



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**MÓDULO ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD PARA LA EMISIÓN DE UNA
ALARMA Y ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN COMO RESPUESTA
A LA DETECCIÓN DE NIVELES NOCIVOS DE CO EN EL HABITÁCULO DE UN
VEHÍCULO CATEGORÍA M1.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: BRYAN STALIN CARPIO NOROÑA
STEEVEN EDUARDO BENITEZ AGILA

TUTOR: JHONNY JAVIER BARRERA JARAMILLO

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryan Stalin Carpio Noroña con documento de identificación N° 1726308719 y Steeven Eduardo Benitez Agila con documento de identificación N° 1727412338 manifestamos que:

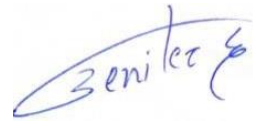
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de febrero del 2024.

Atentamente,



Bryan Stalin Carpio Noroña
1726308719



Steeven Eduardo Benitez Agila
1727412338

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

Nosotros, Bryan Stalin Carpio Noroña con número de identificación No. 1726308719 y Steeven Eduardo Benitez Agila con número de identificación No. 1727412338 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: “Módulo electrónico de seguridad para la emisión de una alarma y activación del sistema de ventilación como respuesta a la detección de niveles nocivos de CO en el habitáculo de un vehículo categoría M1”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

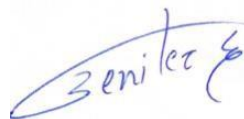
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Bryan Stalin Carpio Noroña
1726308719



Steeven Eduardo Benitez Agila
1727412338

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jhonny Javier Barrera Jaramillo con documento de identificación N° 1400378475, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MÓDULO ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD PARA LA EMISIÓN DE UNA ALARMA Y ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN COMO RESPUESTA A LA DETECCIÓN DE NIVELES NOCIVOS DE CO EN EL HABITÁCULO DE UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1 , realizado por Bryan Stalin Carpio Noroña con documento de identificación N° 1726308719 y por Steeven Eduardo Benitez Agila con número de identificación No. 1727412338, 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, 20 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Jhonny Javier Barrera Jaramillo, Msc.

1400378475

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.	5
MARCO TEÓRICO.....	5
Proceso de emisión de los vehículos	5
Emisiones por el tubo de escape.....	5
Descripción de los contaminantes	6
Monóxido de carbono (CO) y sus riesgos	7
Sensores de monóxido de carbono	8
Sensor MQ-7 y su funcionamiento.....	8
Tarjetas programables y su aplicabilidad	9
Tarjeta Arduino.....	10
CAPÍTULO 1	11
ANÁLISIS SITUACIONAL.....	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 Principio de funcionamiento de un MCI	11
1.3 Combustión y gases contaminantes.....	12
1.3.1 Emisiones húmedas calientes	13
1.3.2 Emisiones en circulación	13
1.3.3 Emisiones en reposo	13
1.4 Causas y consecuencias de la contaminación de CO en el habitáculo	14
1.5 Estadísticas de contaminación de CO.....	16

1.5.1 Causas y consecuencias del CO en la salud	17
1.6 Sistemas de detección de CO en vehículos	18
1.6.1 Sensores electroquímicos	18
1.6.2 Sensores de película metálica	19
1.6.3 Sensores integrados con escape	19
1.6.4 Sensores de monitoreo continuo	19
1.6.5 Sensores de advertencia y alarma	19
CAPÍTULO 2	20
DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE CO	20
2.1 Análisis comparativo de los componentes	20
2.1.1 Parámetros del diseño	20
2.2 Comparativa de componentes	21
2.2.1 Tarjeta programable	21
2.2.2 Raspberry PI	21
2.2.3 Arduino	22
2.2.4 PLC	23
2.3 Sistema de detección de CO	23
2.3.1 Sensor MQ-2B	23
2.3.2 Sensor MQ-7	24
2.3.3 MICS-5524	24
2.4 Análisis de las alternativas para el prototipo	25
2.5 Justificación de los componentes seleccionados	25
2.5.1 Tarjeta de desarrollo Arduino	25
2.5.2 Sensor MQ-7	27
2.5.3 Módulo SIM800L	28
2.5.4 DC-DC LM2596	29

2.5.5 Pantalla OLED 0.96”	29
2.5.6 Módulo relé	30
2.5.7. Elementos complementarios.....	31
2.6 Diseño y estructura de detección	32
2.7 Diseño del sistema de detección de CO, componentes y pines para conexión de sensores MQ-7.....	35
CAPÍTULO 3.....	37
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	37
3.1 Consideraciones para la instalación.....	37
3.2 Configuración del sistema	38
3.2.1 Configuración del sistema de detección de CO.....	38
3.2.2 Configuración de los límites de CO en ppm	39
3.2.3 Configuración del sistema de alerta vía SMS.....	41
3.2.4 Configuración del sistema de alerta auditiva.....	42
3.2.4 Configuración del sistema de actuadores	43
CAPITULO 4.....	46
INSTALACIÓN Y PRUEBAS	46
4.1 Consideraciones para la implementación	46
4.2 Instalación e integración del sistema en el vehículo.....	46
4.3 Definición de los escenarios de prueba	46
4.4 Ejecución de pruebas	46
4.4 Recopilación y análisis de mediciones	48
4.5 Comparación con estándares de seguridad.....	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	58

Anexo 1: Ficha técnica sensor MQ-7	58
Anexo 1. 1: Ficha técnica sensor MQ-7 pag.2	59
Anexo 2: Instalación de sensores MQ-7.....	60
Anexo 3: Instalación de relés en vidrios eléctricos	60
Anexo 4: Configuración inicial de datos en pantalla OLED.....	61
Anexo 4. 1: Diseño final de datos en pantalla OLED	61
Anexo 5: Conexión de sistema de ventilación para encendido automático	62
Anexo 6: Ingreso de gas contaminante al habitáculo	62
Anexo 7: Sensor MQ-7 con recubrimiento protector	63
Anexo 8: Código programación de Arduino para sistema de detección de CO.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Combustión teórica.....	6
Figura 2: Sensor MQ-7.....	9
Figura 1. 1: Principales fuentes de contaminación en el habitáculo.....	16
Figura 1. 2: Sistema ventilación de un vehículo	19
Figura 2. 1: Tarjeta Raspberry Pi	22
Figura 2. 2: Tarjeta Arduino Uno.....	22
Figura 2. 3 PLC, Controlador lógico programable.....	23
Figura 2. 4: Sensor MQ-2B	24
Figura 2. 5: Sensor MQ-7.....	24
Figura 2. 6: MiCS5524 CO	25
Figura 2. 7: Módulo SIM800L	28
Figura 2. 8: Step-Down	29
Figura 2. 9: Pantalla OLED 128x64 (0.96")	30
Figura 2. 10: Módulo relé.....	31
Figura 2. 11: Sistema de sensores y alarmas de alerta	33

Figura 2. 12: Diseño PCB Layout	34
Figura 2. 13: Posición de los sensores MQ-7	35
Figura 2. 14: Placa para la implementación de sensores y actuadores	35
Figura 2. 15: Placa implementada con los componentes.....	36
Figura 3. 1: Alimentación para el sistema del proyecto	38
Figura 3. 2: Conexión sensores MQ-7 con el Arduino.....	39
Figura 3. 3: Declaración de variables en cero	39
Figura 3. 4: Pines entrada de datos, sumatoria y promedio de valores	39
Figura 3. 5: Conexión de potenciómetro.....	40
Figura 3. 6: Variable de potenciómetro.....	40
Figura 3. 7: Función "map"	40
Figura 3. 8: Diagrama de módulo SIM8001	41
Figura 3. 9: Configuración de modulo SIM8001 para el envío de SMS de alerta	42
Figura 3. 10: Diagrama conexión buzzer	43
Figura 3. 11: Conexión de relés en elevavidrios	44
Figura 3. 12: Pines de relé.....	44
Figura 3. 13: Programación de relé	45
Figura 4. 1: Tiempo que toma en llenar el habitáculo de CO para la activación del sistema.....	48
Figura 4. 2: Segunda prueba de contaminación de habitáculo y descontaminación	48
Figura 4. 3: Lectura de datos del sensor en Arduino.....	49
Figura 4. 4: Recopilación de datos y tiempo para la activación del sistema con habitáculo contaminado	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Gases contaminantes Combustión Teórica – Real	6
Tabla 1. 1: Tabla de gases contaminantes emanados por el escape	14
Tabla 1. 2: Causas y consecuencias de contaminación de CO en el habitáculo.....	15

Tabla 1. 3: Niveles recomendados de las directrices sobre la calidad del aire y metas intermedias	17
Tabla 2. 1: Comparativa tarjetas de desarrollo.....	23
Tabla 2. 2: Características sensores de CO	25
Tabla 2. 3: Sensor MQ-7	27
Tabla 2. 4: Características del módulo SIM800L.....	29
Tabla 2. 5: Características de la pantalla OLED 0.96”	30
Tabla 2. 6 Características de módulo relé	31
Tabla 4. 1: Niveles de exposición al CO dañinos para la salud	50

RESUMEN

Investigaciones realizadas en los últimos años han determinado el nivel de daño que pueden causar los gases resultado de la combustión vehicular en la salud humana, por lo que se han comenzado a implementar tecnologías y métodos para reducir emisiones contaminantes emitidos por la combustión de combustibles fósiles.

En una búsqueda por garantizar y mejorar el confort de los pasajeros de un vehículo y su seguridad, los estudios se han centrado en implementar sistemas avanzados para detectar niveles de gases nocivos en el habitáculo mejorando los estándares tradicionales de los vehículos. En cuanto a la calidad del aire en el habitáculo se busca detectar niveles altos de CO, que pueden llegar a ser un riesgo y dañinos para la salud humana a corto y largo plazo, en casos extremos se puede llegar a la muerte.

En el Ecuador se conocen varios casos de muerte dentro del habitáculo por la presencia de monóxido de carbono (CO) ya sea por fisuras en el sistema de escape o daños en el sistema de aire acondicionado, a estas muertes se las ha denominado con el nombre de “Muerte dulce” debido a que el monóxido de carbono es un gas sin olor y no es perceptible al ojo humano.

Esta situación, ha impulsado el desarrollo de un proyecto que realice la lectura de datos de CO en tiempo real, para detectar monóxido de carbono en niveles nocivos para la salud y a partir de ello ejecutar de forma automática varias acciones en el vehículo para evitar una tragedia posterior. Como parte inicial de esta solución, se tomarán cuenta los estudios realizados sobre los niveles que se consideran perjudiciales y las consecuencias en cuanto a los tiempos de exposición de las personas al CO.

Palabras Claves: Rangos de CO, circuito, sensores, fisuras, módulo, combustión, confort.

ABSTRACT

Several investigations carried out in recent years have determined the level of damage that gases resulting from vehicle combustion can cause to human health, and for this reason, technologies and methods have begun to be implemented to reduce emissions. pollutants emitted by the combustion of fossil fuels.

In a constant search to guarantee and improve the comfort of the passengers of a vehicle, as well as their safety, studies have focused on implementing advanced systems for the detection of levels of harmful gases inside the cabin, improving the traditional standards that incorporate the vehicles. Regarding the quality of the air inside the cabin, we seek to detect high levels of CO concentration, which can represent a risk and be harmful to human health both in the short and long term, in extreme cases it can lead to death.

In Ecuador, there are several cases of death inside the cabin due to the presence of carbon monoxide (CO), either due to cracks in the exhaust system or damage to the air conditioning system. These deaths have been called of “Sweet Death” because carbon monoxide is an odorless gas and is not perceptible to the human eye.

This situation has driven the development of a project that reads CO data in real time, to detect carbon monoxide at levels harmful to health and automatically execute various actions in the vehicle to avoid a tragedy. later. As an initial part of this solution, studies carried out on the levels that are considered harmful and the consequences in terms of people's exposure times to CO will be taken into account.

Keywords: CO ranges, circuit, sensors, cracks, module, combustion, comfort.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con un estudio realizado a nivel local y regional, actualmente son pocas las marcas de vehículos que han implementado sistemas de alarma en caso de acumulación de monóxido de carbono dentro del habitáculo. Algunas marcas se han interesado en aplicar dispositivos de protección para prevenir incidentes graves o mortales, pero no todos han aplicado este sistema en su vehículo, pero existen dispositivos que mediante una programación adecuada pueden ser muy útiles para implementarse de forma eficiente.

Las causas y consecuencias de estar en contacto con el monóxido de carbono (CO), que tan letal puede ser y el porcentaje al que puede estar sometido una persona en un tiempo determinado están presentes en el Capítulo 1; el Capítulo 2 presenta los dispositivos electrónicos y su funcionamiento dentro del sistema de detección, como actúa y bajo qué condiciones y volumen de CO estos entran en funcionamiento, aplicaciones y la programación adecuada para que estos dispositivos estén en su pleno funcionamiento, complementos electrónicos útiles para el funcionamiento de la placa principal y componentes de rápida emisión de señal.

En el capítulo 3, se realiza todo el montaje del circuito en el vehículo de pruebas para determinar márgenes de porcentajes y como este se acopla de una forma adecuada con respecto al tamaño del habitáculo, determinar el tiempo de acción del sistema estimar el posicionamiento de cada sensor encargado de detectar el CO para una mejor recepción de señal de cada uno, configurara el sistema y realizar pruebas de funcionamiento en distintos vehículos para saber el límite de tiempo de llenado en cada vehículo y sacar un porcentaje que será útil para posibles instalaciones en distintos vehículos del mercado actual que no posean este sistema de seguridad

En el presente Capítulo 4 se generan tablas de la eficiencia del dispositivo en el vehículo para determinar su utilidad, las pruebas con el sistema de ventilación y el apagado del motor con respuesta a las señales generadas por los sensores ubicados dentro del habitáculo del vehículo, la eficiencia del sistema en casos de emergencia para prevenir muertes en sus ocupantes, una mejor conducción y confort de sus ocupantes.

PROBLEMA

Uno de los problemas más comunes que han sido detectados dentro del campo automotriz es la contaminación del habitáculo de pasajeros con gases nocivos para la salud. Esta contaminación se da por daños en el sistema de escape del motor, por fisuras o fugas en los componentes o por daños en el sistema de refrigeración.

En Ecuador se han reportado varios casos de muerte por respirar gases de combustión como monóxido de carbono durante tiempos prolongados, lo que constituye un problema muy importante, ya que estos incidentes son complejos ya que los gases son incoloros e inoloros. En el documento "Exposición a gases y a sustancias químicas - Trastornos del pulmón y las vías respiratorias"(Abigail Lara, 2020), se presentan diversos factores, así como los síntomas que presenta una persona según el nivel que se encuentre en el habitáculo, pero en caso de estar dormido estos no se sentirán, causando una muerte silenciosa denominada "Muerte dulce".

En este proyecto se centrará el estudio de las causas y consecuencias de uno de gases los más peligrosos para la salud del ser humano, el Monóxido de carbono (CO), para implementar un sistema de seguridad que detecte la cantidad de monóxido de carbono en el habitáculo con una tarjeta programable (Arduino), al que se incorporará un sensor para detectar el gas (MQ-7), alertando a los ocupantes cuando el nivel suba a niveles perjudiciales para su salud.

Como respuesta a la contaminación del habitáculo, el sistema interrumpirá el funcionamiento del motor para detener la emisión del gas contaminante y, para eliminar los gases rápidamente, permitirá bajar los vidrios del habitáculo automáticamente.

Objetivo General.

Desarrollar un dispositivo de seguridad electrónico para la emisión de alarmas y la activación del sistema de ventilación, como respuesta a la detección de CO en niveles nocivos para la salud en el habitáculo de un vehículo liviano categoría M1.

Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio técnico sobre las causas y consecuencias de la concentración de CO en niveles nocivos de CO en el habitáculo de un vehículo M1 tipo sedán.
- Diseñar un sistema de seguridad usando herramientas de software para integrar componentes electrónicos con la finalidad de salvaguardar la salud de las personas que se exponen a niveles nocivos de CO en el habitáculo de un vehículo.
- Programar el sistema de seguridad en la tarjeta Arduino, integrando el sensor de monóxido de carbono (MQ-7), para establecer los niveles de alarma y las acciones de respuesta.
- Probar el sistema de seguridad en un vehículo liviano para informar a sus ocupantes cuando los niveles de monóxido de carbono (CO) superen los niveles de seguridad, utilizando señales visuales, auditivas y activando el sistema de ventilación.

MARCO TEÓRICO

Proceso de emisión de los vehículos

Las emisiones de un vehículo son una gran fuente de contaminación para el medio ambiente, al pasar los años los grandes fabricantes automotrices se han visto forzados a explorar e incorporar nuevas tecnologías en los vehículos para cumplir con las normas ya sean EURO, TIER O EPA.

Las emisiones emitidas por los vehículos llegan a ocasiona daños en el aparato respiratorio y aumenta el riesgo de mortalidad cardiopulmonar, alteración de los lípidos de la mucosa bronquial, asma bronquial e incluso enfermedades cardiovasculares (Agencia de noticias UNAL, n.d.), estas emisiones se dan por la combustión o evaporación del combustible.

Emisiones por el tubo de escape

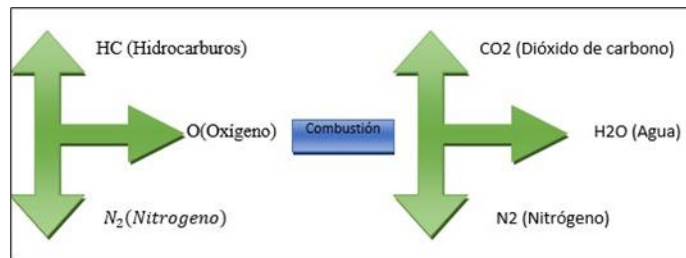
- **Combustión teórica:** En la combustión teoría existe una cantidad específica la cual reacciona con el oxígeno que ingresa al motor para una combustión.

El AFR en un vehículo a gasolina es de 14,7. Este AFR viene siendo la relación de aire y combustible el cual se calcula con la fórmula (1).

$$AFR = \frac{Masa\ aire}{Masa\ combustible} \quad (1)$$

La relación estequiométrica asegura una mezcla completa y la no existencia de sustancias combustibles en los gases de reacción.

Figura 1: Combustión teórica



Fuente: Autores

- **Combustión real:** En una combustión real es común utilizar una mayor masa de aire que la estequiométrica, con el fin de buscar una combustión más completa o poder controlar la temperatura de la cámara de combustión. En una combustión real se llegan a tener una mayor cantidad de gases contaminantes, la diferencia de gases contaminantes la podemos observar en la tabla 1.

Tabla 1. Gases contaminantes Combustión Teórica – Real

Teórica			Real														
H2o	CO2	N2	CO	HC	NOx	Pb	S	PM	O2	CH4	NH3						

Combustión

Fuente: Autores.

Descripción de los contaminantes

- **Hidrocarburos no combustionados (HC):** Es el resultado de una combustión incompleta del combustible dentro del motor.

- **Compuestos orgánicos volátiles (COV):** Precursores de daños en la capa de ozono y presentan un alto grado de toxicidad para el ser humano.
- **Monóxido de carbono (CO):** Es el resultado de una combustión incompleta, este gas presenta un grado alto de toxicidad para el ser humano.
- **Óxidos nitrosos (NOx):** Es el resultado de las elevadas temperaturas y altas presiones dentro del cilindro, la exposición a niveles altos puede causar desmayos y por tiempos prolongados puede producir la muerte.
- **Dióxido de azufre (SO₂):** El dióxido de azufre se da por la existencia de azufre en los combustibles, la exposición a este gas produce enfermedades respiratorias.
- **Material particulado (PM):** Son partículas sólidas y líquidas que se encuentran en la salida del escape, se encontrara PM₁₀ y PM_{2,5} los cuales al entrar en contacto con el sistema respiratoria puede causar enfermedades irreversibles.

Monóxido de carbono (CO) y sus riesgos

Los mayores contaminantes que cada día ponen en riesgo la atmosfera terrestre, uno de ellos es el monóxido de carbono con una emisión del 80% provocado generalmente por fuentes móviles que funcionan tanto a gasolina como a diésel, procesos industriales y fabricas que funcionan a nivel mundial, sus riesgos pueden ser muy graves e incluso estar expuesto a grandes dosificaciones podría causar la muerte (Emiliano Aránguez et al., 1999).

Los riesgos principales de estar expuesto a cantidades considerables de monóxido de carbono pueden producir intoxicación ocasionando sintomatología variada o incluso la muerte, incluso exponerse en bajas cantidades de forma silenciosa podría dañar la salud de una persona ya que es un gas que no presenta ninguna señal por ser inodoro e incoloro (Buchelli Ramirez et al., 2014).

La intoxicación es uno de los principales riesgos para las personas además de la pérdida de memoria, dolor de cabeza entre otras, las causa más habitual para que se den estos efectos son los accidentes domésticos, incendios esto debido a la combustión incompleta de gases, la capacidad toxica de este gas llamado monóxido de carbono depende a la unión de dos moléculas que contiene la hemoglobina que causas graves efectos como hipoxia anóxica afectando considerablemente la cadena respiratoria mitocondrial bloqueando la respiración

celular causando cefalea, mareo, náuseas, inestabilidad pérdida de conciencia y taquicardia (Oliu et al., 2010).

Sensores de monóxido de carbono

Existen varios sensores utilizados para medir los porcentajes de CO, pero los más comercializados y existentes en el mercado son pocos.

- **Sensores electroquímicos:** Son de estado sólido compuestos con una barrera de difusión capilar, en la capsula del sensor se encuentran electrodos y electrolitos, compuesta generalmente por ácido sulfúrico que al tener contacto con el CO genera una oxidación dentro de la capsula generando una corriente eléctrica que alerta a través de una alarma, se caracteriza por ser un sensor muy preciso y no requiere mantenimientos por tiempos prolongados de tiempo provocando niveles de confianza alto.
- **Sensores biométricos o catalíticos:** Emplean una solución líquida compuesta por sales de metales, azúcar y una sustancia química, incorpora un emisor de luz infrarroja, el principio de funcionamiento permite que la solución líquida pase por un fotodiodo, cuando esta detecta niveles importantes de CO el color de la solución inmediatamente cambia a un color oscuro interrumpiendo la luz infrarroja mandando señales de alerta, uno de sus factores a tomar en cuenta es que este sensor no realiza mediciones continuas por lo que no es totalmente confiable para su uso permanente (Vega-Luna et al., 2017).
- **Sensores de semiconductor:** Incorporan una fuente de corriente por un circuito integrado, circula por cables de dióxido de estaño que al momento de detectar niveles altos de CO sierra el circuito eléctrico activando alarmas de niveles altos, deben conectarse a una fuente eléctrica y en casos permanentes de funcionamiento deben ser conectada a una batería de respaldo.

Sensor MQ-7 y su funcionamiento

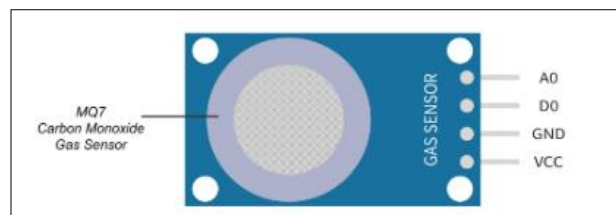
El sensor mq-7 es un tipo de sensor resistivo, para la activación de este sensor se requiere la concentración de monóxido de carbono en el ambiente, este sensor posee una resistencia de calentamiento que permite configurarlo dependiendo del porcentaje de emisión de CO en el

ambiente, el sensor mq-7 está configurado por voltajes variables basada en la absorción infrarroja en partes por millón evaluando las partículas más finas que se pueden presentar en el medio ambiente y que pueden ser perjudiciales para la salud de las personas (Pullutasig Paredes et al., 2022).

El sensor mq-7 está diseñado con un material semiconductor que se acciona cuando detecta emisiones de monóxido de carbono cambiando la resistencia eléctrica, para su correcto funcionamiento este debe calentarse para una óptima lectura de gas CO es esencial para activar las reacciones químicas del sensor. Este cambio de resistencia produce un cambio en su permitiendo generar una señal que luego esta se transmite a través de un sistema digital o analógico.

La ventaja de utilizar esta clase de sensor es que se puede adaptar fácilmente a procesamientos en Arduino NANO o UNO permitiendo visualizaciones de señal en cualquier módulo display u oled además permitiendo la incorporación de alarmas visuales o sonoras.

Figura 2: Sensor MQ-7



Fuente: (MQ-7 Gas Sensor Module, n.d.)

Tarjetas programables y su aplicabilidad

En los últimos tiempos la interacción entre la persona y su computador ha ido evolucionando con la llegada de nuevas interfaces que permite incorporar sensores actuadores y microcontroladores que responden a una programación que permite ordenar a todos estos dispositivos electrónicos y los permite cumplir con una función determinada (Revista ESPACIOS , n.d.).

Tarjeta Arduino

Existen diferentes tipos de microcontroladores que se acoplan fácilmente a la plataforma disponibles como parallax basic stamp, netmedia todos ellos son fáciles de programar y cumplen su función exitosamente.

Consiste en una aplicación de plataforma de tipo electrónico de códigos abiertos implementa hardware y software muy fáciles de usar, esta creado para diferentes actividades y crear objetos o sistemas controlados , Arduino está diseñado para sentir el entorno mediante varios dispositivos que se acoplan fácilmente como sensores actuadores y demás dispositivos electrónicos, su microcontrolador de la placa, permite programar usando su misma aplicación arduino programming language, su control puede ser autónomo o se puede comunicar con el software con la ayuda de un computador la mayoría de sus aplicaciones se las puede encontrar de forma gratuita en las páginas autorizadas del mismo servidor permitiendo un mejor uso (Enríquez Herrador, 2009).

Arduino es fácil de usar adaptándose a cualquier ordenador considerando la versión en la que se va a trabajar es una plataforma muy completa adaptada a las necesidades y fácil de acoplar microcontroladores, sensores, o cualquier dispositivo electrónico donde se programa la actividad que este vaya a realizar, su programación es propia de Arduino para no crear inconvenientes al cargar el código Asia nuestra placa.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS SITUACIONAL

El presente capítulo explica cómo se generan los gases contaminantes, el proceso de combustión de un motor a gasolina, posibles fallos que presenta y causales presentes para la emanación de gases contaminantes dentro del habitáculo, causas y consecuencias para la salud de sus ocupantes, dispositivos capaces de detectar porcentajes nocivos de contaminante que pueden llegar a afectar la salud de sus pasajeros.

1.1 ANTECEDENTES

En trabajos realizados como sistemas de alarma y apagado automático de un motor como respuesta al monóxido de carbono se obtuvieron los siguientes resultados, si una persona es expuesta a inhalaciones de CO durante 5 minutos en un promedio de 50 a 200ppm podría presentar daños en su salud incluso daños irreversibles como la muerte o daños cerebrales severos.

El sistema está diseñado para ser acoplado a cualquier vehículo, resistente a altas temperaturas de escape y muy versátil acoplándose a cualquier modelo, con las pruebas realizadas se demostró el tiempo real de contaminación del habitáculo que es de 1 a 5 minutos encendiendo todas las alarmas instaladas.

Se determinó que el sistema desarrollado fue eficiente logrando adaptarse y ser útil, logrando ser muy importante como sistema de seguridad para salvar vidas cuando algo suceda dentro del habitáculo, las pruebas llevadas a cabo en la maqueta lograron ser muy eficientes y hace mucha similitud a un habitáculo de un vehículo. (Felipe Guzmán & Kevin Jiménez, 2023)

Los trabajos realizados con distintos detectores de CO presentan similitud en los datos en promedios de 50 a 20 partículas por millón llegando a ser útiles para salvar la vida de los ocupantes en cualquier situación de emergencia.

1.2 Principio de funcionamiento de un MCI

El motor de combustión interna con el pasar de los tiempos ha ido evolucionando en muchos aspectos mejorando su eficiencia y tecnología con un 35% y 40% que actualmente han

alcanzado además de mejorar su mecánica también su tecnología y electrónica van del par con nuevos sistemas de inyección que hacen al motor aún más eficiente en distintas condiciones de uso elaborado con materiales más ligeros y mejorados. (Albert Martínez Villegas, 2007)

Consiste en una serie de elementos mecánicos que a través de su movimiento permiten obtener energía mecánica a partir de un ciclo térmico de un fluido en trabajo generando el proceso de combustión. Durante el funcionamiento realiza una serie de procesos repetitivos periódicamente que contribuyen un ciclo termodinámico, constituye cinco procesos básicos para el funcionamiento de un motor de combustión interna que son admisión, compresión, combustión, expansión. (Antonio Rovira & Marta Muñoz, 2015)

1.3 Combustión y gases contaminantes

La combustión o también llamado proceso de quemado consiste en una reacción de oxidación-reducción en el cual el oxígeno interviene combinados rápidamente con materiales oxidantes formando una reacción exotérmica formando una llama muy visible, en algunos casos particulares no posee este pequeño destello de quemado o fuego, pero si existe el proceso de combustión (Combustión Definición, n.d.).

El proceso de combustión realiza un conjunto de reacciones químicas exotérmicas mediante el cual se forma el estado térmico del fluido de trabajo llamado también de alta presión y de temperatura.

Es una serie de procesos físico-químicos generados gracias a la combustión de cualquier tipo de combustible dentro de las cámaras que se quema uniformemente provocando el ciclo de combustión.

Dentro del estudio realizado, los vehículos son los que mayor producen gases contaminantes debido a que se encuentran en grandes cantidades en todo el mundo. Los motores más comunes de combustión interna son a gasolina y de diésel que emiten varios contaminantes en forma de gas como monóxido de carbono que es uno de los mayores contaminantes registrados, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre y partículas en suspensión o material particulado emitidos por el sistema de escape afectando gravemente a las personas y a la salud pública de todo el mundo. (Pedro Francisco Vintimilla Jarrín, 2015)

Las principales fuentes de contaminación son las fuentes móviles realizado el último censo en el 2009, el contaminante más abundante registrado a nivel del Ecuador según el inventario de emisiones atmosféricas del distrito metropolitano de Quito es el monóxido de carbono que es el contaminante más abundante en peso con 97.939 toneladas (Dayana Vega et al., 2015).

Los estudios realizados demuestran que el 97.2% del monóxido de carbono es originado por fuentes móviles tanto de vehículos livianos 23% como de pesado 13% y camionetas 20% de CO principalmente afectando a ciudades y provocando crisis en la salud pública (Lilián Verónica Orellana Monar, 2008).

En las investigaciones revisadas destacamos que en la Universidad Nacional a distancia de Colombia se desarrolló una investigación concluyendo que los gases se clasifican según el tipo de emisión

1.3.1 Emisiones húmedas calientes

Originadas generalmente por combustibles volátiles al momento de apagar el motor producido debido a altas temperaturas en el motor.

1.3.2 Emisiones en circulación

Generadas por fugas de combustible cuando el motor se encuentra en funcionamiento.

1.3.3 Emisiones en reposo

Se generan por fugas y también por la permeabilidad de los conductos por donde pasa el combustible.

Uno de los principales contaminantes y peligrosos gases emanados por los vehículos en el mundo es el monóxido de carbono caracterizado por ser inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Mientras mayor altitud el proceso de combustión es menos eficiente provocando una mayor emanación de CO por una combustión incompleta.

Tabla 1. 1: Tabla de gases contaminantes emanados por el escape

Gas contaminante	Fuentes comunes	Efecto en la salud y el medio ambiente
Monóxido de Carbono (CO)	Combustión incompleta de combustibles.	Suele afectar mucho la capacidad de transportar oxígeno a todo el cuerpo.
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	Generado por altas temperaturas de combustión, principalmente en motores diésel	Formación de smog, lluvia acida además de graves impactos en la salud como problemas cardiovasculares.
Material Particulado (PM)	Desgate de materiales suspendidos en el aire.	Problemas respiratorios. Contaminación del aire.
Óxidos de Azufre (SOx)	Alto contenido de Azufre en los combustibles. Principalmente el diésel	Problemas en las vías respiratorias además de irritación en los ojos.
Hidrocarburos (HC)	Emisiones no quemadas de combustible.	Formación de smog. Irritación en los ojos.

Fuente: Autores

1.4 Causas y consecuencias de la contaminación de CO en el habitáculo

Según varios estudios, las personas pasan en sus vehículos unas 1 a 2 horas dependiendo de su destino al trabajo, colegio o viajes. En estos trayectos existen eventualidades que obligan a ocasionar tráficos considerables por largos periodos, diferentes cambios climáticos y variaciones de temperatura en el habitáculo.

Las concentraciones de CO dentro del habitáculo van en aumento cuando el vehículo está detenido en un tráfico el estudio realizado permite medir estas emisiones llegando a determinar que mientras más pasajeros en el vehículo las concentraciones de CO van a ser

más grandes se encontró que con 4 pasajeros dentro del vehículo existen niveles de CO de hasta 9000 ppm (Jefferson Muñoz & Mateo Ñacato, 2022).

Las causas para que ingrese gas de CO dentro del habitáculo depende mucho del estado del vehículo tanto de sus componentes mecánicos como de distintos factores, los espacios filtrantes que existe entre el motor o el escape del vehículo con el interior no siempre van a estar bien sellados provocando el paso en mínimas o en grandes cantidades de CO.

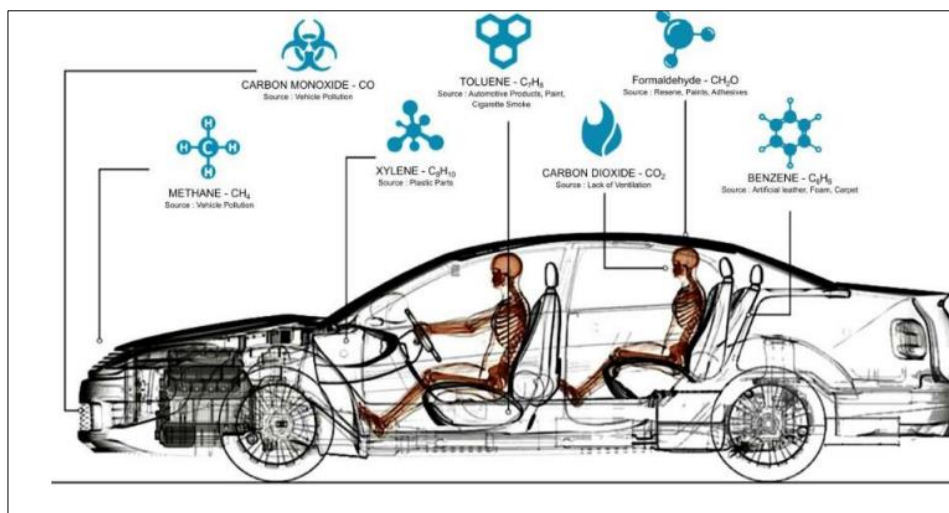
Los factores pueden variar según el escenario en que se encuentre, dificultad dentro del habitáculo creando gran contenido de CO en su interior provocando graves lesiones a sus ocupantes en el mismo o incluso la muerte.

Tabla 1. 2: Causas y consecuencias de contaminación de CO en el habitáculo.

Causas de contaminación por CO	Consecuencias de la contaminación por CO
Fugas por ruptura en el sistema de escape.	Efectos de mareo o nauseas en el/los pasajeros.
Fugas o defectos en el sistema de calefacción y aire acondicionado.	Riesgo del conductor puede presentar incapacidad y pérdidas de memoria.
Vehículo encendido en áreas cerradas sin ventilación	Afectaciones severas en el sistema cardiovascular.

Fuente: Autores

Figura 1. 1: Principales fuentes de contaminación en el habitáculo.



Fuente: (JAMES ALMEIDA & LUIS BARRENO, 2022)

1.5 Estadísticas de contaminación de CO

Las estadísticas presentes en el mundo con relación a la contaminación de CO se han expandido considerablemente 5 de cada 10 personas están expuestas a este gas de forma peligrosa sea en su trabajo o realizando actividades cotidianas, la Administración de Seguridad y Salud da un promedio de contacto con el gas CO de 50 ppm con un tiempo de 8 horas, lo recomendado según estudios realizados es de 35 ppm por un tiempo de 8 horas y dado un límite máximo de 200 ppm. La concentración de CO que llega a dañar a la persona tras un largo estudio por la NIOSH es una concentración de 1.200 ppm estar expuesto sería mortal y causaría efectos irreversibles en la salud (CDC, 2015).

La Agencia de protección ambiental (EPA) establece normas estado que regula la calidad de aire con respecto a los porcentajes permitidos admite la exposición de CO de 9 ppm en un tiempo de 8 horas y un 25 ppm como plazo de 1 hora (James A. Raub & Thomas B. McMullen, 1991), dentro de un vehículo también existen normas con una exposición de CO de 15 ppm en 8 horas y como máximo de 25 ppm por hora para asegurar la vida de los ocupantes los vehículos son sometidos a revisiones y mantenimientos permanentes.

A través del tiempo la contaminación del aire se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales que existe para la salud. En 2019 el 99% de la población habitaba lugares donde no se respetaban las normas impuestas por la OMS (OMS, 2022), efectos

contaminantes en el aire domestico asocian un total de 6.7 millones de muertes prematuras cada año por estar expuesto a contaminantes como el CO y otros gases volátiles.

Tabla 1. 3: Niveles recomendados de las directrices sobre la calidad del aire y metas intermedias

Contaminante	Tiempo promedio	Meta intermedia				Niveles de las directrices sobre la calidad del aire
		1	2	3	4	
$MP_{2,5} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)$	Anual	35	25	15	10	5
	24 horas	75	50	37,5	25	15
$MP_{10} \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)$	Anual	70	50	30	20	15
	24 horas	150	100	75	50	45
$O_3 \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)$	Temporada alta	100	70	-	-	60
	8 horas	160	120	-	-	100
$NO_2 \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)$	Anual	40	30	20	-	10
	24 horas	120	50	-	-	25
$SO_2 \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)$	24 horas	125	50	-	-	40
$CO \left(\frac{mg}{m^3} \right)$	24horas	7	-	-	-	4

Fuente: (OMS, 2022)

1.5.1 Causas y consecuencias del CO en la salud

Una de las causas principales que provocan el aumento de CO generalmente se atribuye la mala combustión de la gran cantidad de vehículos existentes en el mundo, generalmente en zonas con altitudes que sobrepasan los 2.550 msnm (Pedro Francisco Vintimilla Jarrín, 2015), la combustión no es completa debido a los escasos de oxígeno la quema del combustible no es apropiada generando mayor cantidad de monóxido de carbono.

Las consecuencias principales que conlleva estar expuesto a este gas contaminante que es silencioso puede producir efectos mínimos como también daños severos e incluso la muerte de la persona. Los síntomas más comunes son:

- Mareo, dolor de cabeza e incluso sensación de cansancio o desvanecimiento.
- En niveles más altos de exposición o un mayor tiempo en contacto con el gas puede llegar a presentar alucinaciones, pérdida de conocimiento, pérdida de visión y confusión.
- En grandes niveles de emanación puede causar la muerte debido a la ausencia de oxígeno en el ambiente afectando a las células.

Si la persona está en estado de ebriedad o dormida no presentará estos síntomas y estaría más vulnerable a afectaciones mayores como la muerte, la intoxicación con gas de monóxido de carbono puede matar a la persona sin que esta supiera ni antes de que alguien note lo que le está ocurriendo (Edgar Emanuel, 2021), los daños son irreversibles se producen severos daños cerebrales o paros cardiorrespiratorios que matarían a la persona en cuestión de minutos sin tener reacción alguna.

1.6 Sistemas de detección de CO en vehículos

Dentro de las investigaciones realizadas se destacan algunos sistemas inteligentes que son de gran ayuda, tienen la capacidad de realizar tareas que el ser humano no podría realizar por su estado de adormecimiento, ellos aplican razonamiento lógico con códigos de programación para controlar los sistemas electrónicos implementados para realizar acciones en condiciones de emergencia. Los dispositivos utilizados generalmente en detección de CO son microcontroladores junto con sensores especiales como el MQ-7 capaces de detectar el CO en porcentajes variados y que pueden enviar señales que a través de un sistema cuando se detectan niveles nocivos que pueden llegar a afectar a la persona (Edgar Emanuel, 2021).

A través de los años la tecnología ha ido evolucionando y creando dispositivos para ayudar al ser humano como es el caso de la detección de gases emanados por los vehículos que pueden dañar la salud y provocar daños irreparables.

1.6.1 Sensores electroquímicos

Utilizan una celda electroquímica que permite medir contenidos de CO que provoca una reacción del electrodo con el electrolito produciendo una señal, generalmente se utilizan para la detección en vehículos livianos ya que es un dispositivo muy pequeño.

1.6.2 Sensores de película metálica

Emplean una película delgada metálica que cambia de resistencia cuando detecta gas de monóxido de carbono.

1.6.3 Sensores integrados con escape

Es un sistema directamente instalado en el sistema de escape capaz de recopilar información en tiempo real de las emisiones de CO que a través de dispositivos electrónicos envían señales al tablero del vehículo alertando a su ocupante.

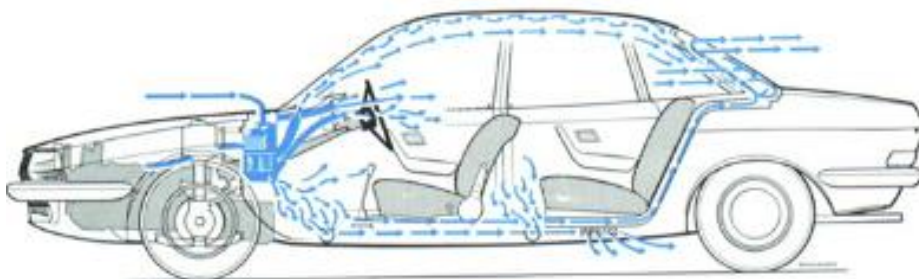
1.6.4 Sensores de monitoreo continuo

Dentro del mercado automotor algunos de los vehículos modernos especialmente de gama media-alta que realizan el monitoreo continuo de la calidad de aire dentro del habitáculo a través de sensores electroquímicos proporcionando alertas sonoras o visuales al detectar niveles altos de CO

1.6.5 Sensores de advertencia y alarma

Generalmente este sistema detecta concentraciones altas de CO en el interior del habitáculo y envía señales visuales y sonoras tanto al conductor como a los ocupantes.

Figura 1. 2: Sistema ventilación de un vehículo



Fuente: (AIREACIÓN - Definición - Significado, n.d.)

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE CO

El monóxido de carbono (CO) es un gas inoloro e incoloro, lo cual lo convierte en un gas de alta peligrosidad y toxicidad para la salud humana cuando se acumula en lugares cerrados, como lo es el habitáculo de un vehículo.

La preocupación por el bienestar y seguridad de los ocupantes de los vehículos ha llevado a desarrollar nuevos sistemas que pueden ser incorporados en los vehículos como método de seguridad ante esta problemática. Hasta hoy, se han realizado distintos estudios para determinar soluciones para abordar el problema y plantear soluciones efectivas y confiables.

2.1 Análisis comparativo de los componentes

Dentro de la programación existen muchos componentes que pueden usarse con la misma finalidad y función. El objetivo principal del siguiente análisis comparativo es determinar la mejor opción en los componentes que mejor se adapten y tengan un funcionamiento eficiente.

2.1.1 Parámetros del diseño

Los principales parámetros que se consideraron para determinar los componentes que utilizará el sistema propuesto son: costo, durabilidad, eficiencia, compatibilidad, tamaño y las especificaciones técnicas:

- **Costo:** El objetivo principal es optimizar los recursos económicos, buscando minimizar los costos asociados sin comprometer la calidad y eficacia del resultado final. La correcta elección brinda un correcto funcionamiento y confiable con un costo inferior al que se podría tener al escoger otros componentes.
- **Durabilidad:** Los componentes deben ser duraderos a pesar de tener un costo inferior al resto, buscando tener una larga vida útil.
- **Eficiencia:** Los componentes deben garantizar una correcta activación de los diferentes mecanismos para tener una ventilación y apagado automático del vehículo cuando el sensor detecte niveles altos de CO.

- **Compatibilidad:** Los componentes a elegir deben ser compatibles con la misma plataforma procurando un correcto funcionamiento de los elementos y sin efectos negativos en el desempeño de estos.
- **Tamaño:** Es de crucial importancia incorporar componentes de tamaño pequeño para que puedan ser incorporados en el vehículo sin dañar la estética del habitáculo.
- **Especificaciones:** En cada elemento a escoger se debe revisar primero las especificaciones buscando comprender el rendimiento en términos de potencia, velocidad, sensibilidad, etc.

2.2 Comparativa de componentes

A continuación, se realiza un análisis de los componentes seleccionados en el sistema de detección de CO:

2.2.1 Tarjeta programable

La tarjeta programable constituye la parte principal del sistema ya que de ello dependerá la integración a los componentes de detección y acción que forman parte de la solución. Se analizaron las siguientes opciones:

2.2.2 Raspberry PI

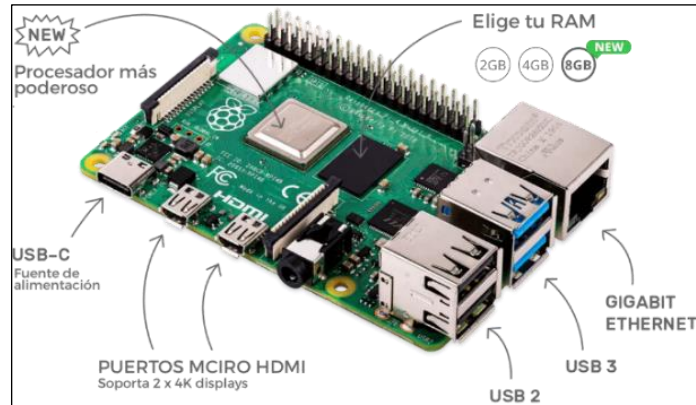
La tarjeta de desarrollo Raspberry Pi es una computadora de placa reducida, que contiene los componentes principales como memoria RAM, un procesador, puertos para USB, GPIO, HDMI entre otras. En el mercado existen varias versiones que pueden ser usadas en diferentes aplicaciones.

Esta tarjeta de desarrollo emplea el sistema operativo “Raspberry Pi OS” en el pasado este sistema operativo se lo conocía como “Raspbian”, pero también se puede emplear otros sistemas operativos que se basan en Linux, Ubuntu y se han desarrollado versiones específicas de Windows 10 para Raspberry Pi.

Raspberry Pi puede ser empleada en una amplia variedad de situaciones, se puede ir desde proyectos de baja dificultad hasta sistemas de alto nivel de complejidad. Se lo puede emplear

como un mini controlador de escritorio, como una estación meteorológica, servidores web, desarrollo para la automatización de hogares, etc.

Figura 2. 1: Tarjeta Raspberry Pi



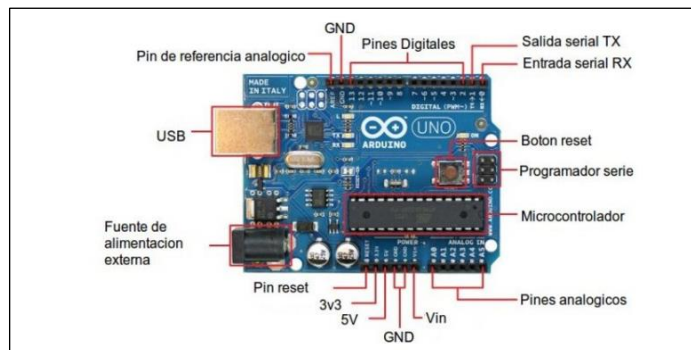
Fuente: (Inicio - Raspberry Pi, n.d.)

2.2.3 Arduino

La placa es la más conocida mundialmente, por su fácil aplicación y por tener una interfaz muy fácil para programarse, las aplicaciones que se le pueden dar son muy variadas y un mercado muy amplio de dispositivos, módulos, sensores, etc., lo que la convierte en una placa ideal para desarrollar proyectos sencillos y de alto desempeño.

Esta tarjeta está desarrollada bajo el concepto de software y hardware libre, lo que implica que cualquier persona puede replicar la tarjeta sin ninguna restricción (Tarjetas de Desarrollo – Sistemas Digitales, n.d.) por lo cual se puede encontrar varias versiones en el mercado con distintos precios.

Figura 2. 2: Tarjeta Arduino Uno



Fuente: (Cesar Cinjordiz, 2015)

2.2.4 PLC

El PLC (Printer Command Language), es un equipo mayormente empleado en aplicaciones industriales, este tipo de equipos tiene un costo más elevado de adquisición y costo elevado de mantenimiento y reparación.

Se lo aplica para generar modelos de tres dimensiones a partir de un escaneo láser, la detección de objetos en entornos 3D y también en una planificación para ruta de robots autónomos.

Figura 2. 3: PLC, Controlador lógico programable



Fuente: (Controladores Lógico Programables (PLC) Millenium EVO | Secoin, n.d.)

Tabla 2. 1: Comparativa tarjetas de desarrollo

Características	Raspberry	Arduino	PLC
Voltaje de operación	5V	5V	3-30 V
Velocidad de procesamiento	1,5 GHz	16 MHZ	10kHz
Software	Linux, Debian	Arduino IDE	STEP 7, Allen
Conexión a internet	Si	Adicional	Si
Costo promedio	\$100	\$20	\$175

Fuente: Autores

2.3 Sistema de detección de CO

2.3.1 Sensor MQ-2B

El sensor de gas MQ-2B tiene alta sensibilidad al propano y al humo, también puede detectar bien el gas natural y otros vapores inflamables (MQ-2B, 2019), tiene un costo bajo y por esta razón será accesible y una buena opción a tener en cuenta para distintas aplicaciones.

Figura 2. 4: Sensor MQ-2B



Fuente: (MQ-2B, 2019)

2.3.2 Sensor MQ-7

Este sensor está diseñado especialmente para la detección de monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄) en el entorno que se encuentre. Su funcionamiento se basa en el cambio de la resistencia que se encuentra dentro de la cubierta, se puede encontrar en el mercado a un precio bajo y en forma de módulo para un empleo más fácil y sencillo.

Figura 2. 5: Sensor MQ-7

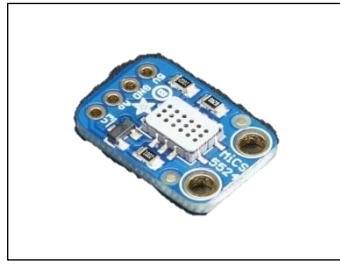


Fuente: (MQ-7 Sensor , n.d.)

2.3.3 MICS-5524

Es un sensor MEMS robusto para la detección de fugas de gas natural y monóxido de carbono en interiores (MiCS5524 CO, n.d.), proporciona una lectura analógica que es compatible con microcontroladores.

Figura 2. 6: MiCS5524 CO



Fuente: (MiCS5524 CO, n.d.)

Tabla 2. 2: Características sensores de CO

Características	MQ-2B	MQ-7	MiCS-5524
Voltaje de funcionamiento	5V	5V	5V
Rango de medición (ppm)	300-10000	20-2000	1-1000
Costo promedio	\$5	\$4	\$10

Fuente: Autores

2.4 Análisis de las alternativas para el prototipo

La selección de los componentes para el proyecto es un proceso que no debe tomarse a la ligera; los componentes elegidos deben satisfacer las necesidades específicas del sistema de manera adecuada.

En este proyecto se utilizará la tarjeta de desarrollo Arduino, el cual será el cerebro o parte principal de todo el sistema, que recibirá los datos de los sensores y permitirá la activación de los actuadores que se incorporarán en el sistema.

Para la detección de gas CO, se empleará el sensor MQ-7, el cual comparte la misma plataforma que Arduino. Esto asegura una comunicación efectiva y una recopilación precisa de datos.

2.5 Justificación de los componentes seleccionados

2.5.1 Tarjeta de desarrollo Arduino

En el mercado existen diversas tarjetas programables, cada una se caracteriza por su nivel de tecnología y la aplicabilidad de cada una. La tarjeta Arduino es una de las más conocidas en el mercado por su simplicidad y la facilidad para realizar proyectos de electrónica y robótica.

- **Proyectos de educación y aprendizaje:** Es una tarjeta muy amigable con estudiantes que desean iniciar en el mundo de la electrónica y comenzar a realizar proyectos de aprendizaje y educación.
- **Entorno de desarrollo:** El entorno de programación de Arduino ofrece una amplia cantidad de bibliotecas y diversos recursos para poder desarrollar proyectos tanto de robótica como de electrónica. Esto ayuda a facilitar el desarrollo de los códigos para la programación de la tarjeta y el desarrollo del hardware personalizado.
- **Estabilidad y seguridad:** La tarjeta Arduino es reconocida por ofrecer seguridad y estabilidad en proyectos de electrónica y robótica. Su operación a baja tensión y las protecciones integradas, que incluyen la prevención de cortocircuitos, contribuyen a reducir al mínimo los riesgos eléctricos asociados. Además, la estabilidad de su entorno de desarrollo, las actualizaciones de firmware periódicas y su resistencia general, la convierten en una plataforma confiable para los entusiastas y profesionales. No obstante, es esencial destacar que el diseño de sistemas de alimentación seguros y la adhesión a prácticas recomendadas son aspectos cruciales para prevenir inconvenientes operativos y errores inesperados, especialmente en aplicaciones críticas. La tarjeta Arduino, a pesar de su sólida base, depende en gran medida de una implementación cuidadosa y de la observación de directrices de uso adecuadas.
- **Facilidad de uso:** El entorno de Arduino es amigable para el aprendizaje y para dar los primeros pasos en la programación de tarjetas, lo que la convierte en una opción ideal para proyectos de robótica y electrónica de menor escala. Arduino se destaca por su facilidad de uso y simplicidad, presentando un nivel de complejidad inferior en comparación con otras tarjetas.
- **Costo:** La tarjeta Arduino tiene un costo inferior a comparación de otras tarjetas lo cual le hace ideal para estudiantes que cuenten con un presupuesto limitado o su

objetivo sea crear un proyecto de bajo costo y que tenga una excelente funcionalidad.

- **Consumo de energía:** Arduino tiene menos energía frente a otras tarjetas, lo que ayuda en proyectos donde se necesite implementar una batería o se tienen requisitos estrictos de eficiencia energética. Arduino es una excelente opción.
- **Datos en tiempo real:** Arduino es conocido por su actualización de datos en tiempo real, lo cual lo hace una opción ideal para la aplicación que requiera sensores y actuadores. La actualización rápida de datos la hace ideal en proyectos que requieran una respuesta inmediata.

2.5.2 Sensor MQ-7

El sensor MQ-7 se aplica para la detección de distintos gases como los son: Metano (CH₄), Monóxido de carbono (CO) y el Propano (C₃H₄). El monóxido de carbono mide en una concentración de 20 a 2000 ppm (Partículas por millón).

Tabla 2. 3: Sensor MQ-7

Modelo:	Sensor MQ-7
Aplicación en:	Detección de Monóxido de carbono
Voltaje de operación:	De 1,8 a 5 (V)
Rango de detección:	De 20 a 2000 ppm
Temperatura de operación:	-20°C a 50°C
Respuesta rápida y alta sensibilidad	

Fuente: Autores

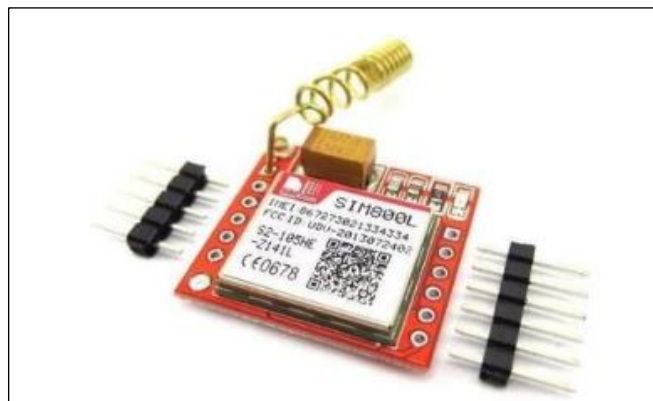
- **Detección de CO:** El sensor MQ-7 tiene una aplicabilidad en detección de monóxido de carbono (CO) como gases inflamables, estos gases son de gran daño para la salud humana por lo cual es de gran importancia su detección.

- **Aplicabilidad:** Es un sensor de fácil acceso y manejo lo cual lo convierte en una excelente elección para aplicar en sistemas de seguridad en vehículos, cocinas industriales y detección de la calidad de aire en un entorno encerrado.
- **Actualización de datos:** El uso del sensor a través de la tarjeta Arduino cuenta con una respuesta rápida y tiempo real arrojando datos instantáneos y con una constante actualización de datos. Con la actualización rápida de datos es primordial para poder arrojar una alerta a tiempo para poder tomar medidas de seguridad ante una alerta y evitar daños en la salud.
- **Salida de datos:** Con los datos obtenidos por la programación del sensor, se obtendrán datos analógicos que permitirán obtener una gráfica o señal que varía según la cantidad de gas a calcular.

2.5.3 Módulo SIM800L

Este módulo se empleará en el proyecto como un método de alerta en casos de emergencia, sus aplicaciones principales en los sistemas son: envío de mensajes de alerta, control de actuadores por medio de SMS, rastreo GPS, recepción de llamada, entre otras aplicaciones. Una de sus grandes ventajas es que se lo puede encontrar con distintas características dependiendo la aplicación que se le dará.

Figura 2. 7: Módulo SIM800L



Fuente: (Víctor Arrieta, 2018)

El módulo mostrado en la Figura 2.7 es un módulo sencillo mayormente empleado en proyectos de envío y recepción de mensajes de texto, en el mercado se pueden encontrar

módulos que usa la tarjeta SIM800L con una estructura más compleja los cuales son empleados en proyectos de mayor funcionalidad.

Tabla 2. 4: Características del módulo SIM800L

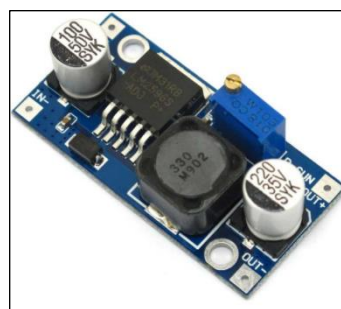
Características	SIM800L
Voltaje operación	3,4V – 4,4 V (DC)
Consumo corriente	0,7mA – 500mA
Quad-Band	SIM 2G (Funcionalidad solo con tecnología 2G)
Compatibilidad	Es compatible con cualquier red a nivel mundial.

Fuente: Autores

2.5.4 DC-DC LM2596

Este convertidor de voltaje es esencial en el circuito, tiene la función de reducir el voltaje y tener una salida de voltaje constante y precisa para los componentes. Puede ingresar desde los 4,5V hasta los 40V con una salida de voltaje regulable desde los 1,23V hasta los 37V dependiendo de las necesidades y la alimentación de voltaje que se le dé, por otro lado, contaremos con una corriente máxima de 3 A, aunque los recomendable serían los 2,5 A.

Figura 2. 8: Step-Down



Fuente: (Modulo DC-DC Step-Down (LM2596), n.d.)

2.5.5 Pantalla OLED 0.96”

La pantalla OLED permitirá la visualización de los datos emitidos en tiempo real por los sensores MQ-7, para conocer la cantidad de ppm de CO que se encuentra en el habitáculo.

Figura 2. 9: Pantalla OLED 128x64 (0.96”)



Fuente: (Luis del Valle, n.d.)

En la Figura 2.9 se ve la pantalla OLED seleccionada para incorporarse en el circuito.

Tabla 2. 5: Características de la pantalla OLED 0.96”

Características	Pantalla OLED
Voltaje operación	3V – 5,5V
Resolución	128x64 pixeles
Consumo de energía	0,08W (máx)
Peso	5 g

Fuente: (Display Oled 0.96", n.d.)

2.5.6 Módulo relé

Su función es recibir la señal de activación emitida por la tarjeta Arduino. Esto posibilita el flujo de corriente en los motores de los elevavidrios, permitiendo que los vidrios bajen automáticamente en situaciones de emergencia.

Por otro lado, también ayuda a realizar un corte de corriente en la bomba de combustible con el fin de interrumpir el suministro de combustible al motor y forzar su apagado.

Figura 2. 10: Módulo relé



Fuente: (MODULOS RELES, n.d.)

Estos módulos se pueden encontrar en distintas formas dependiendo su aplicación y necesidad tendrá un distinto número de relés en un mismo módulo.

Tabla 2. 6: Características de módulo relé

Características	Modulo relé
Voltaje alimentación	5V
Consumo corriente	5mA
Valores máximos	250V(AC)/10A 30V(DC)/10A

Fuente: (MODULOS RELES, n.d.)

Los componentes previamente mencionados fueron elegidos la mejor opción para el desarrollo del proyecto debido a que se logró obtener un costo total más bajo en comparación con otras alternativas. Las características técnicas de cada componente fueron determinantes en esta elección, destacando su relevancia y aplicabilidad en el proyecto. Se logra una alta fluidez en la toma de datos y en la activación de actuadores en caso de emergencia, gracias a las características específicas de cada componente.

El uso de la tarjeta Arduino se debe a la gran variedad de librerías ya existentes, que facilitan la integración de diferentes elementos, convirtiéndola en una alternativa de solución efectiva en diferentes aplicaciones.

2.5.7. Elementos complementarios

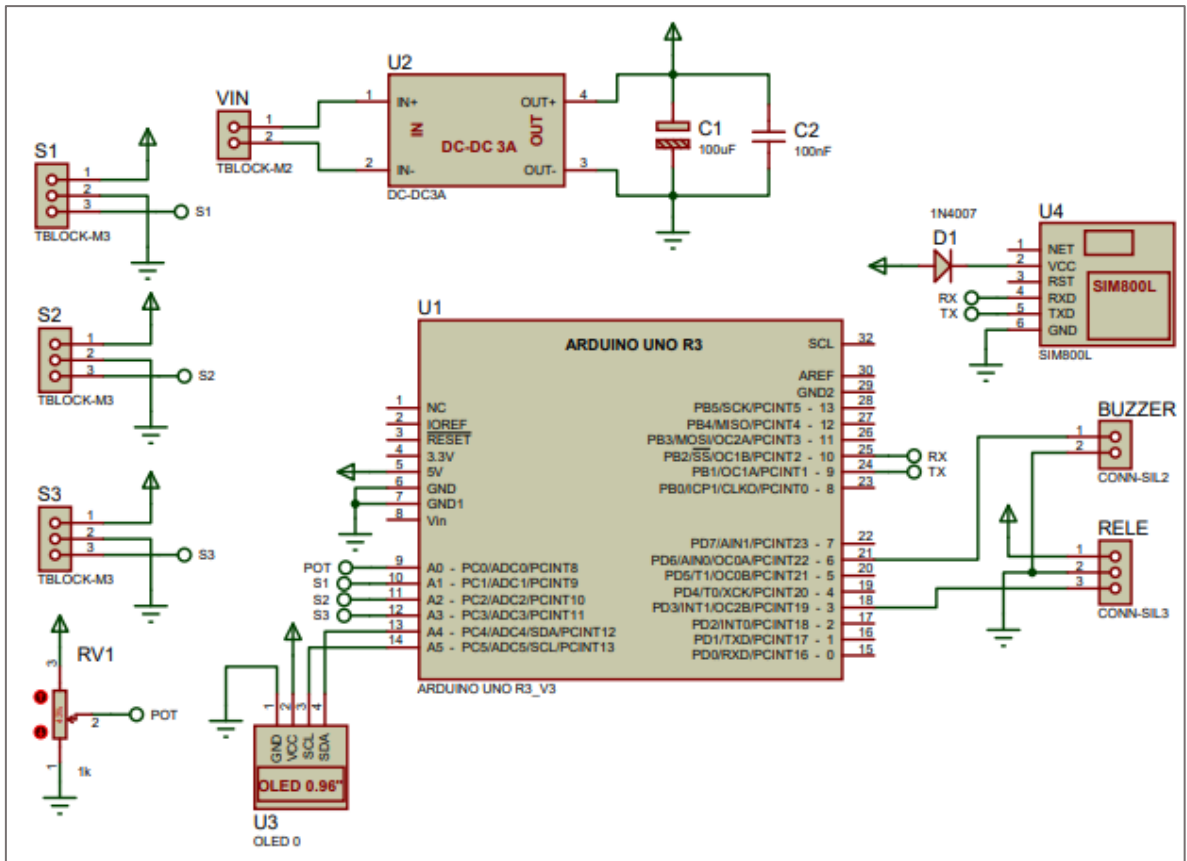
A continuación, se realiza una breve descripción de otros componentes utilizados y su función dentro del circuito.

- **Potenciómetro:** El potenciómetro varía su resistencia, por lo que ayudará a variar los datos emitidos hacia la tarjeta Arduino. El circuito varía el parámetro de lectura para variar los límites de peligrosidad según las necesidades requeridas.
- **Buzzer:** El buzzer será empleado en el sistema para emitir una alerta auditiva, que se activará cuando los niveles de CO emitidos por el sensor MQ-7 superen el nivel parametrizado por el potenciómetro.

2.6 Diseño y estructura de detección

Para tener una mejor comprensión del proyecto es crucial la implementación de esquemas eléctricos y diseños que serán desarrollados dentro de la aplicación Proteus 8, la cual contiene en su entorno la mayor cantidad de elementos empleados en el proyecto, en la figura 2.11 se aprecia las conexiones de los elementos y la comunicación de los sensores, con el Arduino.

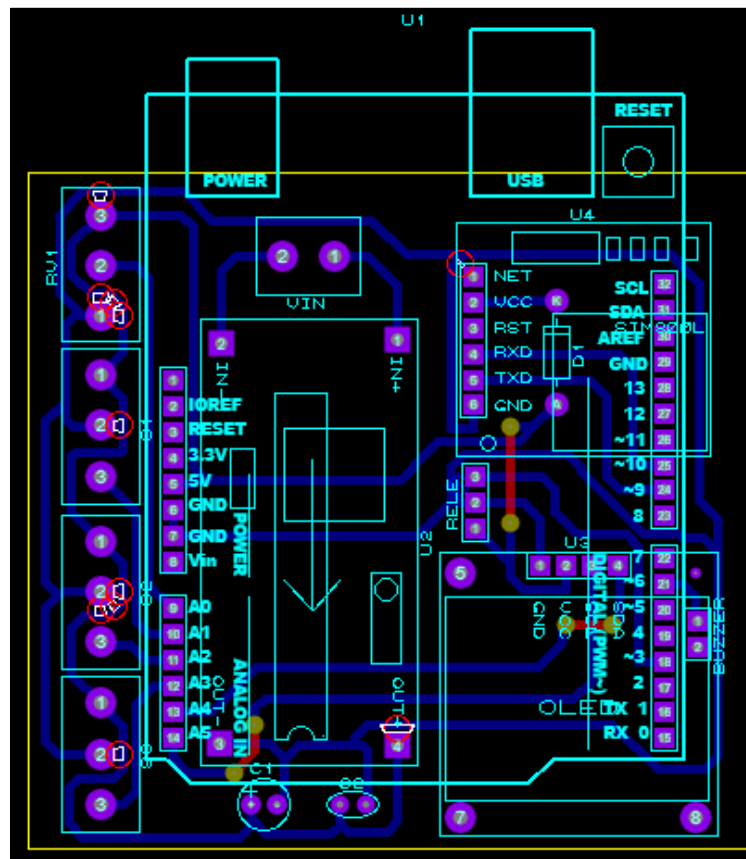
Figura 2. 11: Sistema de sensores y alarmas de alerta



Fuente: Autores

Todos los elementos serán ensamblados en una placa principal, con una estructura sólida de los circuitos, para lograr un mejor desempeño y evitar pérdidas de señal de los sensores o desconexión de cualquier elemento que pueda afectar el funcionamiento del proyecto.

Figura 2. 12: Diseño PCB Layout



Fuente: Autores

El sistema cuenta con tres sensores MQ-7, ubicados en diferentes lugares dentro del habitáculo para tener mayor cobertura y datos de todo el aire. Los gases tienden a elevarse hacia la parte superior del habitáculo, concentrándose en esa zona. Por eso, estos sensores se ubicaron estratégicamente en la parte superior de la cabecera de los asientos.

Figura 2. 13: Posición de los sensores MQ-7

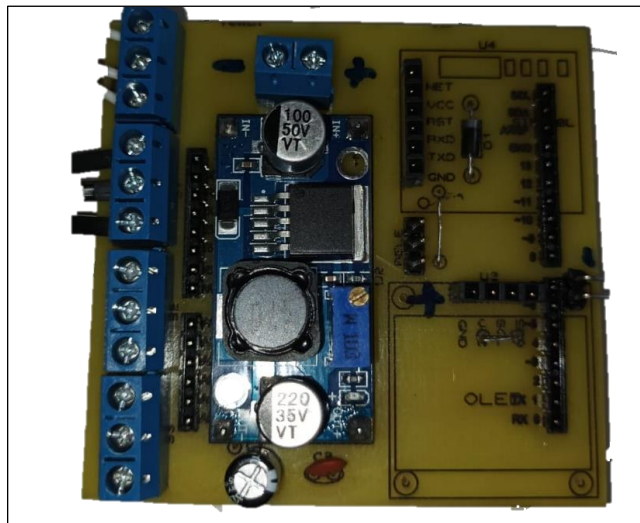


Fuente: Autores

2.7 Diseño del sistema de detección de CO, componentes y pines para conexión de sensores MQ-7

En la figura 2.14 se observa el diseño final de la placa en la cual están ensamblado el step down, las diferentes entradas para la alimentación de los sensores y obtención de señales, pines de alimentación y activación de relés, pines de comunicación de módulo SIM800L, activación del buzzer, alimentación y envío de señal para la pantalla oled.

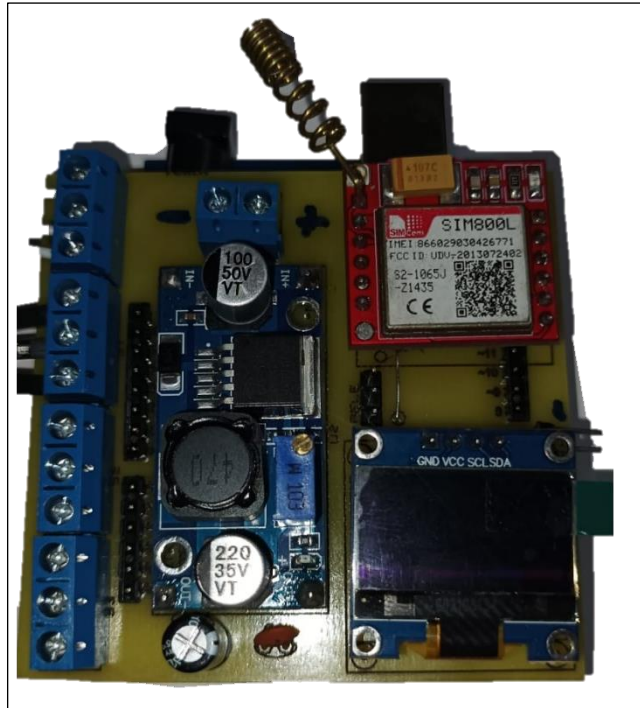
Figura 2. 14: Placa para la implementación de sensores y actuadores



Fuente: Autores

En la figura 2.15 se observa la placa con todos los componentes ya instalados y listos para las respectivas pruebas de toma de datos de los sensores y el tiempo que toman en llegar los valores de los sensores a niveles nocivos para la salud.

Figura 2. 15: Placa implementada con los componentes



Fuente: Autores

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para realizar la implementación del proyecto en los sistemas eléctricos del vehículo es fundamental tener conocimientos base de electrónica automotriz, para la lectura de diagramas e implementación de instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento.

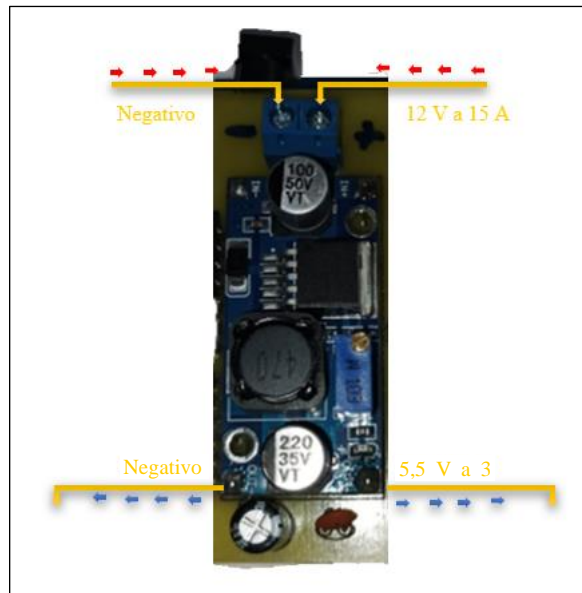
3.1 Consideraciones para la instalación

Para implementar el proyecto en el vehículo se consideraron varios factores principales: voltaje de alimentación para el sistema, correcta identificación de los cables de alimentación, GND y un aislamiento adecuado para los empalmes realizados.

La alimentación para la tarjeta Arduino se tomará de la borne 15 del interruptor de encendido, y varía entre 12 V y 14 V dependiendo del estado de la batería y si el vehículo está encendido. Se usó una corriente de 15 A desde la borne 15, para la protección del Arduino y el sistema eléctrico de vehículo se incorpora un fusible de 20 A.

La alimentación de la borne 15 llega hacia la placa a través de los pines de entrada de corriente como se puede ver en la Figura 3.1 que conectan de manera directa con el Step Down, con el fin de regular el voltaje para un trabajo ideal del sistema y evitar sobre cargas de voltaje y corriente. Se usó un voltaje de salida de 5,5 V a 3 A, estos valores se mantendrán constantes en todo momento y pasarán a la alimentación del Arduino para un correcto funcionamiento.

Figura 3. 1: Alimentación para el sistema del proyecto



Fuente: Autores

3.2 Configuración del sistema

Arduino cuenta con un amplio número de bibliotecas de funciones para los diferentes componentes que se desee emplear a un proyecto, lo cual permitió un óptimo desarrollo del sistema y una programación más sencilla y efectiva.

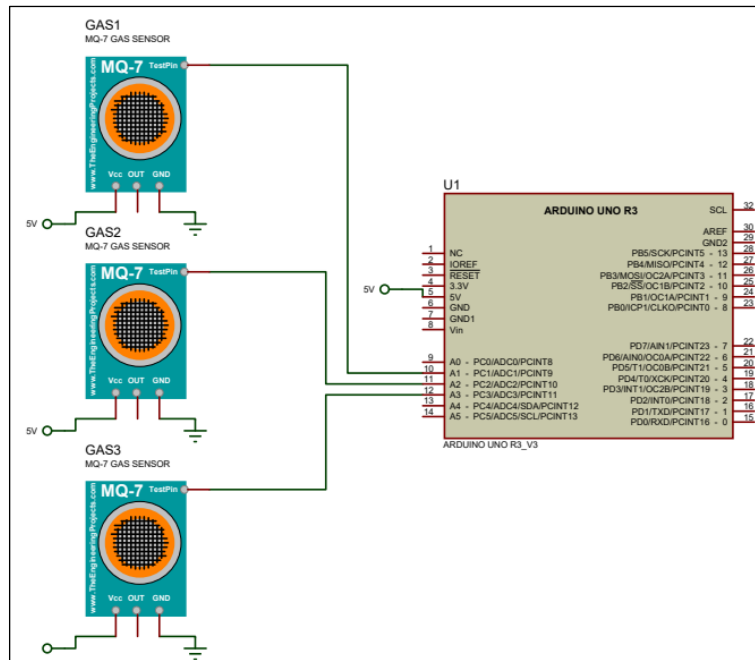
3.2.1 Configuración del sistema de detección de CO

Para el sistema de detección y la compilación de datos se implementa tres sensores los cuales cada uno cuenta con su respectiva alimentación, GND y señal de datos del sensor.

Para obtener un solo valor de los tres sensores se realiza un promedio entre los tres valores como se muestra en la fórmula (3.1), el valor resultante será el que dará alerta cuando sobrepase los parámetros establecidos.

$$Prom_{MQ7} = \frac{MQ7_1 + MQ7_2 + MQ7_3}{3} \quad (3.1)$$

Figura 3. 2: Conexión sensores MQ-7 con el Arduino



Fuente: Autores.

En la figura 3.2 se visualizan las variables declaradas en cero para la toma de datos, en la figura 3.3 se declaran las validables que anteriormente se encontraban en cero con los valores de los datos de los sensores, con las variables ya declaradas y con los respectivos valores de los sensores se realiza la sumatoria y promedio de los datos

Figura 3. 3: Declaración de variables en cero

```
int mq1 = 0;
int mq2 = 0;
int mq3 = 0;
```

Fuente: Autores

Figura 3. 4: Pines entrada de datos, sumatoria y promedio de valores

```
mq1 = analogRead(A1);
mq2 = analogRead(A2);
mq3 = analogRead(A3);

int suma = mq1 + mq2 + mq3;

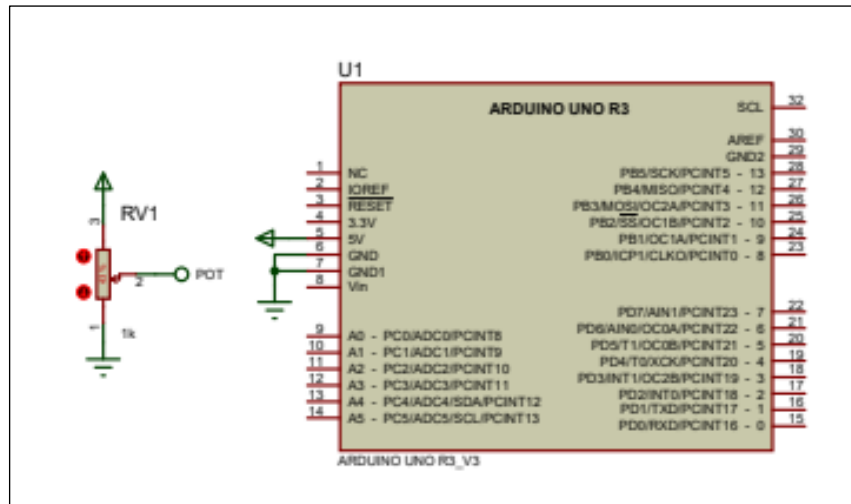
int promedio = suma/3;
```

Fuente: Autores

3.2.2 Configuración de los límites de CO en ppm

En la figura 3.5 se visualiza la conexión del potenciómetro con el Arduino, este potenciómetro se incorpora para cambiar el parámetro límite de ppm para activar el sistema de alerta, con alimentación directa del Arduino.

Figura 3. 5: Conexión de potenciómetro



Fuente: Autores

Figura 3. 6: Variable de potenciómetro

18	
19	<code>int set = 0;</code>

Fuente: Autores

Para poder obtener la señal que emite el potenciómetro con el cual se parametriza la activación del sistema de alarma se declara una variable en “cero” como se muestra en la figura 3.6.

Figura 3. 7: Función "map"

```

set = analogRead(A0);
mq1 = analogRead(A1);
mq2 = analogRead(A2);
mq3 = analogRead(A3);
set = map(set,0,1023,65,500);
int suma = mq1 + mq2 + mq3;
int promedio = suma/3;

```

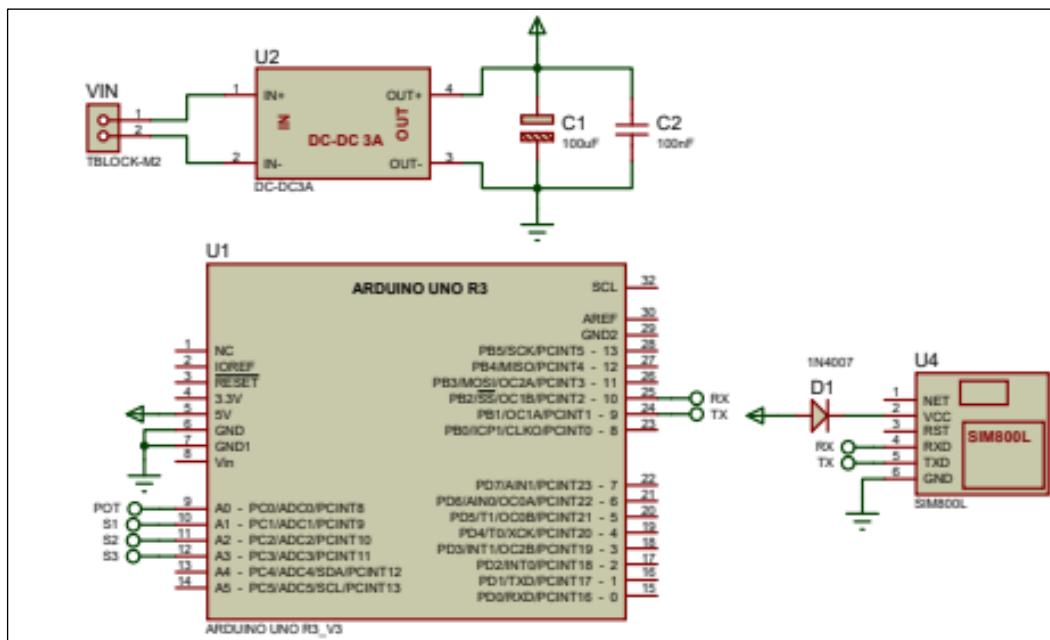
Fuente: Autores

Se implementa la función “map”, que tiene como objetivo realizar la conversión automática de los valores emitidos por el potenciómetro a la sensibilidad programada que va desde los 65ppm a los 500 ppm y todos los valores emitidos por esta función serán valores enteros.

3.2.3 Configuración del sistema de alerta vía SMS

En la Figura 3.8 se aprecia la conexión del módulo SIM8001 con una alimentación directa del Step Down, el voltaje y corriente que es suministrada al módulo debe ser la adecuada y constante, ya que al no tener una correcta alimentación este módulo no reconocerá la tarjeta SIM y no se contará con un correcto funcionamiento.

Figura 3. 8: Diagrama de módulo SIM8001



Fuente: Autores

Es importante considerar que este módulo trabaja con señales GSM, esto es, que cuenta hasta tecnología 2G por eso es muy importante realizar una elección correcta de la tarjeta SIM.

Figura 3. 9: Configuración de modulo SIM8001 para el envío de SMS de alerta

```
mySerial.println("AT");
updateSerial();
mySerial.println("AT+CMGF=1");
updateSerial();
mySerial.println("AT+CMGS=\"+593999687029\"");
updateSerial();
mySerial.print("Alarma! Niveles altos de concentración de CO"); //contenido del texto
updateSerial();
mySerial.write(26);
```

Fuente: Autores

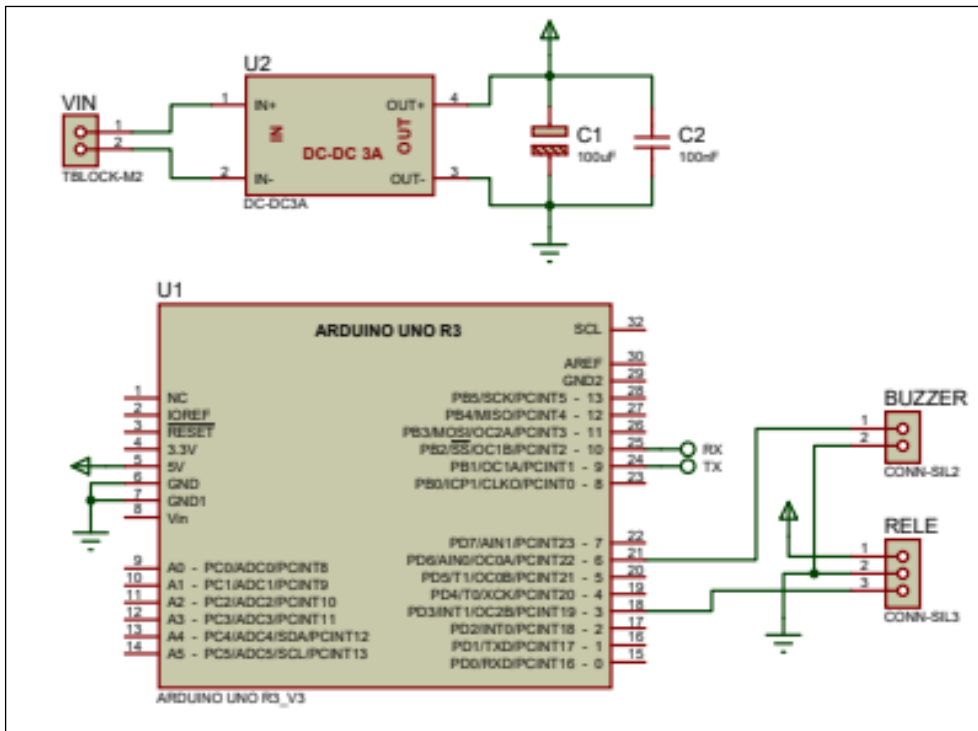
El módulo SIM8001 tiene la característica de realizar un reconocimiento automático de la operadora telefónica que se utilizará para enviar alertas vía SMS. Por otro lado, el mensaje de alerta puede configurarse con el texto que se desee enviar para informar sobre la presencia de niveles altos de CO en el habitáculo.

El sistema se programó para enviar un mensaje de texto de advertencia a distintos números telefónicos con el fin de alertar sobre riesgos de CO. El envío de alerta se realizará cada minuto hasta cuando se detecte que el nivel de CO está por debajo de los niveles de peligro.

3.2.4 Configuración del sistema de alerta auditiva

Adicionalmente se incorporó una alerta auditiva usando un buzzer, que se activará en el momento que el nivel de CO sobrepase al valor de alerta del sistema. Este componente cuenta con una programación sencilla, su uso es simple y segura.

Figura 3. 10: Diagrama conexión buzzer

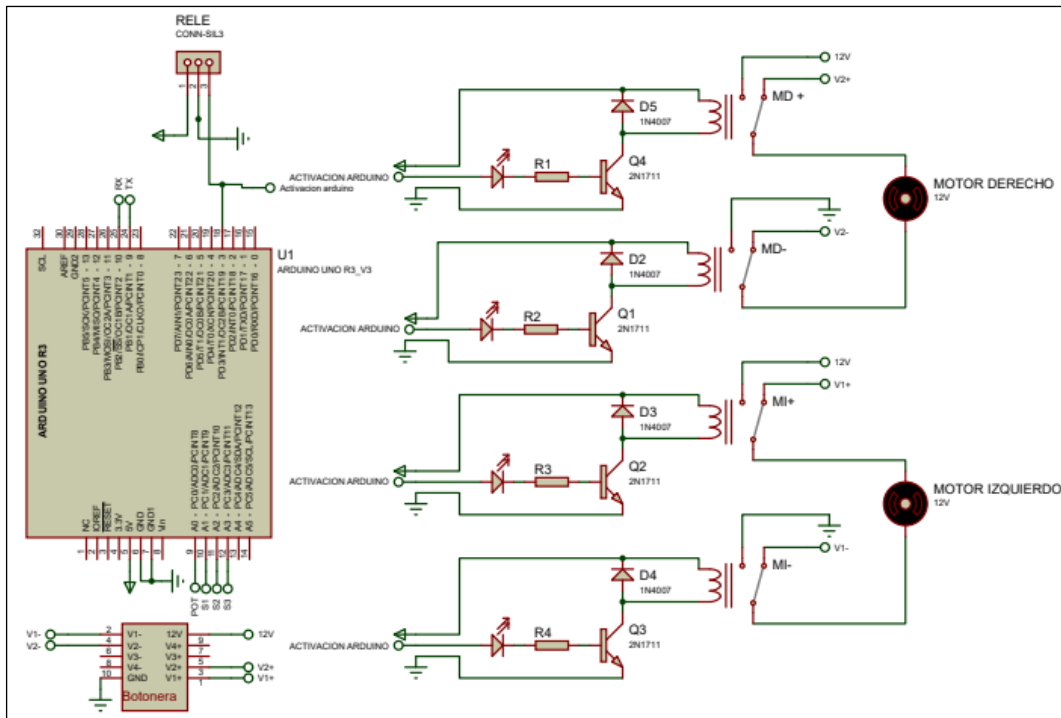


Fuente: Autores

3.2.4 Configuración del sistema de actuadores

Para un correcto funcionamiento del circuito se ha implementado un relé por cable de activación del motor, como se muestra en la Figura 3.11, para operar bien la botonera elevavidrios y evitar cortocircuitos en el sistema.

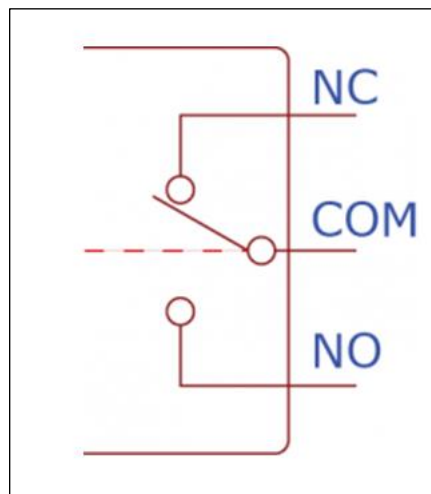
Figura 3. 11: Conexión de relés en elevavidrios



Fuente: Autores

La botonera del elevavidrios tiene dos funciones principales: permitir el paso de la corriente hacia el motor elevador y cambiar la polaridad de corriente según el requerimiento del conductor u ocupantes. El cambio de polaridad de la corriente se utiliza en los motores DC como método de cambio en el sentido de giro.

Figura 3. 12: Pines de relé



Fuente: (Abraham G, 2019)

En la figura 3.11 se puede observar cada relé implementado en el sistema del elevavidrios, todos los relés tienen la misma función que es mantener el funcionamiento original del elevavidrios cuando no exista una señal de emergencia emitida por el Arduino.

Para comprender mejor, se llevará a cabo una descripción de la conexión del sistema con los relés. Es importante tener en cuenta que la conexión es similar para todos los relés, siendo la única diferencia la polaridad de corriente que cada relé requerirá.

- **NC:** Por sus siglas “normalmente cerrado”, en este pin se encontrará la conexión de la botonera, ya que cuando no exista una alerta se mantendrá en todo momento cerrada, con esto se conservará el funcionamiento original del sistema.
- **NA:** Por sus siglas “normalmente abierto”, en este pin se encontrará la conexión de corriente directa (12V) o GND, que será tomada de la alimentación de la botonera, este pin tendrá contacto cuando exista una señal de activación del Arduino cuando exista una alerta. Por esta razón no se dará daños en los componentes ni conexiones.
- **COM:** O también conocido como común, en este pin se encontrará la conexión hacia el motor, este fin es el que se encontrará en todo momento en funcionamiento esto quiere decir que el motor siempre tendrá conexión con alguno de los pines de activación ya sea el NC o el NA.

Figura 3. 13: Programación de relé

```
if((promedio > set) && (m >= tset)){  
    digitalWrite(rele,HIGH);  
    digitalWrite(buz,HIGH);  
} else{  
    digitalWrite(buz,LOW);  
    digitalWrite(rele,LOW);  
}
```

Fuente: Autores

Se ha implementado la función 'if'. Esta función permite parametrizar los datos para ejecutar una acción cuando estos parámetros cumplan con los criterios establecidos por el potenciómetro, cuando el valor emitido por los sensores sea menor al valor de alerta el relé se encontrará desactivado en todo momento.

CAPITULO 4

INSTALACIÓN Y PRUEBAS

4.1 Consideraciones para la implementación

Para garantizar una correcta implementación del sistema, se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones para garantizar un correcto funcionamiento del sistema sin arriesgar componentes del vehículo.

- **Interfaz de usuario:** Se diseñó una interfaz clara y legible que informe visualmente a los ocupantes de los niveles de CO que está en el habitáculo. La información que se muestra es constantemente actualizada para garantizar la captura de datos en tiempo real y la comunicación efectiva del sistema hacia los actuadores.
- **Pruebas:** Se realizaron pruebas del funcionamiento en distintos escenarios en los que puede encontrarse el vehículo, de esta manera se garantiza que el funcionamiento sea óptimo en situaciones reales.
- **Fuente de energía:** La fuente de energía con la cual se energizará el sistema debe ser confiable asegurando un correcto funcionamiento del sistema cuando el vehículo se encuentre encendido.

4.2 Instalación e integración del sistema en el vehículo

Para instalar el sistema diseñado, hubo que revisar el esquema eléctrico del vehículo para no afectar negativamente el funcionamiento de sus módulos. La integración de los componentes se realizó con las debidas protecciones para prevenir daños a las conexiones eléctricas, o interferencias futuras.

4.3 Definición de los escenarios de prueba

Las pruebas se realizaron en un vehículo liviano todoterreno, que cuenta con un volumen de $10,9 \text{ m}^3$. Para realizar las pruebas se analizaron las emisiones del vehículo y se las ingresó al habitáculo a través de una manguera corrugada para simular una concentración de CO por defectos del sistema de escape.

4.4 Ejecución de pruebas

Las pruebas fueron realizadas en distintas condiciones y escenarios simulando una acumulación de CO dentro del habitáculo tomando en cuenta el volumen interior, el tiempo en que el gas invade completamente en cantidades nocivas el habitáculo además del tiempo que tarda el sistema programable en activarse y cumplir todas las funciones que fueron programadas y el tiempo en el cual el sistema deja de funcionar y se desactiva totalmente para no afectar al desempeño del vehículo y no afecte su confiabilidad de manejo.

En las primeras pruebas realizadas ya con el sistema configurado, la lectura de los sensores no fue correcta existió porcentajes de CO muy altos dificultando la toma de datos y provocando que el sistema no actué en los tiempos estimados de programación afectando considerablemente que presenté fallos considerables.

La segunda prueba se llevó a cabo con un mejor llenado de gas de CO en el habitáculo provocando que exista una lectura de los sensores más real y eficiente para la recopilación de datos sin embargo existió problemas en los módulos de los eleva vidrios provocando que estos no se activen y que el sistema falle además que las pruebas no fueran muy eficientes sin embargo los datos de los sensores fueron muy reales lo cual permitía realizar un porcentaje total de los tres sensores instalados y poder comprobar los rangos de ppm que llegan a ser nocivos para la salud.

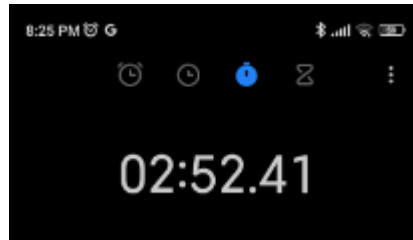
La tercera prueba se realizó con todo el sistema conectado para observar su comportamiento y ejecución de todo el prototipo programable dando como resultado una prueba eficiente tanto en la recopilación de porcentajes de emisión de los sensores como en la activación oportuna del sistema dando como resultado la activación esperada en los tiempos óptimos con un porcentaje de CO de 250 ppm lo cual nos permite observar que el sistema se encuentra funcionando con datos reales.

Los porcentajes adecuados de activación del sistema están en rangos de 150 a 300 ppm de CO, ya que estos valores corresponden a niveles altos y muy malos para la salud de una persona, ya que pueden afectar el sistema respiratorio y provocar malestares en el cuerpo como mareo o pérdida de conocimiento por ello, es adecuado que el sistema actué cuando los sensores recopilen estos porcentajes enviando una señal al Arduino para activar los elementos de protección, como la ventilación, bajar sus ventanas delanteras.

En la última prueba, el sistema funcionó acorde a la programación realizada y permitió activar todo el sistema de seguridad del vehículo, no se produjeron fallas en él y por su pantalla oled se observó el porcentaje de cada sensor y el promedio de los tres en condiciones reales.

4.4 Recopilación y análisis de mediciones

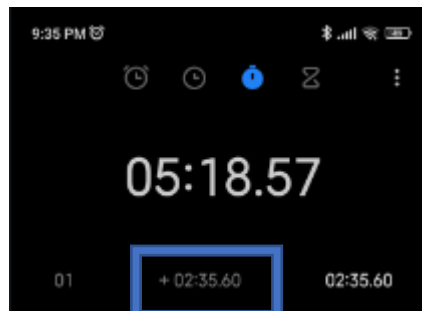
Figura 4. 1: Tiempo que toma en llenar el habitáculo de CO para la activación del sistema



Fuente: Autores

En la primera prueba con el sistema totalmente instalado el tiempo de llenado del habitáculo y de activación del sistema de seguridad fue de 2:52.41 minutos con porcentajes de emisión de 250 a 300 en el promedio de los tres sensores, lo cual es un tiempo adecuado de funcionamiento y desempeño del sistema.

Figura 4. 2: Segunda prueba de contaminación de habitáculo y descontaminación



Fuente: Autores

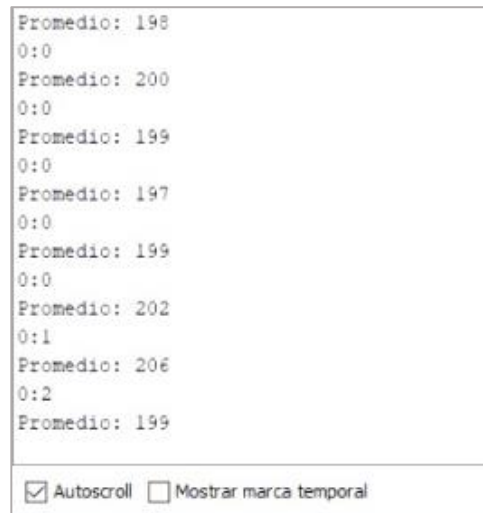
En la segunda prueba de la toma de datos de contaminación por monóxido de carbono (CO) en el habitáculo, se observó una optimización en el tiempo de recopilación, con una reducción de varios segundos en comparación con la primera prueba. Este ajuste permitió que el tiempo total de la segunda prueba se mantuviera dentro del margen establecido por las pruebas previas, asegurando así la consistencia en la duración del proceso de medición.

Los resultados obtenidos en ambas pruebas indican niveles similares de contaminación de CO en el habitáculo, lo que sugiere que la reducción en el tiempo de toma de datos no comprometió la precisión de las mediciones. La eficiencia mejorada puede atribuirse a posibles refinamientos en el protocolo de muestreo.

El sistema actúa con una mayor rapidez cuando ingresa el gas CO en cantidades o volúmenes muy altos de forma rápida esto disminuye el tiempo de activación provocando que el sistema de protección actúe al instante con una lectura real de lo que ocurre dentro del habitáculo.

Junto con la prueba de contaminación del habitáculo se realizó la prueba del tiempo de descontaminación del mismo, el tiempo total entra la contaminación y descontaminación del habitáculo de obtuvo el resultado de 5 minutos con 18.57 segundos.

Figura 4. 3: Lectura de datos del sensor en Arduino



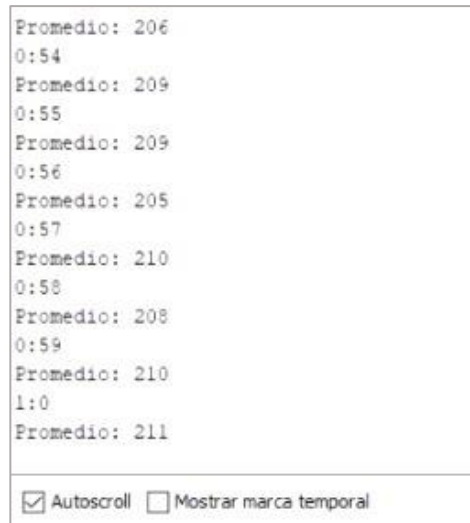
```
Promedio: 198
0:0
Promedio: 200
0:0
Promedio: 199
0:0
Promedio: 197
0:0
Promedio: 199
0:0
Promedio: 202
0:1
Promedio: 206
0:2
Promedio: 199
```

Autoscroll Mostrar marca temporal

Fuente: Autores

En estos datos se observa el inicio de la recopilación de datos de los tres sensores con promedios inferiores al valor parametrizado de emisión por ello, la señal del Arduino no activará el sistema de protección, sino hasta que lleguen a porcentajes que sobrepasen los 200 ppm de CO caso contrario está normal y desactivado por ello no se activará el sistema de alerta.

Figura 4. 4: Recopilación de datos y tiempo para la activación del sistema con habitáculo contaminado



Fuente: Autores

Cuando los sensores marcan una lectura con porcentajes de 210 ppm de CO, provocan que el módulo funcione tras un minuto y siga por encima de los valores establecidos como límite, se activarán los elementos de protección y se envía un mensaje de emergencia al número registrado en la programación, el sistema se activa con este porcentaje ya que la sensibilidad de los sensores esta alta pero cumple con los rangos establecidos de funcionamiento de 200 a 300 ppm de CO, si los valores están dentro de los parámetros no abra problema con el sistema.

4.5 Comparación con estándares de seguridad

La comparación del sistema instalado en el vehículo cumple con las normas de la (OMS) ya que la lectura de los sensores se encuentra entre los rangos estipulados por la organización mundial eso quiere decir que el desempeño del sistema y la lectura de cada sensor es el adecuado, garantizando la integridad de los ocupantes., En la siguiente tabla se observa la comparativa de los datos recopilados y los porcentajes en ppm con cada referencia de lo que puede suceder al estar expuesto.

Tabla 4. 1: Niveles de exposición al CO dañinos para la salud

Concentración de CO	EFFECTOS
---------------------	----------

ppm

1-9	SEGURO
10-35	TOLERABLE
36-99	PUEDE CAUSAR EFECTOS LEVES
100-199	CAUSA EFECTOS GRAVES
200-300	RIESGO DE MUERTE

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas demostraron el desempeño correcto del sistema de seguridad ante la acumulación de monóxido de carbono en cantidades nocivas en el habitáculo, recopilando información en tiempo real y activando correctamente el sistema de ventilación, con el consecuente apagado del motor y activación de los elevavidrios para asegurar la salud e integridad de sus pasajeros.
- La programación del sistema en la tarjeta Arduino fue parametrizada para que los sensores MQ-7 emitan una señal cuando el CO alcance rangos de 100 a 600 ppm que son considerados los niveles peligrosos y se envíe la señal de activación a los diferentes sistemas de alarma auditiva y visual se ejecuten las acciones de respuesta del vehículo.
- Las características técnicas de los componentes seleccionados para el sistema de seguridad propuesto fueron determinantes para asegurar una adecuada fluidez en la captura de los datos y una alta respuesta en la activación de los actuadores en caso de emergencia.
- El diseño y desarrollo de un módulo electrónico de seguridad para la detección de CO en vehículos de categoría M1, con la capacidad de emitir una alarma y activar el sistema de ventilación, presenta un avance significativo en la protección y bienestar de los ocupantes.

RECOMENDACIONES

- Para un correcto funcionamiento de los sensores de CO, se sugiere considerar un tiempo inicial de calentamiento de los sensores que son recomendaciones propias del fabricante.
- Para la instalación del sistema en otros vehículos de categoría M1 es necesario guiarse con el esquema eléctrico del vehículo anfitrión para facilitar sus conexiones y asegurar que el dispositivo no sea tan invasivo en la electrónica de este.
- En versiones futuras del sistema se recomienda hacer un análisis más técnico del habitáculo del vehículo para determinar la ubicación correcta de los sensores a fin de lograr lecturas con mayor eficiencia del gas CO.
- Se recomienda realizar pruebas en condiciones diversas para asegurar la fiabilidad del sistema en distintos escenarios y ambientes. La integración con el sistema de ventilación debe ser cuidadosamente verificada para asegurar una respuesta rápida y eficiente ante la detección de CO, priorizando la seguridad de los ocupantes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abigail Lara. (2020, May). *Exposición a gases y a sustancias químicas*. <https://www.msmanuals.com/es-ec/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/enfermedades-pulmonares-de-origen-ambiental/exposici%C3%B3n-a-gases-y-a-sustancias-qu%C3%ADmicas>
- Abraham G. (2019, October 24). *Relevador con Arduino*. <https://www.automatizacionparatodos.com/relevador-con-arduino/>
- Agencia de noticias UNAL. (n.d.). *Contaminación vehicular genera sobrecostos para la salud*. Retrieved December 21, 2023, from <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Contaminación-vehicular-genera-sobrecostos-para-la-salud.aspx>
- *AIREACIÓN - Definición - Significado*. (n.d.). Retrieved December 5, 2023, from <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/aireacion-definicion-significado/gmx-niv15-con102.htm>
- Albert Martínez Villegas. (2007, January 18). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*.
- Antonio Rovira, & Marta Muñoz. (2015). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. <https://play.google.com/books/reader?id=-EfLCgAAQBAJ&pg=GBS.PA17&hl=es>
- Buchelli Ramirez, H., Fernández Alvarez, R., Rubinos Cuadrado, G., Martinez Gonzalez, C., Rodriguez Jerez, F., & Casan Clara, P. (2014). Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. *Archivos de Bronconeumología*, 50(11), 465–468. <https://doi.org/10.1016/J.ARBRES.2014.03.005>
- CDC. (2015, January 21). *Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina*. https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-118_sp/default.html
- Cesar Cinjordiz. (2015, August 12). *Arduino Uno R3*. <https://www.infootec.net/arduino/>
- *Combustión Definición*. (n.d.).
- *Controladores Lógico Programables (PLC) Millenium EVO | Secoin*. (n.d.). Retrieved December 5, 2023, from <https://www.secoin.com.uy/productos/componentes-de-automatización/dispositivos-lógicos-programables-plc/controladores-lógico->

programables-plc-millennium-evo

- Dayana Vega, Lorena Ocaña, & René Parra. (2015). *Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. Año base 2012* (Vol. 7, Issue 2). <http://avances.usfq.edu.ec>
- *Display Oled 0.96"*. (n.d.). Retrieved December 7, 2023, from <https://naylampmechatronics.com/oled/83-display-oled-096-spi-12864-ssd1306.html>
- Edgar Emanuel. (2021). *Tecnología e innovación frente a los desafíos de un siglo en curso* (Paúl Baldeón Egas, Grisel Pérez, Julio C. Riascos, E. J. C. B. U. R. Brigitte González, Ruth Elena Cuasialpud, Cristian Samir Ulloa, & Jonnathan Opazo Hernández (Eds.)). <https://www.uniagustiniana.edu.co/>
- Emiliano Aránguez, José María Ordóñez, Javier Serrano, & Nuria Aragonés. (1999, March). *Contaminantes atmosféricos y su vigilancia*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200003
- Enríquez Herrador, R. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*.
- Felipe Guzmán, & Kevin Jiménez. (2023). *SISTEMA DE ALARMA Y APAGADO AUTOMÁTICO DE UN MOTOR COMO RESPUESTA A LA DETECCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN NIVELES NOCIVOS PARA LA SALUD HUMANA EN EL HABITÁCULO DE UN VEHÍCULO*. Universidad Politécnica Salesiana.
- *Inicio - Raspberry Pi*. (n.d.). Retrieved December 5, 2023, from <https://raspberrypi.cl/>
- James A. Raub, & Thomas B. McMullen. (1991). *Air quality criteria for carbon monoxide*.
- JAMES ALMEIDA, & LUIS BARRENO. (2022). *ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE CO Y CO2 EN EL HABITÁCULO DE UN VEHÍCULO TIPO TODO TERRENO Y TIPO SEDÁN CON RELACIÓN A SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Jefferson Muñoz, & Mateo Ñacato. (2022). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO Y CO2 AL INTERIOR DEL HABITÁCULO DE VEHÍCULOS TODO TERRENO MEDIANTE ENSAYOS DINÁMICOS EN RUTA PERIFÉRICA*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Lilián Verónica Orellana Monar. (2008). *ANÁLISIS DEL IMPUESTO AMBIENTAL A*

LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR Y SU INCIDENCIA EN LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES, A PARTIR DE LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR, EN LA CIUDAD DE QUITO, ESTUDIO PARA EL PERIODO 2008-20015. Escuela Politécnica Nacional .

- Luis del Valle. (n.d.). *SSD1306 pantalla OLED*. Retrieved December 7, 2023, from <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ssd1306-pantalla-oled-con-arduino/>
- *MiCS5524 CO*. (n.d.). Retrieved December 5, 2023, from <https://www.melopero.com/es/tienda/sensori/una/adafruitmics5524carbónalcoholvocgassensorfuga/>
- *Modulo DC-DC Step-Down (LM2596)*. (n.d.). Retrieved December 7, 2023, from <https://zamperstore.cl/alimentacion/modulo-dc-dc-step-down-lm2596>
- *MODULOS RELES*. (n.d.).
- *MQ-2B*. (2019). <https://www.winsen-sensor.com/product/mq-2b.html>
- *MQ-7 Gas Sensor Module*. (n.d.). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.rajguruelectronics.com/ProductView?tokDatRef=OTI4Ng==&tokenId=NjE=&product=ADIY MQ7 Gas Sensor Module>
- *MQ-7 sensor* . (n.d.). Retrieved December 5, 2023, from <http://es.led-diode.com/sensor-module/mq-7-carbon-monoxide-gas-sensor-detection.html>
- Oliu, G., Nogué, S., Miró, Ò., & Recepción, F. DE. (2010). Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento CORRESPONDENCIA: CONFLICTO DE INTERESES: AGRADECIMIENTO. In *Emergencias* (Vol. 22).
- OMS. (2022, December 19). *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Pedro Francisco Vintimilla Jarrín. (2015). *ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR EN EL CANTÓN CUENCA*. Universidad Politécnica salesiana.
- Pullutasig Paredes, Wilma Yolanda, Peralvo Gamboa, & Mariano Alexis. (2022). *Implementación de un sistema de monitoreo móvil para determinar los gases que se encuentran en las cámaras eléctricas de Ambato, perteneciente a la red subterránea*

de la Empresa Eléctrica Ambato.

- *Revista ESPACIOS* . (n.d.). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.revistaespacios.com/a17v38n60/17386023.html>
- *Tarjetas de desarrollo – Sistemas Digitales*. (n.d.). Retrieved December 5, 2023, from <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/sistdig/tarjetas-de-desarrollo/>
- Vega-Luna, J. I., Lagos-Acosta, M. A., Salgado-Guzmán, G., Vega-Luna, J. I., Lagos-Acosta, M. A., & Salgado-Guzmán, G. (2017). Monitoreo de concentración de monóxido de carbono usando tecnología Long-Range. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología* , 18, 73–83. <https://doi.org/10.17163/INGS.N18.2017.09>
- Víctor Arrieta. (2018, October 18). *Módulo GSM/GPRS*. <https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/modulo-gsm-gprs-sim800l-arduino>

ANEXOS.

Anexo 1: Ficha técnica sensor MQ-7

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-7

<http://www.hwsensor.com>

TECHNICAL DATA

MQ-7 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to carbon monoxide
- * Stable and long life

APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V±0.1	Ac or Dc
VH (H)	Heating voltage (high)	5V±0.1	Ac or Dc
VH (L)	Heating voltage (low)	1.4V±0.1	Ac or Dc
RL	Load resistance	Can adjust	
RH	Heating resistance	33 Ω ±5%	Room temperature
TH (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
TH (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
Tao	Using temperature	-20℃-50℃	
Tas	Storage temperature	-20℃-50℃	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
Rs	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	Rs (300ppm)/Rs(100ppm)
Standard working condition	Temperature -20℃ ± 2℃	relative humidity 65% ± 5%	RL:10K Ω ± 5%
	Vc:5V±0.1V	VH:5V±0.1V	VH:1.4V±0.1V
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

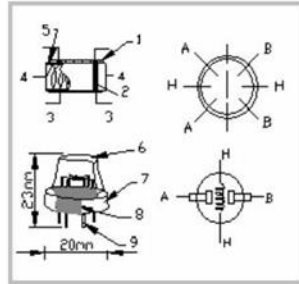
TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: sales@hwsensor.com

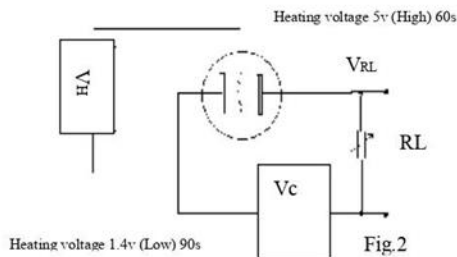
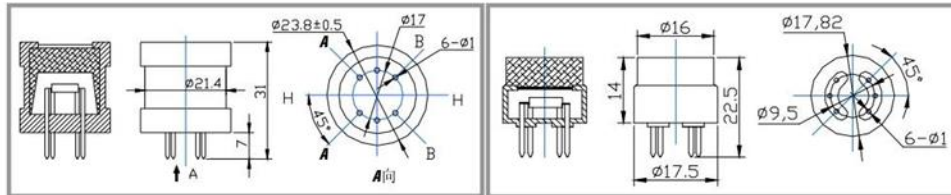
Anexo 1. 1: Ficha técnica sensor MQ-7 pag.2

6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Parts	Materials
1	Gas sensing layer SnO ₂
2	Electrode Au
3	Electrode line Pt
4	Heater coil Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic Al ₂ O ₃
6	Anti-explosion network Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7	Clamp ring Copper plating Ni
8	Resin base Bakelite
9	Tube Pin Copper plating Ni

Fig.1



Standard circuit:

As shown in Fig 2, standard measuring circuit of MQ-7 sensitive components consists of 2 parts. one is heating circuit having time control function (the high voltage and the low voltage work circularly). The second is the signal output circuit, it can accurately respond changes of surface resistance of the sensor.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

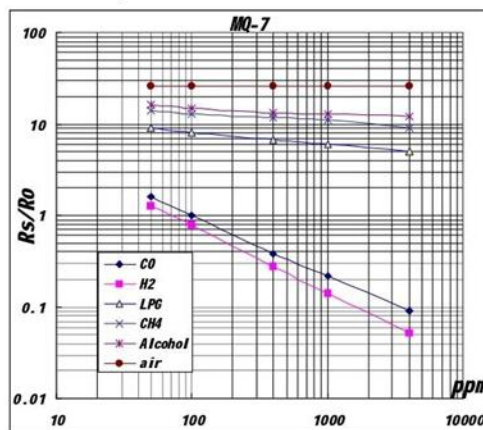


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

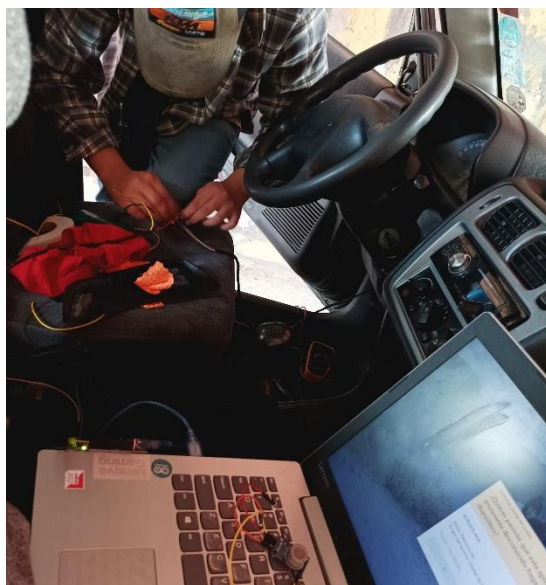
Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases.

in their: Temp: 20°C,
Humidity: 65%,
O₂ concentration 21%
RL=10k Ω

Ro: sensor resistance at 100ppm
CO in the clean air.

Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

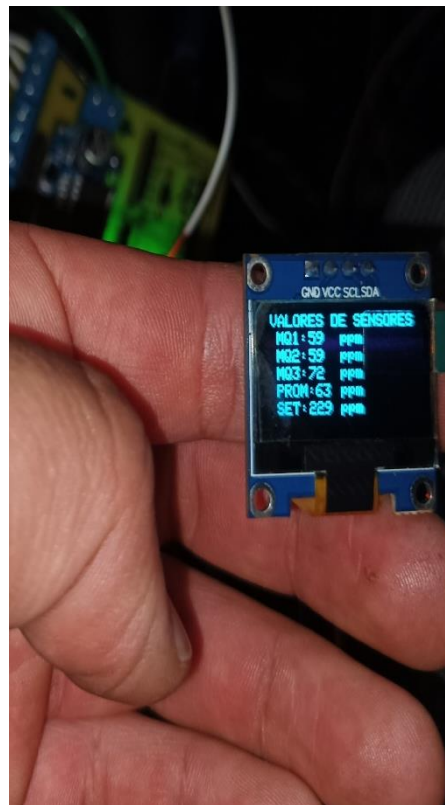
Anexo 2: Instalación de sensores MQ-7



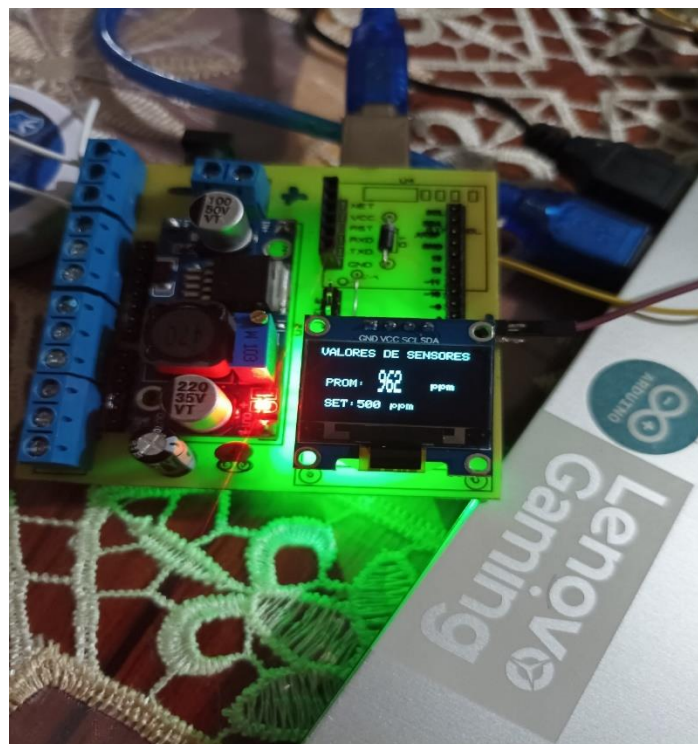
Anexo 3: Instalación de relés en vidrios eléctricos



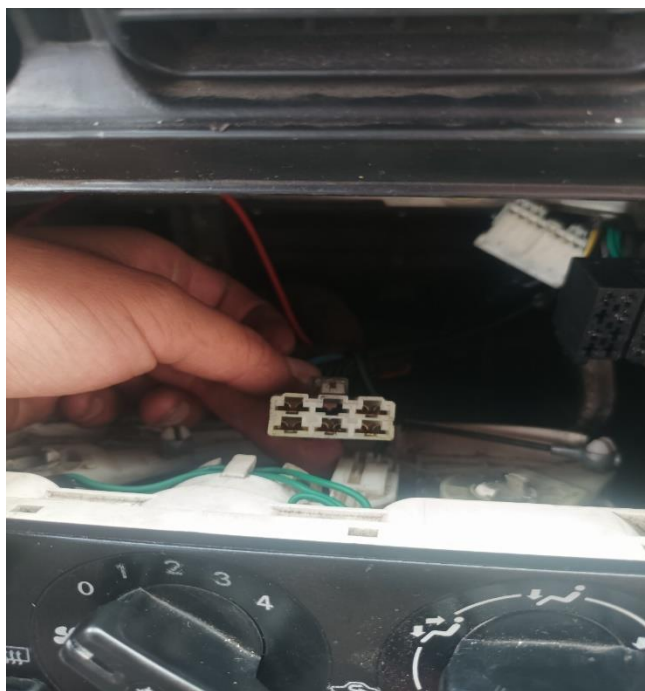
Anexo 4: Configuración inicial de datos en pantalla OLED



Anexo 4. 1: Diseño final de datos en pantalla OLED



Anexo 5: Conexión de sistema de ventilación para encendido automático



Anexo 6: Ingreso de gas contaminante al habitáculo



Anexo 7: Sensor MQ-7 con recubrimiento protector



Anexo 8: Código programación de Arduino para sistema de detección de CO

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_GFX.h>

#define OLED_ADDR 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(-1);

#if (SSD1306_LCDHEIGHT != 64)
#error("Height incorrect, please fix Adafruit_SSD1306.h!");
#endif

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(9, 10);

int mq1 = 0;
int mq2 = 0;
int mq3 = 0;

int set = 0;
int rele = 3;
int s = 0;
int m = 0;
int tset = 1; // tiempo de seteo 1 minuto
int buz = 6;

int cont;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);

  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_ADDR);
  display.clearDisplay();

  pinMode(rele, OUTPUT);
  pinMode(buz, OUTPUT);
  digitalWrite(rele, LOW);
}

void loop(){

  set = analogRead(A0);
  mq1 = analogRead(A1);
  mq2 = analogRead(A2);
  mq3 = analogRead(A3);

  int suma = mq1 + mq2 + mq3;

  int promedio = suma/3;

  set = map(set, 0, 1023, 65, 500);
```

```

Serial.print("Promedio: ");
Serial.println(promedio);

delay(1000);

String mq1Str = String(mq1);
String mq2Str = String(mq2);
String mq3Str = String(mq3);
String setStr = String(set);
String promedioStr = String(promedio);

// display a line of text
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(5,0);
display.print("VALORES DE SENSORES");
display.setCursor(20,30);
display.setTextSize(1,2);
display.setTextColor(WHITE);
display.print("PROM: ");
display.setCursor(30,50);
display.print("SET: ");
/////

display.setCursor(90,35);
display.print("ppm");
display.setCursor(80,50);
display.print("ppm");
//////////

display.setCursor(60,20);
display.setTextSize(1,3);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(promedioStr);
display.setCursor(55,50);
display.setTextSize(1,2);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(setStr);
display.display();
//////////

if((promedio > set) && (m >= tset)){// Si hay presencia de Co y
ha transcurrido el tiempo

digitalWrite(rele,LOW);
digitalWrite(buz,HIGH);
mySerial.println("AT");
updateSerial();
mySerial.println("AT+CMGF=1");
updateSerial();
mySerial.println("AT+CMGS=\"+593999687029\");
updateSerial();
mySerial.print("Alarma"); //contenido del texto

```

```

    updateSerial();
    mySerial.write(26);

    delay(60000);
}
else{
    digitalWrite(buz,LOW);
    digitalWrite(rele,HIGH);
}
if(promedio > set){// si hay presencia de CO
    s++;
    if(s > 59){
        s = 0;
        m++;
    }
}
else{
    s = 0;
    m = 0;
}
Serial.print(m);
Serial.print(":");
Serial.println(s);
}

void updateSerial(){
    delay(1000);
    while (Serial.available()){
        mySerial.write(Serial.read());
    }
    while(mySerial.available()){
        Serial.write(mySerial.read());
    }
}
}

```