



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**SISTEMA DE SEGURIDAD AUTÓNOMO  
PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS GLP  
EN UN ÁREA RESIDENCIAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Electrónica y Automatización

AUTORES: Kevin Daniel Hernández Granda

Luis Fernando Quishpe Rivera

TUTOR: Andrés Sebastián Calero Calero

Quito – Ecuador  
2023


## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Kevin Daniel Hernández Granda con documento de identificación N° 1726315409 y Luis Fernando Quishpe Rivera con documento de identificación N° 0503839268 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 10 de Marzo del año 2023.

Atentamente,



---

Luis Fernando Quishpe Rivera  
0503839268



---

Kevin Daniel Hernández Granda  
1726315409


## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Daniel Hernández Granda con documento de identificación N° 1726315409 y Luis Fernando Quishpe Rivera con documento de identificación N° 0503839268, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Sistema de seguridad autónomo para la detección de fugas de gas GLP en un área residencial”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de Marzo del año 2023

Atentamente,



---

Luis Fernando Quishpe Rivera  
0503839268



---

Kevin Daniel Hernandez Granda  
1726315409

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Sebastián Calero Calero con documento de identificación N° 1719252346, docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: SISTEMA DE SEGURIDAD AUTÓNOMO PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS GLP EN UN ÁREA RESIDENCIAL , realizado por: Kevin Daniel Hernández Granda con documento de identificación N° 1726315409, Luis Fernando Quishpe Rivera con documento de identificación N° 0503839268 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de Marzo del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Andrés Sebastián Calero Calero Ms.C.

1719252346

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA.....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE.....</b>	<b>III</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1 Gas Licuado de Petróleo.....	4
2.2 Propiedades del gas licuado de petróleo.....	5
2.3 Metodo de instalación tradicional de gas GLP.....	5
2.4 Sistema de seguridad autónomo.....	6
2.5 Sistema de Crontol.....	7
2.6 Arduino mega 2560.....	7
2.7 Sistema de control en lazo abierto.....	8
2.7.1 Variable a controlar.....	9
2.8 Modulo GSM/GPRS SIM 900.....	9
2.9 Sensor MQ2.....	10
2.10 Electroválvula 2w040-10.....	11
2.11 Relevadores.....	12
2.12 Ventilador.....	13
2.13 Buzzer.....	13
2.14 Fuente de alimentación.....	13
2.15 Motor NEMA17.....	14

2.16 Software app inventor.....	16
2.17 Modulo bluetooth HC-06.....	16
2.18 Driver A 4988.....	17
2.2 Normativa para instalacion de sistemas de gas licuado de petróleo.....	18
2.2.1 Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2260 “Instalaciones de gas LP para uso residencial”.....	18
2.2.2 La norma NFPA 704.....	18
2.2.3 Norma INEN 439.....	19
<b>2.2.4</b> Antecedentes investigativos de sistemas detectores de Gas.....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>21</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>24</b>
3.1 Análisis del diseño del proyecto.....	21
3.1.1 Descripción del desarrollo del prototipo.....	21
3.2 Características del funcionamiento del sistema.....	21
3.3 Selección del controlador.....	22
3.4 Diseño electrónico.....	24
3.4.1 Calibracion del sensor MQ2.....	27
3.4.3 Sistema de actuadores.....	33
3.5 Etapas de desarrollo del sistema.....	31
3.5.1 Etapa de ensamblaje y montaje del sistema.....	31
3.5.1.1 Diseño del dispositivo de control.....	31
3.5.1.2 Diseño de la aplicación movil android.....	35
3.5.1.3 Montaje del sistema domótico de control de gas en espacio fisico.....	38
3.5.2 Etapa de monitoreo de fugas de gas.....	41
3.5.3 Etapa de deteccion de fugas de gas.....	43
3.5.4 Etapa de control de fugas de gas.....	44
3.6.Programacion del microcontrolador arduino MEGA.....	45
3.6.1 Flujograma de la programacion.....	45
3.7 Tiempo de duracion del proyecto.....	47
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>48</b>
<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
4.1 Pruebas de funcionamiento del dispositivo.....	48
4.1.1 Pruebas en un ambiente controlado.....	48

4.1.2 Pruebas en un ambiente no controlado.....	49
4.2 Análisis de factibilidad del proyecto .....	50
4.3 Pruebas de funcionamiento de la aplicación movil.....	50
4.4 Pruebas de funcionamiento de la electrovalvula .....	51
4.5 Ganancia del sistema de seguridad.....	53
4.6 Impactos (Tecnologico, social, ambiental o economico).....	54
4.6.1 Impacto Tecnologico.....	54
4.6.2 Impacto Social.....	55
4.6.3 Impacto Medioambiental.....	55
<b>CAPITULO V</b> .....	56
<b>CONCLUSIONES</b> .....	56
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	58
<b>REFERENCIAS</b> .....	59
<b>ANEXOS</b> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Método de instalación tradicional de gas GLP.....	6
Figura 2.2: Sistema de seguridad autónomo. ....	6
Figura 2.3: Mega 2560 Arduino .....	7
Figura 2.4: Sistema control lazo abierto.....	8
Figura 2.5: Módulo Sim900.....	10
Figura 2.6: Sensor MQ2 .....	10
Figura 2.7: Electroválvula.....	11
Figura 2.8: Relevador.....	12
Figura 2.9: Ventilador .....	13
Figura 2.10: Buzzer.....	13
Figura 2.11: Fuente de alimentación.....	14
Figura 2.12: Motor 24 voltios.....	15
Figura 2.13: APP Inventor.....	16
Figura 2.14: Modulo Bluetooth HC 06.....	17
Figura 2.15: Driver.....	17
Figura 3.1: Diagrama de Bloques .....	22
Figura 3.2: Código de calibración del sensor .....	26
Figura 3.3: Calibración en reposo o natural .....	27
Figura 3.4: Prueba con gas Butano y GLP.....	28
Figura 3.5: Pendiente de calibración .....	30
Figura 3.6: Prototipo del diseño Estructural .....	31
Figura 3.7: Diseño de la estructura para el dispositivo.....	32
Figura 3.8: Diseño del dispositivo .....	32
Figura 3.9: Diseño de la placa PCB.....	33
Figura 3.10: Ensamble del dispositivo .....	34
Figura 3.11: Flujograma de la programación.....	36
Figura 3.12: Pantalla 1 programación en bloques .....	36
Figura 3.13: Pantalla 2 programación en bloques.....	37
Figura 3.14: Pantalla 1 Interfaz de la aplicación .....	37
Figura 3.15: Pantalla 2 interfaz de la aplicación .....	38



Figura 3.16: Espacio físico para la instalación del dispositivo .....	38
Figura 3.17: Posición del sensor detector de gas .....	39
Figura 3.18: Proceso de instalación del dispositivo.....	40
Figura 3.19: Accesorios implementados en un área residencial .....	40
Figura 3.20: Sistema de apertura de la ventana .....	41
Figura 3.21: Instalación del dispositivo en un área residencial .....	41
Figura 3.22: Posicionamiento del sensor .....	42
Figura 3.23: Comunicación Arduino y bluetooth .....	43
Figura 3.24: Mensaje de alerta .....	44
Figura 3.25: Comando AT+CMGS .....	45
Figura 3.26: Diagrama de flujo de programación .....	46
Figura 4.1: Instalación del dispositivo .....	48
Figura 4.2: Gráfica del seguimiento en tiempo real (1).....	49
Figura 4.3: Gráfica del Seguimiento en tiempo real (2).....	50
Figura 4.4 Control de la electroválvula por bluetooth.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Tabla 1	Propiedades físicas de los componentes del GLP.....	5
Tabla 3.1	Tabla 1	Resumen de selección de tarjetas de desarrollo.....	23
Tabla 3.2	Tabla 3	Cronograma de actividades.....	47
Tabla 4.1	Tabla 1	Tabla de pruebas del dispositivo en un ambiente controlado.....	51
Tabla 4.2	Tabla 2	Tabla de pruebas del dispositivo en un ambiente no controlado.....	52

## RESUMEN

La electrónica y la automatización en conjunto con las tecnologías de la información y comunicación (TIC), han estado asociadas a la domótica, y su automatización residencial completa, ha logrado desarrollar un trabajo sistemático de seguridad autónomo de fugas de gas GLP dando como resultados favorables para la sociedad. Evidentemente, diferentes organizaciones están en un proceso de innovación constante para el desarrollo e implementación de dispositivos de detección y prevención de fugas de gas. Sin embargo, existe un antecedente sobre las incorrectas instalaciones de válvulas, causando inesperadas fugas de gas.

Por lo tanto, la investigación se centrará en este factor, llevando a cabo el desarrollo de un sistema de seguridad autónomo de detección de fugas de gas GLP, incluyendo la ejecución de elementos electrónicos necesarios en el proceso, prevenido por sensores, notificando al propietario mediante un mensaje de texto y corte de suministro de gas, realizando este proceso de prevención de manera correcta y efectiva para que con la ayuda de estos disminuya acontecimientos desastrosos y permita una respuesta positiva e inmediata.

Al mismo tiempo se prueba el funcionamiento del prototipo con las respectivas pruebas y se determina la integración de este sistema autónomo de detección de fugas de gas al área de domótica para nuevos emprendimientos, brindando seguridad al usuario con este sistema ya que cumple con las perspectivas deseadas. Siendo este accesible, fácil de usar y a bajo costo, teniendo en cuenta que los componentes electrónicos utilizados en la elaboración cumplen con las normas de funcionamiento establecidos por la programación, así logrando mejorar la vida cotidiana de las personas dentro o fuera de su hogar.

**Palabras claves:** domótica, fuga de gas, sensores, sistema autónomo, sistema de alerta.

## ABSTRACT

Electronics and automation in conjunction with information and communication technologies (ICT), have been associated with home automation, and its complete residential automation, has managed to develop a systematic work of autonomous security of LPG gas leaks, giving favorable results. for society.

Obviously, different organizations are in a process of constant innovation for the development and implementation of gas leak detection and prevention devices. However, there is a history of incorrect valve installations, unexpected gas leaks.

Therefore, the investigation will focus on this factor, carrying out the development of an autonomous security system for the detection of LPG gas leaks, including the execution of electronic elements necessary in the process, prevented by sensors, notifying the owner through a text message and cut off the gas supply, carrying out this prevention process in a correct and effective way so that with the help of these disastrous events reduced and allow a positive and immediate

At the same time, the operation of the prototype is tested with the respective tests and the integration of this autonomous gas leak detection system to the home automation area for new ventures is determined, providing security to the user with this system since it meets the desired perspectives. Being this accessible, easy to use and low cost, taking into account that the components electronics used in the elaboration complying with the operating standards created by programming, thus managing to improve the daily life of people inside or outside their home.

**Keywords:** home automation, gas leak, sensors, autonomous system, alert system .

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el gas se utiliza en diversos campos para diferentes fines, como calefacción, fines industriales, como combustible para la generación eléctrica, etc. En casa, se utiliza como fuente de calor para sistemas de calefacción, cocción de los alimentos, entre otros; corriendo el riesgo de alguna fuga en el sistema, por tal motivo se requiere un proceso mejorado que actualmente se considera necesario en caso que surja fugas de gas GLP.

Debido a estas circunstancias y falencias, se propone la elaboración de un sistema autónomo de seguridad para la detección de fugas de gas GLP, que tiene la ventaja de utilizar componentes electrónicos, mecánicos, eléctricos de bajo costo y alta calidad. En beneficio de las personas, cada proceso se detalla en los siguientes capítulos hasta lograr un buen resultado:

En el capítulo I se encuentran los antecedentes, la problemática del campo de estudio, justificación objetivos generales y específicos para el desarrollo del proyecto, en el capítulo II se detalla el marco definiendo cada concepto técnico del proceso del proyecto, en el capítulo III se describe el diseño del prototipo empleado y su respectiva implementación, y finalmente en el capítulo IV se procede analizar el comportamiento del prototipo con sus respectivas pruebas, resultados y conclusiones

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1 Planteamiento del Problema

A lo largo de los años, se han causado innumerables incendios en viviendas debido a diversas razones, una de tantas es la fuga de gas, esto se debe a una mala conexión de la válvula o una abertura en la manguera y también con la cocina suele estar incorrectamente asegurada los sujetadores que hacen presión con los ductos de entrada o salida de gas, también suelen ser quemadores de estufa ligeramente dañados causando daños irreparables.(Bajaña Denis Miguel Toaquiza Vega Italo Moises & Johnny Xavier Bajaña Zajia, n.d.)

En la actualidad, las publicaciones en los medios de comunicación surgen cada vez más sobre accidentes en el hogar causados por fugas de gas, tales como: incendio, deterioros de materiales e incluso la muerte por asfixia.(Rodríguez Andrea, 2020)

Tomando como referencia el antecedente que se publicó en el diario y fue difundido en la prensa anunciando una explosión por una fuga de gas, que originó un incendio y al no hallarse otro individuo que se percate de la fuga, no se logró tomar medidas a tiempo, el hecho concluyo con el lamentable fallecimiento de tres personas y una herida. (Garcia, 2022)

Según información publicada por el Cuerpo de Bomberos y la Alcaldía, estos percances son debido a que las personas desconocen de la existencia de dispositivos electrónicos y gran cantidad de hogares y negocios no cuentan con estos dispositivos que ayuden a prevenir este tipo de accidentes. (Mora, 2022)

## 1.1 Justificación

Para solventar el problema generado, según (Bajaña Denis Miguel Toaquiza Vega Italo Moises & Johnny Xavier Bajaña Zajia, n.d.) se propuso el diseño de un sistema de control que permita detectar, alertar notificar y prevenir de manera oportuna un acontecimiento de índole doméstico como lo son los incendios producidos por fugas de gas, el cual tuvo un impacto social positivo, para la seguridad del hogar evitando futuros desastres domésticos y las pérdidas humanas.

La detección de fugas de Gas licuado de petróleo (GLP) tiene como objetivo evitar desastres caseros, para esto (*UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-020*, n.d.) , diseñó una unidad de control que a su vez dará como accionamiento un sistema de ventilación el cual detectara el nivel de pureza y contaminantes externos que se encuentran en el ambiente, los cuales al ser de tipo Gas Licuado tiene un rango de medición de 200 a 5000 ppm, en caso de que el sistema sobrepase el valor de los 4000 ppm activara el sistema dicho anteriormente.

En el país existe un alto índice de accidentes producidos por fugas de gas, con un mayor índice en los hogares, al ver esto (*UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES Diseño de Una Red de Sensores Inalámbricos Con Un Sistema de Detección de Gas GLP En Un Ambiente de Domótica Para Minimizar Riesgo*, 2018), realizo el diseño de una red de sensores inalámbricos con un sistema de detección de fugas de gas en el cual el usuario podrá saber si existe alguna fuga en un ambiente controlado

Incentivados en el dispositivo electrónico automatizado de (Julián et al., 2008), continuamos este camino, para mejorar el aprovechamiento de elementos electrónicos, es primordial mostrar el cambio de sistemas de seguridad, por lo que se implementara un dispositivo electrónico con condiciones que cambiarían de manera rigurosa la estructura y precio de otros dispositivos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Desarrollar un Sistema embebido para la seguridad autónoma y detección de gas GLP en un área residencial.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

- Investigar antecedentes mediante base de datos o repositorios de educación superior para un análisis y comparación de los sistemas ya existentes.
- Desarrollar un dispositivo que permita la apertura y control de un sistema de extracción de aire mediante el uso de software y hardware.
- Desarrollar una aplicación móvil que posea una interfaz de comunicación en el hogar y el usuario mediante una arquitectura distribuida.
- Verificación del funcionamiento del sistema para su validación mediante pruebas experimentales en un entorno controlado.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Gas Licuado de Petróleo**

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), ó liquefied petroleum gas (LPG) en inglés, es una combinación de dos hidrocarburos, butano y propano. Según (Dayre, 2013), el GLP es una fuente de energía considerada de la naturaleza porque cuando se quema produce las emisiones más limpias. GLP es el resultado del proceso de procesamiento o refinación del gas natural. Por lo tanto, este recurso obtiene naturalmente el 60% y rinde el 40%.

Resalta que cuando se extrae de la tierra gas natural y crudo, lo que se obtiene es una mezcla de gas y líquido, de la cual el GLP es alrededor del 5%, y luego es necesario separar el gas licuado de petróleo constituyente antes del transporte o cuando es natural. Se utiliza gas o petróleo Gases, que son un poco más pesados. (LPG, 2015)

Este recurso se usa en una variedad de formas y muchas personas y/o industrias lo usan para diversas utilidades, tales como: funciones generales de energía, calefacción y cocina, ya que se puede usar en diferentes áreas y para diferentes tareas. El recurso no tiene color ni olor, ya que se coloca una pequeña cantidad de azufre para darle un olor único, por lo que se pueden detectar las fugas, aunque sean pequeñas. (LPG, 2015)

## 2.2 Propiedades del gas licuado de petróleo.

Las principales propiedades físicas del GLP se detallan en la tabla 1.

Tabla 1.1 Propiedades físicas de los componentes del GLP.

	Punto de ebullición (101,3 °C) kPa	Presión de vapor a (37,8 °C), kPa	Densidad del líquido (a la presión de saturación: 15,6 °C), en kg/m <sup>3</sup>	Poder calorífico bruto (25 °C), kJ/kg
Propano	-42,1	1310	506,0	50,014
Propeno	-47,7	1561	520,4	48,954
n-butano	-0,5	356	583,0	49,155
Isobutano	-11,8	498	561,5	49,051
1-buteno	-6,3	435	599,6	48,092
Cis-2-buteno	3,7	314	625,4	47,941
Trans-2-Buteno	0,9	343	608,2	47,878
Isobutano	-6,9	435	600,5	47,786

Fuente: TextosCientificos.com

## 2.3 Método de instalación tradicional de gas GLP.

Cuando se trata de instalación de gas, el proceso es de forma tradicional que se puede observar en la Figura 2.1, es decir con implementos mecánicos y no electrónicos. Se deberá instalar en un espacio ventilado, libre de interruptores o cualquier objeto que pueda ocasionar flama. Siendo así se requiere un alto grado de automatización por lo que se puede caracterizar el proceso de seguridad autónomo en caso de alguna fuga de gas.(Emilio & Sopena, 2001)

Figura 2.1: Método de instalación tradicional de gas GLP.

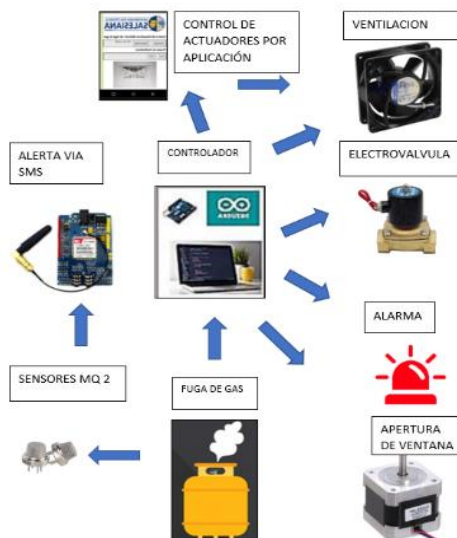


Tipo de instalación tradicional, (Emilio & Sopeña, 2001)

#### 2.4 Sistema de seguridad autónomo.

En la Figura 2.2, se muestra el sistema de seguridad autónomo que utiliza mecanismos avanzados que le permiten optimizar recursos y tiempo. El sistema tiene un método automático que es más eficiente que no tener ninguno en caso de existir fugas de gas en la residencia porque se puede realizar a gran escala. (Bosque et al.,2018).

Figura 2.2: Sistema de seguridad autónomo.



Sistema de seguridad autónomo. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

## 2.5 Sistema de Control

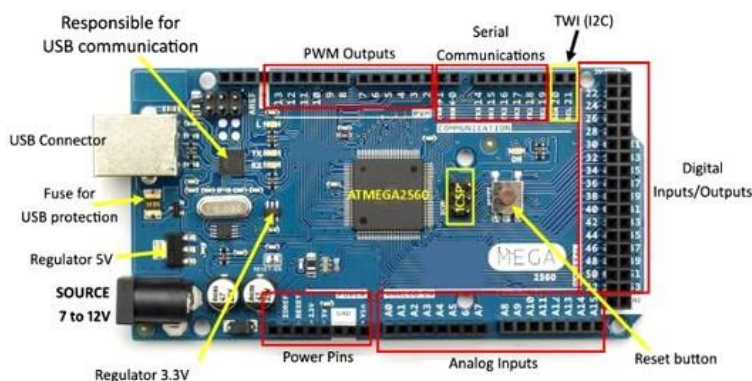
Un sistema de control es un tipo de sistema caracterizado por la presencia de una serie de elementos que afectan el rendimiento del sistema. Su objetivo es lograr el control, mediante la manipulación de las variables de control en las variables de salida, hasta los valores predefinidos de set point.

Elementos básicos que forman parte de un sistema de control y su operación son los sensores, nos permiten conocer los valores de las variables de medida del sistema, por lo tanto, el controlador utiliza los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia, dado que el actuador es el que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.(Cornelio, 2016)

## 2.6 Arduino mega 2560

El controlador programable o Arduino mega 2560 como se observa en la Figura 2.3, es un dispositivo electrónico que brinda una solución para el control de circuitos de automatización. Se le llama el cerebro de placa porque graba, almacena y ejecuta el código del programa. Los programas descritos procesan la información que recibe el sensor o la entrada, y trabaja en la salida. (Dahrony, n.d.)

Figura 2.3: Mega 2560 Arduino

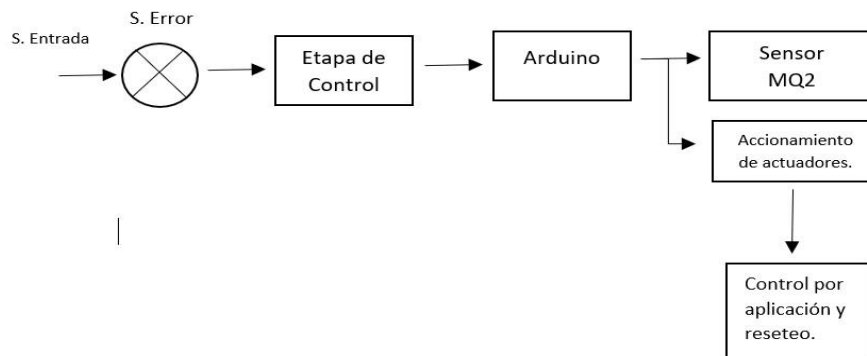


Mega 2560 Arduino 7 a 12V. (Dahrony, 2009.)

## 2.7 Sistema de control en lazo abierto.

Un sistema de control de lazo abierto, se tiene el sistema de entrada junto con la etapa de control, sigue el sistema embebido que es el Arduino, luego en la detección y activación del sistema, el motor de la ventana acciona haciendo eficaz el sistema y para su posterior funcionamiento tenemos un reset que reiniciara el sistema o el control por aplicación móvil.

Figura 2.4: Sistema control lazo abierto.



Sistema del proyecto a implementar, Autores: Kevin Hernández, Luis Quishpe.

El sistema de detección de gas descrito es un sistema de control de lazo cerrado y no de lazo abierto por varias razones. El sistema tiene la capacidad de medición y ajuste, lo que permite al sistema detectar y controlar la fuga de gas. Los sensores de gas miden la presencia de gas y la electroválvula ajusta el flujo en consecuencia. Además, el sistema utiliza retroalimentación para ajustar la salida del sistema, lo que es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. La complejidad del sistema, con varios componentes y la capacidad de ajustar la salida del sistema en función de las condiciones del entorno, también indica que se trata de un sistema de control de lazo cerrado. En resumen, las características del sistema descrito indican que no es un sistema de control de lazo abierto, sino más bien un sistema de control de lazo cerrado.

El tipo de control utilizado en un sistema de detección de gas con los componentes mencionados puede variar dependiendo de su diseño. La electroválvula solo tiene dos estados (abierto o cerrado), el sistema estaría utilizando un control on/off, mientras que, a electroválvula permite la regulación gradual del flujo de gas, entonces el sistema estaría utilizando un control

proporcional. En definitiva, el tipo de control dependerá de los componentes utilizados y de cómo se hayan diseñado para permitir una regulación más precisa del flujo de gas.

### **2.7.1 Variable a controlar.**

El sistema de detección de gas descrito tiene una variable controlada que es la presencia de gas. La presencia de gas es monitoreada por los sensores de gas que envían señales a la electroválvula para ajustar el flujo de gas en función de la detección. La variable manipulada en este sistema es el flujo de gas, que es controlado por la electroválvula. La electroválvula puede cerrar el flujo de gas para prevenir una fuga o ajustar el flujo de gas a un nivel seguro en función de la cantidad detectada.

Además, el sistema puede manipular otras variables, como la ventilación y la apertura de ventanas, para ajustar el ambiente en caso de que se detecte una fuga de gas. Estas acciones son controladas por la aplicación móvil que permite la interacción con el sistema. En cuanto a la alarma sonora y el mensaje de texto de aviso, estas no son controladas directamente por el sistema, sino que son activadas en respuesta a la detección de gas y manipuladas por el usuario del sistema para tomar las acciones necesarias.

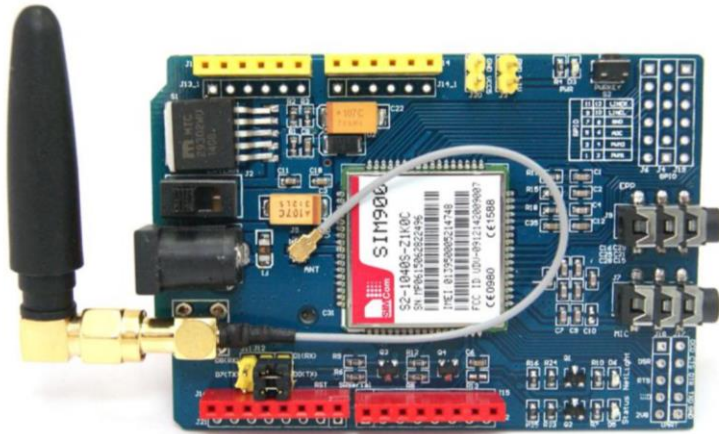
## **2.8 Modulo GSM/GPRS SIM 900**

Este módulo conjunto con el chip de operadora Claro fue elegido para realizar las respectivas notificaciones de alerta del hogar ya que tiene implementado el envío de SMS para alertar al usuario por medio de la red 3-G como se puede observar en la Figura 2.5.

Cuenta con diferentes características:

- Compatibilidad con placa arduino
- Accesibilidad a la conexión por medio del puerto serial
- Es cuatri-banda 850/900/1900 MHZ
- Controlado por comando AT
- Permite el uso de la tarjeta SIM y antena GSM
- Consumo de baja energía (1.5 mA).

Figura 2.5: Sim900



Sim900 (Segura Cruz,2017)

## 2.9 Sensor MQ2

Razón que se trata de una zona residencial, se ha considerado el uso de sensores de combustión catalítica, así es como se recomiendan los sensores de la serie MQ. Los sensores de gas de la serie MQ como se puede apreciar en la Figura 2.6, son sensores analógicos que los simplifican implementarlos en cualquier microcontrolador ya que son sensores electroquímicos y a su vez cambia su resistencia cuando se exponen a ciertos gases, en el sensor tiene un calentador encargado de elevar la temperatura interna. El sensor puede reaccionar con el gas que detecta y cambia en el valor de la resistencia. Teniendo en cuenta que el calentador ya está funcionando y dependiendo del modelo del sensor, puede requerir de 2 a 5 (V) para funcionar. (Naylamp, 2020)

Figura 2.6: Sensor MQ2



Sensor MQ2 (Naylamp, 2020)

## 2.10 Electroválvula 2w040-10

La electroválvula como se muestra en la Figura 2.7, diseñada para controlar el paso de un fluido por una línea o tubería. Se ha escogido el modelo 2w040-10 como electroválvula para controlar el paso del gas. (04 Información Técnica III, n.d.)

Cuenta con algunas características.

2W-040-10.

1: Válvula de solenoide de acción directa

2: Type: Normal cerrado

3: Voltaje: AC220V, AC110V, DC24V, DC12V

Figura 2.7: Electroválvula



Electroválvula (04 Información Técnica III, n.d.)

## 2.11 Relevadores.

Un relé, es un instrumento electromagnético que se encarga de permitir y obstruir un paso de corriente eléctrica como se muestra en la Figura 2.8, activándose bajo esta misma energía, además, esto permite evitar daños a los dispositivos electrónicos que contienen conectados, protección usada. (Relevadores., 2021)



Figura 2.8: Relevador



Tipos de relevadores (Mecafenix, I., 2017)

### **2.12 Ventilador.**

Este dispositivo nos facilitara la ventilación de la residencia gracias a que transfiere energía para crear la presión necesaria y mantener un flujo continuo de aire en una o varias direcciones como se puede apreciar en la Figura 2.9. (Mancuzo, G. 2020)

Características:

Voltaje de funcionamiento: 110V, 0.23A

Revoluciones: 2300 RPM

Marco metálico

Dimensiones: 120x120x38mm

Figura 2.9: Ventilador



Ventilador (Mancuzo, G. 2020)

### 2.13 Buzzer.

Buzzer es un pequeño transductor capaz de convertir la energía eléctrica en sonido como se muestra en la Figura 2.10. Sera el encargado de alertar mediante el sonido. (Brun, A. 2019)

Figura 2.10: Buzzer



Buzzer (2022)

### 2.14 Fuente de alimentación.

La fuente de poder es utilizada principalmente para alimentar distintas partes de circuitos, proyectos y aparatos electrónicos. Se usa una fuente de alimentación de 12 (V) para la placa Sim900 y una de 5(V) como se muestra en la Figura 2.11, para la alimentación del Arduino mega.

Figura 2.11: Fuente de alimentación.



Fuente de alimentación (2017)

### **2.15 Motor a pasos NEMA 17.**

Un motor de pasos como se muestra en la Figura 2.12, se considera como un actuador electromagnético rotatorio que convierte de forma mecánica entradas de pulsos digitales a movimientos rotatorios incrementalmente (AutomationDirectcom, 2005) dependiendo su dirección hacia tras o adelante. (Canto, C., n.d.)

Características:

Nombre: NEMA 17

Tamaño: 42.3×48mm, sin incluir el eje

Peso: 350 gramos (13 oz)

Diámetro del eje: 5 mm "D"

Longitud del eje: 25 mm

Pasos por vuelta: 200 (1, 8°/paso)

Corriente: 1.2 Amperios por bobinado

Tensión: 4 V

Resistencia: 3.3 Ohm por bobina

Torque: 3.2 kg/cm (44 oz-in)

Inductancia: 2.8 mH por bobina

Después de analizar y seleccionar cuidadosamente el motor Nema17 por su amplia variedad de características, se ha decidido utilizarlo para asistir en la apertura de las ventanas y así permitir una ventilación natural en la residencia. Este motor Figura 2.12, se considera la opción adecuada debido a su capacidad para convertir la energía eléctrica en movimiento mecánico, lo que lo hace ideal para operar los mecanismos de apertura y cierre de la ventana. Con esta solución, se espera mejorar la calidad del aire y la comodidad de los habitantes de la residencia

Figura 2.12: Motor a pasos.



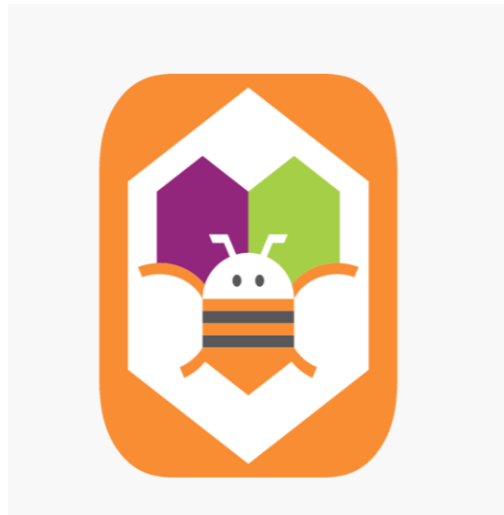
Motor a 24 voltios (N.d.-b)

Cuando se arranca un motor a pasos, pueden surgir picos de corriente y cambios en la carga que afecten el voltaje de la fuente de alimentación y generen interferencias electromagnéticas en el circuito. Sin embargo, se puede reducir el riesgo de producir chispas en el regulador de voltaje durante el arranque del motor, utilizando un regulador de voltaje adecuado y conectando correctamente las conexiones. Es importante seleccionar un regulador de voltaje que pueda soportar la corriente máxima del motor a pasos y que tenga características de protección contra sobrecarga y sobretensión para evitar dañar el circuito. También se recomienda seguir las instrucciones del fabricante del motor y del regulador de voltaje para una instalación segura y efectiva.

## 2.16 Software app inventor.

Con este tipo de plataformas, podemos esperar un aumento significativo en el número de aplicaciones para Android debido a dos factores principales: la simplicidad de uso, que facilitará la aparición de varias aplicaciones determinadas y Google play, que es el centro de distribución de apps de Android, donde cualquier usuario puede distribuir libremente sus creaciones. (Talenas Bustamante & Lozano Acosta, 2016)

Figura 2.13: APP inventor



APP inventor (Talenas Bustamante & Lozano Acosta, 2016)

## 2.17 Modulo bluetooth HC-06.

El módulo Bluetooth HC-06 es un dispositivo electrónico que permite establecer conexiones inalámbricas a través del protocolo Bluetooth. Este dispositivo Figura 2.14, es capaz de actuar tanto como esclavo como maestro, lo que significa que puede escuchar y responder a peticiones de conexión, así como generar sus propias peticiones de conexión. Uso en celulares Android. (Anon n.11.-17)

Figura 2.14: Modulo Bluetooth hc 06.



(Anon n.11.-17)

Este dispositivo ha sido seleccionado para que por medio de su conexión inalámbrica permita el control de los actuadores y el funcionamiento correcto del mismo, desde una distancia prudente.

## 2.18 Driver a4988

El motor driver es un amplificador de corriente que permite la amplificación de una pequeña señal de control de baja corriente para convertirla en una señal de alta corriente capaz de alimentar el motor como se muestra en la Figura 2.15, lo que lo convierte en un componente importante en aplicaciones que requieren un control preciso del motor. (Features and Benefits ▪ Low n.d.)

Figura 2.15: Driver.



Driver.(Features and Benefits ▪ Low R ... n.d.)

## **2.2 Normativas para instalación de sistemas de gas licuado de petróleo.**

### **2.2.1. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2260 "Instalaciones de gas LP para uso residencial.**

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2260 establece los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplirse en la instalación de sistemas de GLP en residencias en Ecuador. Entre los requisitos establecidos se encuentra la ubicación de los tanques de almacenamiento de gas y su distancia de seguridad con respecto a otras estructuras, el tipo de tubería que se debe utilizar, la correcta instalación y sujeción de las tuberías, la instalación de los reguladores, los medidores de gas y los sistemas de seguridad, como los detectores de gas y las válvulas de corte automático, así como la realización de inspecciones periódicas y el mantenimiento de los equipos e instalaciones. (NTE INEN 2260:2015 Tercera revisión)

### **2.2.2. Norma NFPA 704.**

La Norma NFPA 704 es una normativa de seguridad desarrollada por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) de Estados Unidos, la cual establece un sistema de identificación de riesgos para materiales peligrosos, con el fin de que, en caso de un incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales y su nivel de peligrosidad en relación al fuego y otros factores.

Este sistema de identificación utiliza un diamante dividido en cuatro secciones de diferentes colores, cada una de las cuales representa un tipo de riesgo:

- Azul (Salud): Indica el riesgo para la salud de las personas que entren en contacto con el material.
- Rojo (Inflamabilidad): Indica el riesgo de que el material se incendie y la facilidad con la que se propaga el fuego.
- Amarillo (Reactividad): Indica el riesgo de que el material reaccione con otros productos químicos, agua o aire.
- Blanco (Otros): Indica cualquier otro riesgo que no se incluya en las categorías anteriores.

Además, se utiliza un número del 0 al 4 en cada sección, siendo el 0 el menor nivel de riesgo y el 4 el mayor nivel de riesgo. De esta manera, las personas pueden identificar de manera

rápida y sencilla los riesgos de los materiales presentes en una instalación y tomar las medidas necesarias para proteger su salud y seguridad en caso de una emergencia.

### **2.2.3. Norma INEN 439**

Esta norma, establece los colores, señales y símbolos de seguridad que deben utilizarse en diferentes entornos, con el propósito de prevenir accidentes y peligros para la integridad física y la salud, así como para hacer frente a ciertas emergencias.

### **2.2.4 Antecedentes investigativos de sistemas detectores de Gas.**

En el estudio de 2018 "Development of a gas leak detection and monitoring system for residential safety" (Desarrollo de un sistema de detección y monitoreo de fugas de gas para la seguridad residencial)(Alexander Quintero Ruiz Msc Camilo Sandoval et al., n.d.), se propone un sistema de detección de fugas de gas para la seguridad residencial. Los investigadores diseñaron y evaluaron un prototipo del sistema, que incluye sensores de gas y un sistema de monitoreo remoto. Tras las pruebas realizadas, se encontró que el sistema era efectivo para detectar fugas de gas en una residencia. Esto sugiere que el sistema podría ser una solución viable para mejorar la seguridad en hogares y prevenir posibles accidentes relacionados con fugas de gas.

El estudio de 2020 titulado "Gas leak detection system for residential and small comercial buildings" (Moran et al., n.d.) propone un sistema de detección de fugas de gas para edificios residenciales y pequeños comercios. Los investigadores diseñaron y evaluaron un prototipo del sistema, que consta de sensores de gas y un sistema de alarma. Después de las pruebas realizadas, los investigadores encontraron que el sistema era efectivo para detectar fugas de gas en tiempo real y emitir una alarma de forma inmediata. Estos resultados sugieren que el sistema podría ser una solución efectiva para mejorar la seguridad en edificios residenciales y pequeños comercios y prevenir posibles accidentes relacionados con fugas de gas.

Nos brinda varias sugerencias a tener en cuenta:



- No acepte cilindros en mal estado.
- Verifique que las válvulas del cilindro estén bien selladas.
- Guarde los cilindros en un lugar seguro y protegido.
- Tenga precaución al cambiar el regulador del cilindro.
- Evite colocar los cilindros cerca de fuentes de calor.
- Asegúrese de colocar los cilindros en un lugar ventilado y estable.
- Encienda primero el fósforo y luego gire la perilla al encender la cocina.
- Si el cilindro se enciende accidentalmente, no intente apagarlo.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD AUTÓNOMO PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS GLP EN UN ÁREA RESIDENCIAL.**

#### **3.1 Análisis de diseño del proyecto**

En este capítulo hacemos referencia el diseño, programación e implementación del sistema de seguridad. El cual cuenta con estructuras diseñadas para que el sistema funcione de manera correcta sin dificultar su trabajo y pueda estar en adecuada operación.

##### **3.1.1 Descripción del desarrollo del prototipo**

Este proyecto tiene como objetivo detectar y controlar fugas de gas GLP por medio de un sistema embebido en domicilios de forma automática, junto con sensores electroquímicos MQ2 que se encarga del monitoreo constante y la detección de concentración de gas en el ambiente, una electroválvula para el control del paso de gas doméstico, una alarma que advierte concentración de gas en tiempo real en el hogar, un ventilador junto con el sistema de apertura de la ventana para la expulsión de gas, tecnología GSM que se encarga de la comunicación con el dispositivo móvil, un módulo Bluetooth encargado de sincronizarse con la placa electrónica y una aplicación Android que permite la activación o desactivación de los actuadores con la finalidad de ser un apoyo en caso de que el dispositivo móvil no reciba el mensaje y comprobar el funcionamiento de los dispositivos. El propósito de este proyecto es garantizar un ambiente seguro a los miembros del hogar, sus bienes materiales y también al entorno, reduciendo así la tasa de riesgos, accidentes e incendios.

#### **3.2 Características del funcionamiento del sistema**

A continuación, se presenta un diagrama de bloques donde se encuentra detallado el funcionamiento del sistema en la Figura. 3.1, presentando cada uno de los procesos de control con accionamientos y comunicación

Figura 3.1: Diagrama de Bloques

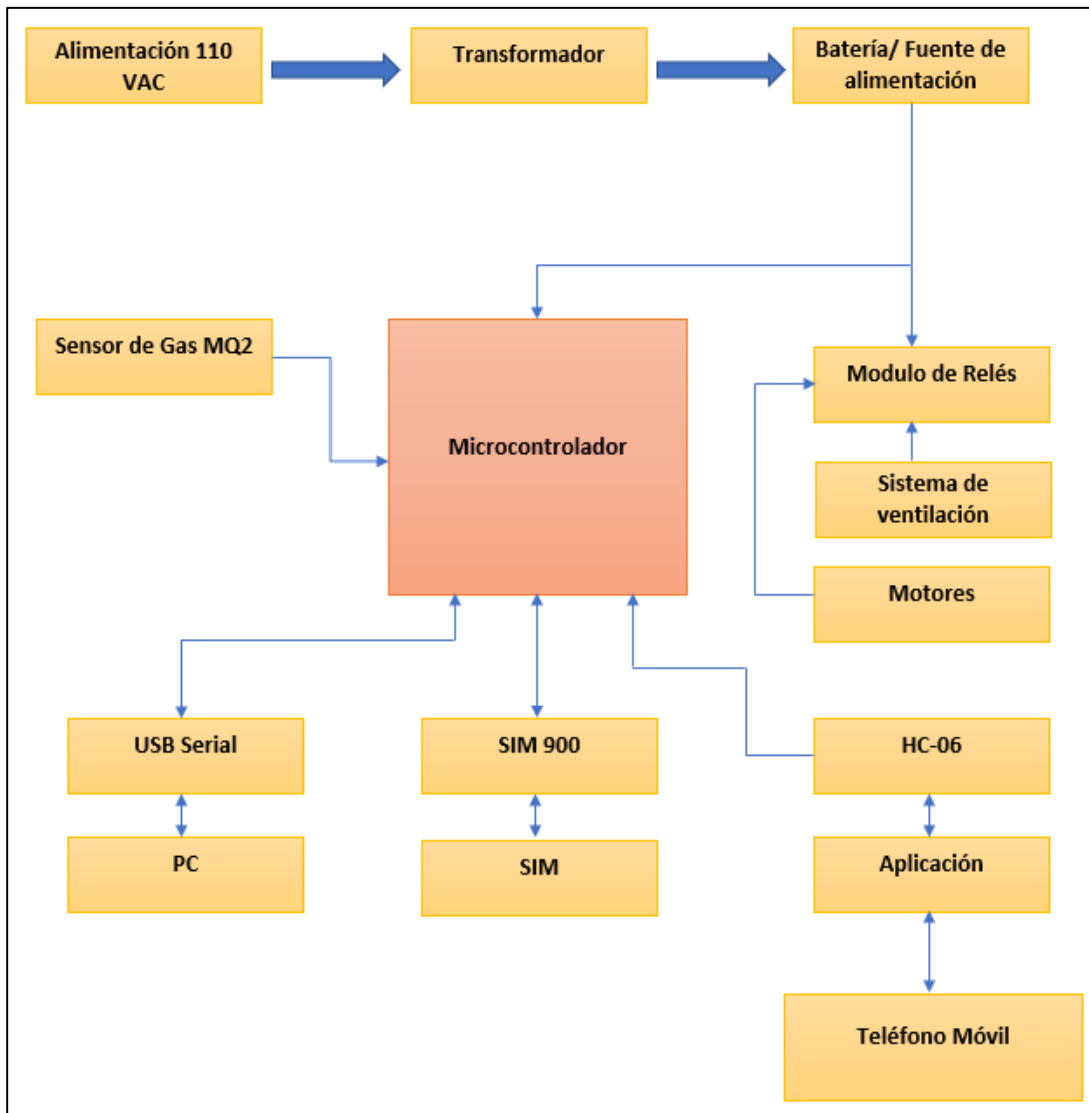


Diagrama de Bloques de Funcionamiento (Hernandez K, Quishpe Luis 2023)

### 3.3 Selección del controlador

Se decidió efectuar una investigación exhaustiva y realizar pruebas con varias tarjetas para seleccionar el controlador adecuado para el proyecto entre Arduino uno y mega. Se establecieron criterios específicos para la selección e implementación del proyecto tanto el hardware como el software como se ve en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resumen de selección de tarjetas de desarrollo.

Tarjeta de desarrollo	Soporte de conectividad con los módulos.	Cantidad de puertos de conexión.	Disponibilidad en Ecuador.	Bajo costo.
Arduino uno	Pocos módulos como: sensores, comunicaciones RFID, conexión de tarjetas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 pines digitales de entrada y salida.</li> <li>• Puertos analógicos de entrada desde el A0-A5.</li> </ul>	Si	\$10
Arduino mega 2560	Múltiples módulos de sensores, actuadores, pantallas lcd, módulos de comunicación wifi, RFID, modulo audio, amplificadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 54 pines digitales de entrada y salida.</li> <li>• 16 pines analógicos.</li> <li>• 4 puertos de comunicación serial.</li> <li>• 15 pwm</li> </ul>	Si	\$25

Selección de tarjetas de desarrollo. (Quishpe L,2023)

Se elige el Arduino mega por las siguientes diferencias:

- 100 pines de conexión.
- 4 puertos de comunicación Serial.
- 256 kilobytes de memoria flash.
- 8 kilobytes memoria RAM

### 3.4 Diseño electrónico

El sistema embebido Arduino mega 2560 se encargará de recibir y reconocer los datos de voltaje analógico enviado por 2 sensores MQ2 detectores de gas, en esta se realizará el algoritmo de detección de gas.

El módulo Sim900 conectado al sistema embebido realiza el envío de mensaje y un relevador va acoplado al sistema embebido, quien será el encargado del accionamiento de 3 actuadores y desactivación de una electroválvula; lleva acoplado un módulo bluetooth que sirve para el control inalámbrico de actuadores.

Un Driver a4988 controla los pasos de un motor Nema17 para la apertura de una ventana, cuenta además con módulos de alimentación, que entrega el voltaje necesario a cada componente.

#### a) Sistema Sensorial

El Sistema de seguridad autónomo cuenta con 2 sensores MQ2 para la adquisición de datos del entorno controlado como se muestra en la Figura 3.3.

Para la obtención de datos de voltaje analógico se utiliza el monitor serie del software Arduino compatible con la tarjeta embebido.

#### b) Sistema de Control

Para el control de detección, accionamiento de actuadores y programación del algoritmo de seguridad, se utilizó la tarjeta de desarrollo Arduino Mega 2560, de la figura 2.3.

Para el control del motor se eligió el módulo a4988, de la figura 2.15; se utilizó un solo driver para el desplazamiento de la ventana.

A continuación, características del módulo controlador de motor.

- Tiene la capacidad de controlar la dirección y velocidad de un motor.
- Puede controlar motor entre 8v hasta 35 v.
- Capacidad máxima hasta 2 A.
- Su compatibilidad es favorable casi con cualquier microcontrolador.
- Cuenta con diferentes modos de alimentación dependiendo del voltaje que requiera el motor que va ser utilizado.

### c) Motores

Al seleccionar un motor, es importante tener en cuenta varios parámetros, siendo la velocidad y el torque requeridos para el trabajo, al ser el accionamiento de una ventana no requiere una velocidad alta, necesita torque en su mayoría, ya que al trabajar en un entorno controlado de una residencia se necesita fuerza para que realice la apertura sin problemas; se eligió el motor Nema17 cuyas características son mencionadas en el apartado 2.15.

### d) Ventilador

Para la ventilación del sistema se debe considerar varios factores importantes, que incluyen:

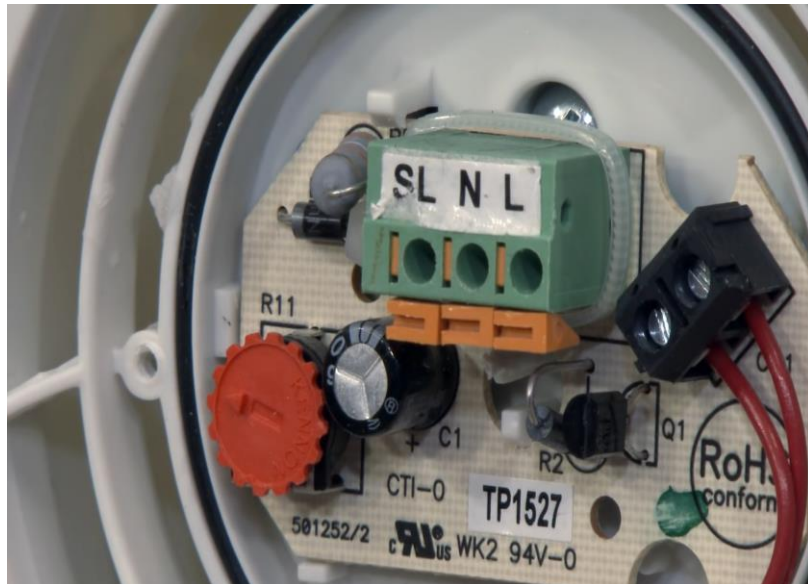
- Caudal de aire
- Presión estática
- Nivel de ruido
- Consumo de energía
- Tamaño y forma
- Vida útil y mantenimiento

Para que el sistema sea eficiente se recomienda usar el ventilador TP 1527. A continuación, se detalla sus características:

- Tres terminales fáciles de conexión
- Su dimensión es de 30 x 30 cm
- Caudal de aire: puede ajustarse mediante un control de velocidad.
- Nivel de ruido es de 25 y 55 decibeles.
- Potencia del motor hasta 50 W.
- Tiene un filtro HEPA (High efficiency particulate air) retiene partículas finas contaminantes, polvo etc.
- Su material de construcción es de metal.
- Controlable por un modulo relevador siendo así las conexiones:  
L = Alimentación al COM  
N= Neutro al NC (Normalmente cerrado)

SL = Fase a controlar al NO (Normalmente abierto)

Figura 3.2 Ventilador



Ventilador TP 1527. (CATALOGO-LSIS-VARIADOR-H100, n.d.)

#### e) Sistema de comunicación.

Al seleccionar un sistema de comunicación, es importante en cuenta:

- Distancia
- Ancho de banda
- Interferencias
- Seguridad
- Costo

Para la comunicación hemos escogido el módulo SIM900 es un módulo de comunicación celular que emplea la tecnología inalámbrica GSM para permitir la transmisión y recepción de datos a través de la red celular. Con una tarjeta SIM, el SIM900 es capaz de transmitir y recibir diversos tipos de datos, como SMS, llamadas de voz, correo electrónico y transferencia de datos GPRS. Además, puede integrarse con otros dispositivos electrónicos para permitir el control y la monitorización remotos a través de la red celular. En resumen, el SIM900 es un dispositivo versátil y eficiente para la comunicación inalámbrica de datos a través de la red celular. Figura 2.5

### 3.4.1 Calibración del sensor MQ2.

La calibración de un sensor es un proceso crucial para asegurar la precisión y confiabilidad de sus mediciones. Para que la calibración sea correcta, es importante seguir ciertos pasos y consideraciones:

1.- Dejarlo al sensor energizado por al menos 1 hora antes de empezar el proceso. Esto permite que el sensor alcance una temperatura estable y que cualquier cambio en las mediciones debido a la temperatura se estabilice.

2.- Luego, se debe colocar el sensor en un ambiente con aire puro, donde se medirá el valor resistivo del sensor en su estado de "reposo" como se muestra en la Figura 3.3. Este valor se utilizará como punto de referencia para las mediciones futuras y para ajustar el sensor si es necesario.

**Figura 3.3: Código de calibración del sensor**

```
int VALOR; // almacena valor leído del sensor
void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicializa comunicacion serie a 9600 baudios
  // entradas analogicas no requieren inicializacion
}
void loop() {
  VALOR = analogRead(A0); // lee entrada A0 y asigna a variable VALOR
  Serial.println(VALOR); // imprime en monitor serial el valor leído
  delay(500); // breve demora de medio segundo
}
```



Fuente:  
Hernández Kevin y Quishpe Luis

1. Es importante asegurarse de que el ambiente donde se realiza la calibración sea estable y consistente en términos de temperatura, humedad y otros factores ambientales que puedan afectar las mediciones del sensor.
2. Se ha realizado la calibración inicial del sensor con un promedio de 112 ppm como se



muestra en la Figura 3.3, es recomendable realizar pruebas de calibración periódicas para asegurarse de que el sensor siga funcionando correctamente Figura 4.4 y proporcionando mediciones precisas y confiables a lo largo del tiempo.

**Figura 3.4: Prueba con gas Butano y GLP**



Fuente: Hernández Kevin y Quishpe Luis

El sensor MQ2 transmite las lecturas correctamente al detectar el gas butano y GLP.

3.- Las lecturas e instalación de los sensores MQ2 con gas GLP en la residencia del Sr. Edwin Rivera como se muestra en la Figura 3.16. y Figura 3.4, fueron satisfactorias por contacto directo del gas GLP con el sensor MQ2 dando lecturas iniciales de 200 ppm y comparándolas con las lecturas del fabricante (*MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas*, n.d.) . Teniendo en cuenta que el flujo de gas en una cocina industrial tiende a salir a mayor cantidad, se estableció que el sistema autónomo de seguridad se accionara con la lectura del sensor MQ2 en 150 ppm como se puede ver en el anexo 5.

**f) Ecuación para la calibración del sensor.**

La ecuación 1.1 se basa en los datos obtenidos a través de mediciones realizadas con el sensor MQ-2 y el monitor serial. Estas mediciones se utilizaron como referencia para registrar los valores ADC (convertidor analógico a digital) equivalentes a las concentraciones de gas de 200

y 5000 ppm. En otras palabras, se midieron las lecturas del sensor MQ-2 y se compararon con los valores registrados por el monitor serial para determinar los valores equivalentes de ADC para diferentes concentraciones de gas. Estos datos se utilizaron en la ecuación 1.1 para estimar las concentraciones de gas a partir de los valores ADC medidos por el sensor MQ-2.

Valor mínimo y máximo obtenido del manual del usuario. (*MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas*, n.d.)

Datos:

Valor mínimo de detección = 200 ppm

Valor máximo de detección = 5000 pm

Valor equivalente a 200 ppm = 88 ADC

Valor equivalente a 5000 pm=419 ADC

$$Y - 200 = \left( \frac{5000 - 200}{419 - 88} \right) (X - 88)$$

Ecuación 1.1 calibración matemática del sensor.

$$Y - 200 = \left( \frac{4800}{331} \right) (X - 88)$$

$$Y - 200 = (14.501510)(X - 88)$$

$$Y - 200 = 14.501510X - 1276.132931$$

$$Y = 14.501510X - 1076.132931$$

En la Figura. 3.5, se observa la pendiente de calibración, correspondiente al sensor de gas.

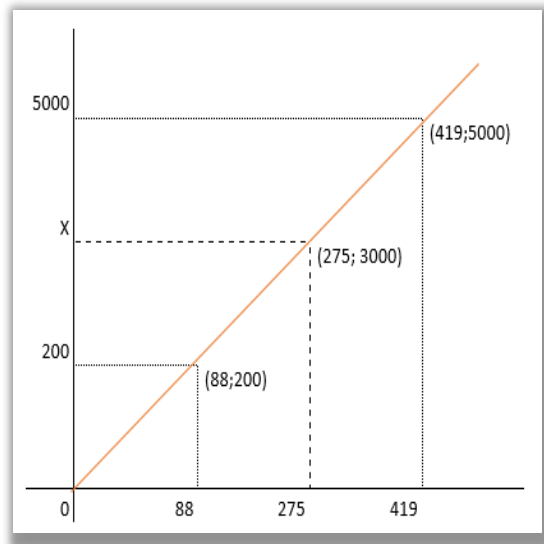
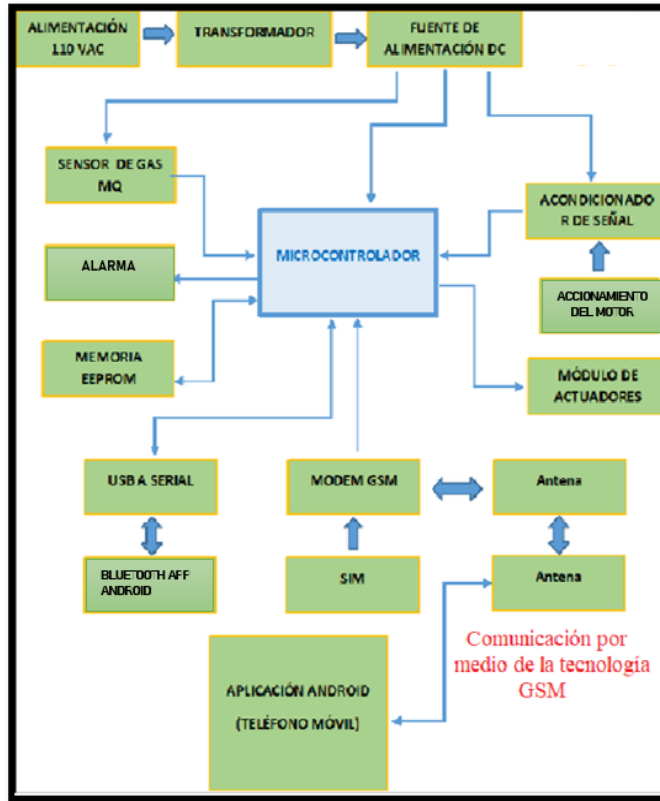


Figura. 3.5. Pendiente de la ecuación para calibración del sensor de gas Fuente: Hernández y Quidhpe.

### 3.4.3 Sistema de actuadores

El sistema de actuadores consta de los relés, motores, electroválvula y ventiladores los cuales van a ejecutar su funcionamiento cuando la placa principal reciba las señales de los sensores. La aplicación móvil ejecutará el funcionamiento de los actuadores mediante el módulo HC-06.

Figura 3.6: Prototipo del Diseño estructural



Prototipo del Diseño estructural. Fuente: Hernández Kevin y Quishpe Luis

### 3.5 Etapas de desarrollo del sistema.

En el sistema se ejecutan en cuatro fases

#### 3.5.1 Etapa de ensamblaje y montaje del sistema.

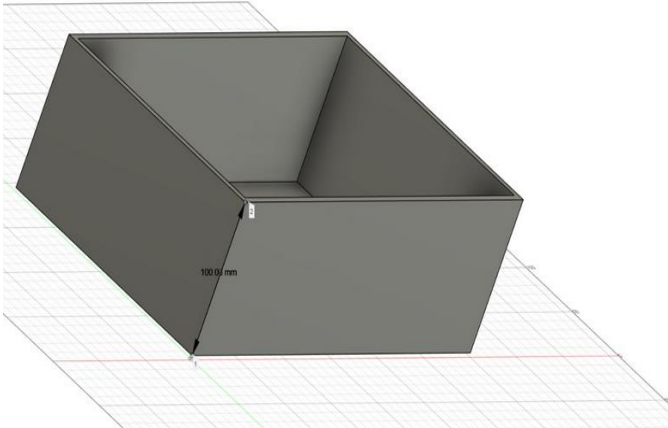
La fase de ensamblaje y montaje del dispositivo nos muestra cómo fue que se hizo el dispositivo y los pasos que se dieron para su fabricación y en la parte del montaje pasamos a la ubicación del dispositivo y cómo fue su ubicación en la cocina con sus respectivos accesorios.

##### 3.5.1.1 Diseño del dispositivo de control

El ensamble del dispositivo electrónico implica la unión de diferentes componentes para crear un circuito funcional realizado en el software GitMind, Figura 3.7. Es importante considerar

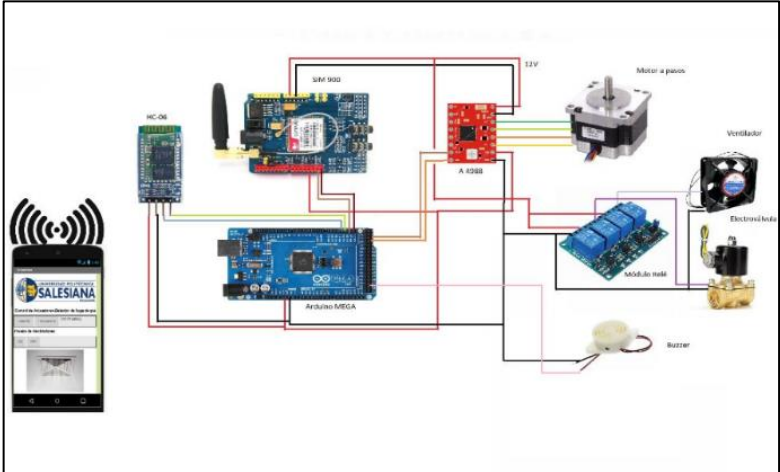
aspectos como la funcionalidad, la estética, la seguridad y la eficiencia en el diseño del modelo. Esto puede incluir la selección de los componentes electrónicos necesarios y el diseño en si de cómo va a ser la composición del dispositivo por lo que para esta ocasión se optó por impresiones en 3D para la carcasa o diseño estructural que se realizó en el software AutoDesk, el cual se muestra el diseño en la siguiente figura 3.6 y Anexo 7.

Figura 3.7: Diseño de la estructura para el dispositivo



Modelo en 3D del diseño de la estructura del dispositivo Fuente: Hernández K, Quishpe L.

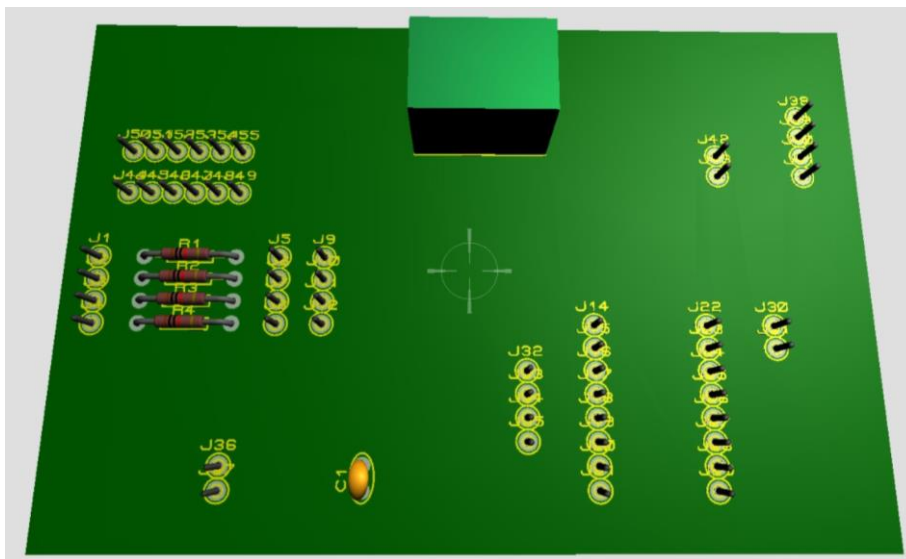
Figura3.8 Diseño del dispositivo



Diseño del dispositivo realizado, fuente: Hernández K, Quishpe Luis.

Después de diseñar el modelo del dispositivo, se deben adquirir los componentes necesarios. Es importante asegurarse de que se seleccionen componentes de alta calidad y que sean compatibles con el circuito que se está diseñando. Para el diseño del circuito se usó el software Proteus con su debida aplicación para usar la aplicación de PCB el cual nos dará las pistas y los pines que usaremos para realizar la placa en fibra de vidrio. Anexo 8.

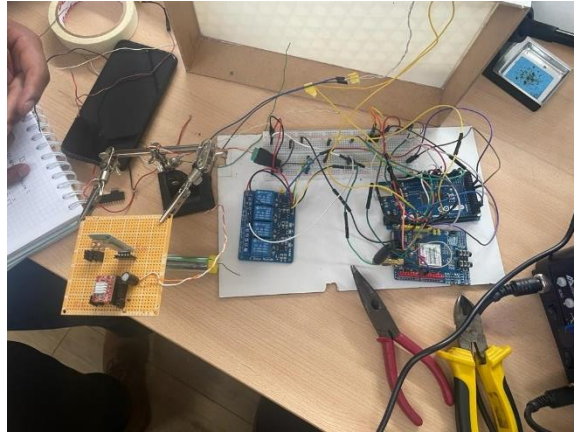
Figura 3.9: Diseño de la placa PCB



Diseño de la placa PCB utilizando el software Proteus. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

No hubo problemas en encontrar los componentes necesarios para la realización de este proyecto. Finalmente, se puede ensamblar el dispositivo electrónico completo, incluyendo el cierre del gabinete, la instalación de la fuente de poder y cualquier otro accesorio necesario.

Figura 3.10: Ensamble del dispositivo



Unión de los componentes para ensamblar el dispositivo. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### **Protección del prototipo para evitar cualquier tipo de descarga eléctrica.**

Existen varias medidas comunes para proteger un prototipo de descargas eléctricas causadas por fluctuaciones en el voltaje de entrada. Una de ellas es el uso de reguladores de voltaje para estabilizar el voltaje de entrada y evitar daños en el circuito. También se puede utilizar supresores de picos para limitar el voltaje máximo que llega al circuito, fusibles para protegerlo de corriente excesiva y filtros de línea para reducir interferencias electromagnéticas. Se recomienda una combinación de estas medidas para garantizar la seguridad del prototipo, y es importante considerar las especificaciones del diseño antes de seleccionarlas y aplicarlas adecuadamente.

### **Regulador de voltaje QSP 33UBK**

Un regulador automático de voltaje de alta calidad que puede prolongar la vida útil de una variedad de equipos, incluyendo teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras, electrodomésticos y equipos de oficina.

Brinda 4 tomas de salida y 4 USB que: corrige bajas y altas tensiones.

## CARACTERÍSTICAS

- Cable de entrada de CA DE 1.5m.
- 2 en 1 Interruptor de potencia en disyuntor
- Led para cargador USB de 5vcd azul
- Led para alimentación de ca azul
- Salida Nema 5-15R
- Cargador USB 4 puertos 5vcd - 2.4a Max.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Entrada: 110-240Vca.
- Frecuencia: 50Hz o 60Hz.
- Cable de alimentación Nema5-15p 18Awg.
- SALIDA
- Regulador Quasad Supresor De Picos Qsp-33ubk 4 Toma + 4usb.
- Protección contra sobretensiones 175 julios.
- Cargador USB 4 puertos 5vcd 2.4a.

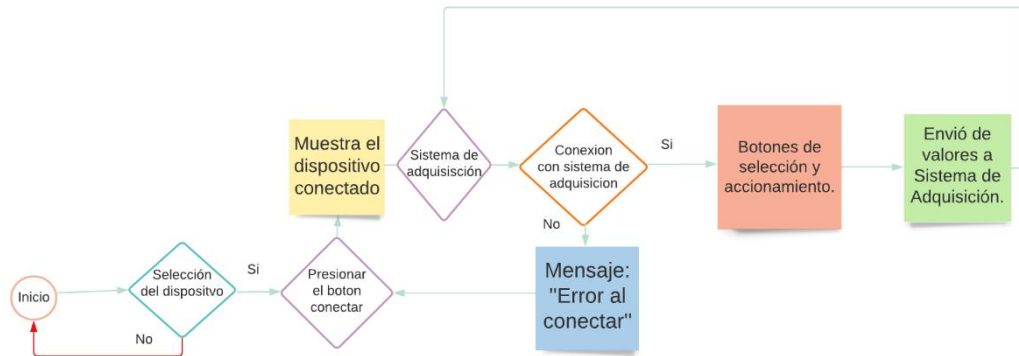
### **3.5.1.2 Diseño de la aplicación móvil Android.**

La aplicación se creó utilizando APP INVENTOR, que es una plataforma web avanzada con una adaptación de desarrollo fácil de usar. El proyecto creado se instaló en un dispositivo móvil Android. Su interfaz gráfica da a conocer una sencilla manipulación de conexión con el sistema detector de gas y realiza el accionamiento de los actuadores.

El diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.7, detalla la programación específica de la aplicación.



Figura 3.11: Flujograma de la aplicación



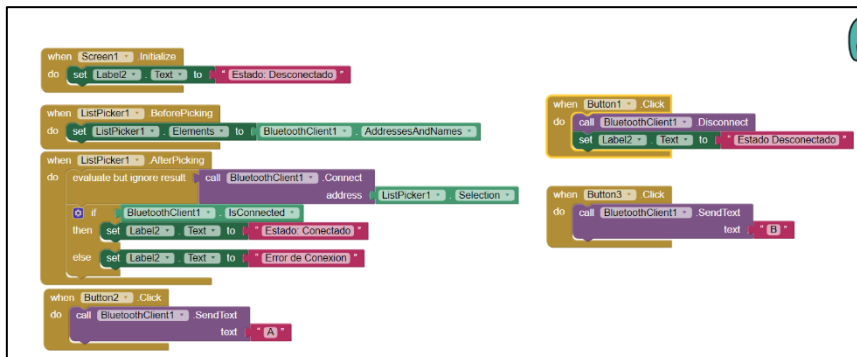
Flujograma de la aplicación. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### Estructura de Bloques

Se analiza la composición del diseño de una aplicación en forma de diagrama de bloques, que se traduce en instrucciones definidas en un diagrama de flujo del programa para especificar las funciones que debe realizar cada componente.

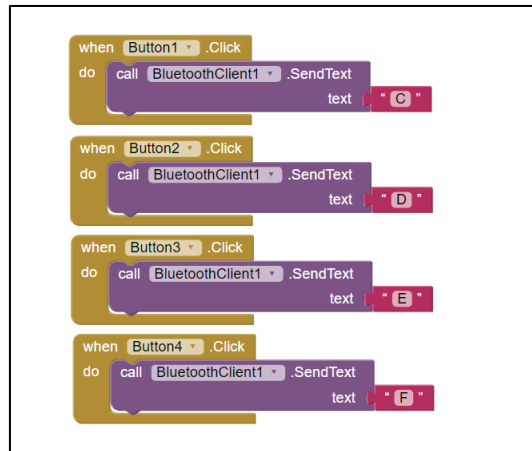
La programación en App Inventor se realiza mediante la creación de bloques de código visualmente en un entorno de desarrollo de arrastrar y soltar, sin necesidad de escribir código en lenguajes de programación de bajo nivel.

Figura 3.12: Pantalla 1 programacion en bloques



Pantalla 1 Programación en bloques. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

Figura 3.13: Pantalla 2 Programación en bloques



Pantalla 2 Programación en bloques. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### Interfaz de la aplicación

La apariencia visual de la aplicación está determinada por la parte de diseño de los componentes. Dado el diagrama de bloques y el diagrama de flujo de programación, se selecciona cada elemento que compone la aplicación y se ajustan sus propiedades para crear una interfaz de usuario que se parece a las siguientes imágenes.

Figura 3.14: Pantalla 1 Interfaz de la aplicación



Pantalla 1 interfaz de la aplicación. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

Figura 3.15: Pantalla 2 Interfaz de la Aplicación



Pantalla 2 interfaz de la aplicación. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### 3.5.1.3 Montaje del sistema domótico de control de gas en espacio físico.

Se detalla el espacio donde se hizo la instalación del dispositivo el cual fue una cocina ubicada en Machachi aportada por parte familiar para realizar ensayos de prueba y error. Se hizo una revisión técnica al área de la cocina que se nos fue facilitada para ver por donde se puede adaptar el dispositivo esto con la finalidad de que no exista alguna interferencia con el usuario y que pase desapercibido

Figura 3.16: Espacio físico para la instalación del dispositivo



Espacio físico para la instalación del dispositivo. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

En el espacio físico donde se va instalar el sistema, posee una cocina tipo industrial. Como normativa para la instalación de los sensores de detección de fugas de gas tenemos que seguir diferentes protocolos y en este caso lo que hicimos fue posicionar los sensores de 30 a 50 cm del punto donde se fuga el gas. Cabe recalcar que este procedimiento es en base a una normativa que nos dicta el posicionamiento de los sensores electro químicos ya que interfiere el calor la humedad y diferentes factores ambientales.

Figura 3.17: Posición del Sensor detector de gas



Posición del Sensor detector de gas. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

El dispositivo se instaló en una esquina de la cocina donde no interfiere con el usuario y se encuentra al alcance de los adultos para su fácil manipulación en caso de que se active el dispositivo y necesite reiniciarse o para hacer mantenimiento

Los accesorios se conforman de los sensores, motor de la ventana ventilador para la extracción y la electroválvula que va a ir situada en el gas

Figura 3.18: Proceso de instalación del dispositivo



La figura nos muestra el proceso de la instalación del dispositivo. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

Figura 3.19: Accesorios implementados en área residencial



Accesorios implementados en área residencial. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

Un sistema de apertura de ventana con riel y piñón es una forma común de abrir y cerrar ventanas. Este sistema consiste en un riel que se va a encontrar pegado a la ventana el cual desarrollado en un modelo 3D para su postuma impresión, y para el accionar se adaptó en un

motor a pasos un piñon que dara movimiento y permitira la apertura y cierre de la ventana

Figura 3.20: Sistema de apertura de la Ventana



Sistema de apertura de la ventana. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

Figura 3.21: Instalacion del dispositivo en el area residencial



Instalacion del dispositivo en el area residencial. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### 3.5.2 Etapa de monitoreo de fugas de gas.

La fase de monitoreo está en constante inspección de las lecturas de los sensores conectados a la unidad de control.

El sistema se controla mediante la lectura continua del sensor de gas y con la aplicación Android es con la que también es posible activar el accionamiento eléctrico en el sistema.

El sensor MQ-2 está programado el cual se encuentra en el Anexo5, para detectar valores de concentración de gas detectables entre 200-5000 ppm y es responsable de registrar continuamente la concentración de gas ambiental.

Figura 3.22: Posicionamiento del Sensor



Posicionamiento del sensor. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

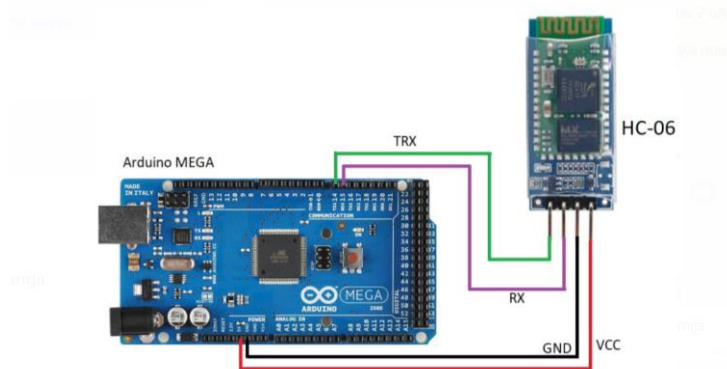
La unidad de control realiza las funciones programadas para realizar después de que se active una alarma. Cuando se detecta un flujo de gas en la residencia del Sr. Edwin Rivera, la unidad de control activa 3 relés conectados a una válvula solenoide, que es responsable de cerrar el flujo de gas, una señal visual y de audio para indicar una emergencia, y luego dispara los mensajes de texto enviados que contienen una alarma activada, seguido envía un mensaje de texto con una alerta sobre la fuga de gas.

### **Comunicación GSM**

Este módulo está integrado en la placa electrónica como se muestra en la Figura 3.22 y se encarga de establecer una conexión entre la central y el teléfono móvil, enviando llamadas y mensajes de texto al número de teléfono registrado en el sistema.

La comunicación Bluetooth entre un Arduino y un módulo Bluetooth HC-06 es posible y se puede utilizar para la transmisión de datos y comandos de forma inalámbrica. El módulo Bluetooth será el encargado de controlar los actuadores y de ser auxiliar en caso de que el módulo SIM 900 falle él envió del mensaje de texto. Siendo útil al interior del domicilio y alertado por la alarma sonora del sistema detector de gas.

Figura 3.23: Comunicación Arduino y Bluetooth



Comunicación Arduino y Bluetooth. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

En un sistema de monitoreo y control, se puede utilizar una conexión Bluetooth para enviar, recibir datos y comandos entre el sistema con los dispositivos cercanos. Por ejemplo, si el módulo GSM falla al enviar el mensaje de notificación, mediante la alerta sonora el usuario podrá accionar o suspender el funcionamiento de los dispositivos cercanos con ayuda del módulo Bluetooth.

### 3.5.3 Etapa de detección de fugas de gas.

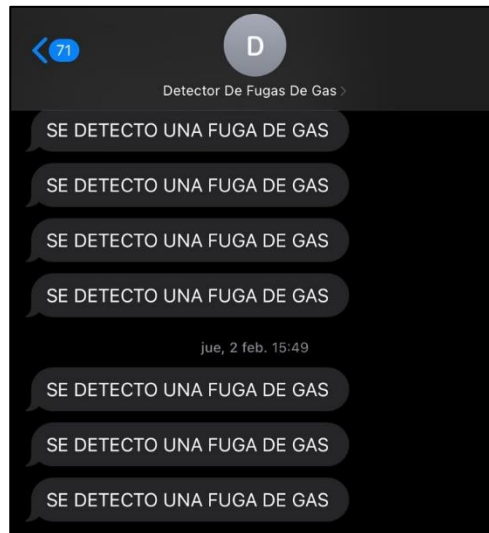
La fase de detección se activa en cuanto la lectura del sensor MQ-2 supera el valor de 150 ppm de concentración de gas como se muestra en el apartado 3.4.1, establecido en el código de programación como se muestra en el anexo 5. Indica que hay una fuga en el ambiente.

El sensor al detectar gas emite una señal, que activa una alarma acústica e inicia una conexión telefónica de alarma a un contacto registrado perteneciente al usuario, vía SMS como se muestra en la Figura 3.23, al usuario que se encuentre registrado dentro de la programación.

Cuando el sensor detecta un valor analógico de 300, se considera que la concentración de gas excede el rango permisible para el entorno, y luego se activa una alarma y una alarma. Cuando se emite la alarma correspondiente, el sistema da la alarma y envía el SMS correspondiente.



Figura 3.24: Mensaje de alerta



Mensaje de alerta. Fuente: Hernández K, Quishpe L

#### **3.5.4 Etapa de control de fugas de gas.**

La etapa de control funciona inmediatamente después de que la etapa de detección, envía información sobre los valores críticos detectados por los sensores a la unidad de control, y dependiendo de qué sensor proviene la información, se realizan las acciones programadas. Las cuales se detallan en la programación del anexo 4.

En la figura 3.24, se aprecia la programación del control del sistema para las fugas, donde el comando AT+CMGS ejecuta la acción de envío del SMS.

Figura 3.25: Comando AT+CMGS

```
void enviarSMS2() {  
  Serial.println("ENVIANDO SMS");  
  if(stsms==1){  
    Serial.println(" 2");  
    stsms=2;  
    SIM900.println("AT");  
    delay(200);  
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");  
    delay(200);  
    SIM900.println("AT+CMGS = \"+593999858065\"");  
    delay(200);  
    SIM900.println("SE DETECTO UNA FUGA DE GAS ");  
    delay(200);  
    SIM900.println((char)26);  
    delay(200);  
    SIM900.println();  
    delay(6000);  
  }  
}
```

Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### 3.6 Programación del microcontrolador Arduino MEGA

Para el código del programa se requiere crear un diagrama de flujo y definir varias bibliotecas que permitan que el código principal ejecute ciertos comandos.

#### 3.6.1 Flujograma de la programación

Se presenta un diagrama de flujo que ilustra los pasos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, por ejemplo:

- Encendido del módulo SIM 900
- Programación del modulo
- Lectura de los 2 sensores MQ2.
- Detección de los valores anormales
- Realización de la llamada
- Envío de mensaje de alerta SMS
- Activación de los actuadores

- Reinicio del sistema

Figura 3.26: Diagrama de Flujo de la Programación

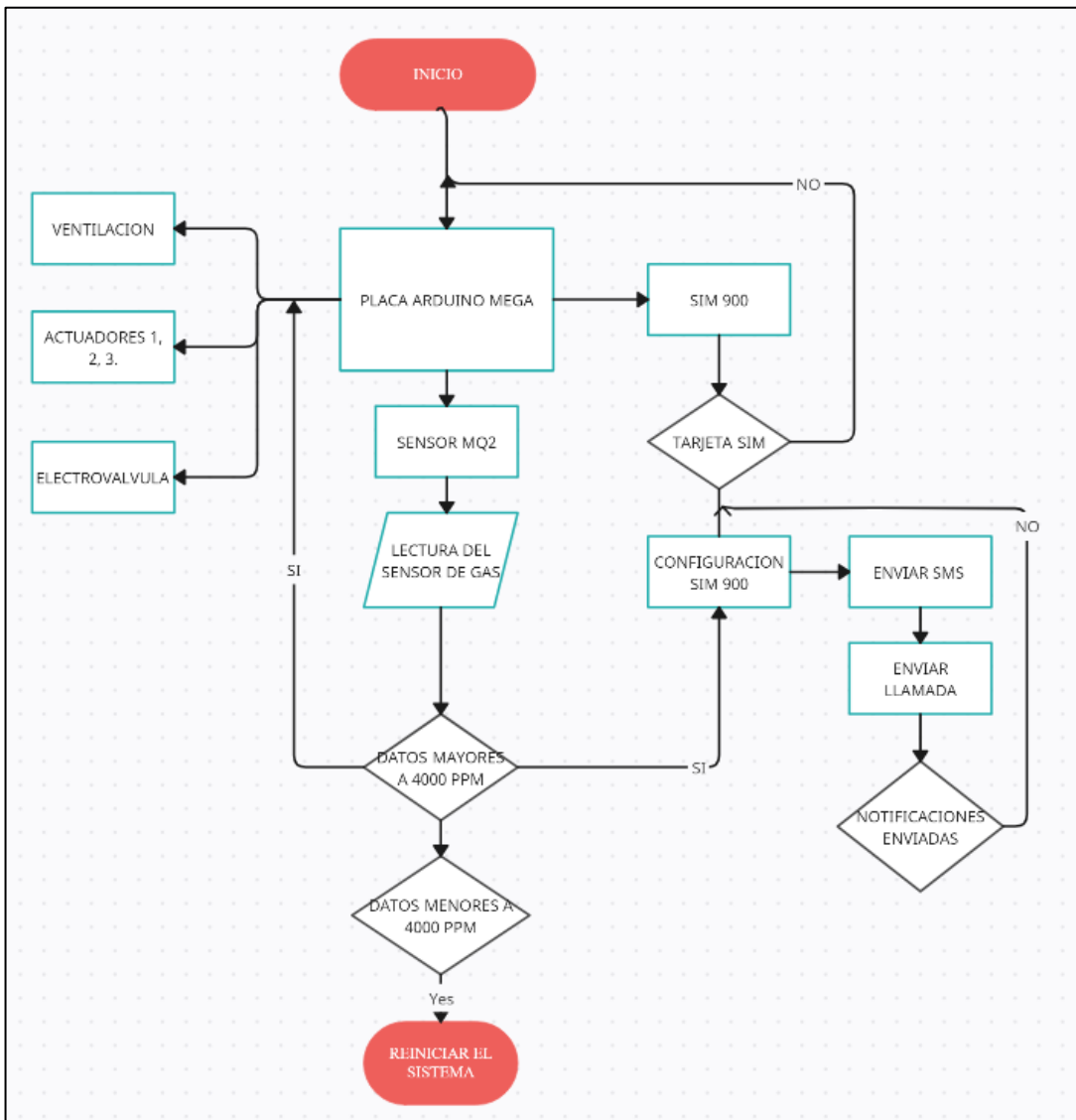


Diagrama de flujo de la programación. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

En la primera etapa se agrega las variables tanto de los sensores como de los actuadores que se van a utilizar. Esto lo realizamos con nombres cortos y concisos para no olvidarnos que elemento estamos usando.

En la programación de Arduino utilizamos diferentes llamadas las cuales se encargarán de diferentes acciones cada una como de: Enviar mensajes de texto, enviar llamadas de texto, activar y desactivar los actuadores

### 3.7 Tiempo de duración del proyecto

Este proyecto tiene una duración de 6 meses, durante los cuales se diseñan los diversos circuitos esquemáticos electrónicos que se puede observas en el anexo 3 y 8 utilizados, se realizan las pruebas correspondientes para determinar los sensores adecuados para el fin adecuado, se realiza la construcción de la placa electrónica, componentes, calibración de sensores, pruebas de funcionamiento fuera y la documentación pertinente está lista.

Tabla 3.2: Cronograma de actividades

TIEMPO DE DURACION						
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
1	Investigar sobre el Gas licuado de petróleo	Caracterización y conexión de Los módulos y sensores	Funcionamiento de la interfaz entre los módulos y los actuadores	Diseño del proceso simulando un área domestica donde se encuentra el gas	Ensamblar el dispositivo con los módulos, sensores y actuadores para su debida comprobación	Resultados y avances al tutor
2	Investigar los Módulos que Permiten la comunicación entre el microcontrolador y el módulo SIM900			Investigar y Desarrollar la aplicación móvil que permita controlar el sistema mediante un Smartphone	Realización de pruebas experimentales en espacios controlados	
3	Investigar el funcionamiento de los sensores Electroquímicos			Redacción del Trabajo escrito del proyecto		

Fuente: Hernández K, Quishpe L.

## CAPITULO IV

### ANALISIS Y RESULTADOS

#### 4.1 Pruebas de funcionamiento del dispositivo

El dispositivo fue instalado en una residencia ubicada en Machachi en el cual se hizo la solicitud de un familiar para que nos de acceso a su cocina. El uso de la cocina fue para instalar el dispositivo con todos sus componentes, estos incluyen: sensores, motor, ventilador y dispositivo central.

Figura 4.1: Instalación del dispositivo



Instalación del dispositivo. Fuente: Hernández, Quishpe.

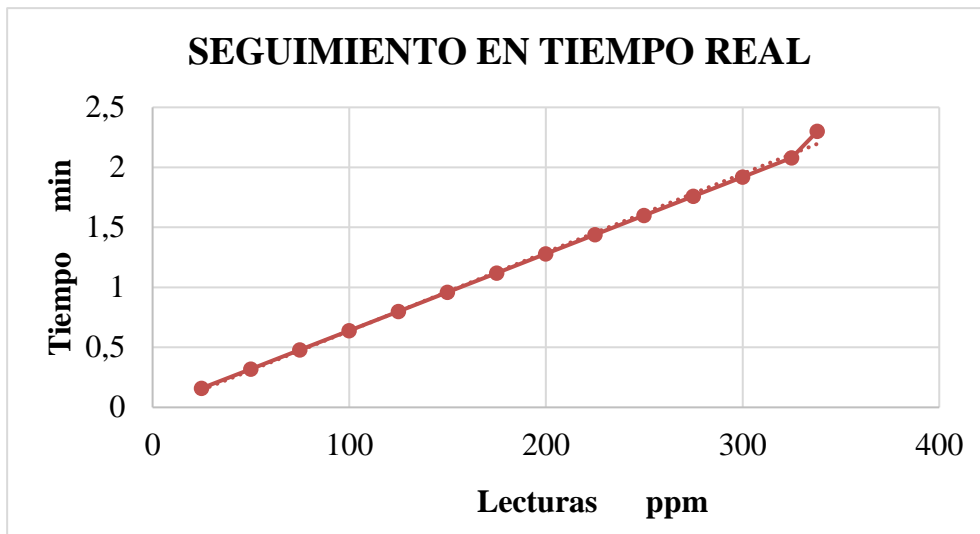
#### 4.1.1 Pruebas en un ambiente controlado

Las pruebas en un ambiente controlado son aquellas que se llevan a cabo en condiciones cuidadosamente controladas y predecibles, diseñadas para garantizar que los resultados obtenidos sean precisos y confiables. Este tipo de pruebas se realizan comúnmente en la investigación científica y tecnológica, así como en las pruebas de productos y materiales.

En base a los resultados obtenidos en las fechas indicadas del anexo 11. A primeras fechas los resultados eran erróneos y no cumplían con los objetivos planteados por lo que se tuvo que hacer cambios al dispositivo. Una vez realizados los cambios apropiados el sistema cumplía con todos los objetivos por lo que se determina que los resultados son precisos y confiables

En un ambiente controlado el sistema cumple con todos los objetivos, es apto para el uso doméstico y no interfiere con el usuario en la cocina, es adaptable para todo tipo de cocina a base de Gas GLP.

Figura 4.2: Grafica del Seguimiento en tiempo real



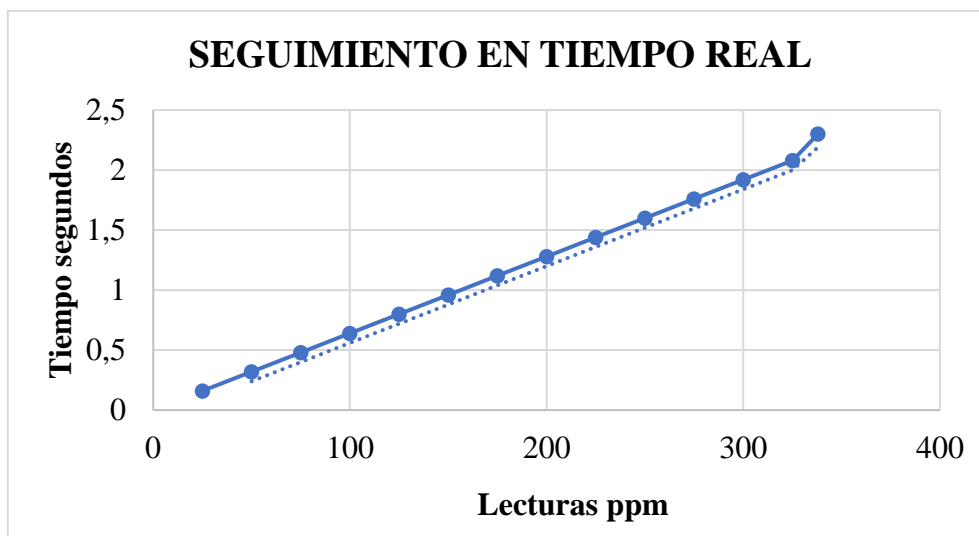
Grafica del Seguimiento en tiempo real en el cual el tiempo se mide en segundos y las lecturas en ppm en un ambiente controlado. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

#### 4.1.2 Pruebas en un ambiente no controlado

Las pruebas en un ambiente no controlado se llevan a cabo en condiciones que no se pueden controlar o regular de manera precisa. En este tipo de pruebas, los factores ambientales, como el clima, la temperatura, la humedad, la presión y la iluminación, pueden variar de forma impredecible. Para realizar estas pruebas se instaló el dispositivo con todos sus accesorios y se dejó en funcionamiento por una semana laboral. Datos que se reflejan en el Anexo 12.

Esto con el objetivo de mantenerlo en una situación real dejando que la familia se acerque y use la cocina como siempre se lo realiza y los detalles de estas pruebas fueron los siguientes.

Figura 4.3: Grafica del Seguimiento en tiempo real



Grafica del Seguimiento en tiempo real en el cual el tiempo se mide en segundos y las lecturas en ppm en un ambiente no controlado. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

En un ambiente no controlado el sistema cumple con todos los objetivos, es apto para el uso doméstico y no interfiere con el usuario en la cocina, es adaptable para todo tipo de cocina a base de Gas GLP

#### 4.2 Análisis de factibilidad del proyecto

Para determinar la aceptación del sistema por parte de los usuarios, se realizó un análisis de los diversos aspectos que se deben considerar al momento de desarrollar el diseño de un sistema de detección y prevención de fugas de gas (GLP), que permita además de lo desarrollado sistema, para garantizar la factibilidad de su implementación. Los aspectos considerados son: factibilidad operativa, factibilidad técnica, factibilidad legal y factibilidad económica, de manera de brindar a los usuarios un sistema de calidad.

#### 4.3 Pruebas de funcionamiento de la aplicación móvil

Las pruebas de funcionamiento de una aplicación móvil son esenciales para asegurarse que la aplicación está funcionando correctamente y que los usuarios tendrán una buena experiencia al utilizarla. A continuación, se presentan algunos pasos generales, pruebas de funcionamiento de la aplicación móvil:

Tabla 4.1: Pruebas de Funcionamiento de la Aplicación móvil

Característica	Verificación
Se conecta al módulo Bluetooth	✓
Recibe la llamada y el mensaje	✓
La aplicación no tiene interrupciones o fallos	✓
Los botones ejecutan los actuadores	✓
Existe comunicación con el dispositivo	✓

Pruebas de Funcionamiento de la Aplicación móvil. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

#### 4.4 Pruebas de Funcionamiento de la Electroválvula

Las pruebas de funcionamiento de la electroválvula para gas doméstico son esenciales para asegurarse de que la válvula esté funcionando correctamente y que no haya riesgo de fuga de gas.

A continuación, se presentan algunos pasos generales que se siguieron para realizar pruebas de funcionamiento de una electroválvula para gas doméstico:

**Inspeccionar la válvula:** Antes de realizar las pruebas, se verifico que la válvula para esté instalada correctamente y que no haya daños visibles en la misma.

**Verificar el suministro de gas:** Nos aseguramos de que el suministro de gas esté activado y que haya suficiente presión en la línea de gas.

**Verificar la conexión eléctrica:** Comprobamos que la conexión eléctrica esté estable y que la alimentación eléctrica de la válvula sea la adecuada.

**Realizar pruebas de apertura y cierre:** Conectamos y desconectamos la alimentación eléctrica de la válvula para verificar que se abra y cierre correctamente.

**Verificar la estanqueidad de la válvula:** Se realizó una prueba de estanqueidad en la línea de



gas para asegurarse de que no haya fugas de gas en la válvula. Esto lo hicimos con el mismo dispositivo para que nos detecte si existe alguno fuga de gas

Tabla 4.2: Tabla de pruebas del Funcionamiento de la Electroválvula

Fecha de prueba	Durabilidad	Comentario	Verificación
(20 Enero 2023)	Tiempo Real	Se lo realizó en un ambiente controlado en el cual actuó de forma adecuada y cumpliendo su objetivo	APROBADO
(1 Febrero 2023)	Tiempo Real	Se lo realizó en un ambiente controlado en el cual actuó de forma adecuada y cumpliendo su objetivo	APROBADO
(5 Febrero 2023)	Tiempo Real	Se lo realizó en un ambiente controlado en el cual actuó de forma adecuada y cumpliendo su objetivo	APROBADO
(9 Febrero 2023)	Tiempo Real	Se lo realizó en un ambiente no controlado para corroborar su eficiencia en el cual actuó de forma adecuada y cumpliendo su objetivo	APROBADO
(10 Febrero 2023)	Tiempo Real	Se lo realizó en un ambiente no controlado para corroborar su eficiencia en el cual actuó de forma adecuada y cumpliendo su objetivo	APROBADO

Tabla de pruebas del Funcionamiento de la Electroválvula

Fuente: Hernández K, Quishpe L.

En la aplicación móvil tenemos un apartado para la Electroválvula la cual se accionará y de la misma manera interrumpirá su accionamiento mediante botones asignados, esto con el fin de cuidarnos y no exponernos ante el gas y así también es como se hizo las pruebas de accionamiento de la válvula

Figura 4.4: Control de la electroválvula por Bluetooth



Control de la electroválvula por Bluetooth. Fuente: Hernández K, Quishpe L.

Es importante seguir los procedimientos de seguridad al realizar estas pruebas, como utilizar equipo de protección personal y trabajar en un área bien ventilada. Si se detectan problemas en la válvula, se debe reparar o reemplazar según sea necesario antes de volver a ponerla en servicio. Es recomendable realizar pruebas de funcionamiento de forma periódica para garantizar que la válvula siga funcionando correctamente a lo largo del tiempo.

#### **4.5 Ganancia del sistema de seguridad**

A continuación, se presentan las ventajas que ofrece el sistema basado en un detector de gas, un medidor de contenido y una aplicación Android desarrollada para comunicarse de forma inalámbrica con el sistema.

El detector de fugas integrado en el sistema tiene un sensor muy sensible que permite que el dispositivo detecte una fuga a tiempo para tomar medidas correctivas y controlar la fuga,

evitando que la concentración de gas alcance niveles muy peligrosos. Posee un sensor de presión que mide continuamente el porcentaje de gas dentro del cilindro, esta información es de gran ayuda para decidir cuándo cargarlo y así evitar interrupciones en las operaciones relacionadas con el uso de este recurso. La placa electrónica incorporó un circuito de carga de batería en el diseño, lo que permite que el sistema permanezca activo durante un corte de energía.

Gracias a la eficiencia del diseño, la pérdida y recuperación de energía es imperceptible para el microcontrolador. El sistema cuenta con una aplicación que permite el control inalámbrico de un actuador dentro de la unidad de control. Esta transmisión de datos la realiza el módulo GSM, que forma parte del diseño del dispositivo electrónico, con el que es posible enviar mensajes de texto y llamadas telefónicas.

#### **4.6 Impactos (tecnológicos, sociales, ambientales o económicos)**

La implementación de un sistema detector de gas puede tener un gran impacto en el futuro de un área residencial o industrial lo cual interviene en el desarrollo a futuro en el ámbito tecnológico, social, ambiental y económico, ya que puede prevenir posibles fugas de gas que podrían tener graves consecuencias para la seguridad de las personas y el medio ambiente.

##### **4.6.1 Impacto tecnológico**

El impacto de este proyecto está estrechamente relacionado con el desarrollo de sistemas de detección de gases que a su vez monitoricen procesos físicos complejos, es decir, se adaptará a las necesidades de los diferentes campos profesionales relacionados con la medida de los gases más peligrosos, determinando así la reutilización y bajo costo. La relación de elementos utilizados para obtener mejores resultados y por ende más confiabilidad al momento de obtener la información.

#### **4.6.2 Impacto social**

El impacto social tiende a ser positivo en el ámbito de la seguridad del hogar con GLP como suministro de consumo, y económicamente el sistema se adapta y beneficia a todas las clases sociales.

#### **4.6.3 Impacto medioambiental**

La implementación de este sistema no tiene un impacto negativo en el medio ambiente, por el contrario, ayuda técnicamente a evitar desastres por incendios provocados por fugas de gas, que por sí mismos contaminan el medio ambiente.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

Se desarrollo un sistema de seguridad autónomo por medio del Arduino mega 2560 que permite monitorear fugas de gas en un área residencial, por medio dando un 99% de eficacia que al detectar una fuga de gas emitida por una cocina industrial remite mensajes de texto empleando una plataforma GSM programada en el sistema embebido con el fin de alertar al usuario del peligro y evitar desastres.

Con los antecedentes encontrados, el sistema propuesto consta de tecnología GSM y un sistema auxiliar bluetooth que en caso que el chip GSM se quede sin saldo provocando un fallo de comunicación con el celular del usuario, se pueda ejecutar el control de apertura para la ventilación del gas y corte de suministro del mismo por medio de una electroválvula, que se encuentra instalada y conectada al cilindro de gas. De esta manera nos aseguramos que el sistema se encuentre siempre operativo y funcional con su arquitectura distribuida.

El sistema diseñado con el uso de los actuadores como los motores de paso y el sistema de control diseñado, se puede manipular a través de lazo abierto la apertura de una ventana, tras la detección de una fuga de gas activando a su vez también un ventilador que ayudará a la ventilación natural a que esta fuga sea dispersada del espacio físico donde fue detectada.

El aplicativo móvil desarrollado que permite controlar el sistema a través de SMS y bluetooth cuenta con una efectividad del 90 %. Es una alternativa viable y eficaz para el control de sistemas de seguridad autónomo en un área residencial que usa GLP como elemento combustible. La capacidad de controlar el sistema mediante SMS y bluetooth es flexible y conveniente para los usuarios, por su facilidad de uso y se puede controlar de forma remota desde dispositivos móviles en cualquier lugar y momento del hogar.

Las diferentes pruebas realizadas en ambientes no controlados como se detalla en la tabla 4.2, las cuales consistieron en el uso constante y periódico de la cocina durante el periodo indicado de la tabla en mención determina que existieron fugas de gas con el sistema operativo y no hubo ninguna situación adversa al momento de la activación del sistema de gas, seguido de la desactivación por medio de la electroválvula, así como él envió de mensaje de texto.

## **RECOMENDACIONES**

Elegir detectores de gas que sean adecuados para el tipo de gas GLP que se quiere detectar y el entorno donde se usarán. Se debe considerar factores como la sensibilidad, la velocidad de respuesta y la durabilidad al hacer una elección.

Instalar los detectores de gas de acuerdo con las instrucciones del fabricante y las regulaciones y estándares de seguridad aplicables. La ubicación adecuada de los detectores también es esencial para garantizar su efectividad.

Realizar un mantenimiento regular cada 6 meses a un año para verificar el correcto funcionamiento del sensor ya que al estar en una zona como es la cocina puede fallar su funcionamiento, es por eso que se debe tener en óptimas condiciones al sensor.

Es importante capacitar a las personas residentes donde se encuentra instalado sobre la importancia de la detección y control de fugas de gas y cómo usar los sistemas de seguridad adecuadamente. La concientización sobre los peligros de las fugas de gas y cómo evitarlas también es importante.

## REFERENCIAS

- Alexander Quintero Ruiz Msc Camilo Sandoval, M., Quintero Ruiz, A., Leonardo Sandoval Rodríguez, C., Gómez Tapias, J., Darío Rincón Quintero, A., & Eduardo Tarazona Romero, B. (n.d.). DESARROLLO DE UN SISTEMA APLICADO A LA SEGURIDAD RESIDENCIAL PARA DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS CON MANIOBRA AUTOMATICA DE CIERRE Y SUPERVICIÓN REMOTA.
- AutomationDirectcom. (2005). Cover.
- Arroyo, P., Pérez, R., & González, A. (2018). Sistemas de detección y control de fugas de gas. *Revista de Ingeniería Química*, 21(2), 46-53.
- Bajaña Denis Miguel Toaquiza Vega Italo Moises, G., & Johnny Xavier Bajaña Zajia, I. (n.d.). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.
- Barron, M. (2019). Uso Didáctico Del Software De Ayuda Al Diseño Electrónico “Proteus.” Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, 1–6. <http://espacio.uned.es/fez/eserv/taee:congreso-2004-1034/S1F05.pdf>
- Bosque, D., La, E. N., De, C., William, T., & Gómez, F. C. (n.d.). DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y DE CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA EL CONJUNTO CERRADO EL PORTAL UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA TUNJA 2018.
- Burgos, J., Martínez, E., & Sánchez, M. (2016). Sistemas de detección y control de fugas de gas en la industria petrolera. *Revista de Seguridad Industrial*, 29(1), 17-24.
- CATALOGO-LSIS-VARIADOR-H100. (n.d.).
- Cavero, S. I. V., & Para. (2019). Diseño E Implementación De Un Sistema Monitoreo Inalambrico De Bancos De Baterías Utilizando En Arduino Mega 2560. *Universidad Tecnológica Del Perú*, 119. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2544>
- Dahrony. (n.d.). FORMAT for JTM.
- Emilio, J., & Sopeña, L. (2001). Manual de instalaciones de GLP.  
Features and Benefits ▪ Low R DS(ON) outputs ▪ Automatic current decay mode detection/selection ▪ Mixed and Slow current decay modes ▪ Synchronous rectification for low power dissipation ▪ Internal UVLO ▪ Crossover-current protection ▪ 3.3 and 5 V compatible logic supply ▪ Thermal shutdown circuitry ▪ Short-to-ground protection ▪ Shorted load protection ▪ Five selectable step modes: full. (n.d.). [www.allegromicro.com](http://www.allegromicro.com)



- Estrella Vera, A. E., & Jibaja Contreras, K. J. (2018). Diseño de una red de sensores inalámbricos con un sistema de detección de gas GLP en un ambiente de domótica para minimizar riesgos de accidentes e incendios (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería En Networking y Telecomunicaciones).
- Gómez, J., García, M., & López, A. (2019). Evaluación de la eficacia de un sistema de detección y control de fugas de gas en la industria química. *Revista de Seguridad Industrial*, 32(2), 45-51.
- Huy, C. (2010). Módulo de alimentación para placas con dispositivos FPGA. 60–62.
- Julián, J., German, S., Rodríguez, E., & De Ingeniería, F. (2008). DISPOSITIVO ELECTRÓNICO AUTOMATIZADO CON ELECTRO VÁLVULAS PARA EL CONTROL DE FUGAS DE GAS DOMICILIARIO.
- Leira Rodríguez, R., & Gómez Suárez, J. (2017). Protoboard. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de [https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/pluginfile.php/20941/mod\\_resource/content/0/Apuntes/protoboard.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/pluginfile.php/20941/mod_resource/content/0/Apuntes/protoboard.pdf)
- Lideres. (s.f.). El subsidio opaca el negocio del gas. Recuperado el 18 de junio de 2020, de El subsidio opaca el negocio del gas.: <http://www.revistalideres.ec/lideres/subsidio-opaca-negocio-gas.html>
- Lideres. (s.f.). El subsidio opaca el negocio del gas. Recuperado el 18 de junio de 2020, de <http://www.revistalideres.ec/lideres/subsidio-opaca-negocio-gas.html>
- LPG. (2015). Origen del GLP. Recuperado el 12 de junio de 2020, de <https://www.wlpga.org/wpcontent/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf>
- Martínez, R., Meré, J., de Pisón Ascacíbar, F., Marcos, A. G., & Elías, F. A. (2009). Redes Inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica. Recuperado el 17 de Julio de 2020, de [repositorio.utn.edu.ec: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6527/1/04%20RED%20151%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6527/1/04%20RED%20151%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)
- Mar Cornelio, O., Gulín González, J., Santana Ching, I., & Rozhnova, L. (2016). Sistema de Laboratorios a Distancia para la práctica de Control Automático. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(4), 171-183.
- Méndez Bernal, B. (2015). Control de fugas en almacenamientos de gases licuados tóxicos (III). Recuperado el 29 de junio de 2020, de [https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_338.pdf/9d60b967-83a2-4478a304-](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_338.pdf/9d60b967-83a2-4478a304-)

24540f4d8ba9

- Moran, A., Angel, J., Huamani, C., Asesor, J. A., Cuentas, V., & Indira, N. (n.d.). TESIS FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES Sistema de seguridad electrónico para el suministro de gas natural residencial PRESENTADO POR. [www.uch.edu.pe](http://www.uch.edu.pe)
- Murillo Bravo, J. V. (2016). DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE DETECCIÓN Y PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN HOGARES CAUSADOS POR FUGA DE GAS (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones).
- MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas. (n.d.).
- UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-020. (n.d.).
- Naylamp, M. (Junio de 2020). Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135. Recuperado el 17 de Julio de 2020, de Naylamp, Macatronics;: [https://naylampmechatronics.com/blog/42\\_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3MQ7-y-MQ13.html](https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3MQ7-y-MQ13.html)
- Núñez, C., Álvarez, J., & Morales, F. (2017). Sistema de detección y control de fugas de gas mediante sensores inalámbricos. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación*, 4(1), 15-22.
- Osinermin. (2018). Diferencias Físico - Químicas del Gas Natural el GLP. Recuperado el 15 de junio de 2020, de <http://srvgart07.osinerg.gob.pe/webdgn/contenido/diferencias-fisico-quimicasnglp.html>
- Pérez, L., García, R., & López, A. (2020). Avances en tecnologías de detección y control de fugas de gas. En *Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica* (pp. 134-139).
- Pérez, L., Sánchez, R., & Hernández, F. (2018). Diseño e implementación de un sistema de detección y control de fugas de gas en una planta de producción de alimentos. En *Congreso Internacional de Ingeniería de Alimentos* (pp. 156-161).
- Rodríguez Andrea. (2020, May 17). Un calefón en mal estado provocó una tragedia en el Comité del Pueblo; cinco miembros de una familia murieron. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/intoxicacion-monoxido-carbono-muerte-quito.html>
- Sánchez, J. J., & Rodríguez, G. E. (2008). Dispositivo electrónico automatizado con electro válvulas para el control de fugas de gas domiciliario.

Talenas Bustamante, A. J., & Lozano Acosta, M. J. (2016). Implementación de un sistema domótico con tecnología arduino en app inventor para mejorar el control de temperatura e iluminación del hotel San Luis en Amarilis. 1/99. [http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1054/t047\\_42637117\\_t.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1054/t047_42637117_t.pdf?sequence=1&isallowed=y)

TOPÇU, G. Y., & IN. (2013). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. June.

Torres Rodríguez, G. R. (2020). Diseño e implementación de un prototipo de alerta que detecte la fuga de gas metano en una vivienda y activación de mecanismos de protección (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniera en Networking y Telecomunicaciones)

UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-020. (n.d.).

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES Diseño de una red de sensores inalámbricos con un sistema de detección de gas GLP en un ambiente de domótica para minimizar riesgo. (2018).

## ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación del dispositivo en el Área Domestica



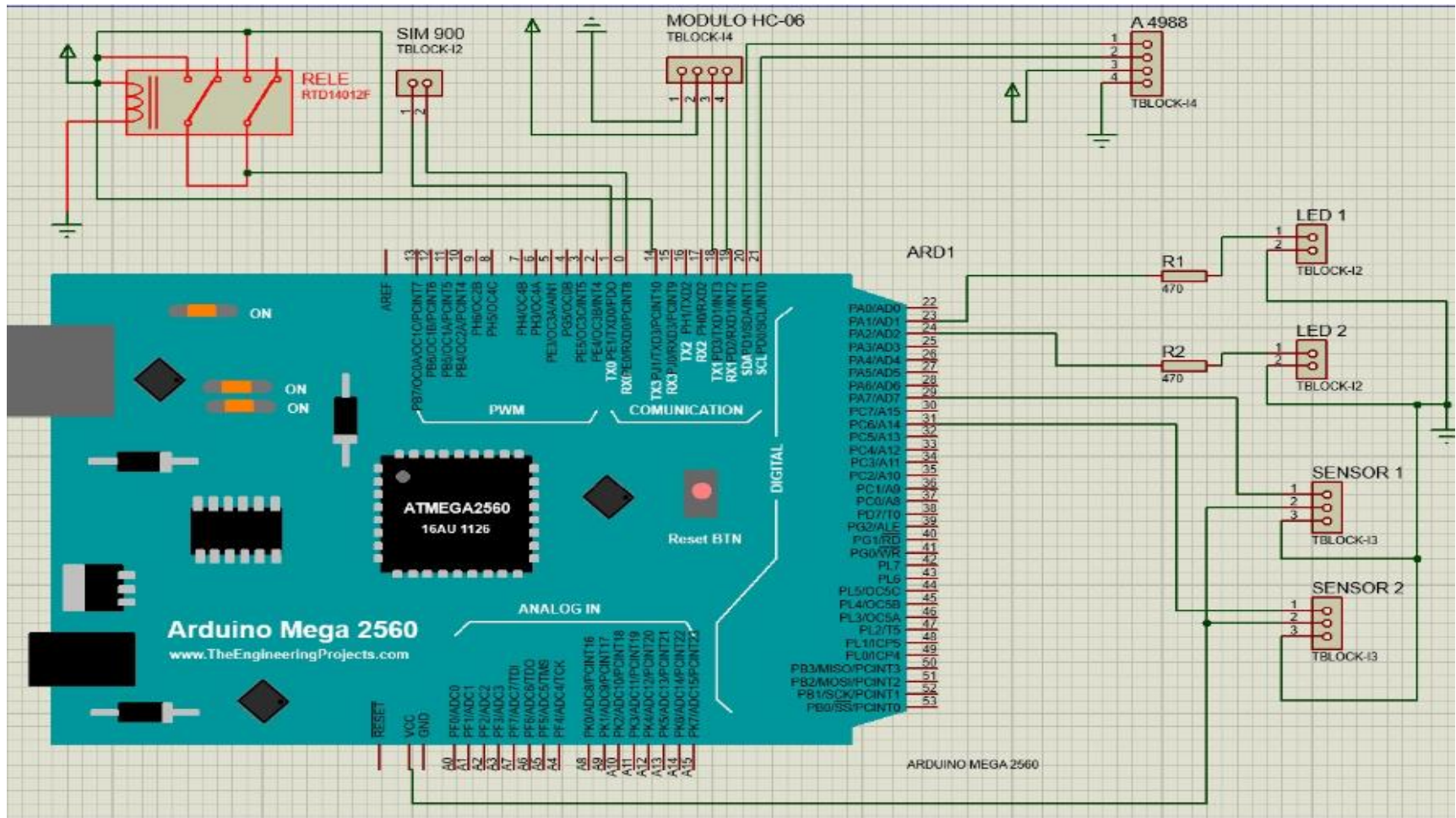
Fuente: Hernández K, Quishpe L.

## Anexo 2. Sistema de engranaje y riel para la apertura de la Ventana



Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### Anexo 3. Circuito



Fuente: Hernández K, Quishpe L.

## Anexo 4. Programación Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(50, 52); // pin utilizados para rx y tx
int pinstep=33;
int pindir=35;

int gas = A0; //Declaración de variables sensor
int bGas=0;
int gas1 = A1; //Declaración de variables sensor
int bGas1=0;
int i =0;
int rele=0;
int electro = 12 ; // simulamos la electro
int ventilador= 9; //ventilador
int ledon = 2; //led rojo pin2
int red=3;
int IN1= 6; //motor
int IN2= 7; //motor
int st=0;
int stvent=0;
int stmot=0;
int stsms=0;
char valor; //Variable para indicar que llega una orden
int buzzer=13;
void setup(){
  pinMode(pinstep,OUTPUT);
  pinMode(pindir,OUTPUT);
  pinMode(ventilador, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(ledon, OUTPUT);
  pinMode(red, OUTPUT);
  pinMode(electro, OUTPUT); // simulac
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT); // simulac

  digitalWrite(ledon,HIGH);
  digitalWrite(ventilador,HIGH);
  digitalWrite(electro,LOW);
  digitalWrite(IN1,HIGH);
  digitalWrite(IN2,HIGH);

  SIM900.begin(19200); //Configura velocidad serial para el SIM
  delay(1000); //Retardo para que encuentra a una RED
  Serial.begin(9600); //Configura velocidad serial para el Arduino
  Serial.println("OK"); //Mensaje OK en el arduino, para saber que todo va bien.
  Serial2.begin(9600); //Configura velocidad serial para el Arduino

  delay(20000); ////////////////////////////////////////////////////
  SIM900.println("AT");
}

void loop(){
  |
```

Fuente: Hernández K, Quishpe L.

## Anexo 5. Programación de los sensores MQ2

```
void loop(){

    bGas= analogRead(gas);//Lectura del sensor de gas
    Serial.print("bGas:");Serial.println(bGas);//Se imprime ese valor en terminal serial
    bGas1= analogRead(gas1);//Lectura del sensor de gas
    Serial.print("bGas1:");Serial.println(bGas1);//Se imprime ese valor en terminal serial

    if((bGas>150)||(bGas1>150)){// SI DETECTA FUGA DE GAS ENTONCES
    Serial.println("GAS DETECTADO");
    digitalWrite(electro,HIGH);//CIERRO ELECTROVALVULA
    digitalWrite(ventilador,LOW);//PRENDO VENTILADOR
    digitalWrite(buzzer,HIGH);//PRENDO BUZZER
    st=1;//se ha activado una alarma
    stvent=1;
    abrirv();//ABRO A VENTANA
    enviarSMS1();
    enviarSMS2();
    llamar();
    delay(4000);
    }

    if(((bGas<150)||(bGas1<150))&&(st>=1)){// SI NO DETECTA FUGA DE GAS ENTONCES
    st=0;//reseteo estado de alarma
    stsms=0;
    digitalWrite(buzzer,LOW);//APAGO BUZZER
    if(stvent==1){

        if(stvent==1){
            stvent=0;
            digitalWrite(ventilador,HIGH);//APAGO VENTILADOR
            }
            cerrarv();
            }

            Bluetooth();

            delay(500);

            }

        void enviarSMS1(){
            Serial.println("ENVIANDO SMS");
            if(stsms==0){
                Serial.println(" 1");
                stsms=1;
                SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
                delay(200);
                SIM900.println("AT+CMGS = \"+593983159513\");
                delay(200);
                SIM900.println("SE DETECTO UNA FUGA DE GAS ");
                delay(200);
                SIM900.println((char)26);
            }
        }
    }
}
```

Fuente: Hernández K, Quishpe L.



## Anexo 6. Programación del envío del mensaje.

```
SIM900.println((char)26);  
delay(200);  
SIM900.println();  
delay(6000);  
}  
}
```

```
void enviarSMS2(){  
  Serial.println("ENVIANDO SMS");  
  if(stsms==1){  
    Serial.println(" 2");  
    stsms=2;  
    SIM900.println("AT");  
    delay(200);  
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");  
    delay(200);  
    SIM900.println("AT+CMGS = \"+593999858065\"");  
    delay(200);  
    SIM900.println("SE DETECTO UNA FUGA DE GAS ");  
    delay(200);  
    SIM900.println((char)26);  
    delay(200);  
    SIM900.println();  
    delay(6000);  
  }  
}
```

```
}  
void llamar(){  
  SIM900.print("ATD");  
  SIM900.print("+593983159513");  
  SIM900.println(";");  
  Serial.println("llamando...");  
  delay(20000);  
  SIM900.println("ATH");  
  delay(20000);  
  SIM900.println("AT");  
  Serial.println("llamada finalizada");  
}  
  
void Bluetooth(){  
  Serial.println("bluet");  
  if (Serial2.available()) //Si el puerto serie (Bluetooth) está disponible  
  {  
    valor = Serial2.read(); //Lee el dato entrante via Bluetooth  
    Serial.println(valor);  
    if (valor == 'A') //Si el dato que llega es una A  
    {  
      digitalWrite(ventilador, LOW); //Enciende el actuador  
    }  
    if (valor == 'B') //Si el dato que llega es una B  
    {  
      digitalWrite(ventilador, HIGH); //Apaga el LED 1  
    }  
  }  
}
```

Fuente: Hernández K, Quishpe L.

## Anexo 7. Programación del accionamiento de la ventana.

```
if (valor == 'C') //Si el dato que llega es una C
{
    digitalWrite(electro, LOW); //Enciende el actuador
}
if (valor == 'D') //Si el dato que llega es una D
{
    digitalWrite(electro, HIGH); //Apaga el LED 2
}
if (valor == 'E') //Si el dato que llega es una E
{
    abrirv();
}

if (valor == 'F') //Si el dato que llega es una F
{
    cerrarv();
}
}

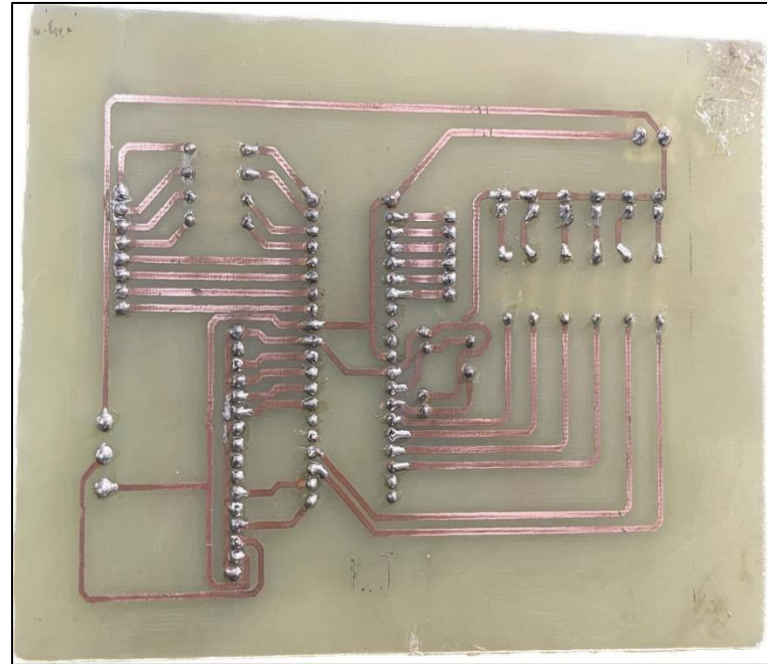
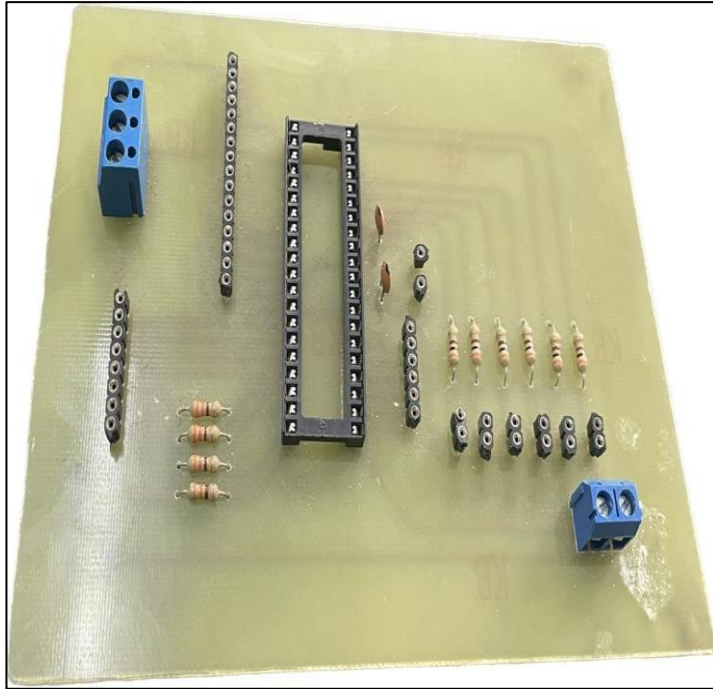
void cerrarv(){
Serial.println("VENTANA CERRADA");
if(stmot==1){
    stmot=0;
    digitalWrite(pindir,HIGH);
    for(int x=0;x<290;x++){

        if (stmot==1) {
            stmot=0;
            digitalWrite(pindir,HIGH);
            for(int x=0;x<290;x++){
                digitalWrite(pinstep,HIGH);
                delay(10);
                digitalWrite(pinstep,LOW);
                delay(10);
            }
        }
    }
}

void abrirv(){
Serial.println("VENTANA ABIERTA");
if(stmot==0){
    stmot=1;
    digitalWrite(pindir,LOW);
    for(int x=0;x<290;x++){
        digitalWrite(pinstep,HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(pinstep,LOW);
        delay(10);
    }
}
}
```

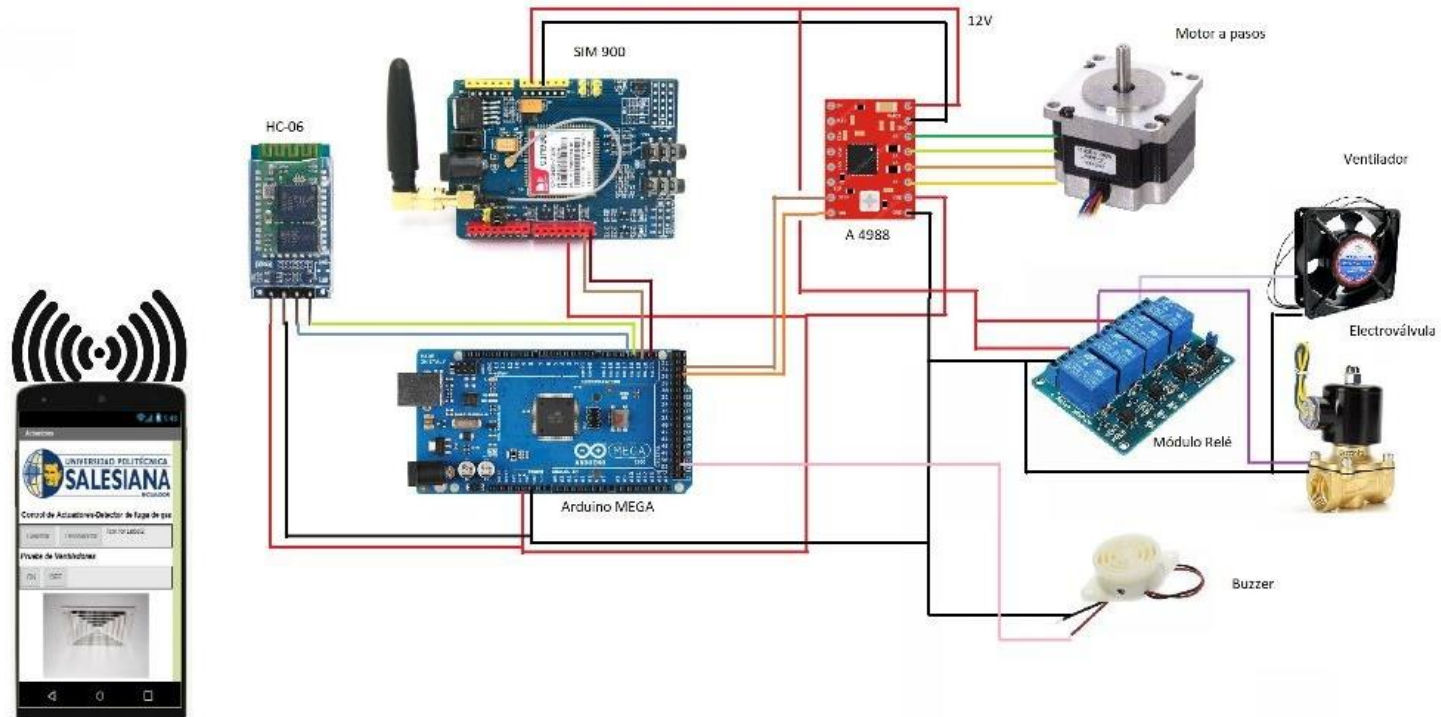
Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### Anexo 8: Placa PCB



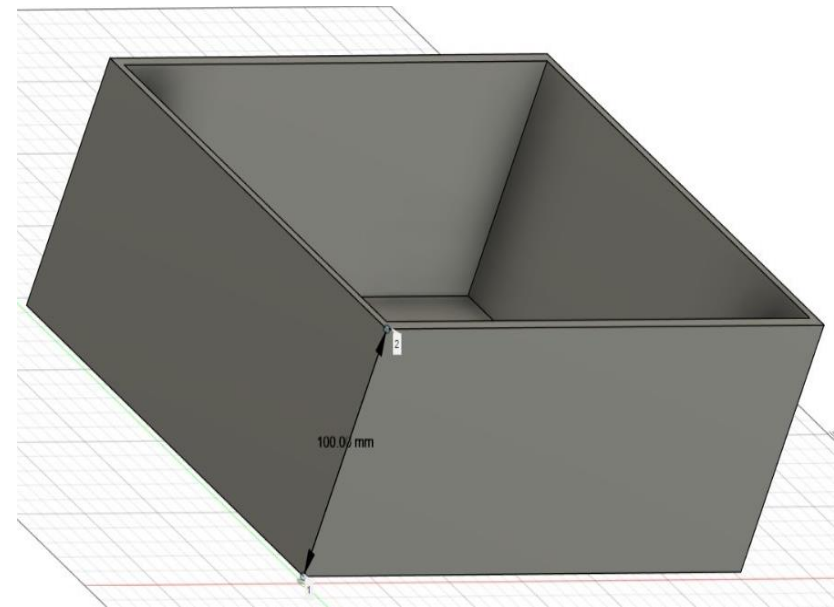
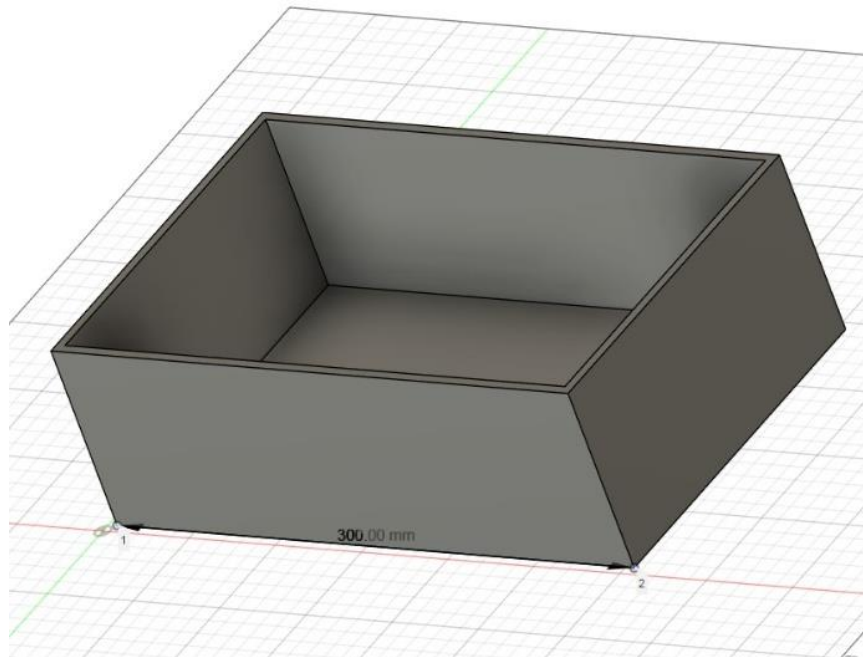
Fuente: Hernández K, Quishpe L.

### Anexo 9: Diagrama virtual de la conexión realizada en GitMind



Fuente: Hernández K, Quishpe L.

**Anexo 10: Diseño Virtual de la carcasa realizado en Autodesk**



Fuente: Hernández K, Quishpe L.

**Anexo 11: Tabla de pruebas del dispositivo en un ambiente controlado**

<b>Fecha de realización</b>	<b>Tiempo de duración</b>	<b>Comentario</b>	<b>Funcionamiento</b>	<b>Aprobación del funcionamiento del sistema.</b>
1 Noviembre 2022	30 minutos	El sistema detecta la señal en los sensores, pero no activa los actuadores y no realiza las llamadas y mensajes de texto	Funcionamiento al 40%	NO APROBADO
3 Noviembre 2022	30 minutos	La electroválvula es defectuosa y no cumple con los requisitos por la mala conexión por parte de los estudiantes.	Funcionamiento al 40%	NO APROBADO

7 Noviembre 2023	30 minutos	El sistema detecta las fugas de gas, pero no acciona el ventilador y el motor para la apertura de la ventana	Funcionamiento al 45%	NO APROBADO
12 Noviembre 2023	20 minutos	El sistema funciona con lentitud los actuadores y cumple con los estándares deseados	Funcionamiento al 50%	APROBADO
15 Noviembre 2022	20 minutos	Se corrige los tiempos de accionamiento de los actuadores.	Funcionamiento al 60%	APROBADO
19 Noviembre 2022	20 minutos	El sistema detecta las fugas de gas, pero no realiza las llamadas ni envía los mensajes de	Funcionamiento al 50%	NO APROBADO

		texto. Corrección de las conexiones.		
23 Noviembre 2022	20 minutos	Se presentan fallas en la comunicación y la aplicación no cumple con ninguna ejecución por parte de su programación	Funcionamiento al 50%	NO APROBADO
28 Noviembre 2022	20 minutos	Los sensores presentan fallas y no reconocen el gas GLP	Funcionamiento al 55%	NO APROBADO
2 Diciembre 2022	15 minutos	Corrección y realización de 5 pruebas de detección de gas con un sensor y todas en un 80% fueron satisfactorias.	Funcionamiento al 80%	APROBADO



10 Diciembre 2022	45 min	El sistema se queda conectado por 45 min y el usuario hace uso del sistema de seguridad GLP con normalidad.	Funcionamiento al 85%	APROBADO
15 Diciembre 2022	60 minutos	Se prolonga el tiempo a 60 min de uso del sistema de seguridad.	Funcionamiento al 70 %	APROBADO
19 Diciembre 2022	120 minutos	El sistema realiza las acciones programadas, y se calibra el sensor por motivo que se demora en detectar el gas GLP.	Funcionamiento al 60%	APROBADO
26 Diciembre 2022	10 minutos	Se realiza en el domicilio 5 pruebas y el sistema funciona	Funcionamiento al 80%	APROBADO

		correctamente.		
2 Enero 2023	40 minutos	El sistema se queda instalado y cumple con todos los requisitos en 40 min de prueba.	Funcionamiento al 85%	APROBADO
5 Enero 2023	10 minutos	El sistema cumple con todos los requisitos	Funcionamiento al 90%	APROBADO
11 Enero 2023	5 minutos	El sistema cumple con todos los requisitos	Funcionamiento al 90%	APROBADO
20 Enero 2023	5 minutos	El sistema cumple con todos los requisitos	Funcionamiento al 90%	APROBADO
1 Febrero 2023	5 minutos	El sistema cumple con todos los requisitos	Funcionamiento al 90%	APROBADO
5 Febrero 2023	5 minutos	El sistema cumple con todos los requisitos	Funcionamiento al 90%	APROBADO
10 Febrero 2023	5 minutos	El sistema cumple con todos los	Funcionamiento al 98%	APROBADO

		requisitos a un 90 % para pasar al ambiente no controlado.		
--	--	---------------------------------------------------------------------	--	--

Fuente: Hernández K, Quishpe L.

**Anexo 12: Tabla de pruebas del dispositivo en un ambiente no controlado**

<b>Día de la semana</b>	<b>Durabilidad</b>	<b>Comentario</b>	<b>Funcionamiento.</b>	<b>Aprobación</b>
Lunes 7 Noviembre 2022	Tiempo Real	La familia se familiariza con el dispositivo y estaba aprendiendo de su funcionamiento, pero al momento de detección de gas el dispositivo funciono a un 50 %.	Funcionamiento al  50%	NO APROBADO
Martes 8 Noviembre 2022	Tiempo Real	El sensor que se situaba en la cocina no funciona a su 100 % por lo que se dedujo que no detecta el gas.	Funcionamiento al  10 %	NO APROBADO
Miércoles 9 Noviembre 2022	Tiempo Real	Se cambio el sensor que estaba fallando y se calibro un nuevo sensor para la detección y su	Funcionamiento al  10 %	APROBADO

		funcionamiento.		
Jueves 10 Noviembre 2022	Tiempo Real	La familia usó de forma normal la cocina y no se detectó fugas de gas, los sensores y actuadores siguen actuando al 100 %.	Funcionamiento al 80%	APROBADO
Viernes 11 Noviembre 2022	Tiempo Real	Se cambio el tanque del gas, pero el sistema no detecto la fuga mediante el sensor que se encontraba en el tanque y se calibro nuevamente un sensor nuevo.	Funcionamiento al 50%	NO APROBADO
Lunes 21 Noviembre 2022	Tiempo Real	La familia conocía de la existencia del dispositivo, pero estaba ubicado en otro lugar al original por lo que los niños lo manipularon y causaron daños en el mismo.	Funcionamiento al 40%	NO APROBADO
Martes 22 Noviembre 2022	Tiempo Real	Al ser manipulado por niños el dispositivo empezó a mostrar		NO APROBADO

		señales erróneas y los actuadores no funcionaban incumpliendo el correcto funcionamiento.	Funcionamiento al 50%	
Miércoles 23 Noviembre 2022	Tiempo Real	Al ser manipulado por niños el dispositivo empezó a mostrar señales erróneas y los actuadores no funcionaban incumpliendo los objetivos planteados	Funcionamiento al 40%	NO APROBADO
Jueves 24 Noviembre 2022	Tiempo Real	Señales erróneas y los actuadores no funcionaban incumpliendo el sistema.	Funcionamiento al 50 %	NO APROBADO
Viernes 25 Noviembre 2022	Tiempo Real	Corrección del sistema tras ser averiado.	Funcionamiento al 55%	NO APROBADO
Lunes 9 Enero 2023	Tiempo Real	Se hicieron los ajustes necesarios del dispositivo y		APROBADO

		ubicándolo en un mejor lugar fuera del alcance de los niños, el sistema no presento errores en lecturas ni alteraciones en los actuadores	Funcionamiento al 70%	
Martes 10 Enero 2023	Tiempo Real	La familia usó de forma normal la cocina y no se detectó fugas de gas, los sensores y actuadores siguen actuando de forma correcta	Funcionamiento al 70%	APROBADO
Miércoles 11 Enero 2023	Tiempo Real	Realizando el reporte necesario se detectó una fuga de gas al momento en el que la familia estaba calentando leche e hirvió y esta apago el fuego de la estufa. El sistema realizo la llamada de emergencia y cumplió con los objetivos planteados salvaguardando la vida	Funcionamiento al 90%	APROBADO

		del usuario		
Jueves 12 Enero 2023	Tiempo Real	La familia usó de forma normal la cocina y no se detectó fugas de gas, los sensores y actuadores siguen actuando de forma correcta	Funcionamiento al 80%	APROBADO
Viernes 13 Enero 2023	Tiempo Real	La familia no se encontraba en la casa cuando se detectó una fuga de gas por el tanque por lo que el sistema mando una alerta y se puso en marcha para extraer el gas.	Funcionamiento al 95%	APROBADO
Lunes (6 Febrero 2023)	Tiempo Real	Se dieron las indicaciones respecto al uso del dispositivo y cuál es su funcionamiento. El dispositivo se encontraba encendido y recibiendo datos en tiempo real por	Funcionamiento al 95%	APROBADO



Martes (7 Febrero 2023)	Tiempo Real	La familia usó de forma normal la cocina y no se detectó fugas de gas, los sensores y actuadores siguen actuando de forma correcta	Funcionamiento al 95%	APROBADO
Miércoles (8 Febrero 2023)	Tiempo Real	La familia se quedó sin gas por lo que tuvieron que cambiarlo, el sistema se puso en marcha por que se desconectó la manguera de gas y el sensor que va en el gas lo detecto y nos mandó las alarmas	Funcionamiento al 95%	APROBADO
Jueves (9 Febrero 2023)	Tiempo Real	Antes del anochecer la familia uso la cocina y dejaron una hornilla a medio cerrar por lo que existía una fuga de gas, el sistema lo detecto y se puso en marcha con todos sus componentes	Funcionamiento al 97%	APROBADO

<p>Viernes (10 Febrero 2023)</p>	<p>Tiempo Real</p>	<p>La familia no se encontraba en la casa cuando se detectó una fuga de gas por el tanque por lo que el sistema mando una alerta y se puso en marcha para extraer el gas.</p>	<p>Funcionamiento al 100%</p>	<p>APROBADO</p>
------------------------------------------	--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------	-----------------

Fuente: Hernández K, Quishpe L.