

Sistema electrónico automatizado para la detección de niveles de concentración de gas butano y monóxido de carbono

Electronic automated system for the detection of concentration levels of butane and carbon monoxide

Ricardo Ortiz^{1*}, Pablo Cedeño¹

¹Universidad Politécnica Territorial de Aragua “Federico Brito Figueroa”, Departamento de Instrumentación y Control, La Victoria, Estado Aragua, Venezuela

Fecha de recepción: 10 de marzo de 2024. **Fecha de aceptación:** 11 de julio de 2024.

***Autor de correspondencia:** raos.ortizsanchez@gmail.com

Resumen. En ambientes donde podría presentarse fuga de gases como el monóxido de carbono y butano, puede llegar a convertirse en un importante riesgo para cualquier humano. Por esta razón se considera necesario el estudio de la detección de estos gases para alertar posible riesgo de asfixias, explosiones e incendios. Se plantea como objetivo desarrollar un sistema electrónico de control automatizado para la detección de niveles peligrosos de concentración de gas butano (C_4H_{10}) y monóxido de carbono (CO), en ambientes propensos a la presencia de estos gases, que podría prevenir algún futuro accidente. El trabajo se enmarca en la modalidad de proyecto factible. Se recurrió al Arduino UNO para la programación del circuito de detección de C_4H_{10} y CO. Se diseñó y construyó un prototipo con un sensor de gas, para la detección del monóxido de carbono y otro para el butano. Se activa si el nivel de la concentración de ese gas es alto, enviando una señal para el encendido o apagado del *buzzer*, junto al LED rojo (si es peligroso) o verde (si es un nivel aceptable) y simultáneamente muestra un mensaje en la pantalla LCD, dependiendo del nivel de gas detectado. El trabajo aporta conocimiento acerca de lo que es un sistema de detección de gases y también permite reconocer las partes de un sistema de control y el funcionamiento de los sensores MQ que podrían ser la base de un nuevo estudio que incorpore otras bondades tecnológicas.

Palabras clave. Arduino UNO, butano, detección de gases, monóxido de carbono, sensores.

Abstract. In areas where gases are handled, there may be a gas leak. Leakage of gases such as carbon monoxide and butane, which can reach high concentrations in closed spaces, represents a significant risk for any human being. For this reason, it is considered necessary to study the detection of these gases to warn of possible risks of asphyxiation, explosions and fires. The objective is to develop an automated electronic control system for the detection of dangerous concentration levels of Butane (C_4H_{10}) and Carbon Monoxide (CO) gas, in environments prone to the presence of these gases, which could prevent future accidents. The study is framed in the feasible project modality. The Arduino UNO was used to program the C_4H_{10} and CO detection circuit. A prototype is designed and built that has a gas sensor for the detection of carbon monoxide and another for butane. It is activated if the concentration level of that gas is high, sending a signal to turn the buzzer on or off, along with the red LED (if it is dangerous) or green (if it is an acceptable level) and simultaneously displays a message on the screen. LCD display, depending on the gas level detected. The work provides knowledge about what a gas detection system is and also allows us to recognize the parts of a control system and the operation of the MQ sensors that could be the basis of a new study with other technologies.

Keywords. Arduino UNO, butane, gas detection, carbon monoxide, sensors.

1. Introducción

En la ingeniería de instrumentación y control, una de las áreas que ha generado grandes retos y avances es el área del manejo de gases. En particular, en la detección de fugas del monóxido de carbono y butano se han reportado estudios de gran interés, lo que revela la importancia que tiene la atención de esos gases. Cabe destacar la demostración de la importancia e implementación de un sistema de protección a los procesos de medición fiscal, instalando un sistema de *Fire & Gas* [1]. Asimismo, se diseñó e implementó una central detectora de gas natural y GLP (gas licuado del petróleo), para proteger la vida, las propiedades de las personas y empresas que cuentan con el servicio de gas natural, previniendo: asfixias, explosiones e incendios [2].

En el caso particular de este estudio, se optó por diseñar y evaluar un sistema de detección de gas butano y monóxido de carbono. En ese sentido, se procedió a realizar una indagación acerca del tema y estudiar cada una de los conceptos y propiedades involucrados en el ámbito de la instrumentación y control, así como antecedentes y bases teóricas relacionadas con el problema abordado. Finalmente, se construyó un prototipo, que incorpora la tecnología de Arduino UNO, sensores de gas butano y monóxido de carbono, un *buzzer* y una pantalla LCD. Dicho prototipo, contribuyó a evaluar el sistema diseñado, mediante un funcionamiento adecuado.

Tomando en cuenta que la detección y monitoreo de gases, como el gas butano y el monóxido de carbono, constituye uno de los aspectos necesarios a resolver, a fin de procurar evitar intoxicaciones y desastres en espacios laborales y domésticos, se considera necesario la atención de este problema, particularmente en ambientes donde estos gases pudieran estar presentes en niveles de alarma, como es el caso de los centros de llenado, de almacenamiento y distribución de envases de GLP de las bombonas de gas doméstico; así como en estaciones de servicio para vehículos a gas, almacenamiento y suministro de gas licuado envasado o a granel para su utilización como carburante de vehículos de motor. Asimismo, en espacios donde el monóxido de carbono podría estar presente en detrimento del ambiente y de la vida humana. El planteamiento anterior obedece a que en algunos espacios se podría llegar a concentrar altos niveles de estos gases, poniendo en riesgo a los trabajadores y a la comunidad que habita en las proximidades de estos centros de llenado.

Es importante señalar que el gas butano es el combustible que menos contamina, no ensucia y al ser suministrado por bombona y en algunos casos por tuberías a viviendas unifamiliares y a edificios, se utiliza de acuerdo al requerimiento. Es indiscutible que el uso del gas es una necesidad, tanto en los hogares como en establecimientos

industriales y comerciales, tales como restaurantes, panaderías, hoteles, hospitales y oficinas [3].

En una primera aproximación, los equipos de detección de gases son productos de tecnología de seguridad y son utilizados preferentemente para proteger a los trabajadores y garantizar la seguridad de la planta. Los sistemas de detección de gas están dedicados a detectar concentraciones de gas peligrosas, para activar alarmas, y hasta donde sea posible, activar contramedidas antes que se llegue a producir una situación peligrosa para empleados, instalaciones y el medioambiente.

Los sensores son dispositivos capaces de realizar detecciones de magnitudes físicas, químicas, llamadas variables de instrumentación (temperatura, distancia, presión, fuerza, entre otras), y transformarlas en variables eléctricas [4]. En otras palabras, “un sensor es un dispositivo que recibe un estímulo y responde con una señal eléctrica” [5].

Los sensores electroquímicos de gas han sido utilizados para monitorear gases tóxicos en ambientes domésticos e industriales [6].

En el caso particular de los sensores de gas, estos “son muy útiles en los sistemas de seguridad y prevención de incendios” [5]. Además, los sensores de gas son una forma más sensible de detectar incendios que un detector de humo [5].

Los sensores para la detección de gases, son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada. Especialmente tres principios de medición se han hecho dominantes en las décadas recientes de la detección industrial de gases: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos [7].

En esta perspectiva, se diseña un prototipo para un sistema automatizado que toma en cuenta la detección de gas. Ese trabajo está dirigido a un aspecto concreto de la explotación de codornices [8]. El trabajo de [8] ayudó a concretar ideas para las conexiones y componentes del proyecto, aunque en esa investigación se detectó amoníaco, sus aportes sirvieron de referente para el caso del butano y monóxido de carbono.

Por su parte, en [9] se desarrolla una tarjeta de control doméstico con Arduino. Esta investigación aportó elementos de interés y utilidad en el uso del Arduino UNO, específicamente en lo relativo a las conexiones de los puertos; así como las conexiones de entrada y de salida.

Los accidentes por fuga de gases, en el caso del butano y del monóxido de carbono, no han dejado de ocurrir, tanto en el ámbito doméstico como industrial [10]. La preocupación por generar acciones o mecanismos que puedan coadyuvar a la prevención de los mismos, justifica el desarrollo de prototipos de detección y monitoreo de gases de butano y de monóxido de carbono en espacios cerrados. De allí que, persiguiendo este propósito, resulta de gran utilidad disponer de un prototipo que

genere una alerta cuando los niveles de estos gases exceden los permitidos por las normas de seguridad [11], [12], [13], poniendo en situación de riesgo a los trabajadores y a la comunidad.

Además, para estos fines, es importante contar con un prototipo sencillo, que disponga de un sistema electrónico que emita una alarma, a través de una luz roja y un sonido audible, para alertar a los trabajadores que estén dentro del espacio en riesgo. De este modo, se favorece la generación de acciones oportunas, y así tomar medidas para desalojar al personal o normalizar los niveles de alguno de esos gases y evitar incidentes o accidentes, como asfixia, o incluso llegar a ocasionar un incendio. En consecuencia, con el prototipo que se propone en este artículo, se protege a los trabajadores que desarrollan sus labores en ambientes donde estos gases pueden estar presentes.

En este sentido, al considerar la situación antes señalada, se evidencia la pertinencia de diseñar un prototipo de un sistema automatizado, utilizando la plataforma Arduino UNO y sensores de butano (C_4H_{10}) y monóxido de carbono (CO), que permita detectar los niveles y prevenir situaciones de alarma. Es decir, un sistema que detecte los niveles de gas, ayudando a fortalecer el trabajo productivo y la seguridad de los trabajadores, mediante la prevención de incidentes y accidentes laborales. Todo ello tomando en cuenta que, muchas veces, los ambientes de trabajo no cuentan con eficientes sistemas de ventilación, lo cual favorece que los gases se acumulen en esos recintos laborales. Previendo situaciones de esta naturaleza, el prototipo propuesto contará con señales de alerta visual y sonora, de manera que éstas puedan ser captadas por diferentes sentidos.

De acuerdo a lo antes expuesto se plantea como objetivo desarrollar un sistema electrónico de control automatizado para la detección de niveles de concentración de C_4H_{10} y CO, en ambientes propensos a la presencia de estos gases.

A efecto de alcanzar este objetivo se procedió a:

Investigar los procesos de detección y monitoreo de gases

- Diseñar un sistema electrónico en donde se detecten y monitoreen las emanaciones de C_4H_{10} y CO en espacios cerrados.
- Programar el circuito de detección y nivelación de C_4H_{10} y CO
- Construir un prototipo, que permita detectar y monitorear la presencia de C_4H_{10} o CO.
- Evaluar el desempeño del prototipo.
- Realizar un manual de usuario.

2. Materiales y métodos

La presente investigación está enmarcada bajo la modalidad de proyecto factible [14], es decir, es un trabajo donde se presenta una propuesta debidamente justificada. Asimismo, en el entendido que, “la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema o necesidad previamente detectada en el medio” [15].

De acuerdo a lo antes expuesto, el proceso de investigación se desarrolló de acuerdo a las fases señaladas a continuación:

2.1 Fase 1: Investigación de los procesos de detección de gases (descripción de los procesos de detección de gases)

En esta fase se indagó sobre los tipos de detección de gases a través de sensores y cómo se monitorea, para saber cómo es el proceso que vamos a usar para detectar los gases, de allí se tomó la decisión de usar los sensores MQ, que en este caso es electroquímico, debido a que los sensores MQ-6 y MQ-9 son sensores electroquímicos, que se refieren a la generación de electricidad mediante combinaciones de tipo químico. También se identificó el proceso de monitoreo para clasificar los pasos que hace el prototipo.

2.2 Fase 2: Diseño de un sistema electrónico en donde se detecten emanaciones de C_4H_{10} y CO en espacios cerrados (esquemas y diagramas del proceso electrónico involucrado y utilización de aplicaciones de diseño de circuitos)

En esta fase se buscó planear a través de esquemas y diagramas un proceso electrónico involucrado en la detección y monitoreo de gases. En cada parte del proceso se identificaron los pasos que se tienen que hacer en el prototipo, para garantizar en caso, que no se salte un paso en el sistema electrónico que conecta tanto el Arduino como los sensores, ya que podría funcionar incorrectamente.

Se utilizaron aplicaciones para buscar la forma adecuada de la creación del programa del sistema electrónico, con la finalidad de lograr su funcionamiento correcto y de esa manera evitar la presencia de fallos.

La aplicación que se usó en este caso fue Fritzing, para diseñar las conexiones del circuito electrónico que conectan los sensores, el Arduino, los *leds* y el *buzzer* para asegurar que el prototipo funcione correctamente.

2.3 Fase 3: Programación del circuito de detección de C₄H₁₀ y CO (utilización de aplicaciones de programación de Arduino)

Para el desarrollo de esta fase se utilizaron aplicaciones de programación de Arduino, para buscar la forma adecuada de la creación del programa del sistema electrónico, con la finalidad de lograr su funcionamiento correcto y de esa manera evitar la presencia de fallos [16].

La aplicación que se usó en este caso fue Arduino 1.8, para programar las conexiones del circuito electrónico que conectan los sensores, el Arduino, los *leds* y el *buzzer* para asegurar que el prototipo funcione correctamente, procurando que funcionen los códigos, las conexiones, como los componentes que se usaron.

2.4 Fase 4: Construcción del prototipo para detectar la presencia de C₄H₁₀ o CO (elaboración del prototipo en físico)

Para la ejecución de esta fase se utilizó lo establecido en el diseño para la construcción del prototipo en físico, tanto conectando cada parte del prototipo con el Arduino, como soldando las conexiones vistas en el esquema (en un *proto-board*) en una placa PCB.

2.5 Fase 5: Evaluación del desempeño del prototipo

Se probó el prototipo para verificar que funcionara correctamente viendo que cumple con todos los parámetros asignados tanto en la detección de C₄H₁₀ y CO por los sensores MQ-6 y MQ-9 como en el monitoreo y señales de alerta, cuando los niveles de esos gases rebasen los límites de seguridad, y su transmisión mediante los *leds* y el *buzzer*.

2.6 Fase 6: Elaboración de un manual de usuario

Se realizó un manual de usuario en el que se explica en detalle el funcionamiento del prototipo a los usuarios y estudiantes que la utilicen. De esta forma, tendrán una mayor comprensión del uso de cada dispositivo dentro del prototipo, a través de explicaciones adecuadas en cada caso.

3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados referidos a cada una de las fases indicadas anteriormente:

3.1 Fase 1: Investigación de los procesos de detección y monitoreo de gases

El proceso del diseño comenzó por conectar los sensores con Arduino para saber su funcionamiento y a través de eso se conectaron el resto de las partes para el proyecto (pantalla, *leds* y *buzzer*). Previo a esto, se efectuó la programación del Arduino, para ello se introdujeron los correspondientes códigos al Arduino, para que cada parte del prototipo funcione correctamente.

A estos códigos se llegó explorando documentos en red, tomando como base las recomendaciones y propuestas disponibles.

Esto permitió encontrar las conexiones indicadas para el funcionamiento del sistema, de modo que se pudo garantizar su eficacia [17].

3.2 Fase 2: Diseño de un sistema electrónico en donde se detecten emanaciones de C₄H₁₀ y CO en espacios cerrados

A efectos de visualizar el proceso, se procedió a la elaboración de los diagramas (figura 1) del proceso electrónico involucrado, los cuales se presenta a continuación. En el diagrama 1 (figura 1a) se presenta el proceso de medición de gases de butano y monóxido de carbono por los sensores MQ-6 y MQ-9. En el diagrama 2 (figura 1b) se presenta el flujo del sistema de detección de gases. En el diagrama 3 (figura 1c) se visualiza el flujo de la alarma de seguridad. En el diagrama 4 (figura 1d) se expone el monitoreo de la pantalla. Este proceso garantiza la efectividad del sistema.

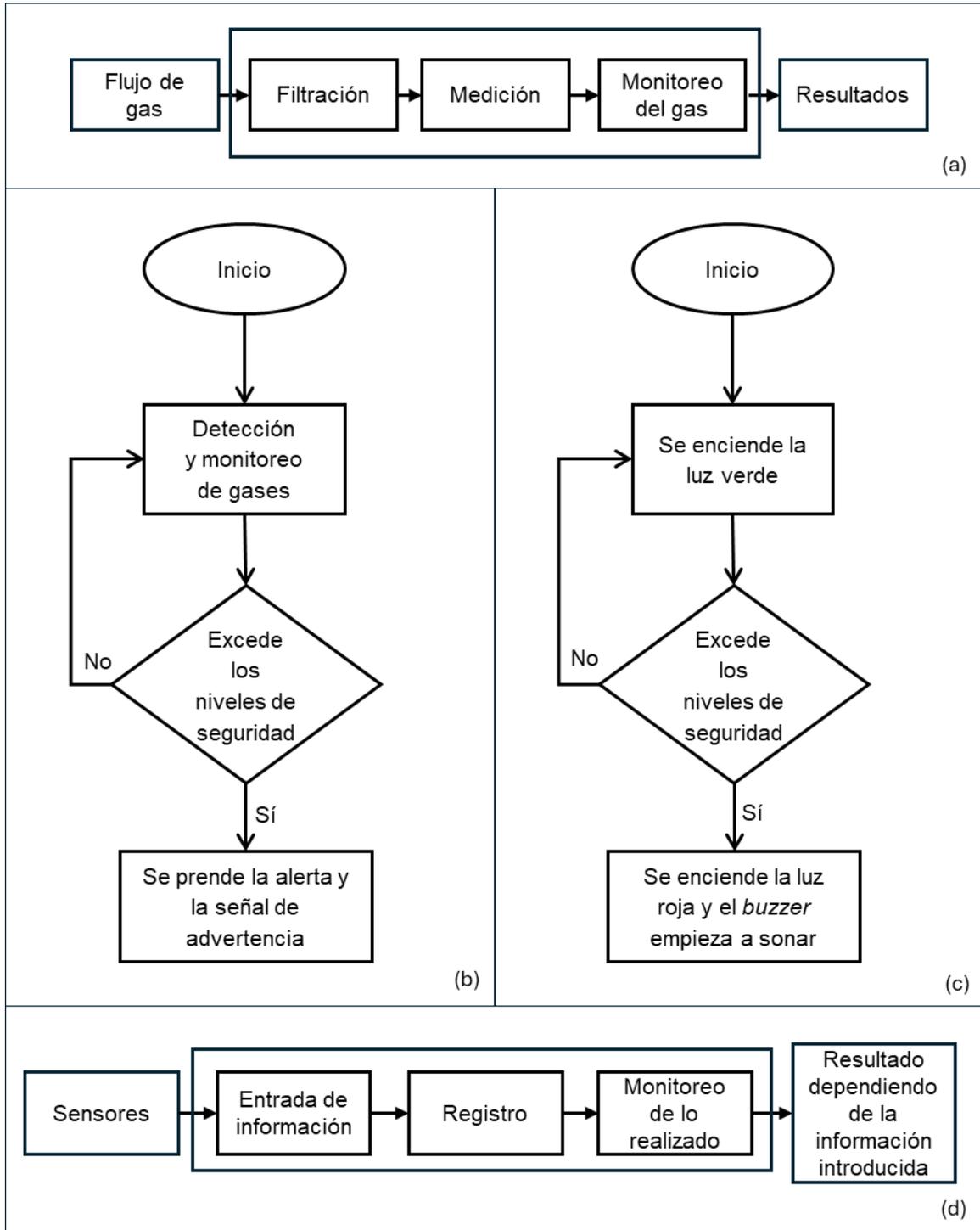


Figura 1. Elaboración de los diagramas: (a) figura 1a, de medición de gases de butano y monóxido de carbono por los sensores MQ-6 y MQ-9; (b) figura 1b, de flujo del sistema de detección de gases; (c) figura 1c, de flujo de la alarma de seguridad; (d) figura 1d, de monitoreo en la pantalla.

Como se puede observar, en el diseño del diagrama 1 (figura 1a), se esquematiza de manera clara cada uno de los momentos que se deben considerar a efecto de lograr un proceso exitoso en la detección de los gases. En este sentido, inicialmente se observa el flujo de gases, luego se indica el momento de la figuración del sensor, en el cual tiene lugar la filtración. Esto consiste en pasar los gases a través de la malla, luego viene la medición lo cual permite determinar la cantidad de gas que se ha filtrado. Este proceso es importante porque permite detectar la cantidad de gases concentrados en un área específica. Es decir, el grado de riesgo y, por último, se logra el control. De esta forma al conectar los sensores MQ-6 y MQ-9, la pantalla LCD, el Arduino, los *leds* y el *buzzer*, con el código introducido en el Arduino todo funcionara correctamente. En la figura 3 se observa el código del prototipo y seguimiento de la información recogida en la medición. Al final se obtienen los resultados del monitoreo de todo lo analizado.

En cuanto al diagrama 2 (figura 1b), en el que se recoge el flujo del sistema de gases. Este proceso se inicia con la detección y monitoreo de los gases. Allí se comprueba si los niveles de los gases exceden las medidas de seguridad. Posteriormente, si los niveles son seguros, el sistema actuará con normalidad, de lo contrario se prendera la alarma alertando del peligro.

Respecto al diagrama 3 (figura 1c), este indica las dos situaciones que se pueden presentar. En este sentido, cuando los niveles de los gases son seguros la luz verde permanecerá encendida; pero si se exceden las medidas de seguridad, la luz verde se apagará y se sustituye por una luz roja y el *buzzer* empezará a sonar hasta que los niveles ya no sean peligrosos.

En el diagrama 4 (figura 1d), se recoge el proceso del monitoreo de la pantalla. Inicialmente se consideran los sensores, que están conectados en el Arduino junto con la pantalla, por donde entra la información obtenida que se registra en la pantalla. Los resultados se monitorean con los datos de los sensores. Luego se analizan para, al final, obtener los resultados proyectados en la pantalla dependiendo de la información que le fue mandada con anterioridad.

A partir del programa Fritzing se diseñó el circuito, tal como se muestra en la figura 2.

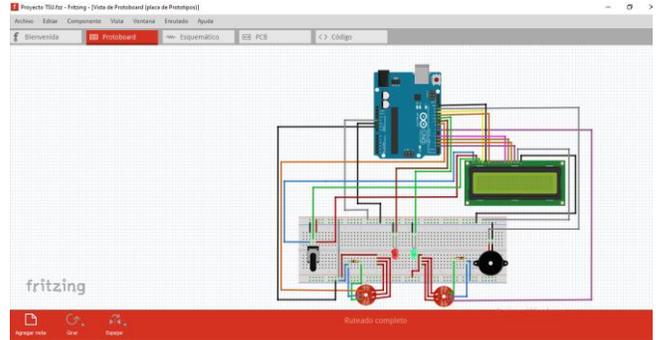


Figura 2. Diseño del circuito en Fritzing.

3.3 Fase 3: Programación del circuito de detección y monitoreo de C_4H_{10} y CO

En esta fase, a partir de los códigos investigados al principio de la realización de este proyecto se programó con la aplicación Arduino 1.8, creando el código para el prototipo.

De esta forma al conectar los sensores MQ-6 y MQ-9, la pantalla LCD, el Arduino, los *leds* y el *buzzer*, con el código introducido en el Arduino todo funcionó correctamente. En la figura 3 se observa el código del prototipo.

```

Proyecto_TSU Arduino 1.8.12
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Proyecto_TSU
int pin_mq = 8;
const int pin_mql = 7;
const int pinBuzzer = 13; //Constante que contiene el número del pin de A
#include <LiquidCrystal.h>

// initialize the library by associating any needed LCD interface pin
// with the arduino pin number it is connected to
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;

LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pin_mq, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pin_mql, INPUT);
  {
    // set up the LCD's number of columns and rows:
    lcd.begin(16, 2);
  }
  {
    pinMode(9, OUTPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);
    pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);
  }
}

```

Subido

El Sketch usa 3036 bytes (9%) del espacio de almacenamiento de programa. E
Las variables Globales usan 250 bytes (12%) de la memoria dinámica, dejand

21 Arduino Uno en COM3

Figura 3. Código del prototipo.

3.4 Fase 4: Construcción del prototipo para detectar y monitorear la presencia de C_4H_{10} o CO

Los materiales y recursos utilizados para construir el prototipo fueron: Arduino UNO, *protoboard*, dos bombillos *led* (uno verde y uno rojo), cables Dupont, voltímetro, caja para simular el ambiente en donde se usa el prototipo, *buzzer*, pantalla LCD, resistencias de 10k ohmio, sensor MQ-6, sensor MQ-9 y potenciómetro.

Con la construcción del prototipo, a partir del diseño que se propuso para el proyecto, se muestra cómo tiene que conectarse cada parte de los componentes para que funcione correctamente, usando el *protoboard* para que todas las partes se logren conectar en el Arduino.

De esta forma se conectan los sensores MQ-6 y MQ-9, la pantalla LCD, el Arduino, los LED y el *buzzer*, y con el sistema electrónico listo se logra la siguiente fase de arranque del proceso. En la figura 4 se observa el prototipo diseñado y su construcción.

3.5 Fase 5: Evaluación del desempeño del prototipo

Después de crear el código y de elaborar el prototipo se evaluó que todo funcionaba correctamente sometiendo el prototipo a emanaciones de C_4H_{10} y CO, en donde si los niveles del gas de alguno de los dos gases son bajos se enciende el LED verde y pone en la pantalla que el nivel es seguro, de lo contrario el LED rojo se encenderá, el *buzzer* comenzará a sonar y en la pantalla pone que el nivel es peligroso.

3.6 Fase 6: Elaboración del Manual de Usuario

El prototipo de detección y monitoreo de gases fue diseñado para servir de referencia para el uso de sensores de gases en diversos ambientes de trabajo o domésticos. En ese sentido, se elaboró un manual de usuario, con la finalidad de: a) orientar a los usuarios en el manejo y uso de un sistema de detección de gases; b) sensibilizar a potenciales usuarios en relación con la importancia de la detección de gases; y c) indicar pautas para el funcionamiento adecuado del prototipo.

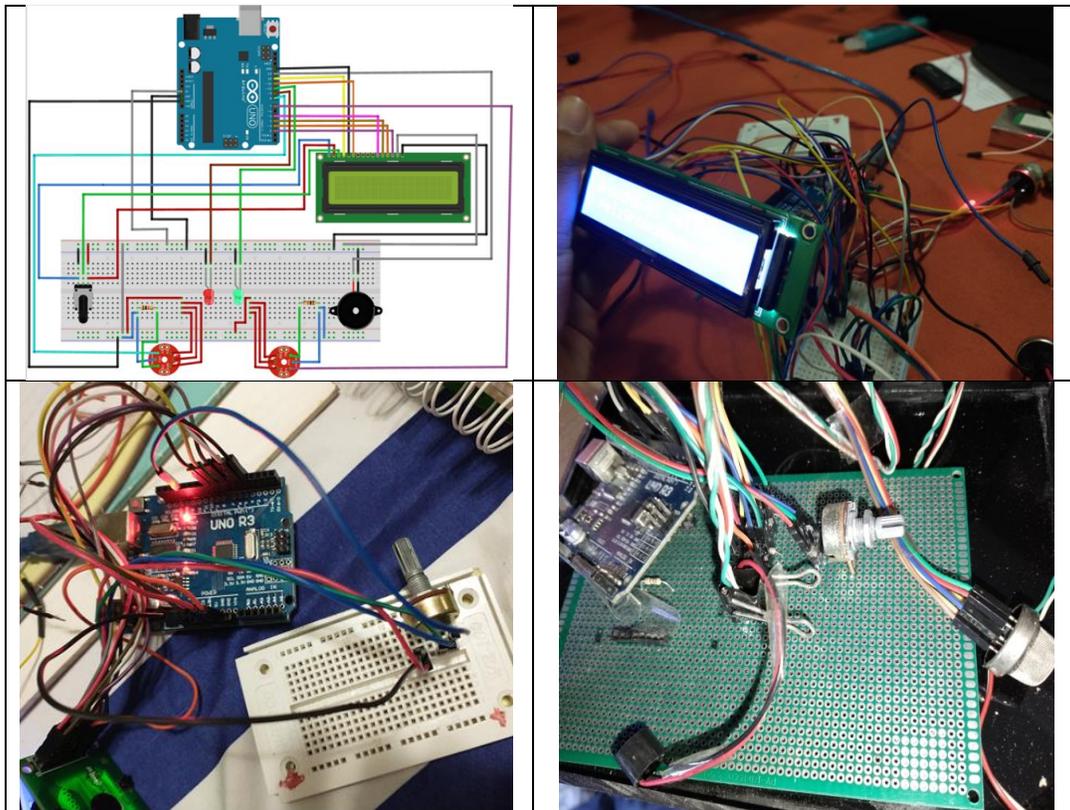


Figura 4. El prototipo diseñado y su construcción.

Para una adecuada utilización del prototipo, se considera que el usuario debería tener algunos conocimientos previos en seguridad industrial y conocimiento acerca de niveles permisibles de los gases. Asimismo, el usuario debería tener cierta comprensión acerca de: sistema de control, funcionamiento del arduino uno, sensores (MQ-6 y MQ-9) y programación.

3.7 Mejoras del proceso seguido.

Para que las conexiones de las partes del prototipo fueran más seguras se soldaron el potenciómetro, el *buzzer* y varios pines hembra junto con las conexiones en la placa PCB de esta forma los cables Dupont que conectan con la pantalla LCD y los sensores MQ-6 y MQ-9, y los LED se conectan a los pines hembra que están conectados con el Arduino por debajo de la placa.

3.8 Factibilidad técnica y económica - financiera

Técnica: la factibilidad técnica está garantizada, gracias a la existencia y disponibilidad de información electrónica valiosa y de alta utilidad, así como de los componentes requeridos para el diseño y operatividad del prototipo.

Económica: la inversión que se ha efectuado en el diseño del prototipo no tuvo fines de rentabilidad financiera. Es decir, la relación costo-beneficio está más orientada al fortalecimiento del avance investigativo y la prevención de riesgos ante la presencia de niveles elevados de gases que pongan en riesgo la salud.

Financiera: los recursos para el diseño y ejecución del prototipo corren por parte de los autores, además del apoyo de Universidad Politécnica Territorial de Aragua. Los costos de la elaboración del prototipo son razonables y se han logrado soportar en su totalidad.

4. Conclusiones

Se logró, a partir de la información consultada, conocer las características y componentes de los sensores y la especificidad de cada uno, para la detección y monitoreo de gases, así como las diferentes conexiones para lograr estructurar el esquema de funcionamiento del prototipo. Además, se indagó respecto a la codificación, para lograr el funcionamiento de los sensores en articulación con el Arduino.

Como producto de la ejecución de las acciones anteriores y considerando los componentes de *buzzer* y pantalla LCD, junto a las respectivas codificaciones, se logró alcanzar el objetivo de estructurar el sistema electrónico para detectar y monitorear las emanaciones de C_4H_{10} y CO en espacios cerrados.

A partir de lo anteriormente alcanzado, se construyó el prototipo que permite detectar y monitorear la presencia de C_4H_{10} o CO, así como, advertir sobre la situación de peligro gracias a la activación de una luz roja y el sonido constante de un *buzzer*.

Al efectuar la evaluación de desempeño del prototipo, se comprobó su funcionamiento, utilizando las técnicas y procedimientos apropiados para este tipo de sistemas electrónicos. Principalmente se logró hacer pruebas y verificar su adecuando funcionamiento.

Con el propósito de facilitar el manejo y funcionamiento adecuado del prototipo, se elaboró un manual de usuario, con un lenguaje de fácil comprensión.

Finalmente, se logró cumplir con el objetivo, disponer de un prototipo que podría advertir el peligro de la presencia de niveles elevados, tanto de C_4H_{10} como CO, antes de que ocurra un accidente, alertando a las personas cercanas con el sistema de alarma para que actúen rápidamente y resuelvan el problema de fuga, ya que esos gases pueden intoxicar a las personas o provocar una explosión por cualquier mínima chispa.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Instrumentación y Control de la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua “Federico Brito Figueroa” (UPTA), La Victoria, Estado Aragua, Venezuela.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] J. Figueroa, F. Paba, y C. Torres. “Diseño de un sistema de detección y extinción de fuego y gas para equipos de medición fiscal en la industria de hidrocarburos”. Tesis para optar a la especialización en automatización y control de procesos industriales, Facultad de ingeniería, Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena, Colombia. 2014
- [2] L. Béjar. “Diseño e implementación de una central detectora de gas natural y GLP”. Informe técnico para optar al título de ingeniero electrónico. Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma, Perú. 2013.
- [3] R. Ortiz. “Desarrollo de un sistema electrónico de control automatizado para la detección de niveles de concentración de gas Butano (C_4H_{10}) y Monóxido de carbono (CO), en ambientes propensos a la presencia de estos gases”. Trabajo de Grado para optar al título de Técnico Superior Universitario en Instrumentación y Control. Universidad Politécnica Territorial de Aragua. Sede Maracay, Venezuela. 2022.

- [4] J. Castro. (2017). “Diseño de un sensor para identificación de gas para aplicaciones en detección temprana de incendios forestales en áreas protegidas”. Trabajo de Grado para optar al título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali. Colombia. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/9887/T07557.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] J. Fraden. “Handbook of Modern Sensors. Physics, Designs, and Applications”. (Quinta Edición). New York, USA: Springer. 2016.
- [6] T. Nasution, R. Asrosa & I. Nainggolan. “Application of MQ-138 Semiconductor Sensor for Breath Acetone Detection”. *Journal of Physics: Conference Series*. vol.1116, n° 3, 2018. Disponible: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1116/3/032023>
- [7] Dräger. “Introducción a los Sistemas de Detección de Gases”. 2009. Disponible: <https://www.draeger.com/Library/Content/9046703-infoflip-gds-es.pdf>
- [8] A. Segovia. “Diseño e implementación de prototipo para sistema automatizado de recolección y extracción de codornaza en módulos de explotación de codorniz”. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones. Facultad de ingeniería, Universidad Católica de Colombia, Bogotá. 2014. Disponible: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1651/1/DISEÑO%20E%20IMPLEMENTACIÓN%20DE%20UN%20PROTOTIPO%20PARA%20SISTEMA%20AUTOMATIZADO%20DE%20RECOLECCIÓN%20Y%20EXTRACCIÓN%20DE%20CODORNIZ.pdf>
- [9] D. Castellanos y M. Gutiérrez. “Desarrollo de tarjeta de control domótico para sistema eléctrico residencial unifamiliar con Arduino nano para el taller de electricidad del PNFE de la UPT Aragua”. Trabajo de Grado para optar al título de Técnico Superior Universitario en Electricidad. Universidad Politécnica Territorial de Aragua. La Victoria, Venezuela. 2020.
- [10] S. Donati, M. Gainnier & O. Chibane-Donati. “Intoxicación por monóxido de carbono”. *EMC-Anestesia-Reanimación*, vol. 31, n 2, pp.1-17. 2005. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1280470305434672?via=ihub>
- [11] I. Orellana. “Las perspectivas del gas y su regulación en Venezuela”. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, vol. 6, n° 2, pp. 341-681. 2000. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36460213>
- [12] Shell. “Ficha de Datos de Seguridad. Butano Comercial”. 1999. Disponible: <https://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/4900.pdf>
- [13] N. Berrade. Gases tóxicos. En M. Pinillos. *Libro electrónico de toxicología clínica*. Centro Navarro de Salud, Navarra, España. 2018. Disponible: <https://www.navarra.es/appsext/DescargarFichero/default.aspx?codigoAcceso=PortalDeSalud&fichero=Toxicologia%20Gases%20toxicos%20irritantes.pdf>
- [14] UPEL. “Manual de trabajos de grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales” (5ta. Edición). Caracas: FEDEUPEL. 2016.
- [15] R. Dubs. “El proyecto factible. Una modalidad de investigación”. *SAPIENS. Revista de Investigación Universitaria*, vol.3, n°2, pp.1-18. 2002. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/410/41030203.pdf>
- [16] J. Blum, J.”Exploring Arduino®: Tools and Techniques for Engineering Wizardry”. Indianapolis, USA: Wiley & Sons. 2013.
- [17] A. Pinzón, M. Castillo, E. González, J. Araúz & V. Villarreal. Sistema de detección de sustancias y partículas contaminantes para el ambiente a través de sensores Arduino. *Revista de Iniciación Científica*, vol 4, n° 1. 2018. DOI <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1868>