

**Diseño e implementación de un prototipo de detección de fuga de gas natural, de uso doméstico**

Yohan Sebastian Coqueco Medina

Asesor

Gilma Paola Andrade

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2023

## Resumen

El proyecto a implementar radica en facilitar la solución a una problemática de gran impacto social como lo son las fugas de gas domiciliaria en zonas rurales del huila, mediante un prototipo de sistema de detección de alerta electrónico de bajo coste, con labores de alerta remota que posibilite presentar las aplicaciones más significativas por medio de escenarios de simulación reales como la elección de dispositivos electrónicos; configuración eléctrica de dispositivos seleccionados mediante el ajuste a la placa electrónica Arduino; el sensor y alarma sonora para el sistema de detección de gas natural, señales de detección mediante leds como su fuente de alimentación.

La metodología empleada consiste en el desarrollo de etapas de configuración, instalación y validación, empleando técnicas de observación para realizar los ajustes pertinentes a medida que se aprecien las acciones del sistema. Corroborando resultados positivos para la hipótesis planteada, determinando que, con los conocimientos adecuados y los componentes precisos, se puede desarrollar un detector de gas natural, de sensibilidad aceptable y de bajo costo, como medio de seguridad que puedan ser aplicados por técnicos independientes en hogares rurales y finalmente estos puedan ser corroborados por instrumentos de detección de gas profesionales.

**Palabras Claves:** Detector de fugas, arduino, sensor mq5, prototipo, proyecto aplicado, ingeniería.

### **Abstract**

The project to be implemented aims to provide a solution to a significant social issue, which is domestic gas leaks in rural areas of Huila. This will be achieved through a low-cost prototype of an electronic alert detection system that allows for remote alert capabilities and demonstrates the most relevant applications through realistic simulation scenarios. The project includes the selection of electronic devices, the electrical configuration of the chosen devices by adapting them to the Arduino board, and the use of a sensor and audible alarm for natural gas detection, with LED indicators as a power source.

The methodology employed involves the development of configuration, installation, and validation stages, utilizing observation techniques to make necessary adjustments as the system's performance is evaluated. Positive results have confirmed the proposed hypothesis, demonstrating that with the appropriate knowledge and precise components, an affordable and adequately sensitive natural gas detector can be developed. This serves as a means of enhancing safety and can be implemented by independent technicians in rural households, with the option of verification by professional gas detection instruments.

**Keywords:** Leak detector, Arduino, MQ5 sensor, prototype, applied project, engineering.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Planteamiento Del Problema.....	12
Antecedentes .....	13
Justificación .....	14
Prevenir Accidentes Graves .....	14
Mejorar su Seguridad Residencial y Laboral.....	14
Facilitar el Acceso a los Detectores de Gas .....	14
Promover la Sostenibilidad Ambiental .....	15
Objetivos .....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Conceptual y Teórico.....	17
Gas Natural .....	17
Fugas de Gas Natural .....	17
Detección de Fugas de Gas Natural .....	17
Sensores .....	18
Sistema de Alerta y Notificación .....	18
Sistema de Control y Monitoreo.....	18
Plataforma de Hardware y Software en los Sistemas de Detección .....	18

Marco Legal .....	20
Leyes y Regulaciones Generales .....	20
Regulaciones y Normativas Específicas .....	20
Responsabilidades y Obligaciones.....	20
Inspecciones y Certificaciones.....	21
Responsabilidad Ambiental y de Seguridad .....	21
Metodología .....	22
Selección de Componentes Electrónicos .....	22
Tarjeta Electrónica Arduino Uno R3.....	23
Buzzer Activo 5v.....	24
Diodo LED .....	25
Resistencias.....	26
Sensor de Mas Qq-5.....	27
Funcionamiento del Módulo MQ-5 .....	28
Módulo Sensor:.....	29
Switch Interruptor 2 Posiciones .....	29
Porta Pilas – 9 Voltios .....	30
Cables de Conexión .....	31
Caja de Proyecto Personalizada .....	31
Recursos Necesarios para la Implementación.....	32

Controles a Introducir .....	33
Identificación de Puntos Críticos .....	33
Instalación y Calibración de Sensores .....	33
Realización de Pruebas Periódicas.....	33
Capacitación a Usuarios.....	33
Mantenimiento Regular .....	33
Implementación de Protocolos de Seguridad.....	33
Configuración Eléctrica Placa Arduino Uno R3 .....	34
Batería 9V .....	34
Sensor MQ-5.....	34
Diodo Led Rojo.....	34
Diodo Led Verde .....	34
Buzzer .....	35
Diseño del Circuito .....	35
Implementación Diseño del Circuito .....	36
Implementación Código Arduino.....	38
Definición de Acciones .....	39
Pruebas de Validación y Resultados .....	41
Validación y Verificación del Detector de Gas en Estufa de Gas Domiciliaria. ....	42
Verificación de Fuga .....	42

Verificación de Fuga Junto a Instrumento Certificado .....	43
Análisis de Resultados .....	44
Conclusiones .....	45
Referencias Bibliográficas .....	47

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Ficha de especificaciones tarjeta arduino</i> .....	24
<b>Tabla 2</b> <i>Especificaciones técnicas Buzzer</i> .....	25
<b>Tabla 3</b> <i>Valores estándares de Leds a utilizar</i> .....	26
<b>Tabla 4</b> <i>Especificaciones técnicas Sensor Mq5</i> .....	28
<b>Tabla 5</b> <i>Lista de materiales, recursos y mano de obra</i> .....	32

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama de bloques del sistema</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Tarjeta electrónica Arduino Uno R3</i> .....	23
<b>Figura 3</b> <i>Buzzer activo o zumbador</i> .....	25
<b>Figura 4</b> <i>Diodo LED</i> .....	26
<b>Figura 5</b> <i>Resistencia 220 ohm</i> .....	27
<b>Figura 6</b> <i>Sensor de gas MQ-5</i> .....	27
<b>Figura 7</b> <i>Switch Interruptor 2 Posiciones</i> .....	30
<b>Figura 8</b> <i>Portapilas 9v con tapa, y cable.</i> .....	30
<b>Figura 9</b> <i>Cable Jumper Macho Hembra.</i> .....	31
<b>Figura 10</b> <i>Caja plástica de proyectos</i> .....	32
<b>Figura 11</b> <i>Visualización eléctrica de conexiones del sistema electrónico.</i> .....	35
<b>Figura 12</b> <i>Implementación circuito Protoboar</i> .....	36
<b>Figura 13</b> <i>Prueba de visualización y sonido de detección de fuga.</i> .....	37
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de flujo del sistema</i> .....	38
<b>Figura 15</b> <i>Diagrama de bloques – definición de acciones</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Validación de fuga con instrumento certificado</i> .....	42
<b>Figura 17</b> <i>Validación de fuga en ambos detectores.</i> .....	43

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Diagrama de bloques – funcionamiento del sistema</i> .....	48
<b>Apéndice B</b> <i>Implementación y montaje de circuito en caja de proyectos</i> .....	48
<b>Apéndice C</b> <i>Pruebas de calibración y asignación de Ppm al sensor Mq-5</i> .....	49
<b>Apéndice D</b> <i>Datasheet Sensor</i> .....	50
<b>Apéndice E</b> <i>Código de programación en Software Arduino</i> .....	50

## **Introducción**

El presente proyecto de grado se centra en el desarrollo e implementación de un sistema de detección de fugas de gas para entornos domésticos y comerciales. Se ha realizado una selección cuidadosa de componentes electrónicos, considerando factores como la facilidad de programación, el voltaje de operación y la disponibilidad en el mercado local. Se ha configurado el sistema eléctrico utilizando conductores Dupont, logrando una conexión eficiente y económica entre los componentes y la tarjeta electrónica. Se ha desarrollado un código de programación utilizando el software Arduino IDE, estableciendo los criterios de funcionamiento del prototipo. Se ha validado el prototipo comparándolo con detectores de gas profesionales y se han obtenido resultados satisfactorios, respaldando la selección de componentes, la configuración eléctrica y el código de programación desarrollado.

## **Planteamiento Del Problema**

El gas natural es un recurso utilizado ampliamente en la vida cotidiana, desde hogares hasta pequeñas empresas y fábricas. Sin embargo, su manipulación debe realizarse con precaución debido a los riesgos que conlleva. Un escape de gas debido a una falla en el conducto, una conexión defectuosa o un problema en la válvula puede ocasionar diversos problemas ambientales. Si el gas se libera en presencia de personas, puede causar asfixia, mareos, pérdida de conciencia e incluso la muerte. Si se libera cerca de elementos electrónicos que producen chispas o altas temperaturas, puede causar una explosión si los límites de inflamabilidad son alcanzados. Además, la pérdida de gas puede tener un impacto económico negativo tanto para la empresa como para el usuario.

Aunque se sabe que los escapes de gas natural pueden representar riesgos importantes, es difícil para los técnicos certificados independientes adquirir detectores de gas natural debido a su elevado costo. Sin embargo, se ha observado que la adquisición de estos dispositivos en los hogares podría prevenir accidentes graves como la explosión que ocurrió debido a una fuga de gas en junio de 2022, donde cinco miembros de una familia, incluyendo tres menores de edad, sufrieron intoxicación por monóxido de carbono después de inhalar gas en su hogar en el barrio Caicedo de la Comuna 9 de Medellín, según un informe del periódico El Espectador.

En vista de lo anteriormente mencionado, surge la interrogante de cómo adquirir un detector de fugas de gas portátil, ya que el gas natural es ampliamente utilizado en la vida diaria y su uso conlleva riesgos. Para abordar este problema, el proyecto propone desarrollar un prototipo de detector de fugas de gas natural que sea económico y fácil de usar. Esto permitiría a los técnicos inspeccionar los componentes y líneas de gas con seguridad, para poder operar los sistemas que lo requieran.

### **Antecedentes**

El Gas GLP (Gas Licuado de Petróleo) y el Gas Propano se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones, que van desde el calentamiento de agua en procesos industriales hasta la generación de electricidad, siendo también comunes en hogares y restaurantes para cocinar.

En términos de medición de la concentración de gas, hay una variedad de sensores disponibles en el mercado. Uno de los sensores más accesibles al público es el sensor MQ5, que se utiliza para detectar gases combustibles como el gas de GLP y el gas natural. Este sensor es altamente sensible y tiene un rango de detección de 200 ppm a 10,000 ppm. Proporciona resultados rápidos con un tiempo de respuesta en cuestión de segundos y ofrece una salida analógica que varía según la concentración de gas detectado. Además, tiene un bajo consumo de energía y muestra estabilidad a largo plazo.

Es de suma importancia implementar sistemas adecuados de detección y control para prevenir accidentes graves en los hogares, incluyendo pérdidas materiales y, en casos extremos, pérdidas humanas. La falta de control en el consumo y la detección de fugas de gas puede tener consecuencias graves, por lo tanto, se debe garantizar la seguridad de las personas y las propiedades a través de medidas preventivas y sistemas de seguridad eficientes.

## **Justificación**

Las fugas de gas es un problema más común de lo que se percibe, ya que muchas veces solo se visibiliza cuando se presentan incendios o explosiones. Estos eventos pueden tener consecuencias graves, como pérdidas económicas considerables y, en algunos casos, pérdidas humanas irreparables.

El proyecto busca una solución de bajo costo que permita detectar fugas de gas y generar una alerta en tiempo real para prevenir y controlar posibles desastres. De esta manera, se busca evitar pérdidas humanas y materiales significativas. Hay varias razones por las que se considera importante llevar a cabo este proyecto, siendo una de ellas:

### **Prevenir Accidentes Graves**

Las fugas de gas natural pueden ser extremadamente peligrosas y pueden causar asfixia, explosiones e incendios. Un detector de gas natural puede ayudar a prevenir estos accidentes al detectar fugas de gas y alertar a los usuarios antes de que se produzca una situación peligrosa.

### **Mejorar su Seguridad Residencial y Laboral**

El gas natural se utiliza ampliamente en hogares y en el lugar de trabajo, y es importante que se utilice de manera segura. Un detector de gas natural puede mejorar la seguridad en estas áreas al detectar fugas de gas y alertar a los usuarios antes de que se produzca una situación peligrosa.

### **Facilitar el Acceso a los Detectores de Gas**

Los detectores de gas pueden ser costosos y, a menudo, sólo están disponibles para empresas grandes o personas con un presupuesto elevado. Un proyecto de un detector de gas natural económico y fácil de usar puede facilitar el acceso a los detectores de gas para los hogares, empresas y técnicos independientes que de otro modo no tendrían acceso a estos

dispositivos.

### **Promover la Sostenibilidad Ambiental**

La detección temprana de fugas de gas natural puede ayudar a prevenir la emisión de gases de efecto invernadero, reducir el desperdicio de energía y minimizar el impacto ambiental negativo asociado con las fugas de gas natural.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un sistema de detección de fuga de gas que permita detectar de manera oportuna y eficiente cualquier fuga de gas natural en instalaciones residenciales o comerciales, a través de alertas audibles y visuales, con el fin de prevenir y evitar posibles desastres, reduciendo pérdidas económicas y protegiendo la seguridad y la vida de las personas.

### **Objetivos Específicos**

Identificar los elementos clave de los sistemas de suministro de gas natural que necesitan ser monitoreados para detectar fugas, tales como tuberías, conexiones, válvulas y otros componentes.

Seleccionar los sensores y dispositivos adecuados para la detección de gas, considerando factores como el tipo de gas, los niveles de concentración, el ambiente en el que se utilizarán y el costo.

Probar el sistema de detección de gas en diferentes situaciones y escenarios para asegurar su funcionamiento adecuado y su confiabilidad en condiciones adversas.

Capacitar a los usuarios y técnicos sobre el manejo del sistema de detección de gas y su correcta instalación, mantenimiento y calibración, para asegurar su correcta utilización y prolongar su vida útil.

## **Marco Conceptual y Teórico**

El proyecto se enfoca en la investigación y creación de un dispositivo detector de fugas de gas natural con el fin de prevenir y reparar las fugas detectadas. Se basa en estudios previos nacionales que han abordado los riesgos asociados con las fugas de gas, como explosiones, riesgos para la salud y contaminación ambiental. Estos estudios proporcionan una base teórica para la presente investigación.

Un sistema detector de fugas de gas natural se basa en varios principios teóricos y conceptuales para garantizar una detección precisa y confiable de fugas de gas. Estas áreas incluyen los siguientes elementos:

### **Gas Natural**

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que se encuentra en yacimientos de gas subterráneos. Es una fuente de energía importante utilizada para calentar hogares, cocinar, generar electricidad y para uso industrial. Sin embargo, el gas natural es altamente inflamable y puede ser peligroso si se escapa.

### **Fugas de Gas Natural**

Las fugas de gas natural pueden ocurrir debido a una variedad de razones, como tuberías mal instaladas o dañadas, válvulas defectuosas, fluctuaciones de presión en la tubería, etc. Las fugas de gas natural pueden ser peligrosas ya que pueden provocar explosiones e incendios.

### **Detección de Fugas de Gas Natural**

La detección de fugas de gas natural es esencial para garantizar la seguridad de las personas y proteger la propiedad. Los sistemas de detección de fugas de gas natural utilizan sensores para detectar la presencia de gas y alertar a los usuarios del peligro.

## **Sensores**

Los sensores utilizados en los sistemas de detección de fugas de gas natural pueden ser de diferentes tipos, incluyendo sensores de infrarrojos, electroquímicos, catalíticos, de semiconductor, etc. Cada tipo de sensor tiene sus propias ventajas y limitaciones en términos de sensibilidad, precisión, costo, etc.

## **Sistema de Alerta y Notificación**

Los sistemas de alerta y notificación son una parte importante de los sistemas de detección de fugas de gas natural. Estos sistemas deben ser capaces de proporcionar una alerta inmediata en caso de detección de una fuga de gas natural y deben tener la capacidad de notificar a los usuarios relevantes, como los propietarios de la propiedad, el departamento de bomberos, etc.

## **Sistema de Control y Monitoreo**

Los sistemas de control y monitoreo se utilizan para monitorear y controlar el funcionamiento de los sistemas de detección de fugas de gas natural. Estos sistemas pueden incluir software para recopilar y analizar datos de los sensores y proporcionar información a los usuarios sobre el estado del sistema de detección.

## **Plataforma de Hardware y Software en los Sistemas de Detección**

Los sistemas de detección de gas natural requieren de una plataforma de hardware y software adecuada para su funcionamiento eficiente y efectivo. La plataforma de hardware se compone de los dispositivos físicos que se utilizan para detectar la presencia de gas y enviar señales de alerta. Estos dispositivos incluyen sensores, transmisores, paneles de control, alarmas, válvulas de cierre, entre otros.

Por otro lado, la plataforma de software se encarga de la gestión de los datos recogidos

por los dispositivos de hardware y su análisis. Esta plataforma puede incluir sistemas de monitoreo y control remoto, análisis de datos en tiempo real, sistemas de gestión de alertas y notificaciones, y herramientas de visualización de datos.

## **Marco Legal**

### **Leyes y Regulaciones Generales**

Constitución Política de Colombia: Establece los principios fundamentales y los derechos de los ciudadanos, incluyendo la protección de la vida, la salud y el medio ambiente.

Ley 142 de 1994: Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios en Colombia y regula aspectos relacionados con la prestación, distribución y comercialización de gas natural.

Ley 9 de 1979: Código Sanitario Nacional, que establece disposiciones sanitarias y medidas de protección de la salud pública. Se deben considerar los aspectos relacionados con la seguridad y la prevención de riesgos en caso de fugas de gas natural.

### **Regulaciones y Normativas Específicas**

Resolución 1956 de 2017 del Ministerio de Minas y Energía: Establece las condiciones técnicas y de seguridad para la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de gas combustible en Colombia. Deben cumplirse los requisitos específicos relacionados con la detección de fugas de gas natural.

Reglamento Técnico de Gas Combustible (RETIE): Establece las condiciones y requisitos para la instalación y uso seguro de las instalaciones de gas combustible en Colombia. Deben cumplirse los requisitos específicos relacionados con los sistemas de detección de fuga de gas natural.

### **Responsabilidades y Obligaciones**

Responsabilidad del Propietario o Administrador: El propietario o administrador del sistema de detección de fuga de gas natural tiene la responsabilidad de garantizar la seguridad de las instalaciones, realizar mantenimiento regular y tomar medidas adecuadas en caso de

detección de una fuga de gas.

**Notificación y Reporte:** Debe existir un procedimiento claro y definido para la notificación y el reporte de cualquier fuga de gas natural detectada. Esto incluye informar a las autoridades competentes y a las empresas de servicios públicos responsables, como la empresa de distribución de gas.

### **Inspecciones y Certificaciones**

**Inspecciones Periódicas:** Debe llevarse a cabo inspecciones periódicas de los sistemas de detección de fuga de gas natural por parte de entidades autorizadas para verificar su correcto funcionamiento y cumplimiento de las normas de seguridad.

**Certificados de Seguridad:** Puede ser requerido obtener certificados de seguridad que avalen el cumplimiento de los requisitos legales y normativos para el sistema de detección de fuga de gas natural.

### **Responsabilidad Ambiental y de Seguridad**

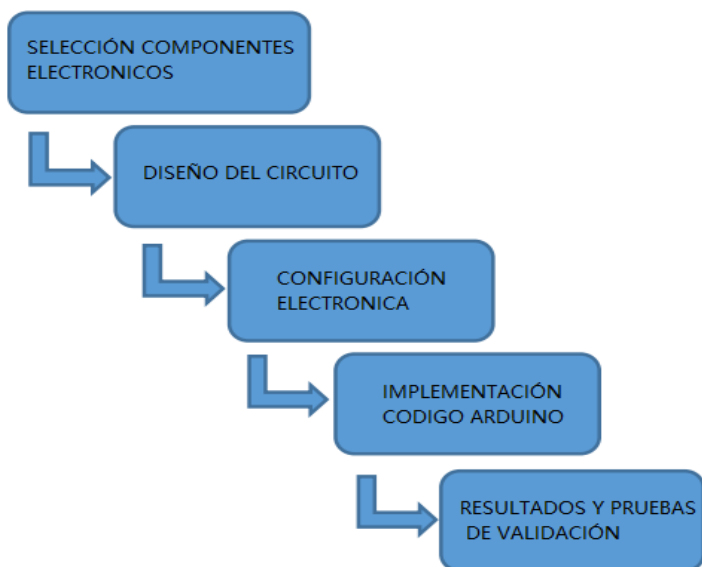
**Impacto Ambiental:** Deben tomarse medidas adecuadas para minimizar los impactos ambientales en caso de fuga de gas natural, incluyendo la prevención de la contaminación y la adopción de medidas de mitigación.

**Protección de la Salud y Seguridad:** Debe garantizarse la protección de la salud y seguridad de las personas en caso de fuga de gas natural, incluyendo la adopción de medidas preventivas, la capacitación del personal y la disponibilidad de equipos de protección personal.

## Metodología

**Figura 1**

*Diagrama de bloques del sistema*



*Fuente.* Autoría propia

En el presente proyecto explica la metodología utilizada en el proyecto, la cual consta de diversas etapas para la implantación del sistema de detección de fugas de gas natural. En primer lugar, se describe el proceso de selección de los componentes electrónicos que serán incluidos en el sistema. Luego, se realiza el diseño del circuito del sistema, se detalla la configuración de estos componentes electrónicos en conjunto con la tarjeta electrónica principal. En tercer lugar, se explica el desarrollo del programa de control. Finalmente, se mencionan las pruebas de validación que se llevarán a cabo para confirmar el correcto funcionamiento del sistema.

### **Selección de Componentes Electrónicos**

A continuación, se muestra la selección de los componentes electrónicos, la cual se basó en los siguientes criterios:

La disponibilidad de los componentes en tiendas certificadas en la ciudad de Neiva o en las ciudades principales de Colombia, en caso de que no estén disponibles en Neiva.

El voltaje de operación debe estar entre 5 y 9 VDC, para garantizar que el sistema de detección pueda funcionar con baterías.

Se realizaron búsquedas de componentes electrónicos que tuvieran precios económicos, con el fin de reducir los costos y hacer el dispositivo accesible para un mayor número de técnicos y usuarios.

### **Tarjeta Electrónica Arduino Uno R3**

La tarjeta electrónica Arduino Uno R3 es una placa de desarrollo de código abierto basada en microcontroladores ATMEL AVR de 8 bits. Es una herramienta popular y ampliamente utilizada en la creación de proyectos electrónicos interactivos y automatización del hogar debido a su facilidad de uso y flexibilidad. La placa cuenta con varios pines de entrada y salida que permiten la conexión con sensores y actuadores, así como con otros dispositivos electrónicos. Además, el Arduino Uno R3 viene con un microcontrolador ATmega328P preinstalado y un programador de arranque, lo que permite la carga de programas y la interacción con otros dispositivos a través de USB.

### **Figura 2**

*Tarjeta electrónica Arduino Uno R3*



*Nota.* Tarjeta electrónica ideal para prototipos programable. Tomado de Electronilab (s.f)

**Tabla 1***Ficha de especificaciones tarjeta arduino*


---

 Especificaciones Arduino UNO (Rev3):
 

---

Microprocesador ATmega328

Tensión operativa 5V

Tensión de alimentación (recomendado) 7-12V

Tensión de alimentación (limites) 6-20V

14 Entradas/Salidas Digitales (6 de estas se pueden utiliza para salidas PWM)

6 Entradas Analogicas

Maxima corriente continua para las entradas: 40 mA

Maxima corriente continua para los pins 3.3V: 50 mA

Flash Memory 32 KB (el bootloader usa 0.5 KB).

Velocidad del Clock 16 MHz

---

*Nota.* Esta tabla presenta las características técnicas de la tarjeta Arduino. *Fuente.* Autor
**Buzzer Activo 5v**

Un buzzer activo de 5V es un dispositivo electrónico capaz de generar un sonido audible cuando se le proporciona una señal eléctrica. Es necesario que cuente con una fuente de alimentación de 5 voltios para su correcto funcionamiento. Estos dispositivos son comúnmente utilizados en proyectos electrónicos para indicar la presencia de una condición específica, como una alerta de seguridad, una notificación de eventos o una señal de alarma, entre otros.

### Figura 3

*Buzzer activo o zumbador.*



*Nota.* Componente electrónico audible de bajo consumo. Tomado Arcaelectronica. (s.f)

### Tabla 2

*Especificaciones técnicas Buzzer*

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de operación	3.5V - 5.5V.
Consumo	30mA.
Frecuencia	2300 Hz $\pm$ 500 Hz.
Intensidad	60dB.
Dimensiones	12mm(diámetro) x 9.5mm(altura)

*Nota.* Esta tabla muestra las características con la que funciona el Buzzer. *Fuente.* Autor

### Diodo LED

Un LED (diodo emisor de luz) es un componente electrónico que permite el flujo de corriente en una sola dirección y, al polarizarse, emite un haz de luz. Aunque funciona como un diodo convencional, el LED emite luz al ser sometido a corriente eléctrica. En general, los LED requieren una corriente eléctrica de aproximadamente 2V para funcionar.

**Figura 4***Diodo LED*

*Nota.* Componente electrónico de bajo consumo que sirve para alertar una señal de manera visual. Tomado Steren (s.f)

**Tabla 3***Valores estándares de Leds a utilizar*

Color	Tensión umbral
Rojo	1.9V
Verde	2.2V

*Nota.* Esta tabla presenta la tensión umbral que tiene cada leds. *Fuente.* Autor

**Resistencias**

Las resistencias se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como limitar la corriente en los LEDs, proteger los circuitos de sobrecargas eléctricas y para ajustar el nivel de voltaje en los amplificadores de audio, entre otras aplicaciones.

**Figura 5**

*Resistencia 220 ohm*



*Nota.* Componente electrónico cuya función es evitar que se quemen sus componentes limitando la corriente. Tomado de Piqua (s.f)

**Sensor de Mas Qq-5**

El sensor de gas utilizado en este sistema se basa en el modelo MQ-5, que tiene una baja conductividad cuando el aire está limpio, pero su conductividad aumenta en función de la concentración del gas combustible presente en el ambiente. Este modelo de sensor es especialmente sensible al gas metano, al propano y al gas natural.

**Figura 6**

*Sensor de gas MQ-5*



*Nota.* Sensor de alta sensibilidad que sirve para detectar variedad de Gases. Tomado de Dualtronica (s.f)

**Tabla 4***Especificaciones técnicas Sensor Mq5*


---

 Especificaciones Técnicas
 

---

Modelo: Módulo MQ5

Detección de: Gas LP, Metano/Gas Natural, Hidrógeno, Alcohol y Humo

Alta sensibilidad al: Gas LP y Metano/Gas Natural

Voltaje de operación: 5 V

Corriente de operación: 160 mA

Dispositivo base: Sensor MQ5.

Rango de detección: desde 200 ppm a 10000 ppm

Temperatura de Operación -10 °C ~ 50 °C

Respuesta rápida y alta sensibilidad

Consumo de potencia calorífica < 800 mW

Salida de señal: Analógica y Digital de nivel TTL

Dimensiones: 32mm x 20mm x 21.4mm

Peso: 9 g

---

*Nota.* Esta tabla presenta la sensibilidad, los rangos de detección y su voltaje de operación.

*Fuente.* Autor

**Funcionamiento del Módulo MQ-5**

El sensor está protegido por dos capas de malla de acero inoxidable, lo cual evita que el elemento calentador interno cause una explosión en entornos con presencia de gases inflamables. Además, esta malla filtra las partículas suspendidas, permitiendo que solo los gases accedan a la cámara. En su interior, cuenta con una bobina de níquel-cromo que actúa como sistema de

calefacción, y un revestimiento de dióxido de estaño (sensible a gases combustibles) que forma el sistema de detección.

Cuando el dióxido de estaño se calienta, absorbe el oxígeno del aire limpio en su superficie, atrayendo electrones y dificultando el flujo de corriente. En presencia de gases, la densidad de oxígeno absorbido disminuye, liberando electrones y permitiendo que la corriente fluya con mayor facilidad a través del sensor.

### **Módulo Sensor:**

El voltaje de salida analógica proporcionado por el sensor varía en proporción a la concentración de humo/gas. A mayor concentración de gas, mayor será el voltaje de salida, mientras que una menor concentración de gas resultará en un voltaje de salida más bajo.

El módulo incorpora un circuito con un comparador de alta precisión para digitalizar la señal, y un potenciómetro que permite ajustar el nivel de concentración umbral en el cual el pin digital cambia de estado bajo a estado alto.

### **Switch Interruptor 2 Posiciones**

Un switch interruptor de 2 posiciones es un componente electrónico que se utiliza para controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito. Tiene dos posiciones: ON y OFF, lo que significa que al cambiar la posición del interruptor, se puede abrir o cerrar el circuito y permitir o interrumpir el flujo de electricidad. Este tipo de interruptor se utiliza comúnmente en proyectos electrónicos para encender o apagar dispositivos o para cambiar entre dos estados de un sistema.

### Figura 7

*Switch Interruptor 2 Posiciones*



*Nota.* Interruptor sencillo utilizado en proyectos de Arduino. Tomado de zamux (s.f)

### Porta Pilas – 9 Voltios

Con el objetivo de hacer que el prototipo sea llevado a cualquier zona rural, se eligió una fuente de alimentación con una batería de 9 VDC, que es el voltaje óptimo para la tarjeta electrónica principal Arduino Uno R3.

El porta pilas es un accesorio que permite crear una fuente de alimentación portátil de 9V DC, adecuada para alimentar varios proyectos electrónicos basados en microcontroladores, incluyendo la plataforma Arduino, PIC, AVR, entre otros. El dispositivo viene con una tapa que cubre completamente el portapilas y protege las pilas en su interior, y puede ser asegurado con un pequeño tornillo en el agujero de la tapa.

### Figura 8

*Portapilas 9v con tapa, y cable.*



*Nota.* Accesorio que sirve para proyectos con baterías a 9v fácil de utilizar. Tomado

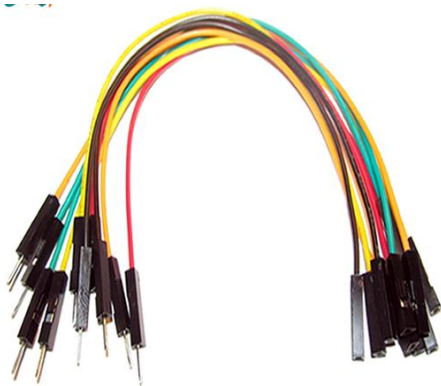
electrocomponentes (s.f)

### **Cables de Conexión**

Los cables de conexión sirven para conectar y transmitir señales eléctricas y de datos entre diferentes dispositivos, equipos o sistemas electrónicos. Los cables de conexión son importantes porque permiten que los dispositivos se comuniquen y compartan información entre sí, lo que puede mejorar la eficiencia y la productividad. También son esenciales para garantizar la calidad de las señales eléctricas y de datos.

### **Figura 9**

*Cable Jumper Macho Hembra.*



*Nota.* Cables de conexión ideales para proyectos con Arduino y de fácil manipulación. Tomado de [electronicaplugandplay](#) (s.f)

### **Caja de Proyecto Personalizada**

El sistema contará con una caja personalizada asemejando la de un equipo de instrumentación certificado, la cual servirá para que sus componentes se ensamblen de una manera que se pueda arreglar o reemplazar algunos de estos componentes y su sensor pueda llegar a lugares angostos.

**Figura 10***Caja plástica de proyectos*

*Nota.* Caja ideal para proyectos pequeños de bajo costos fácil de utilizar. Tomado de Osakaelectronics (s.f)

### **Recursos Necesarios para la Implementación**

**Tabla 5***Lista de materiales, recursos y mano de obra.*

RECURSO	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO
Equipo Humano	Técnico de instalación y de mantenimiento	\$ 1.500.00
Equipos y Software Viajes y Salidas de	Equipo de cómputo, Software Arduino	\$ 1.600.000
Campo	Salida a zona rural y urbana	\$ 70.000
Materiales y suministros	Herramientas de corte y limpieza, multímetro, manómetros, extintor, cables de conexión. Caja de componentes electrónicos de repuesto.	\$140.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$3.310.000</b>

*Nota.* Esta tabla muestra los costos de materiales necesarios para la implementación del

proyecto. *Fuente.* Autor

## **Controles a Introducir**

Para introducir controles efectivos en un sistema de detección de fuga de gas, se deben considerar los siguientes aspectos:

### **Identificación de Puntos Críticos**

Es importante identificar los puntos críticos donde se pueden producir fugas de gas, como por ejemplo cerca de tuberías, válvulas, conexiones, etc.

### **Instalación y Calibración de Sensores**

La instalación y calibración de sensores de gas en los puntos críticos permitirá detectar cualquier fuga de gas y activar la alarma correspondiente.

### **Realización de Pruebas Periódicas**

Es importante llevar a cabo pruebas regulares al sistema de detección de fuga de gas para verificar su correcto funcionamiento y su capacidad para detectar fugas de manera eficaz.

### **Capacitación a Usuarios**

Todos los usuarios del sistema deben estar capacitados para identificar los síntomas de una fuga de gas y saber cómo actuar en caso de emergencia.

### **Mantenimiento Regular**

Es fundamental realizar mantenimiento periódico al sistema de detección de fuga de gas para garantizar su correcto funcionamiento y evitar posibles fallas o mal funcionamientos.

### **Implementación de Protocolos de Seguridad**

Es importante tener protocolos de seguridad claros en caso de una fuga de gas para minimizar los riesgos y prevenir posibles accidentes.

## **Configuración Eléctrica Placa Arduino Uno R3**

Este es un fragmento de instrucciones para la conexión de diferentes componentes electrónicos a una placa Arduino uno R3. Cada uno de los términos que se mencionan hace referencia a un pin específico de la placa y a la función que se le asigna. A continuación, se explica cada uno de ellos:

### **Batería 9V**

VIN: Es el pin que se utiliza para alimentar la placa arduino uno R3 con energía eléctrica. En este caso, se indica que se conecte el polo positivo de la batería a este pin mediante un interruptor de dos posiciones.

### **Sensor MQ-5**

PIN 5V: Este pin suministra energía eléctrica de 5 voltios al sensor. Va conectado a el conductor rojo a este pin.

PIN analógico A0: Este pin es utilizado para recibir señales analógicas del sensor. Se conecta el conductor amarillo del sensor mq-5

GND: Es el pin que se utiliza como referencia para medir los valores de voltaje de los demás pines. Se conecta el polo negativo de la batería, el conductor del sensor, y los negativos del LED y del zumbador a este pin.

### **Diodo Led Rojo**

PIN Digital 2: Este pin se utiliza para controlar la iluminación del LED Rojo cuando este detecte una fuga de Gas.

### **Diodo Led Verde**

PIN Digital 3: Este pin se utiliza para controlar la iluminación del LED Verde. Se conecta el conductor morado del LED a este pin para que se encienda y se apague con intermitencia

## Buzzer

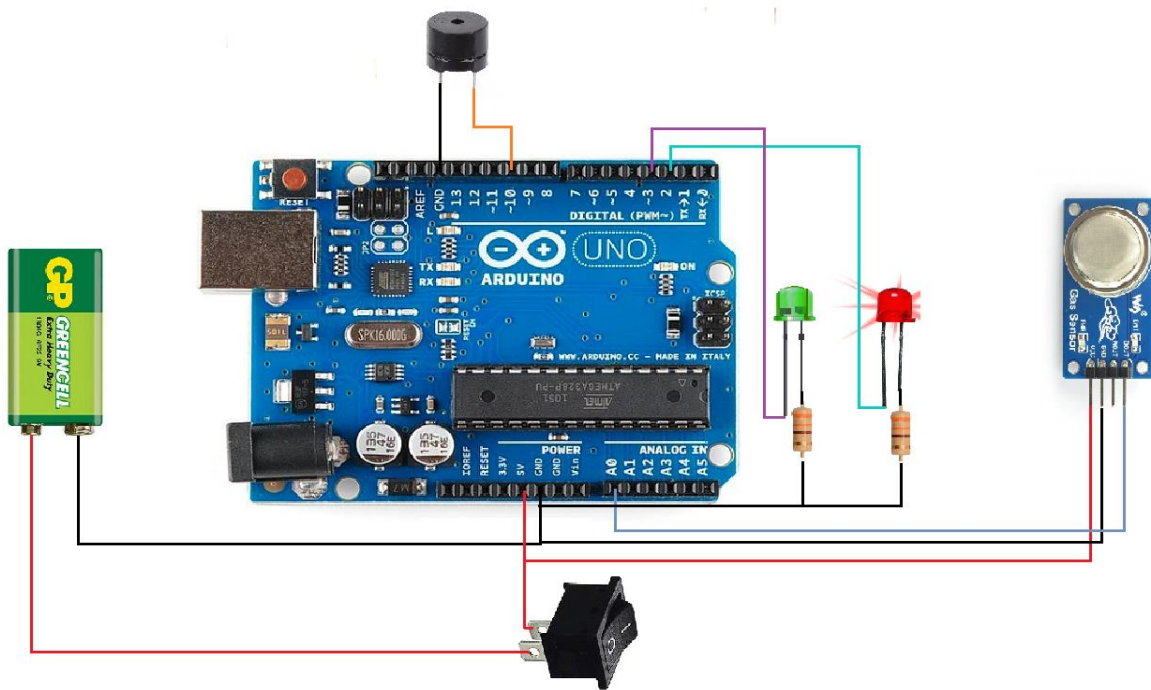
PIN Digital 10: Este pin se utiliza para controlar el Buzzer. Se conecta el conductor naranja del zumbador a este pin para que suene cuando se active la detección del sensor.

## Diseño del Circuito

En la figura 11 se puede observar la interfaz de visualización de la configuración a la placa Arduino con sus respectivos componentes electrónicos a realizar.

### Figura 11

*Visualización eléctrica de conexiones del sistema electrónico.*



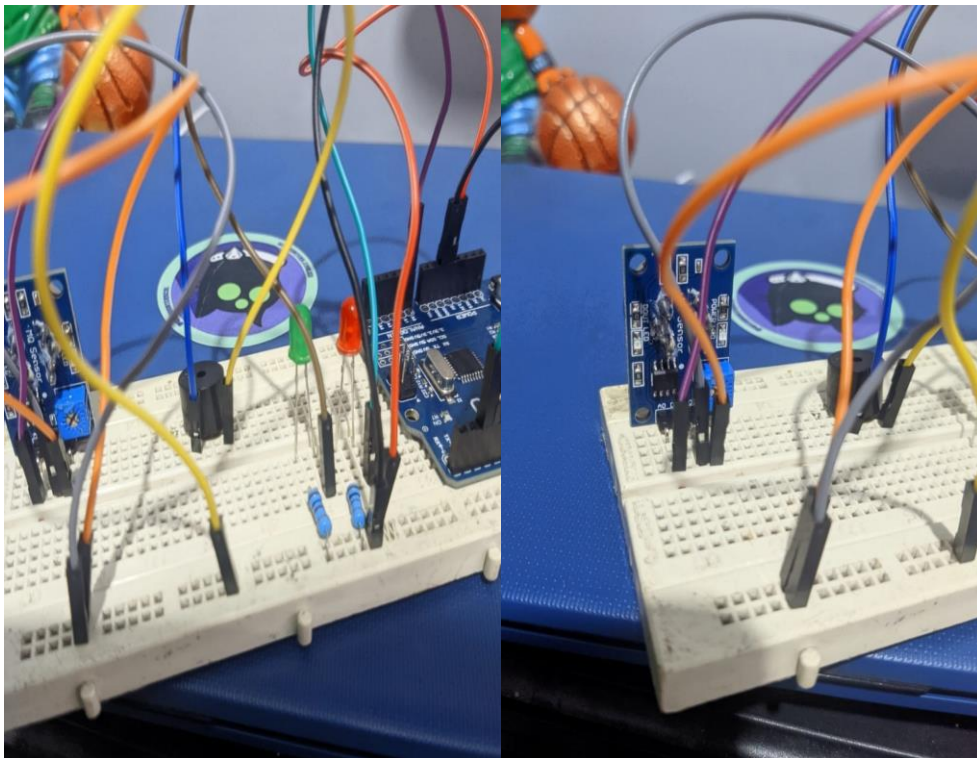
*Fuente. Autoría propia*

## Implementación Diseño del Circuito

En la figura 12 se puede visualizar la configuración e implementación del sistema en la Protoboar donde se visualiza los componentes electrónicos del sistema donde posteriormente queda listo para seguir con el siguiente paso el cual refleja la implementación del código y realizar las pruebas técnicas del Sensor en el software de Arduino.

### Figura 12

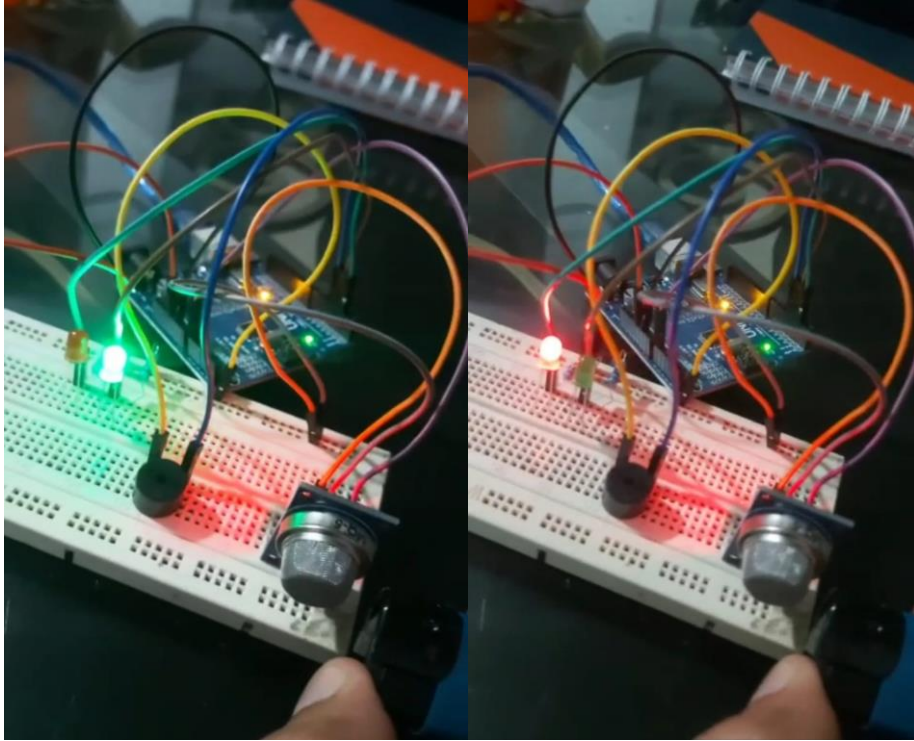
*Implementación circuito Protoboar*



*Fuente. Autoría propia*

**Figura 13**

*Prueba de visualización y sonido de detección de fuga.*



*Fuente. Autoría propia*

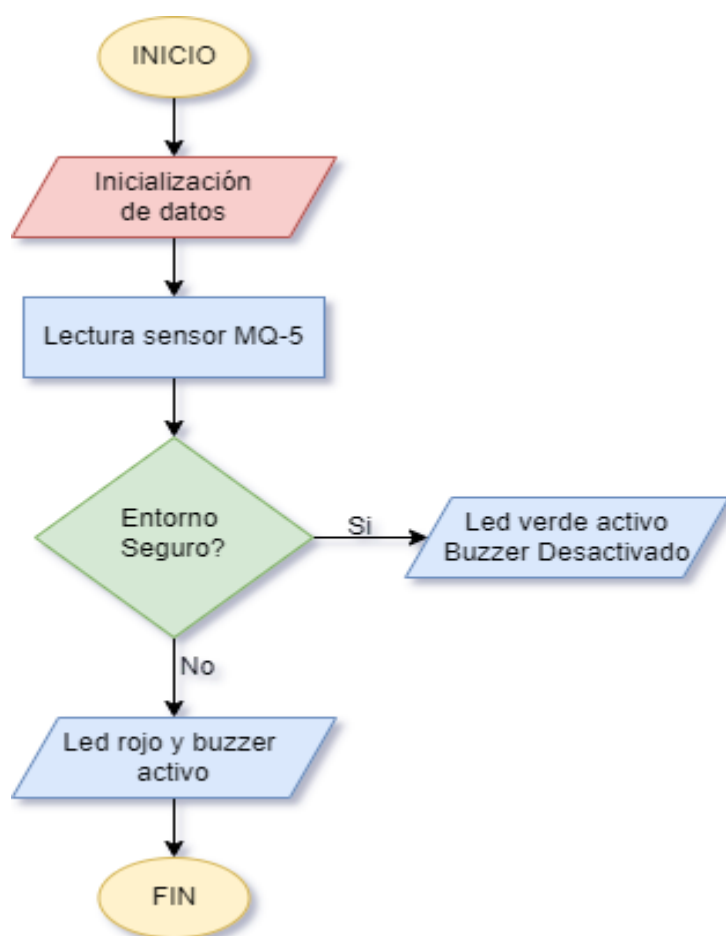
En la figura 13. Se logra visualizar que una vez conectado el circuito al puerto USB del portátil y configurado el código en Arduino, el Led verde enciende y al momento que este detecta Gas deja de alumbrar verde y este enciende el Led Rojo junto al Buzzer.

## Implementación Código Arduino

El presente diagrama de flujo representa un sistema de detección de gas que utiliza un sensor MQ-5 para determinar si el entorno es seguro o no. Dependiendo del resultado de la detección, se enciende un LED correspondiente y se activa o desactiva un buzzer en consecuencia.

**Figura 14**

*Diagrama de flujo del sistema*



*Fuente: Autoría Propia*

Inicio: Marca el punto de inicio del proceso.

Inicialización de datos: En esta etapa, se realizan las configuraciones y preparaciones necesarias para el funcionamiento del sistema.

Lectura del sensor de gas MQ-5: Se lee la información proporcionada por el sensor de gas MQ-5 para detectar la presencia de gas.

¿Entorno seguro?: Se evalúa si el entorno es seguro o no, es decir, si se detecta la presencia de gas peligroso.

Si: Si el entorno se considera seguro, se ejecutan las siguientes acciones:

LED verde activo: El LED de color verde se enciende para indicar que el entorno es seguro.

Buzzer desactivado: El buzzer (zumbador) no se activa, lo que implica que no se emite ningún sonido de alarma.

No: Si el entorno no se considera seguro, se realizan las siguientes acciones:

LED rojo: El LED de color rojo se enciende para indicar que el entorno no es seguro.

Buzzer activo: El buzzer (zumbador) se activa, generando un sonido de alarma para alertar sobre la presencia de gas peligroso.

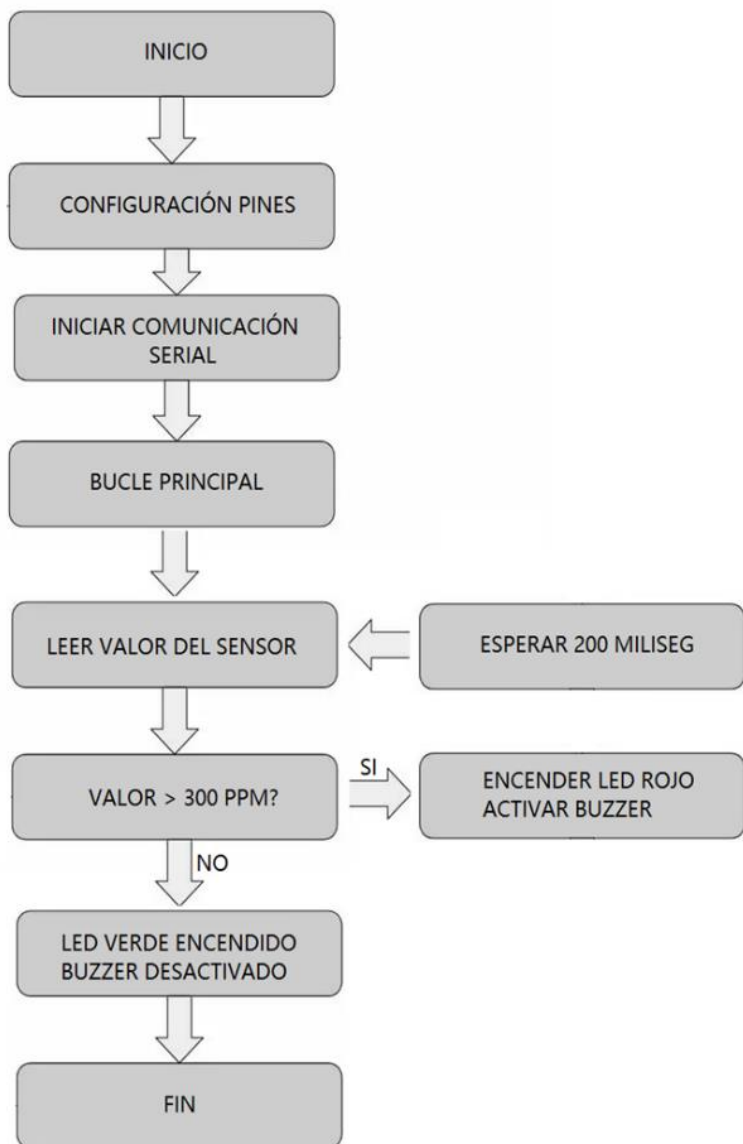
Fin: Marca el final del proceso.

### **Definición de Acciones**

Este diagrama de bloques representa la lógica de control en el código donde se verifica el valor del sensor y se realizan acciones específicas en función de si es mayor a 300 ppm o no. Si el valor supera el umbral, se enciende el LED rojo y se activa el buzzer, lo cual indica la presencia de una fuga de gas. Por otro lado, si el valor es seguro, se enciende el LED verde y se detiene el buzzer. Este diagrama de bloques da una visualización clara de la secuencia de acciones dentro del programa y cómo se controlan los componentes según las lecturas del sensor.

**Figura 15**

*Diagrama de bloques – definición de acciones*



*Nota. Autoría Propia*

## **Pruebas de Validación y Resultados**

A continuación, se expone la validación del prototipo de detección de gas natural, destacando su portabilidad y su enfoque económico. Esta validación se llevó a cabo con el objetivo de verificar minuciosamente el correcto funcionamiento de múltiples aspectos clave del sistema.

En primer lugar, se realizó una evaluación exhaustiva del sistema de conexiones eléctricas para garantizar su adecuada configuración y establecer una comunicación fiable entre los diferentes componentes del prototipo. Esto incluyó verificar la correcta conexión de los pines de la tarjeta Arduino Uno R3 con los componentes periféricos, como el sensor de gas MQ-5, los LED y el buzzer. Se prestaron especial atención a los aspectos de seguridad eléctrica y se aseguró que todas las conexiones estuvieran firmes y libres de cortocircuitos.

Además, se realizó una revisión minuciosa de los componentes electrónicos seleccionados. Se verificó su disponibilidad en el mercado local, así como su compatibilidad con el sistema y su capacidad para operar con una fuente de alimentación de 9 voltios, como se estableció en los criterios de selección previamente definidos. Se evaluaron aspectos como la calidad, el costo y la eficiencia de cada componente para garantizar su idoneidad en el prototipo.

Asimismo, se llevó a cabo una prueba y depuración del código de programación desarrollado. Esto implicó la verificación de la correcta lectura del sensor de gas MQ-5, el establecimiento del umbral de detección de gas a 300 ppm, y la activación adecuada de los LED y el buzzer según las condiciones detectadas. Se realizaron múltiples pruebas en diferentes escenarios y se analizaron los resultados obtenidos para asegurar la precisión y la confiabilidad del sistema de detección los cuales se mostraran a final en la sesión de anexos.

### **Validación y Verificación del Detector de Gas en Estufa de Gas Domiciliaria.**

Con el objetivo de realizar la verificación, fue necesario encontrar una cocina doméstica donde el usuario hubiera detectado la presencia de gas en el ambiente. Después de obtener acceso a una de sus viviendas, se confirmó que los residentes habían percibido un olor a gas y estuvieron de acuerdo en permitir utilizar el prototipo de detector de gas que desarrollamos.

En la figura 16 se muestra la cocina del recinto, donde se evidencia el olor a gas en uno de los quemadores. Se realizó la verificación tanto con un detector de gas comercial certificado como con nuestro sistema desarrollado internamente.

### **Verificación de Fuga**

#### **Figura 16**

*Validación de fuga con instrumento certificado*



*Fuente. Autoría Propia*

En la figura 16 se puede apreciar que el instrumento una vez se acerca al quemador este al detectar presencia de Gas, llena una barra en señal de alerta y se activa también posteriormente la señal de sonido.

### **Verificación de Fuga Junto a Instrumento Certificado**

#### **Figura 17**

*Validación de fuga en ambos detectores.*



*Nota: Autoría Propia (2023)*

En la figura 17. Se puede apreciar que el sensor al estar algo lejos del quemador estos no detectan ninguna presencia de Gas, por lo que en el prototipo realizado este mantiene el Led verde encendido sin alerta alguna de peligro y al momento de acercarlos, este si emite la señal de alerta con el Led rojo y suena el buzzer mientras que el instrumento certificado llena su barra de alerta y arroja también su alerta sonora.

## **Análisis de Resultados**

Los resultados del proyecto desarrollado han sido muy alentadores. Luego de llevar a cabo una rigurosa validación que abarcó todas las etapas de ejecución en conjunto, como la selección de componentes, la configuración electrónica y el desarrollo del código de control, se ha logrado una validación exitosa del prototipo en comparación con un detector de gas profesional.

Este resultado positivo confirma la efectividad de la configuración eléctrica de cada componente utilizado, así como el rendimiento sobresaliente del programa de control desarrollado. Los hallazgos obtenidos respaldan firmemente la viabilidad y la funcionalidad del sistema de detección de gas implementado en el proyecto.

Es importante destacar que el éxito alcanzado en la validación del prototipo brinda una sólida base para futuras mejoras y optimizaciones en el sistema. Estos resultados alientan a continuar explorando nuevas oportunidades y posibilidades para la implementación de tecnologías de detección de gas más avanzadas y eficientes.

## Conclusiones

El desarrollo y la implementación de un sistema de detección de fugas de gas resulta fundamental para garantizar la seguridad de las personas y los bienes, especialmente en entornos domésticos y comerciales.

La selección cuidadosa de componentes electrónicos de calidad y su correcta configuración son aspectos clave para asegurar el funcionamiento eficiente y confiable del sistema de detección de gas.

La validación y verificación exhaustiva del prototipo son pasos cruciales para garantizar su adecuado desempeño y su capacidad de detectar de manera precisa y oportuna las fugas de gas.

La colaboración con expertos en el campo, como proveedores de gas y organismos reguladores, es fundamental para garantizar el cumplimiento de las normas y regulaciones específicas en materia de seguridad y detección de gas.

La realización de pruebas periódicas y el mantenimiento regular del sistema de detección de gas son indispensables para garantizar su correcto funcionamiento y prevenir posibles fallos o mal funcionamientos.

La concientización y la capacitación de los usuarios finales son aspectos fundamentales para garantizar una respuesta adecuada ante una fuga de gas, incluyendo la identificación de los síntomas, el conocimiento de los procedimientos de seguridad y la actuación correcta en caso de emergencia.

La selección de componentes se basó en criterios como la facilidad de programación, el voltaje de operación y la disponibilidad en Colombia. Se eligió una tarjeta electrónica de Arduino y los demás componentes se seleccionaron en función de esta. La configuración

eléctrica se realizó utilizando cables Dupont y siguiendo la documentación de cada componente. El código de programación se desarrolló con el software libre de Arduino, estableciendo criterios de funcionamiento para el prototipo. En resumen, se logró una selección adecuada de componentes, una configuración eléctrica favorable y un código de programación acorde para el desarrollo del prototipo de detección de fugas de gas.

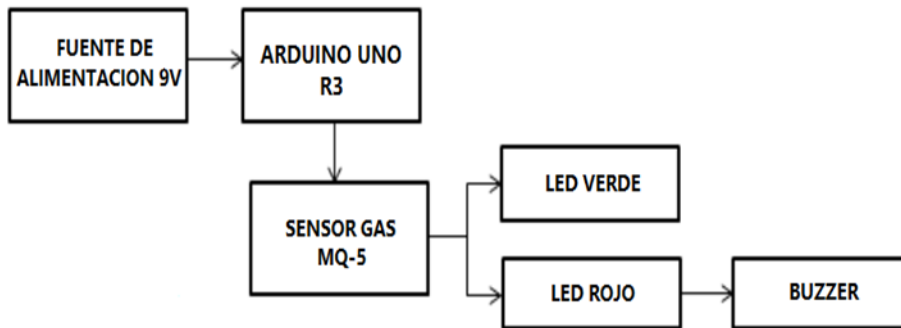
### Referencias Bibliográficas

- Ahmad Baballe, M., Yusuf Magashi, U., Ibrahim Garko, B., Abdullahi Umar, A., Rabiou Magaji, Y., & Surajo, M. (2021). Automatic gas leakage monitoring system using MQ-5 sensor <https://doi.org/10.18488/journal.76.2021.82.64.75>
- Berechez Samaniego, A. E. (2022-04-22). Tesis. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59578>
- Miftakul Amin, M., Azel Aji Nugratama, M., Maselena, A., Huda, M., & Azmi Jasmi, K. (2018). Design of cigarette disposal blower and automatic freshner using mq-5 sensor based on atmega 8535 microcontroller. International journal of engineering & technology, 7(3), 1108. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.11917>
- Miftakul Amin, M., Azel Aji Nugratama, M., Maselena, A., Huda, M., & Azmi Jasmi, K. (2018). Design of cigarette disposal blower and automatic freshner using mq-5 sensor based on atmega 8535 microcontroller. International journal of engineering & technology, 7(3), 1108. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.11917>
- MQ-5 Detector de Gas Natural. (s/f). UNIT Electronics. <https://uelectronics.com/producto/mq-5-detector-de-gas-natural/>
- Yadav, V., Shukla, A., Bandra, S., Kumar, V., Ansari, U. y Khanna, S. (2016). Una revisión del detector de fugas de gas LPG basado en microcontroladores. Revista de diseño VLSI y procesamiento de señales (pp. 1-10). Editorial
- Z. Tasnim , R. Islam , J. Biswas , FJM Shamrat , A. Khater Abril). Sistema inteligente automatizado de detección y prevención de fugas de gas basado en sensores (p. 460 – 466).

## Apéndices

### Apéndice A

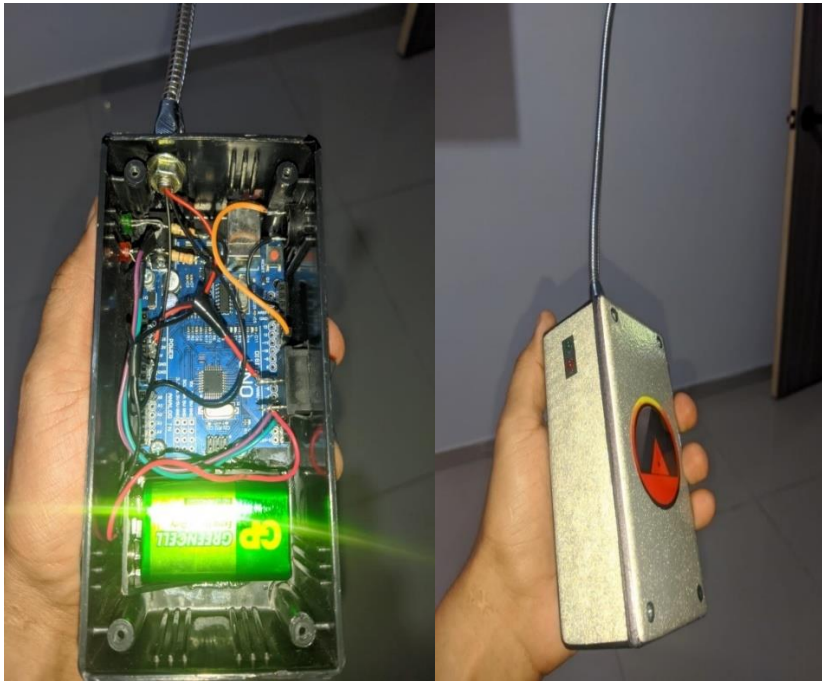
*Diagrama de bloques – funcionamiento del sistema*



*Fuente. Autoría propia*

### Apéndice B

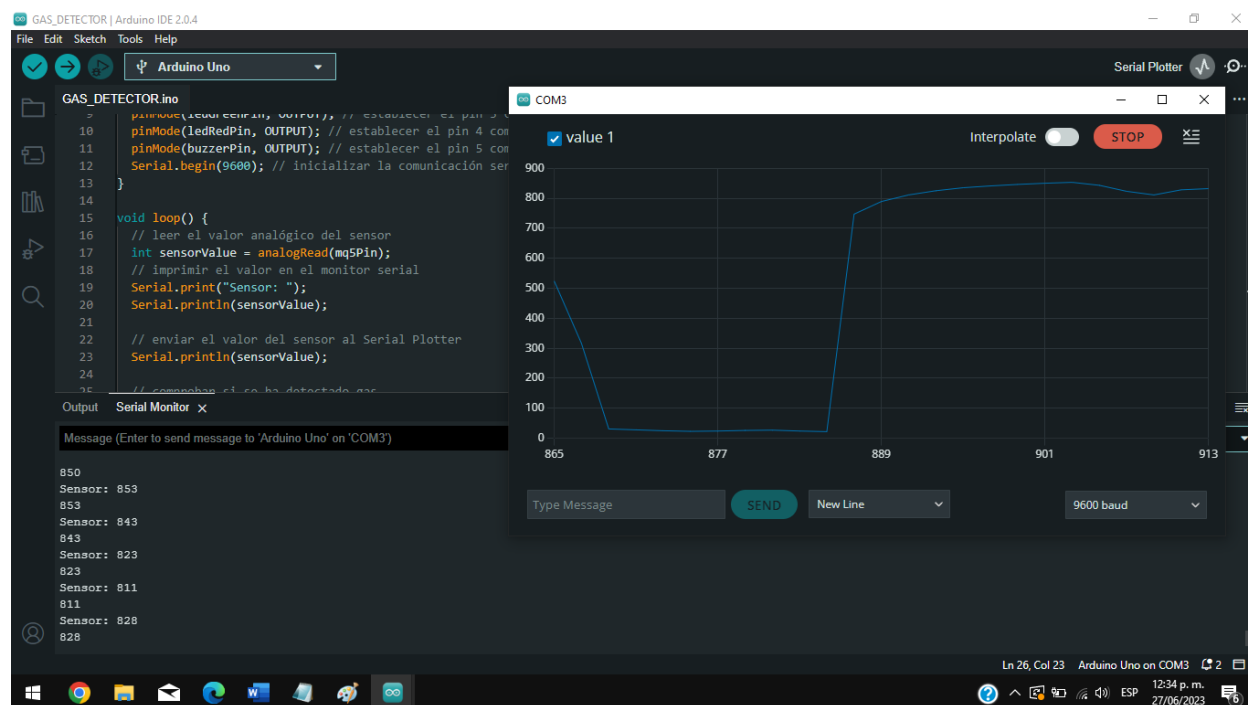
*Implementación y montaje de circuito en caja de proyectos*



*Fuente. Autoría propia*

## Apéndice C

### *Pruebas de calibración y asignación de Ppm al sensor Mq-5*



*Fuente. Autoría Propia*

Se puede ver que el sensor en funcionalidad ambiente mantiene un rango de 5 ppm por lo que este no sugiere una señal de alerta ni detección, pero al acercarse el sensor al Gas, este da un rango de 800 a 900 ppm por lo que ya teniendo estos datos suministrados dentro del sensor procedemos a asignar un umbral de detección de  $>300$  ppm donde una vez este llegue o supere este umbral, el sensor enviará una señal de alerta visual y sonora.

## Apéndice D

### Datasheet Sensor

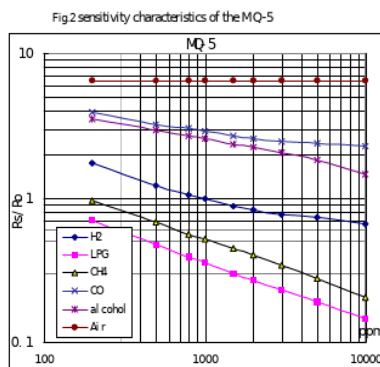


Fig 3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-5 for several gases. in their Temp: 20°C, Humidity: 65%,  $O_2$  concentration 21%  $R_L = 20k\Omega$   
 $R_0$ : sensor resistance at 1000ppm of  $H_2$  in the clean air.  
 $R_s$ : sensor resistance at various concentrations of gases.

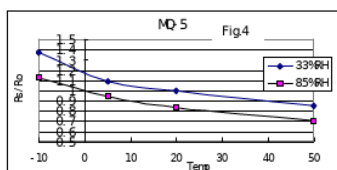


Fig 4 is shows the typical dependence of the MQ-5 on temperature and humidity.  $R_0$ : sensor resistance at 1000ppm of  $H_2$  in air at 33%RH and 20 degree.  
 $R_s$ : sensor resistance at different temperatures and humidities.

### TECHNICAL DATA MQ-5 GAS SENSOR

**FEATURES**  
 \* High sensitivity to LPG, natural gas, town gas  
 \* Small sensitivity to alcohol, smoke  
 \* Fast response  
 \* Stable and long life  
 \* Simple drive circuit

**APPLICATION**  
 They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, natural gas, town gas, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

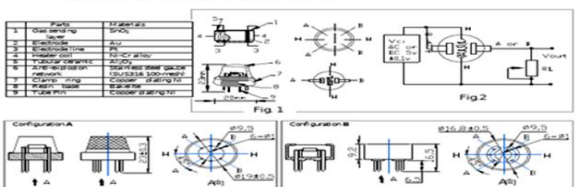
**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition			
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>CC</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>in</sub>	Heating voltage	20V	AC OR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	20kΩ	
R <sub>c</sub>	Heater resistance	11±10%	Room Temp
P <sub>c</sub>	Heating consumption	less than 800mW	

B. Environmental condition			
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Temp	Using Temp	-10°C~50°C	
Temp	Storage Temp	-20°C~70°C	
Hum	Relative Humidity	10~90%RH	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21% (at standard condition)	Minimum values (over 2%)

C. Sensitivity characteristic			
Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10kΩ ~ 60kΩ (5000ppm methane)	Baseline concentration scope: 200~10000ppm
α	Concentration slope rate	≈ 0.6	LPG, LIND, Natural gas, iso-butane, propane, Town gas
Temp	Temp: 20°C±2°C	V <sub>CC</sub> : 5V±0.1	
Humidity	Humidity: 65±5%	V <sub>in</sub> : 5V±0.1	
Condition	Standard detecting condition		
Response time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-5 gas sensor is shown as Fig. 1. (Configuration A or B), sensor composed by

*Nota.* Tabla de especificaciones técnicas del sensor Mq5 con sus respectivas curvas de sensibilidad. Tomado de Electronicalab (s.f)

## Apéndice E

### Código de programación en Software Arduino

```
// Yohan sebastian coquedo medina

const int mq5Pin = A0; // pin analógico A0 para leer la salida del sensor
const int ledGreenPin = 3; // pin digital 3 para el LED verde
const int ledRedPin = 2; // pin digital 2 para el LED rojo
const int buzzerPin = 10; // pin digital 10 para el buzzer

void setup() {
  pinMode(ledGreenPin, OUTPUT); // establecer el pin 3 como salida digital para
  el LED verde
  pinMode(ledRedPin, OUTPUT); // establecer el pin 4 como salida digital para el
  LED rojo
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT); // establecer el pin 5 como salida digital para el
  buzzer
  Serial.begin(9600); // inicializar la comunicación serial
}
```

```
void loop() {
  // leer el valor analógico del sensor
  int sensorValue = analogRead(mq5Pin);
  // imprimir el valor en el monitor serial
  Serial.print("Sensor: ");
  Serial.println(sensorValue);

  // enviar el valor del sensor al Serial Plotter
  Serial.println(sensorValue);

  // comprobar si se ha detectado gas
  if (sensorValue > 300 ) { // ajustamos el umbral
    Serial.println("¡Gas detectado!");
    digitalWrite(ledGreenPin, LOW); // apagar el LED verde
    digitalWrite(ledRedPin, HIGH); // encender el LED rojo
    tone(buzzerPin, 2200 ); // hacer sonar el buzzer a una frecuencia de 2200 Hz
  } else {
    digitalWrite(ledGreenPin, HIGH); // encender el LED verde
    digitalWrite(ledRedPin, LOW); // apagar el LED rojo
    noTone(buzzerPin); // detener el sonido del buzzer
  }

  delay(150); // esperar 150 milisegundos
}
```

*Fuente. Autoría propia*