido de carbono con un alto grado de especificidad. [6]

Figura 3. Cromatografía de gases



El método del tubo detector es muy sencillo y puede emplearse para medir concentraciones superiores a los 5 mg/m³. Se hace pasar el aire a través de tubos especialmente fabricados que contienen una sustancia química que cambia de color cuando hay monóxido de carbono y que permite estimar las concentraciones.

Un procedimiento muy conocido es el que se basa en la medición del aumento de temperatura causado por la oxidación catalítica del monóxido de carbono. El límite de detección es de 1 mg/m³ aproximadamente. La mayoría de los hidrocarburos interfieren en la medición, por lo que deben ser eliminados (NAS/NRC, 1977). La sensibilidad puede no ser siempre suficiente cuando se trata de mediciones atmosféricas.

Los analizadores electroquímicos (Hersch, 1964, 1966) se basan en que el monóxido de carbono libera yodo del pentóxido de yodo (a 150°C), y luego ese yodo liberado se reduce en el cátodo de una celda galvánica. La corriente que se genera da una medida de la concentración de monóxido de carbono presente en la muestra del aire. [7]

Figura 4. Sensor electroquímico



Un método mucho más sensible es el que se basa en la reducción de óxido de mercurio por el monóxido de carbono, a una temperatura de 170 a 210°C. El vapor de mercurio generado durante esta reacción se determina mediante la espectrofotometría de absorción a 253,7 nm. Este procedimiento, con las modificaciones de Seiler y Junge (1970), tiene un límite de detección de unos 3µg/m³.

2.7 Patrón de Medición

Para realizar una calibración de la medición del instrumento diseñado se utilizó otro instrumento de medición ya calibrado, este proceso se realizó por medio de comparación de valores en unidad ppm (partículas por millón) que genera cada instrumento.

En la tabla 3 se muestran las características de este instrumento patrón de medida.

Tabla 3. Características

Características	Valor
Temperatura de operación	0-50°C
Rango de medición	0 a 1000 PPM
Tolerancia	±15% o ±10 PPM
Tipo de sensor	Electroquímico
Resolución de medida	1 PPM
Humedad de Operación	0-99%

Este instrumento posee una alarma que se activa cuando la medición de CO está por encima de las 200 PPM

El instrumento patrón "*CARBON MONOXIDE METER*" es de marca PYLE y su referencia es PCMM05, lo observamos en la figura 5.

Figura 5. Patrón de medición



3. Metodología

3.1. Adquisición de la señal

Este bloque se encargará de la recolección de datos. Está compuesto por el sensor MQ-7 que es el encargado de tomar las medidas y luego enviar esta información al Microcontrolador PIC16F877A para su procesamiento. El sensor emite una señal de respuesta analógica por lo que es necesario el uso de conversores analógico-digitales para su interconexión con el Microcontrolador.

3.1.1 Sensor de Monóxido de Carbono MQ-7

Este es un sensor que se usa para detectar la presencia de monóxido de carbono. El sensor MQ-7 puede detectar concentraciones de gas en cualquier rango dentro de las 50 hasta las 10000ppm (ppm= partículas por millón).

Este sensor tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. La salida del sensor tiene una resistencia analógica. Para el manejo de este sensor se conecta la salida al conversor análogo digital del Microcontrolador PIC16F877A.

Figura 6. Pines sensor MQ7

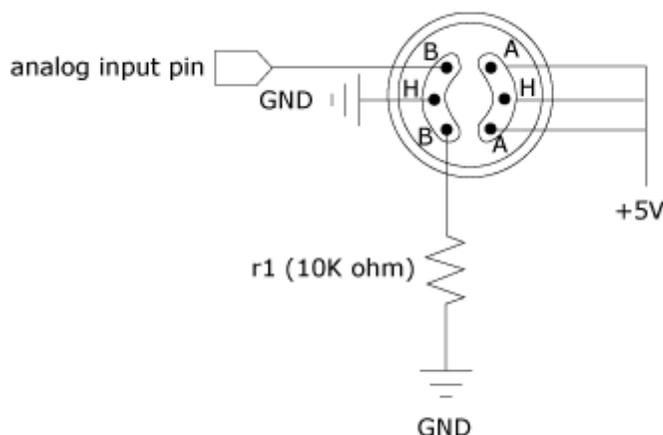
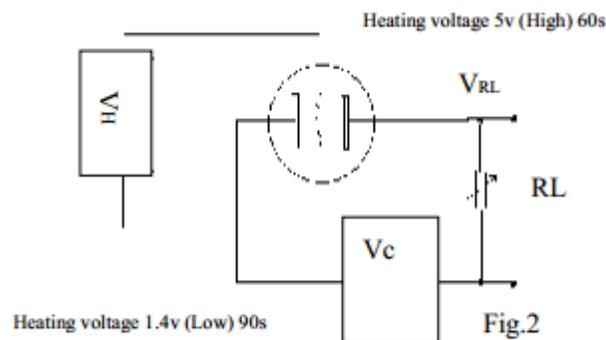


Figura 7. Circuito estándar de medición de

MQ-7



3.1.2 Sensor

El manejo que se le debe dar al sensor para su correcto funcionamiento es el siguiente: está compuesto por dos estados un alto y un bajo y cada estado tiene su respectivo voltaje y tiempo, como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4. Estados, voltaje y tiempos del sensor MQ-7.

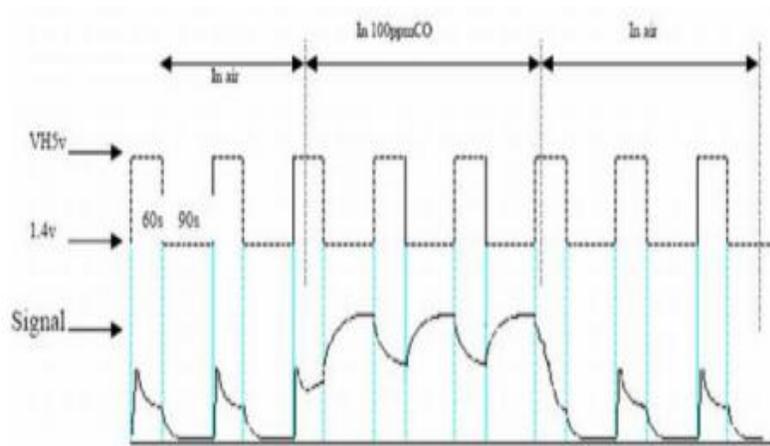
Estado	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Alto	5	60
Bajo	1.4	90

El estado bajo está compuesto por dos etapas una de las cuales la más importante que es donde se toma la medición del voltaje que nos genera el sensor, estas etapas están dadas por el mismo voltaje para el estado Bajo presentado en la tabla anterior, pero el tiempo de duración se divide en dos partes 70s y los últimos 20s donde se mide el voltaje en el sensor.

El control de los tiempos se maneja por medio del Microcontrolador utilizando una interrupción externa generada por un oscilador monoestable por medio del circuito integrado LM555, esta señal generada por el circuito integrado es enviada al microcontrolador que detecta cada flanco de subida, e iniciar la cuenta para el control del tiempo de cada estado.

- RS/RL: Relación entre la resistencia superficial y la de carga.
- VC: Voltaje del circuito.
- VRL: Voltaje en la resistencia de carga.

Figura 8. Respuesta del sensor de CO



La figura 8 muestra la situación alterable de la señal de salida de RL, cuando el sensor pasa de aire limpio a CO, la medida de la señal de salida es hecha dentro de uno o dos períodos completos de calentamiento (2.5 minutos desde voltaje alto a voltaje bajo) La capa sensitiva de los componentes del sensor MQ-7 esta hecha de SnO₂ con estabilidad, de modo que tiene una excelente sensibilidad a largo plazo. Su vida de servicio puede alcanzar 5 años.

3.1.3 Ajuste de sensibilidad

El valor de la resistencia del MQ -7 es diferente para varios tipos y concentraciones de gases. Para estos componentes, el ajuste de sensibilidad es muy necesario, el fabricante recomienda que se calibre el detector para 200ppm de CO en aire y se use un valor de resistencia de carga R L de 10K Ω (5k Ω a 47K Ω).

3.2 Digitalización

3.2.1 Software

Interrupción externa

Se decide utilizar una interrupción externa debido a que el sensor debe permanecer por grandes lapsos de tiempo entre los estados alto y bajo, tratándose exactamente de un tiempo de 60s para el estado alto y 90s para el estado bajo, estos estados se ven representados por un voltaje de 5V para el estado alto, y 1.4 V para el estado bajo. A continuación se muestra la programación en PIC-C de la interrupción.

Figura 9. Esta figura muestra un fragmento del código de la interrupción.

```
setup_timer_0(RTCC_EXT_L_TO_H); // inicia Timer 0
if(flag==0){set_timer0(219);;set_pwm1_duty(255);delay_ms(25);}
if(flag==1){set_timer0(201);}
enable_interrupts(global);Activa la interrupcion como Global
enable_interrupts(INT_TIMER0);Active la interrupcion como TIMERO
-----

#int_TIMER0
Void Timer0_isr(void){
output_low(PIN_B4);
output_low(PIN_C1);
output_low(PIN_C2);
if(flag==2){set_timer0(219);;Inicia la cuenta del timer0 219 hasta llegar a 255
flag=3;f1=0;
set_pwm1_duty(255);delay_ms(25); // Genera ciclo util del 100% para obtener un voltaje de 5V
}
if(flag==1){set_timer0(243); Inicia la cuenta del timer0 243 hasta llegar a 255
flag=2;f1=1;output_high(PIN_B4);
set_pwm1_duty(71);delay_ms(25); // Genera ciclo util del 27% para obtener un voltaje de 1.4V
};//ciclo apagado2 1.4v
if(flag==0){set_timer0(213); Inicia la cuenta del timer0 213 hasta llegar a 255
flag=1;f1=0;output_high(PIN_C1);
set_pwm1_duty(71);delay_ms(25);};// Genera ciclo util del 27% para obtener un voltaje de 1.4V
if(flag==3){flag=0;};
}
```

3.3 Interfaz de Usuario

La interfaz con el usuario consta básicamente de tres partes, las cuales se describen a a continuación:

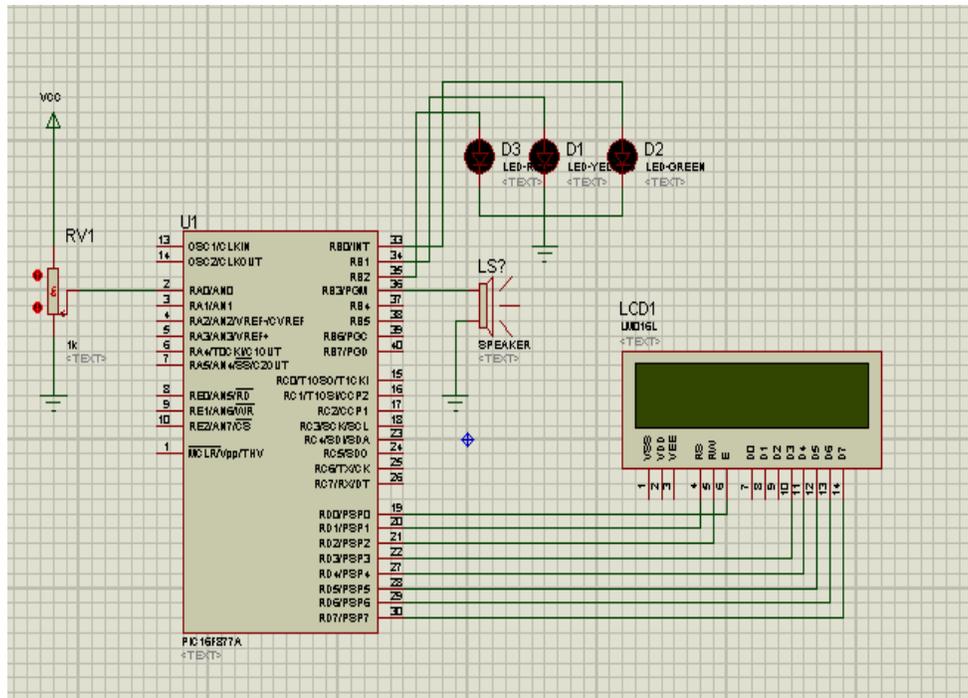
- Una pantalla LCD de 2 filas por 16 columnas, le muestra al usuario el porcentaje de monóxido de carbono que se encuentra en el entorno y a la vez mostrará en pantalla los mensajes (Aire limpio, Aire impuro y Peligro).
- Visualización tipo semáforo, es decir, (led rojo=peligro, led amarillo=Aire impuro y led verde= aire limpio), se le informa al usuario la calidad del aire en el que se encuentra.
- La etapa de alerta permitirá al usuario percibir un sonido de advertencia generado por un parlante de 20 W una vez que la cantidad de monóxido de carbono (CO) no sea apta para la presencia humana.

Todas las funciones están detalladas en el manual de usuario.

3.4 Hardware

El circuito principal en las figura 9, donde se muestra los elementos utilizados y corresponden al dispositivo de control, haciendo las veces de sensor una resistencia variable (potenciómetro).

Figura 10. Circuito control del pic16f877a



4. Resultados

Se desarrolló un Instrumento de medición de monóxido de carbono (CO) alimentado con 4 pilas AAA (1.5 V cada una), permitiendo al usuario mediante este dispositivo evitar intoxicaciones y/o muertes por este gas contaminante y logrando a la vez que las personas puedan estar más tranquilas a la hora de la siesta, La cantidad de monóxido de carbono encontrada en el ambiente, medida por el sensor MQ-7 y presentada al usuario mediante una pantalla LCD 2x16 es de bastante confiabilidad ya que el margen de error es bajo.

Estos estudios fueron realizados en un ambiente cotidiano de la persona, es decir, una casa común que puede presentar o no problemas de ventilación, generando un estudio real, donde la observaciones que se pudieron hacer al respecto son:

- La temperatura del ambiente no afecta en la medición de monóxido de carbono, ya que el sensor trabaja en un rango de -20°C a 50°C aproximadamente (adecuado para uso residencial).
- El diseño del dispositivo permite una fácil instalación, logrando que este se encuentre siempre en un lugar visible (preferiblemente en el cuarto de cocina).

4.1 Comparaciones de Medición

Tabla 5. Comparaciones y cálculo % de error

Elemento	Medición patrón (PPM)	Instrumento diseñado (PPM)	Porcentaje de error
Gas de Breaket	49	55	12,24%
Cigarrillo	60	69	15,00%
Hoja de papel Bond	310	335	8,06%
Madera seca	375	406	8,27%
Combustión motocicleta	500	550	10,00%
Plástico (polietileno)	100	116	16,00%

Todas las mediciones se llevaron a cabo en un ambiente abierto y ventilado, los registros se tomaron directamente en la fuente.

Para el caso de la incineración del papel, la madera y el plástico, a estos materiales se les colocó en un recipiente cerrado que nos diese la opción de tener una combustión incompleta para que se generaran unas mejores condiciones para la prueba y obtener unos resultados más cercanos a la realidad, dadas las circunstancias en que se suelen generar los riesgos por intoxicación con el monóxido de carbono, además de los registros encontrados para estos materiales, se registro que pese a ser un lugar abierto y que la muestra de prueba era proporcionalmente baja, en el ambiente circundante se acumulo parte del gas en una proporción de 20 a 50 ppm, una cifra significativa, teniendo en cuenta que a partir de 200 ya es considerado peligroso para la salud humana la exposición e inhalación de este gas.

5. Conclusiones

- El uso de este tipo de dispositivo permite salvar a las personas de accidentes y en otros casos de muertes.
- Al realizar diferentes pruebas se observó que el resultado de la medición realizada por el sensor variaba en una cantidad no considerable si aumentaba la temperatura ambiente o disminuía respectivamente.
- Para tener una medida adecuada es necesario realizar la respectiva calibración de nuestro sensor MQ-7, mostrando al usuario tener la medida exacta de la cantidad de monóxido de carbono (CO) que se encuentra en el ambiente.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] TEITEL BAUN, Daniel; *Introducción a la toxicología ocupacional y ambiental*, Bertram G Katzung; Susan B Masters; Anthony J Trevor. *Farmacología básica y clínica* México: McGraw-Hill-Lange, 1982. pp. 287-298.

- [2] TEITEL BAUN, Daniel; *Introducción a la toxicología ocupacional y ambiental*, Bertram G Katzung; Susan B Masters; Anthony J Trevor. *Farmacología básica y clínica* México: McGraw-Hill-Lange, 1982. pp. 302-305.
- [3] STRAUSS, W. MAINWARING, S.J. (1995) *Contaminación del aire: causas, efectos y soluciones*. Trillas. México.
- [4] ELSOM, D. (1990) *La contaminación atmosférica*. Cátedra. Madrid.
- [5] DESOLA, Jordi (1993). «Errores frecuentes en las intoxicaciones por monóxido de carbono». *Medicina Clínica* (Cruz Roja Barcelona) : pp. 517-518.
- [6] SKOOG, Douglas A LEARY, James J. (1994). *Análisis Instrumental*. Armenia: McGraw-Hill. pp 84-87 .
- [7] BARD, AJ; Faulkner, LR *Métodos electroquímicos: Fundamentos y Aplicaciones*, Nueva York: Saunders College Publishing ,2^a edición, 2000.