



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**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**

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

**AUTORES: FELIPE ISMAEL GUZMÁN ARMAS  
KEVIN SANTIAGO JIMÉNEZ PEÑARRETA**

**TUTOR: JHONNY JAVIER BARRERA JARAMILLO**

Quito - Ecuador  
2023

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

Nosotros, Felipe Ismael Guzmán Armas con documento de identificación N° 1722406038 y Kevin Santiago Jiménez Peñarreta con documento de identificación N° 0706621869 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, 22 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Felipe Ismael Guzmán Armas  
1722406038



---

Kevin Santiago Jiménez Peñarreta  
0706621869

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

Nosotros, Felipe Ismael Guzmán Armas No. 1722406038 y Kevin Santiago Jiménez Peñarreta con documento de identificación No. 0706621869, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Sistema de 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”, 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 la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 22 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Felipe Ismael Guzmán Armas  
1722406038



---

Kevin Santiago Jiménez Peñarreta  
0706621869

## **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: 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, realizado por Felipe Ismael Guzmán Armas N° 1722406038 y por Kevin Santiago Jiménez Peñarreta con documento de identificación N° 0706621869, 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, 22 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Jhonny Javier Barrera Jaramillo, MsC

1400378475

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mi familia por el apoyo incondicional, en este pequeño trayecto de mi vida, por ser mi soporte y fortaleza, y enseñarme que todo lo que me proponga lo puedo lograr.

A mis amigos cercanos, y personas que confían en mi con los que he culminado una nueva etapa en mi vida.

Felipe Ismael Guzmán Armas

Dedico el presente proyecto a mis padres quienes, con esfuerzo y apoyo incondicional, supieron guiarme y ser mi mayor soporte a lo largo de todo el proceso de formación, a mis hermanos por brindarme ese apoyo moral, y hacerme creer que con esfuerzo todo se puede lograr.

A mis compañeros y personas que hicieron que de una u otra forma pueda culminar esta gran etapa.

Kevin Santiago Jiménez Peñarreta

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos a mis padres, hermana, abuelos, pareja y amigos cercanos quienes han sido una guía, ya que gracias a ellos cumpla un objetivo más en mi vida.

A mi tutor, el Ing. MSc. Jhonny Barrera, por su valiosa ayuda y asesoramiento brindados en la realización de este proyecto.

A la Universidad Politécnica Salesiana y en especial a la Carrera de Ingeniería Automotriz por brindarnos el conocimiento y las instalaciones para que hoy pueda lograr mi objetivo.

Felipe Ismael Guzmán Armas

Agradezco a Dios y a mi familia por ser mi guía en este proceso, gracias a ellos estoy logrando un objetivo más.

A la comunidad Politécnica Salesiana por todos sus principios y enseñanzas brindadas que las pondré en práctica en mi vida profesional como cotidiana

A nuestro tutor, el Ing. MSc. Jhonny Barrera que con sus enseñanzas y experticia nos supo guiar de la mejor manera para la realización de este proyecto.

Kevin Santiago Jiménez Peñarreta

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
PROBLEMA .....	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos. ....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
Sistema de combustión .....	3
Proceso de combustión por combustibles fósiles .....	4
Componentes de la combustión.....	4
Tipos de gases producidos por la combustión .....	5
Gases inofensivos .....	5
Gases contaminantes.....	6
Monóxido de carbono.....	6
Emisión de monóxido de carbono con el motor apagado caliente y frío .....	6
Climatizador del vehículo.....	6
CAPÍTULO 1:.....	8
ANÁLISIS SITUACIONAL.....	8
1.1 Combustión.....	8
1.2 Ciclo real para el motor de 4 tiempos .....	8
1.2.1 Reacción de combustión.....	9
1.3 Procesos de combustión incompleta .....	9
1.4 Gases de escape emitidos.....	9
1.5 Monóxido de carbono .....	10
1.5.1 Ingreso del monóxido de carbono al habitáculo .....	10
1.6 Efectos sobre la salud por inhalación de monóxido de carbono (CO).....	10
1.7 Niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) .....	11

CAPÍTULO 2.....	13
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE CO .....	13
2.1    Criterios de diseño .....	13
2.1.1. Criterios a considerar.....	13
2.2    Selección de las alternativas .....	14
2.2.1    Alternativa de automatización.....	14
2.2.2    PLC.....	14
2.2.3    Raspberry Pi .....	14
2.2.4    Arduino.....	15
2.3    Alternativas del sistema de detección.....	16
2.3.1    Sensor de gas CO ECO-5011 .....	16
2.3.2    Sensor de monóxido de carbono MQ7 .....	16
2.4    Análisis comparativo de las alternativas.....	17
2.5    Selección de los componentes de hardware.....	18
2.6    Bloques del prototipo.....	18
2.6.1    Bloque de procesamiento.....	19
2.6.2    Bloque de alimentación .....	20
2.1.3    Bloque regulador de voltaje.....	21
2.1.4    Bloque de extracción de gas .....	23
2.1.5    Bloque de recolección de datos .....	23
2.1.6    Bloque actuador.....	24
2.1.7    Bloque motor .....	25
2.7    Modelación en Autodesk inventor .....	26
2.8    Análisis del sistema en PROTEUS 8.....	27
2.9    Diseño de la placa del sistema de alarma y apagado automático .....	28
CAPÍTULO 3:.....	29
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE CO .....	29



3.1	Diseño del bloque recolección de datos .....	29
3.1.1	Implementación de un regulador de voltaje .....	30
3.2	Diseño bloque de procesamiento .....	30
3.2.1	Parámetros en la programación de Arduino UNO .....	30
3.3	Diseño bloque de actuadores .....	32
3.4	Diseño del bloque de extracción de gas contaminante .....	33
3.5	Diseño Bloque motor .....	33
3.6	Prototipo Final .....	34
CAPÍTULO 4.....		36
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....		36
4.1	Prueba de calentamiento del sensor MQ-7 .....	36
4.2.	Pruebas en un habitáculo real .....	37
4.3	Pruebas de detección de CO en el prototipo desarrollado .....	39
4.4	Análisis tiempo de exposición a niveles de concentración.....	40
4.4.1	Análisis de apagado automático del motor Honda Gx35 .....	40
4.5	Análisis de costo del prototipo .....	41
CONCLUSIONES .....		43
RECOMENDACIONES .....		44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		45
ANEXOS.....		48
ANEXO 1. Data Sheet Sensor MQ-7 .....		48
ANEXO 1.1. Fichas técnicas MQ-7 .....		49
ANEXO 2. Ficha técnica motor Honda Gx35.....		50
ANEXO 3. Construcción Prototipo .....		51
ANEXO 3.1 Vista superior.....		52
ANEXO 3.2 Vista lateral derecha .....		53
ANEXO 3.3 Instalación sistema de alarma y apagado automático.....		54

ANEXO 4 Prototipo final.....	55
ANEXO 5. Código ARDUINO del sensor MQ7 .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Triángulo de combustión .....	4
Figura 2: Proceso de emisiones contaminantes .....	5
Figura 3: Proceso de redirección del aire que ingresa al habitáculo del vehículo.....	7
Figura 2.1: Controlador lógico programable .....	14
Figura 2.2: Tarjeta Raspberry Pi.....	15
Figura 2.3: Sensor Electroquimico CO ECO-5011 .....	16
Figura 2.4: Sensor MQ-7 .....	17
Figura 2.5: Placa Arduino UNO .....	19
Figura 2.6: Baterías para el sistema de alimentación .....	20
Figura 2.7: Módulo Step Down .....	21
Figura 2.8: Potenciómetro .....	22
Figura 2.9: Ventilador o extractor .....	23
Figura 2.10: Relé .....	24
Figura 2.11: Buzzer .....	24
Figura 2.12: Motor Honda Gx35 .....	25
Figura 2.13: Modelación del Motor Honda GX 35 .....	26
Figura 2.14: Sistema de alarma y apagado automático .....	25
Figura 2.15: PCB layout .....	28
Figura 2.16: Placa final sistema de alarma y apagado automático.....	28
Figura 3.1: Detección de monóxido de carbono mediante el sensor MQ-7 .....	29
Figura 3.2: Regulador de voltaje hacia el sensor MQ-7 .....	30
Figura 3.3: Set point para partes por millón .....	31
Figura 3.4: Tiempo código .....	31
Figura 3.5: Presencia de CO y tiempo transcurrido.....	32
Figura 3.6: Conexión relé a bobina de encendido .....	32
Figura 3.7: Ventilador incorporado al habitáculo simulado.....	33
Figura 3.8: Implementación del Motor Honda GX 35 al habitáculo simulado .....	34
Figura 3.9: Prototipo final .....	35

Figura 4.1: Tendencia de estabilidad del sensor MQ-7 .....	37
Figura 4.2: Prueba con las ventanas cerradas .....	37
Figura 4.3: Muestra del tiempo antes de la contaminación .....	38
Figura 4.4: Tiempo de contaminación habitáculo real .....	38
Figura 4.5: Tiempo de llenado habitáculo simulado .....	39
Figura 4.6: Tiempo de exposición a niveles nocivos .....	40
Figura 4.7: Tiempo de exposición a CO .....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Gases contaminantes y no contaminantes .....	9
Tabla 1.2 Niveles permitidos de CO para fuentes móviles a gasolina .....	11
Tabla 1.3: Niveles nocivos de monóxido de carbono (CO) .....	12
Tabla 2.1: Análisis cuantitativo para la automatización del sistema.....	17
Tabla 2.2: Análisis cuantitativo del sensor para la detección de CO .....	18
Tabla 2.3: Especificaciones técnicas del Arduino UNO .....	19
Tabla 2.4: Especificaciones técnicas del DC-DC Step-Down 3A LM2596.....	21
Tabla 2.5: Especificaciones técnicas motor Honda Gx35 .....	25
Tabla 4.1: Tiempo de calentamiento del sensor MQ-7 .....	36
Tabla 4.2: Costos del prototipo.....	41

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema electrónico de alarma y apagado automático de un motor a combustión, como respuesta a la detección de niveles nocivos de monóxido de carbono (CO) dentro del habitáculo de un vehículo utilizando a través de la integración de sensores y actuadores conectados a una tarjeta Arduino UNO.

El sistema detección y apagado se probó en un prototipo del habitáculo de un vehículo liviano construido con plexiglás, al cual se integró un motor Honda GX 35 mismo que se encargará de emitir Monóxido de Carbono (CO). Para la detección de dicho gas se utilizará un sensor MQ7 y se programará la tarjeta Arduino UNO misma que se encargará de emitir una señal de aviso cuando la cantidad del gas contaminante alcance niveles nocivos para la salud de los pasajeros. A partir de esto, el sistema emitirá una alarma e inmediatamente apagará el motor mediante la interrupción de la corriente con un relé eléctrico.

Los valores de concentración de monóxido de carbono estarán establecidos por normativas nacionales e internacionales y serán obtenidos a partir de las mediciones del sensor MQ7 y la tarjeta Arduino UNO que estarán colocados dentro del habitáculo simulado de un vehículo. Para verificar su funcionamiento se realizarán pruebas de detección de niveles de monóxido de carbono y pruebas de apagado mediante el corte de energía del motor Honda GX35.

El desarrollo de este proyecto permitirá generar un prototipo que servirá como una alternativa a ser implementada en los vehículos para prevenir la inhalación involuntaria de monóxido de carbono (CO) en niveles altos concentrados debido a fallas de los motores de combustión o del sistema de climatización, constituyéndose además como un instrumento de estudio y práctica para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz sobre los daños y consecuencias de los sistemas indicados.

**Palabras Claves:** Motor de combustión, emisiones de monóxido de carbono, niveles nocivos, simulación.

## **ABSTRACT**

The objective of this project is the development of an electronic alarm system and automatic shutdown of a combustion engine, as a response to the detection of harmful levels of carbon monoxide (CO) inside the passenger compartment of a vehicle using through the integration of sensors and actuators connected to an Arduino UNO board.

The detection and shutdown system was tested in a prototype of the passenger compartment of a light vehicle built with Plexiglas, into which a Honda GX 35 engine was integrated, which will be in charge of emitting Carbon Monoxide (CO). For the detection of said gas, an MQ7 sensor will be used and the Arduino UNO card itself will be programmed, which will be in charge of issuing a warning signal when the amount of polluting gas reaches levels that are harmful to the health of passengers. From this, the system will issue an alarm and immediately shut down the engine by interrupting the current with an electrical relay.

The carbon monoxide concentration values will be established by national and international regulations and will be obtained from the measurements of the MQ7 sensor and the Arduino UNO card that will be placed inside the simulated passenger compartment of a vehicle. To verify its operation, tests will be carried out to detect levels of carbon monoxide and shutdown tests using the power cut of the Honda GX35 engine.

The development of this project will allow the generation of a prototype that will serve as an alternative to be implemented in vehicles to prevent the involuntary inhalation of carbon monoxide (CO) at highly concentrated levels due to failures of the combustion engines or the air conditioning system. constituting also an instrument of study and practice for the students of the Automotive Engineering Career on the damages and consequences of the indicated systems.

**Keywords:** Combustion engine, carbon monoxide emissions, harmful levels, simulation.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto contempla el desarrollo de un sistema electrónico de detección de gases contaminantes por combustión como una alternativa de solución para alertar y evitar daños en la salud de una persona e incluso evitar su deceso debido a la inhalación de CO dentro del habitáculo de un vehículo. Este documento se encuentra conformado por 4 capítulos: en el Capítulo 1, se realiza una breve descripción de las causas que provocan los fallos de la combustión cuando el vehículo se encuentra en ralentí al emitir el gas contaminante y las consecuencias que tiene en la salud por la inhalación de monóxido de carbono (CO) según las normativas nacionales e internacionales. El Capítulo 2, presenta el diseño de un sistema de detección de CO en niveles nocivos perjudiciales para la salud con la respuesta de un apagado automático de un motor Honda GX 35, basadas en el uso de herramientas auxiliares como Arduino UNO, Inventor y Proteus 8, además de la simulación de un habitáculo de un auto tipo sedan.

En el Capítulo 3, se detalla la implementación de nuestro prototipo utilizando la mejor alternativa en elementos para que nuestro sistema tenga un buen funcionamiento y no presente fallos al realizar las pruebas en los distintitos escenarios.

En el Capítulo 4, se analizará las pruebas de funcionamiento del sistema en varios escenarios y su respuesta cuando los niveles de CO vayan incrementándose, además de la efectividad de respuesta en apagar el motor cuando dichos niveles sean perjudiciales para la salud humana.

Finalmente, la sección de conclusiones describe los resultados sobre las pruebas de evaluación del prototipo desarrollado y las recomendaciones para mejorar la investigación y el proyecto propuesto en futuros trabajos relacionados con el mismo.

## PROBLEMA

La intoxicación de los pasajeros por gases contaminantes en un vehículo, es un suceso que ocurre con más frecuencia de la que las personas creen. La mayoría de los casos de inhalación accidental de monóxido de carbono (CO), que es el principal gas resultante de la combustión de motores a gasolina, se producen debido a la acumulación por fallas en el sistema de escape o del sistema de climatización y específicamente cuando el auto está detenido y/o se encuentra en espacios cerrados como garajes o en su defecto cuando el habitáculo no tiene la suficiente ventilación y se produce una exposición prolongada. (Yang, s.f).

Durante mucho tiempo el envenenamiento por inhalación de monóxido de carbono (CO) se ha conocido popularmente como la “muerte dulce”, y la razón es porque la inhalación de este gas contaminante en determinadas cantidades lleva a una persona a sentirse adormecida y relajada poco a poco, hasta que cierra los ojos y no vuelve a despertar. Esta situación confirma la peligrosidad de la inhalación de monóxido de carbono, debido a la dificultad de la persona para interpretar lo que le está sucediendo. En este sentido y debido a que los vehículos de combustión a gasolina generan monóxido de carbono, por el propio proceso de combustión del motor, los fallecimientos derivados de la inhalación accidental de monóxido de carbono en el habitáculo son un riesgo real al que están expuestos principalmente aquellos conductores y/o ocupantes que por varias razones deben permanecer por periodos de tiempo extensos en sus vehículos. (Villarreal, 2017)

Está comprobado que dormir en un auto, cuando éste se encuentra encendido y en modo ralentí, es una práctica altamente peligrosa ya que la emisión de gases es elevada y puede acumularse en el interior del automóvil, debido entre otras circunstancias a fugas o malas instalaciones de su sistema de escape. De hecho y según el registro de la Biblioteca Nacional de Medicina, esta es la causa principal de muerte por intoxicación en Estados Unidos. (MedlinePlus, 2021).

Según los reportes de fuentes oficiales, en Ecuador se han reportado varios casos relacionados con la muerte de personas por inhalación de monóxido de carbono dentro de los vehículos. Lo que causa curiosidad de dichos fatales eventos, es que los vehículos en que los que se han suscitado este tipo de accidentes son relativamente nuevos y que tenían fallas de fábrica en su sistema de escape y de calefacción que no fueron perceptibles

anticipadamente. Una prueba de ello, es el siniestro que tuvo lugar en Carcelén, un barrio residencial de la ciudad de Quito, cuando dos miembros de la Policía Nacional del Ecuador fueron hallados muertos dentro de un patrullero; las autoridades confirmaron que su deceso se debió a la inhalación de monóxido de carbono (CO) en el vehículo que se encontraba encendido y detenido. (El Comercio, 2019)

### **Objetivo General.**

Desarrollar un sistema de alarma y apagado automático de un motor a combustión como respuesta a la detección de monóxido de carbono (CO) en niveles nocivos para la salud humana dentro del habitáculo de un vehículo liviano.

### **Objetivos Específicos.**

- Realizar una investigación bibliográfica para determinar las causas de la contaminación por CO de un motor a combustión en el habitáculo de un vehículo y sus consecuencias en la salud de los pasajeros.
- Simular un escenario de contaminación de CO por un motor a combustión, recreando el habitáculo de un vehículo automotor utilizando plexiglás.
- Realizar pruebas de medición de los gases contaminantes por combustión para definir los niveles nocivos para la salud de los pasajeros de un vehículo
- Programar el sistema de alarma y apagado automático del motor Honda GX 35 en una tarjeta Arduino UNO a partir de la detección de CO, dentro del habitáculo del vehículo.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Sistema de combustión**

Este sistema cumple una función de suma importancia para el funcionamiento de los distintos motores de combustión interna, debido a que es el que impulsa el vehículo, siendo así el encargado de almacenar, transportar y posteriormente transformar una materia prima como el combustible, en movimiento.

Para que el movimiento se produzca se necesita de tres cosas esenciales, las cuales detallamos a continuación: aire, combustible, y una chispa.



## Proceso de combustión por combustibles fósiles

Es una reacción química exotérmica, que se componen de la unión de un combustible, con el oxígeno generalmente atmosférico, generando productos oxidados en humo. Este proceso se distingue de otros, por ser un proceso de oxidación rápida para obtener una llama estable.

## Componentes de la combustión

Para que la combustión se produzca debe coexistir tres factores, los cuales se representan en la figura 1 en el denominado triángulo de la combustión, si llegase a faltar un factor no se podría generar la combustión.

**Figura 1.** Triángulo de combustión



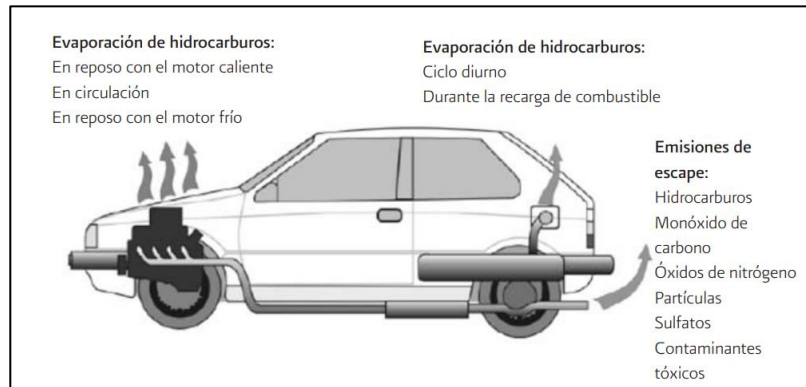
**Fuente:** (Lanchas, s.f.)

En un proceso de combustión, se pueden generar distintos tipos de mezclas, los cuales se pueden clasificar en:

- **Mezcla rica:** Se denomina mezcla rica a la falta de aire o exceso de combustible en el proceso.
- **Mezcla pobre:** Se menciona así debido a que existe más aire del necesario o existe menos gasolina para una combustión completa, es decir que tiene una relación aire-combustible más alta.
- **Mezcla estequiométrica:** Es la relación ideal de la proporción de aire y el combustible necesario, para que se genere una combustión eficiente.

Cuando se genera la combustión se derivan diversos gases contaminantes que pasan por el tubo de escape hacia el exterior como se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Proceso de emisiones contaminantes



**Fuente:** (INECC, 2005)

Estas emisiones contaminantes emitidas por el motor de combustión a gasolina se derivan por la quema de combustible, siendo el monóxido de carbono (CO) el más perjudicial para la salud humana cuando se encuentra en niveles excesivos.

### **Tipos de gases producidos por la combustión**

Los gases contaminantes que produce un vehículo con motor a gasolina son inofensivos los cuales están formados por el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y a su vez se presentan en contaminantes los cuales son: el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno.

### **Gases inofensivos**

Estos gases son expulsados por el tubo de escape del vehículo combinándose con el aire del medio ambiente, sin embargo, estos gases a un nivel elevado pueden causar daños en la salud humana. Gases como el Nitrógeno (N<sub>2</sub>) favorecen a la formación de Óxido de Nitrógeno (NOX) el cual es peligroso, sin embargo, el amoniaco (NH<sub>3</sub>) es quien reduce este gas, además existen gases como el Oxígeno (O<sub>2</sub>) el cual es indispensable para la combustión en los cilindros del motor.

El Vapor de agua y el Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), son producidos por la combustión completa y liberada por los gases de escape estos no son nocivos.

## **Gases contaminantes**

Uno de los principales gases contaminantes es el monóxido de carbono (CO) debido a la mala combustión en los cilindros del motor, ya que existe un exceso de combustible o falta de aire, esto quiere decir que existe una mezcla rica.

### **Monóxido de carbono**

Las principales fuentes de producción de monóxido de carbono son los vehículos que utilizan combustible como gasolina además de los procesos industriales, estos son los responsables del 80% de contaminación en la atmósfera. (Téllez y otros, 2006)

Este gas contaminante producido por la mala combustión de los hidrocarburos, inhalarlo en cantidades mayores puede afectar a la salud incluso siendo mortal, el monóxido de carbono se consolida con la hemoglobina de la sangre reduciendo el flujo de oxígeno afectando las funciones tanto cerebrales como visuales.

### **Emisión de monóxido de carbono con el motor apagado caliente y frío**

La emisión de gases contaminantes puede ocurrir cuando el vehículo está en movimiento o en modo ralentí (régimen mínimo de revoluciones por minuto); esto dependerá de las características del vehículo, principalmente de la presión de gas del combustible.

Cuando el motor después de una larga jornada de trabajo se apaga, se mantiene caliente y se presenta la gasificación del combustible y los residuos que no se queman ingresan al habitáculo del vehículo. No obstante, cuando el motor llega a enfriarse los gases también pueden ingresar debido a la filtración de las partes del sistema de combustible.

### **Climatizador del vehículo**

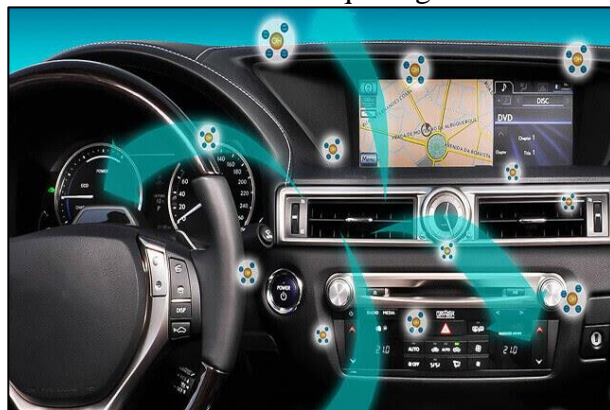
El habitáculo del vehículo es un espacio cerrado que requiere una buena circulación para evitar la acumulación de monóxido de carbono (CO) y permita que la respiración sea óptima.

Si bien los ventiladores del sistema de climatización redirigen el aire que circula dentro del habitáculo del vehículo como se muestra en la figura 3, según la selección en el módulo de climatización y este cuenta con sensores que se encuentran distribuidos por el habitáculo del

vehículo, esto no es suficiente y hace que disminuya el oxígeno y aumente los niveles nocivos de monóxido de carbono.

Cuando un vehículo que se encuentra con la calefacción encendida y el motor está en ralentí, se produce mayor cantidad de monóxido de carbono, debido a que el aire externo de la calefacción que ingresa al habitáculo pasa por el radiador cuando el vehículo se calienta, por tal motivo las intoxicaciones afectan a la salud en una alta demanda por la acumulación de este gas y además por el tiempo de inhalación de monóxido de carbono (CO).

**Figura 3.** Proceso de redirección del aire que ingresa al habitáculo del vehículo



**Fuente:** (Desguaces N-430 , 2020)

## **CAPÍTULO 1:**

### **ANÁLISIS SITUACIONAL**

En el presente capítulo se realizará una explicación de cómo se realiza el proceso de combustión de un motor a gasolina y sus posibles fallas, ocasionando la acumulación de gases contaminantes en el habitáculo del vehículo. Adicionalmente, se explicará cómo este fenómeno se relaciona con el sistema de climatización del vehículo lo cual puede empeorar el escenario para la salud de sus pasajeros.

#### **1.1 Combustión**

Es el conjunto de procesos físico-químicos que se generan gracias a la quema de cualquier combustible sin importar su estado, y se combina con un comburente, este es un proceso esencial dentro de nuestras vidas debido a que los combustibles son usados como fuente de energía.

El proceso de combustión requiere la reacción de un combustible con el oxígeno, a lo cual se lo conoce como oxidación, en la que normalmente se va a liberar una gran cantidad de calor.

En el cilindro del motor se genera la mezcla aire-combustible la cual se encuentra fuertemente comprimida y caliente, y es cuando se inicia la combustión

#### **1.2 Ciclo real para el motor de 4 tiempos**

Al inicio, la válvula de admisión y de escape están cerradas y el pistón se encuentra en el punto muerto inferior, en el tiempo de compresión el embolo sube y comprime la mezcla de aire – combustible y cuando este llega al punto muerto superior la bujía produce la chispa y genera la explosión aumentando la presión y la temperatura del sistema, esta explosión empuja el embolo hacia abajo y hace que rote el cigüeñal produciendo la energía mecánica. En la carrera del embolo, cuando se mueve hacía el punto muerto superior evacua los gases por la válvula de escape, mientras que regresa al punto muerto inferior por segunda vez ingresa una mezcla nueva por la válvula de admisión, cumpliendo así el ciclo de cuatro tiempos.

### 1.2.1 Reacción de combustión

Para que se genere la combustión es necesario que el combustible alcance su temperatura de ignición, que es la temperatura a la cual, una vez iniciada la llama ya no se extingue y esta temperatura es de 20 a 60°C más alta que la de inflamación.

### 1.3 Procesos de combustión incompleta

La combustión incompleta sucede incluso cuando en la cámara de combustión hay más oxígeno del necesario para la combustión completa. Esto puede atribuirse al mezclado insuficiente en la cámara de combustión durante el limitado tiempo en que el oxígeno y el combustible quedan en contacto. Otra causa de combustión incompleta es la disociación, la cual se vuelve importante a elevadas temperaturas.

Es incompleto si los productos de combustión contienen algo de combustible o componentes no quemados, como C, H<sub>2</sub>, CO, o bien, OH. El oxígeno insuficiente es una razón obvia para la combustión incompleta, pero no la única. (Blogspot, 2016 )

### 1.4 Gases de escape emitidos

A continuación, en la Tabla 1.1 se detalla la clasificación de los gases producto de la combustión, contaminantes y no contaminantes.

**Tabla 1.1** Gases contaminantes y no contaminantes

<b>Gases no contaminantes</b>	<b>Gases contaminantes</b>
Dióxido de carbono	Monóxido de carbono
Nitrógeno	Hidrocarburos
Oxígeno	Óxidos de nitrógeno
Agua	Dióxido de azufre
	Material particulado

**Fuente:** Los Autores

## **1.5 Monóxido de carbono**

Este gas se genera a partir de la combustión incompleta generada por el motor, es un gas incoloro e inodoro, insípido, tóxico y muy inflamable. Se acumula en las zonas altas de la atmósfera ya que es menos pesado que el aire. Se puede decir que a través del sector transportista, se genera la principal fuente de emisión de este tipo de gas, todo esto producido por la combustión incompleta de los distintos combustibles.

### **1.5.1 Ingreso del monóxido de carbono al habitáculo**

Se debe considerar que los vehículos no son lo suficientemente herméticos, poseen respiraderos, los cuales van de adentro hacia afuera, aunque por la deficiencia de algunos vehículos esto puede cambiar; y dar lugar a que los diversos gases contaminantes como el monóxido de carbono puedan ingresar.

Estas emisiones también pueden ingresar al vehículo como resultado un desperfecto en el sistema de escape, también se puede producir cuando exista alguna apertura; es decir que las puertas no cierran de manera perfecta, muchas veces cuando las gomas del baúl no se encuentran en su correcta posición y permite que los gases vayan entrando por la compuerta.

En muchos casos, la contaminación del habitáculo se puede dar por la parte frontal del vehículo, específicamente por donde ingresan los cables al interior de este, como resultado a que tareas como instalación de radios, alarmas, y también se puede la existencia de orificios en el muffler o por juntas está en mal estado. (Diario Libre, 2017)

Otra situación que provoca la contaminación debido al ingreso de CO al habitáculo se da cuando el vehículo (que está detenido y encendido), se encuentra en un lugar pequeño y cerrado (parqueaderos públicos) y tiene la calefacción encendida puesta con toma de aire exterior, esto genera que poco a poco se vaya concentrado el monóxido de carbono dentro del habitáculo.

## **1.6 Efectos sobre la salud por inhalación de monóxido de carbono (CO)**

La inhalación de este gas contaminante es perjudicial para la salud de una persona cuando esta se expone en un periodo de tiempo determinado. La OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) ha establecido 55 miligramos por metro cúbico [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] o

50 partes por millón [ppm] en un periodo de 8 horas como el valor máximo permitido para que un ambiente sea considerado como adecuado para el desarrollo normal de las actividades laborales de las personas.

Para el ser humano el peligro que presenta este gas es latente, debido a su ausencia de color y olor, haciendo imperceptible su inhalación y que puede llegar a afectar a su salud si se expone a niveles altos durante en un periodo largo de tiempo. El problema más grave conocido que provoca esta exposición se conoce como *carboxihemoglobina* que se presenta cuando el monóxido de carbono se incorpora a la sangre impidiendo el flujo de oxígeno en las células y tejidos llegando así a una pérdida de conciencia e incluso produciendo la muerte. Cuando la exposición a este gas es en cantidades mínimas en un periodo largo de tiempo tiene consecuencias tolerables, provoca pequeños dolores de cabeza, mareo, molestias respiratorias y en algunas ocasiones náuseas, cuando la exposición se da en niveles medianamente altos puede provocar desvanecimientos o desmayos, sin embargo, aún no habla de un riesgo de muerte, por otro lado, cuando se llega a una exposición en niveles críticos ocasiona la muerte.

### 1.7 Niveles de concentración de monóxido de carbono (CO)

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2017), referente al inciso de Gestión Ambiental que define los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina, determina que los niveles máximos de emisiones permitidas para fuentes móviles como un motor a gasolina, en ralentí (régimen mínimo de revoluciones por minuto) son los siguientes:

**Tabla 1.2** Niveles permitidos de CO para fuentes móviles a gasolina

Año modelo	% CO	
	0 – 1500	1500 – 3000
2000 y posteriores	1,0	1,0
1990 a 1999	3,5	4,5
1989 y anteriores	5,5	6,5

**Fuente:** (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2017)



Por otra parte y para corroborar lo explicado en la norma, en el artículo realizado por la revista UPSE, que se muestra en la Tabla 1.3, los niveles nocivos de gases contaminantes por combustión dentro del habitáculo del vehículo en modo ralentí, se determinan en tres etapas: alerta, alarma y emergencia, cada una de ellas determina establecida según el índice de toxicidad para la salud humana que produce el monóxido de carbono (CO).

**Tabla 1.3:** Niveles nocivos de monóxido de carbono (CO)

	<b>Alerta</b>	<b>Alarma</b>	<b>Emergencia</b>
Gas	Valor unidad de medida	Valor unidad de medida	Valor unidad de medida
Monóxido de carbono (CO)	20 – 50 ppm	200 – 400 ppm	> 800 ppm

**Fuente:** (Barrazueta y otros, 2022)

Como se observa en la Tabla 1.3, cuando una persona se expone a la inhalación CO, en un primer nivel de **alerta** se presentarán síntomas leves como desorientación y dolor de cabeza, al llegar a los niveles de **alarma**, los síntomas son más presenciales y pueden ser: ardor de ojos, mareos, náuseas y ardor de garganta llegando a un desmayo si se está expuesto varios minutos, y finalmente, al llegar a los niveles más peligrosos de **emergencia** se produciría un desmayo profundo y consecuentemente la muerte del individuo.

## **CAPÍTULO 2**

### **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE CO**

El principio de este sistema es captar los niveles de CO dentro de un habitáculo simulado de un vehículo, midiendo las partes por millón (ppm) de este gas que son nocivas para la salud humana. Además, será capaz de generar una alarma y apagar automáticamente el motor al detectar niveles altos de concentración de monóxido de carbono (CO). En el siguiente capítulo se describe el proceso de diseño y la programación del sistema electrónico, así como el hardware necesario para el diseño del sistema de detección de CO.

#### **2.1 Criterios de diseño**

Los criterios de diseño son parámetros que desean cumplir para la detección de monóxido de carbono (CO), estos requisitos mínimos garantizan que el sistema tenga su correcto funcionamiento:

##### **2.1.1. Criterios a considerar**

- **Eficiencia:** El mecanismo debe garantizar que el sensor de monóxido de carbono MQ 7 mida los 200 ppm de manera exacta. Este apartado se evaluará con una puntuación del 1 al 5, ponderando que 1 significa que es bajo en eficiencia y 5 alto en eficiencia
- **Costo:** Este criterio es de suma importancia debido a que se debe considerar que el sistema no tenga un costo elevado. Este apartado se evaluará con una puntuación del 1 al 5, ponderando que 1 significa que es bajo en costo y 5 elevado en costo.
- **Durabilidad:** este criterio se basa en la durabilidad de todos los elementos que componen el sistema de detección. Este apartado se evaluará con una puntuación del 1 al 5, ponderando que 1 significa que es bajo en eficiencia y 5 alto en eficiencia

Para elegir los componentes que forman parte del diseño del sistema, se realizara un estudio para la selección de la mejor alternativa.

## 2.2 Selección de las alternativas

En el presente proyecto, la adecuada selección de componentes para diseñar el sistema de detección de (CO) es relevante debido a que ello garantizará su óptimo funcionamiento. A continuación, se describe el análisis realizado de las opciones consideradas con la finalidad de determinar la funcionalidad de cada una y su factibilidad de implementación:

### 2.2.1 Alternativa de automatización

El sistema de control debe tener la capacidad de reconocer las partes por millón (ppm) nocivas de monóxido de carbono (CO) y poder controlar el sistema de alarma y apagado del motor. Para la automatización del sistema se pueden emplear las diferentes opciones:

### 2.2.2 PLC

Llamado así por sus siglas (control lógico programable) es una computadora industrial como se muestra en la figura 2.1 utilizada en la ingeniería para la automatización de procesos, con la finalidad que las maquinas tengan un correcto funcionamiento del sistema. Sigue instrucciones de programación respecto al control de funcionamiento. Debido a su excelente funcionamiento y por el ahorro de costos de operación los PLC poseen un valor elevado en cuanto a adquisición y reparación.

**Figura 2.1** Controlador lógico programable



**Fuente:** (Ingeniería Mecafenix , 2018 )

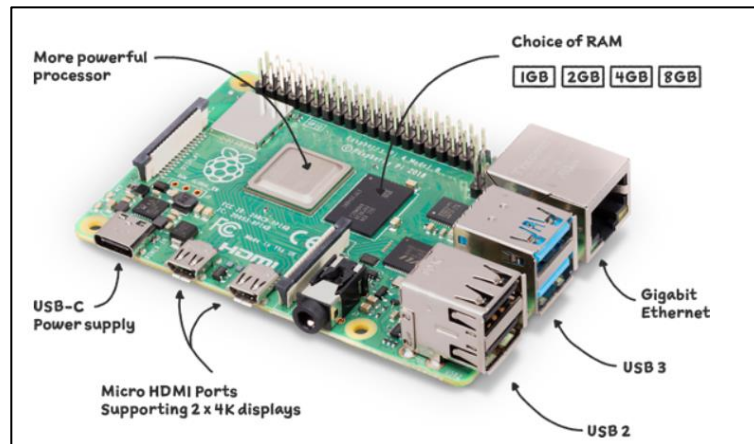
### 2.2.3 Raspberry Pi

Es una placa de microordenador, con capacidad de desarrollar iguales funciones que un ordenador de mesa, con la finalidad de hacer la informática accesible para todos. Gracias a

sus diversas características y prestaciones este tipo de tarjetas dejó de ser solo de uso educativo para luego ser un instrumento para la industria y el desarrollo de proyectos.

En su composición se encuentra un circuito integrado incrementado por un procesador RM11, con diversas frecuencias de funcionamiento. Este tipo de placas poseen una capacidad de cómputo reducida. En la figura 2.2 se puede observar la tarjeta Raspberry Pi.

**Figura 2.2** Tarjeta Raspberry Pi



**Nota.** En la figura se aprecia los componentes de una tarjeta Raspberry pi.

**Fuente:** (Raspberry Pi , s.f. )

#### 2.2.4 Arduino

Se compone de una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software, de fácil utilización. Este tipo de placas pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje) para luego convertirlo en una salida, activando un motor, encendiendo un LED, publicando algo en línea. Puede decirle a la placa que hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador. Para lo anteriormente mencionado se utiliza el lenguaje de programación (basado en Wiring), y el software Arduino (IDE), basado en Processing.

Nació en el “Ivrea Interaction Design Institute” como una herramienta para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación.

Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos desde objetos cotidianos hasta instrumentos científicos complejos. Las placas Arduino poseen un valor más accesible en comparación con las diversas plataformas de microcontroladores. Y para el manejo no requiere de mucha experiencia, por lo cual es una gran ventaja para su utilización. Posee una desventaja la cual

es que limita la flexibilidad de proyectos debido a que la plataforma viene ensamblada. (TRYEngineering, s.f.)

### 2.3 Alternativas del sistema de detección

Para este sistema se requiere de un sensor, que tenga la capacidad de medir el monóxido de carbono, debido a que es el gas más relevante en este proyecto, que el tiempo de respuesta sea corto.

#### 2.3.1 Sensor de gas CO ECO-5011

Este tipo de sensor es electroquímico alimentado por una batería, utiliza un electrolito amigable con el medio ambiente, posee un rápido tiempo de respuesta. Su conexión es un poco compleja, y es de tamaño grande. Este tipo de sensor es ideal para superficies de medición de gran tamaño, como se muestra en la figura 2.3. (Cubic , s.f. )

**Figura 2.3** Sensor electroquímico CO ECO-5011



**Fuente:** (Cubic , s.f. )

#### 2.3.2 Sensor de monóxido de carbono MQ7

El sensor MQ7 se muestra en la figura 2.4, es ideal para la detección de concentraciones de CO en el rango de 20 a 2000 ppm, posee una alta sensibilidad y un buen tiempo de respuesta, además es de fácil conexión, su funcionamiento es con un corto tiempo de precalentamiento, su tamaño es pequeño, y su costo es más económico en comparación con los diversos sensores de CO.

**Figura 2.4** Sensor MQ-7



**Fuente:** Los Autores

El sensor MQ-7 posee las siguientes características brindadas por Naylamp mechatronics además se pueden observar las especificaciones técnicas del fabricante o el datasheet. En el Anexo 1.

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Voltaje de Calentamiento: 5V (alto) y 1.4V (bajo)
- Resistencia de carga: regulable
- Resistencia de calentamiento: 33 Ohm
- Tiempo de Calentamiento: 60s (alto) 90s (bajo)
- Consumo de Resistencia: aprox. 350mW
- Concentración de Oxígeno: 21%

## 2.4 Análisis comparativo de las alternativas

Para determinar la mejor alternativa para el desarrollo del presente proyecto, se utilizó el método cuantitativo para evaluar las opciones existentes tal como se muestra en la Tabla 2.1, utilizando criterios como la eficiencia, costo, resistencia entre otros:

**Tabla 2.1** Análisis cuantitativo de la placa para la automatización del sistema

Requerimientos	Placa electrónica		
	PLC	Raspberry Pi	Arduino
Eficiencia	4	4	5
Costo	3	2	4
Durabilidad	4	5	5
Total	11	11	14

**Fuente:** Los Autores.

De acuerdo a la Tabla 2.2, la mejor alternativa de placa electrónica programable para la automatización del sistema es una tarjeta Arduino, debido principalmente a su funcionalidad y a las características que presenta según los criterios analizados.

**Tabla 2.2** Análisis cuantitativo del sensor para la detección de CO

Requerimientos	Tipo de sensor	
	CO ECO-5011	MQ7
Eficiencia	4	4
Costo	3	5
Durabilidad	4	5
Total	11	14

**Fuente:** Los Autores

Como se puede apreciar en la Tabla 2.2, la mejor calificación la obtiene el sensor MQ7, siendo más relevante para el sistema de detección de monóxido de carbono (CO).

## 2.5 Selección de los componentes de hardware

Luego del análisis de los resultados de la evaluación de los dispositivos electrónicos, y determinados los materiales a utilizar, se procede a seleccionar los componentes principales que serán parte del 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:

- Para la automatización del sistema se utilizará una tarjeta Arduino UNO.
- El sistema de detección de monóxido de carbono se lo realizará a través de un sensor MQ7.

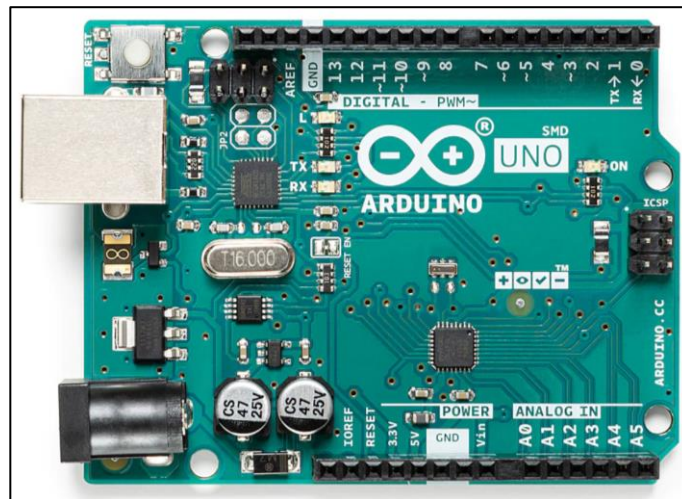
## 2.6 Bloques del prototipo

En el siguiente apartado se detallan los bloques (componentes de diseño) del prototipo que se consideraron en la construcción del sistema de apagado automático:

### 2.6.1 Bloque de procesamiento

Este bloque es uno de los más importantes porque aquí se incluye la placa Arduino UNO, misma que posee un microcontrolador basado en el ATmega328P. Tiene 14 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el sistema de apagado con el respectivo input para el sensor y output para el sistema buzzer y el relé. En la figura 2.5 se puede apreciar la placa Arduino UNO y en la Tabla 2.3 se aprecian las especificaciones técnicas. (Store Arduino , 2021)

**Figura 2.5** Placa Arduino UNO



**Fuente:** (Store Arduino , 2021)

**Tabla 2.3** Especificaciones tecinas del Arduino Uno

Especificaciones Técnicas	
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Pines de E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporciona salida PWM)
Pines de E/S digitales PWM	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin de E/S	20 mA



Corriente continua para 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P)
SRAM	2KB (ATmega 328p)
EEPROM	1KB (ATmega 328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Largura	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

**Fuente:** (Store Arduino , 2021)

### 2.6.2 Bloque de alimentación

Para la alimentación del sistema de detección de monóxido de carbono (CO) se ha utilizado un conjunto de baterías marca X-Balog recargables de Litio con una capacidad 8800 mAh. Si el sistema fuera conectado a un vehículo real, de igual manera utilizaría baterías, debido a que debe ser un sistema autónomo. Además, se utilizará una batería de 9v, la cual alimentará el ventilador y/o extractor, como se muestran en la figura 2.6.

**Figura 2.6** Baterías para el sistema de alimentación



**Fuente:** (ADKAR , s.f.)

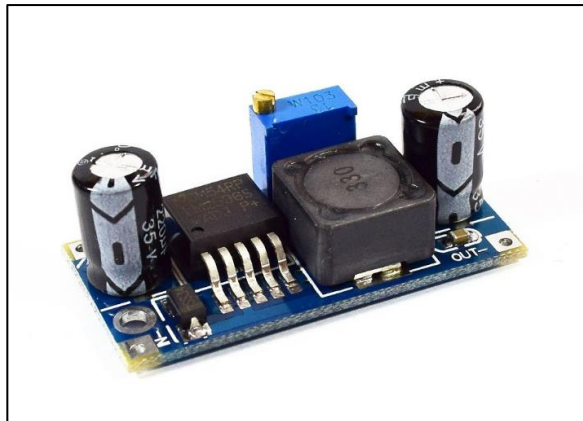
Estos dispositivos son diseñados para el almacenamiento de energía eléctrica, ideales para proyectos. El voltaje generado por este tipo de baterías varía de un modo imperceptible, así que requiere de un sistema de regulador de voltaje.

### 2.1.3 Bloque regulador de voltaje

Para la conversión de voltaje se utiliza un DC-DC Step-Down 3A LM2596 que es un regulador de tipo conmutado reductor, que posee una alta eficiencia al momento de la conversión y una excelente regulación de línea bajo voltaje rizado. Este componente reduce al mínimo el uso de componentes externos para simplificar el diseño fuentes de alimentación, permitiendo obtener un voltaje regulado a partir de una fuente que posea un voltaje mayor. Posee la característica de tolerar corrientes de hasta 3A, voltaje de entrada entre 4.5V A 40V y un voltaje de salida entre 1.23V a 37V, a través de un potenciómetro multivuelta se selecciona el voltaje de salida. (Naylamp Mechatronics SAC , 2021)

El Step-Down ver figura 2.7 en el sistema de detección de monóxido de carbono tienen como principal función regular el voltaje que entrega la batería y va hacia el sensor MQ7, debido a que dicho sensor trabaja con 5V y de esta manera no sufrirá ningún desperfecto. En la Tabla 2.4 se muestran las especificaciones del módulo.

**Figura 2.7** Modulo Step Down



**Fuente:** (Naylamp Mechatronics SAC , 2021)

**Tabla 2.4** Especificaciones técnicas del DC-DC Step-Down 3A LM2596

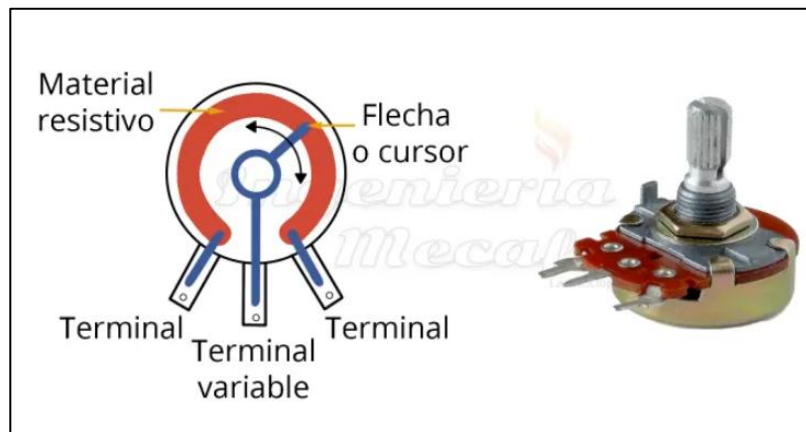
<b>Especificaciones Técnicas</b>	
Convertidor DC-DC Buck	LM2596
Voltaje de entrada	4.5V A 40V DC
Voltaje de salida	1.23V a 37V DC
Potencia máxima	25W

Eficiencia de conversión	92%
Regulación de carga	$S(I) \leq 0.5\%$
Regulación de voltaje	$S(u) \leq 0.5\%$
Frecuencia de trabajo	150 KHz
Ripple en la salida	30 Mv (máx) 20 bandwidth
Protección de sobre temperatura	SI (apaga la salida)
Protección de corto circuito	SI (hasta 5A)
Protección limitadora de corriente	SI
Protección frente a inversión de polaridad	NO
Dimensiones	43 x 21 x 13 mm

**Fuente:** (Naylamp Mechatronics SAC , 2021)

Un dispositivo importante para el sistema de detección, es sin duda el potenciómetro tal como se muestra en la figura 2.8. Este dispositivo electrónico es capaz de controlar la intensidad de corriente a lo largo de un circuito y se comunica con los actuadores para regular su funcionamiento.

**Figura 2.8** Potenciómetro



**Fuente:** (Ingenieria Mecafenix , 2017)

### 2.1.4 Bloque de extracción de gas

Para la extracción de los gases generados por el motor dentro del habitáculo simulado, se utilizó un ventilador o extractor de humo modelo VN-351, como se muestra en la figura 2.9.

**Figura 2.9.** Ventilador o extractor



**Fuente:** Los Autores

### 2.1.5 Bloque de recolección de datos

Para la detección de ppm de Monóxido de carbono (CO) se utiliza un sensor de la familia MQ. Por lo general la familia de sensores MQ se basan en detectar el cambio de resistencia eléctrica que ocurre en ciertos materiales en presencia de los gases. Estos sensores pueden trabajar entre 2 a 5 voltios y debido a su calentador el tiempo de calentamiento para que la salida de valores sea estable.

Al detectar la presencia de los gases la conductividad cambia y consecuentemente cambia la caída de tensión en el sensor, que se puede medir con un convertidor analógico a digital, disponible con Arduino. Son muy prácticos de usar, debido a que su composición está dada por una alimentación y dos salidas. Una analógica y otra digital, la primera indica la concentración de los gases y la segunda que se establece como detector cuando se alcanza o rebasa cierto nivel de concentración de los diversos gases. Para realización de este proyecto se utiliza el sensor MQ7.

### 2.1.6 Bloque actuador

Como se muestra en la figura 2.10, el relé es un componente eléctrico que sirve como interruptor permitiendo el paso y cerrando el paso de corriente eléctrica mediante un electroimán.

Este componente es el que permite apagar el motor Honda GX 35, cuando el sensor detecte las cantidades de monóxido de carbono (CO) nocivas para la salud humana.

**Figura 2.10:** Relé



**Fuente:** (Electronica J&M , s.f.)

Como se muestra en la figura 2.11, el buzzer o comúnmente conocido como zumbador es un dispositivo que posee características piezoeléctricas o de bobina. Este dispositivo simulará la alarma del sistema de detección, permitiendo que genere una alerta sonora cuando los niveles nocivos de monóxido de carbono (CO) lleguen a los rangos establecidos.

**Figura 2.11:** Buzzer



**Fuente.** (Ingeniería Mecafenix , 2018)

### 2.1.7 Bloque motor

El motor Honda GX 35 es un mini motor OHC (over head camshaft) de 4 tiempos, limpio y silencioso. Pese a su tamaño compacto, ofrece un excelente desempeño y potencia útiles para una amplia diversidad de situaciones. Aceleración y fuerza superiores a los motores de 2 tiempos, menor consumo, ruido y emisión de contaminantes. Posee una tecnología avanzada debido a que no hay mezcla de combustible y aceite. (Renta Tool , 2019)

El diseño OHC con correa de distribución silenciosa, hacen este motor ligero y compacto con muy poco mantenimiento. El motor Honda Gx35 se muestra en la figura 2.12. Además, en la Tabla 2.5 se muestran las especificaciones técnicas.

**Figura 2.12** Motor Honda Gx35



**Fuente:** (Honda , s.f. )

**Tabla 2.5** Especificaciones técnicas motor Honda Gx35

<b>Especificaciones Técnicas</b>	
Tipo de motor	Cilindro individual – 4 tiempos. Motor gasolina OHC
Calibre por carrera	39 X 30
Cilindrada	35.8 cm <sup>3</sup>
Relación de compresión	8.0: 1
Potencia neta	1.0 kW (1.3HP) / 7000 rpm
Par máximo neto	1.6 Nm (0.16 kgfm) / 5500 rpm
Sistema de encendido	Transistorizado
Motor de arranque	Tirador de arranque
Capacidad del depósito de combustible	0.63 Litro

Consumo de combustible a la potencia neta	0.71 L/HB 7000rpm
Lubricación	Neblina de aceite
Capacidad de aceite	0.1 Litro
Dimensiones (L X A X A)	198 X 234 X 240 mm
Peso en seco	3.33 kg

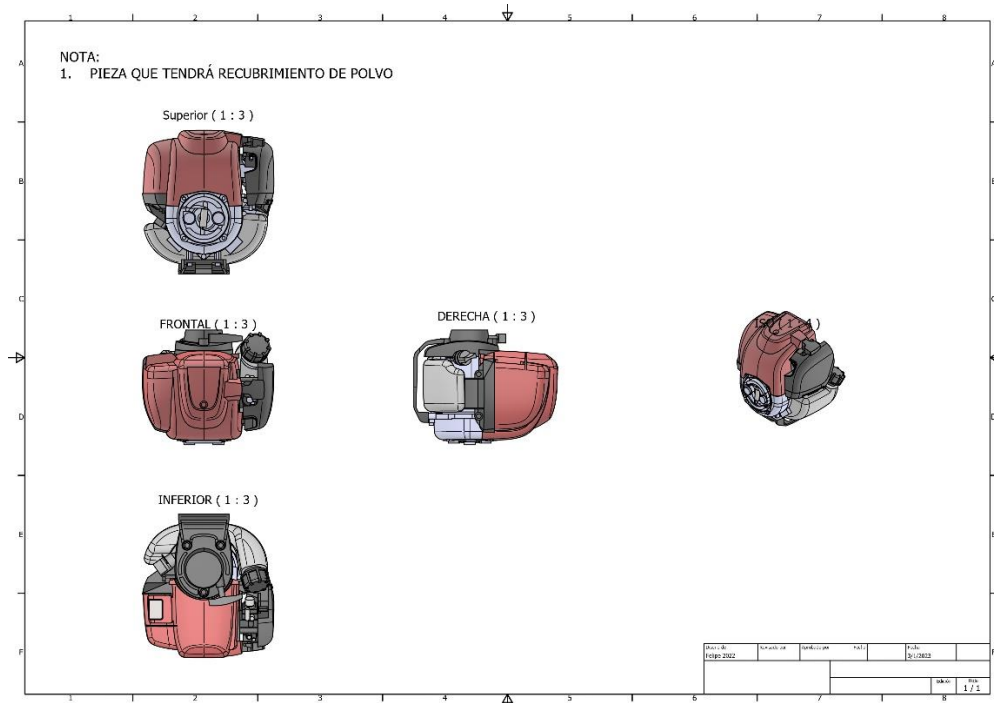
**Fuente:** (Renta Tool , 2019)

## 2.7 Modelación en Autodesk inventor

El software Autodesk inventor posee un conjunto de herramientas ideales para el diseño mecánico, simulación, visualización y documentación de productos en 3D.

Con la ayuda de este software se realizó la modelación del motor Honda GX35 como se muestran en la figura 2.13, teniendo en cuenta la ficha técnica (Ver anexo 2), con el fin de tener un sistema modelado que permita la fácil interacción con los demás sistemas existentes, además se realizó el prototipo de un habitáculo simulado de un vehículo liviano sedán, con el fin de conocer su volumen para las pruebas a realizar.

**Figura 2.13** Modelación del Motor Honda GX35

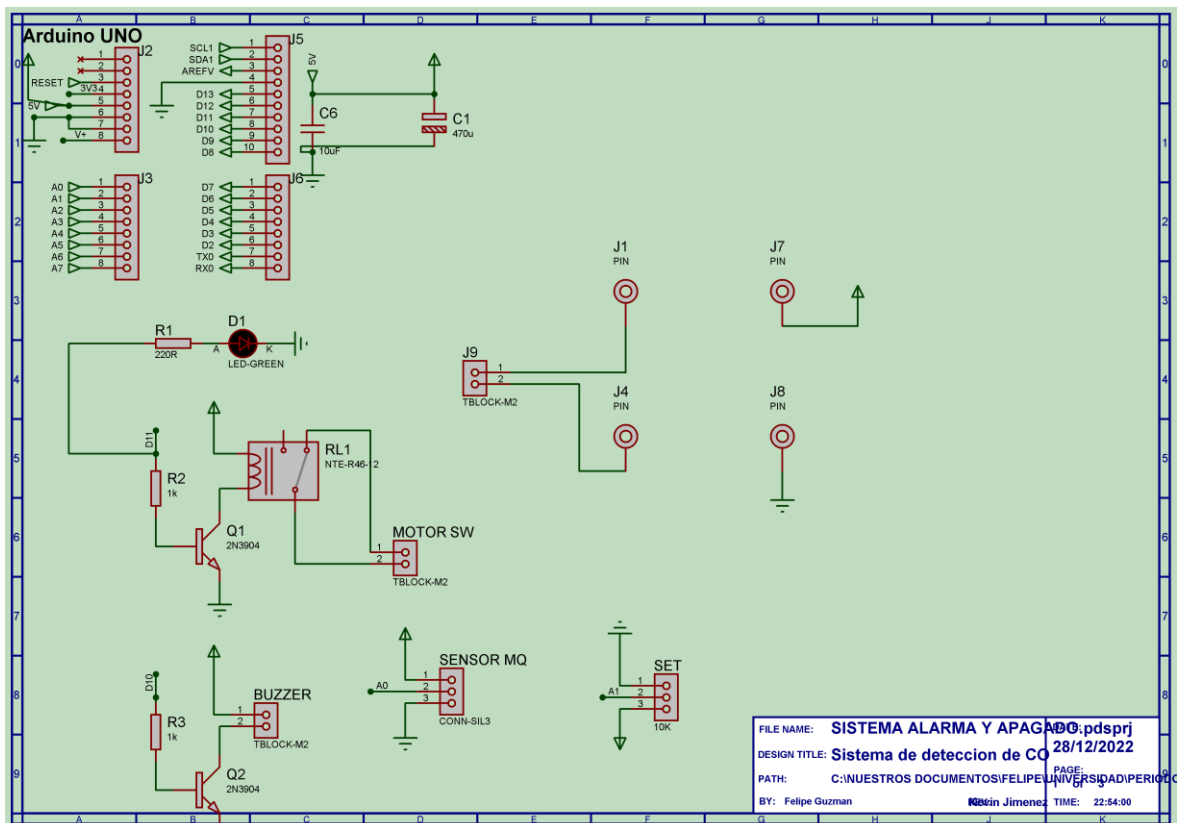


**Fuente:** Los Autores

## 2.8 Análisis del sistema en PROTEUS 8

Para el correcto funcionamiento del sistema se diseñó un modelo en la herramienta Proteus 8, con el fin de determinar los componentes y actuadores que activarán la alarma y apagarán el motor. Además, se complementará un led de verificación cuando el sensor detecte los niveles nocivos de monóxido de carbono y como respuesta se encenderá al ser verídica la información de datos, como se muestra en la figura 2.14

**Figura 2.14** Sistema de alarma y apagado automático

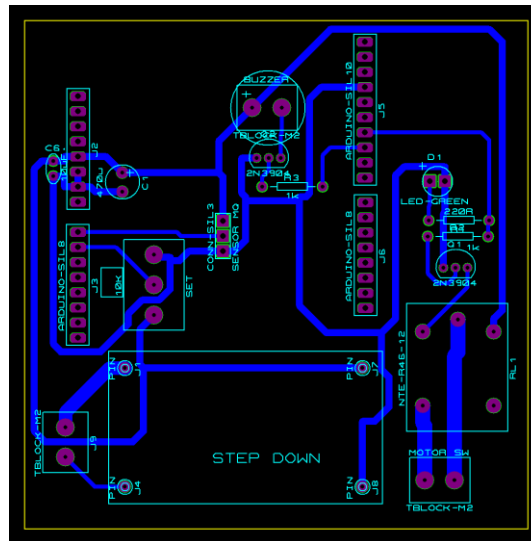


**Fuente:** Los Autores

Para un óptimo desempeño, el sistema irá anclado en una placa donde estarán todos los componentes, así como los canales de conexión entre los mismo. En la figura 2.15 se muestra el circuito impreso en la placa:



**Figura 2.15** PCB Layout

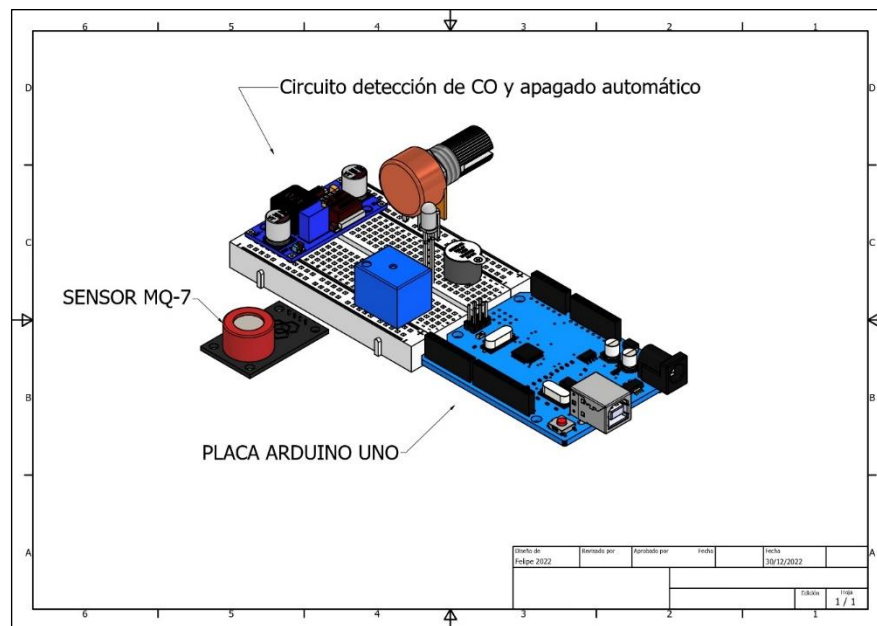


**Fuente:** Los Autores

### 2.9 Diseño de la placa del sistema de alarma y apagado automático

Para el diseño final de la placa, se consideraron los planos del circuito simulado en Proteus 8, obteniendo un trazado de los componentes y actuadores como se muestra en la figura 2.16, el cual será parte del prototipo final para la realización de las pruebas de detección de niveles nocivos de monóxido de carbono.

**Figura 2.16** Placa final sistema alarma y apagado automático



**Fuente:** Los Autores

## CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE CO

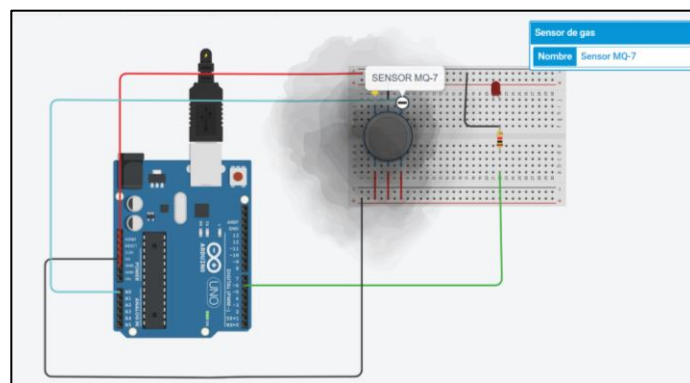
Una vez establecidos los componentes necesarios para el desarrollo del sistema, se definen los parámetros necesarios para la construcción del mismo, considerando los bloques de diseño que permitirán el correcto funcionamiento del prototipo y que son:

- Bloque de recolección de datos
- Bloque de regulador de voltaje
- Bloque de procesamiento
- Bloque de actuadores
- Bloque de extracción
- Bloque motor

### 3.1 Diseño del bloque recolección de datos

Para el diseño de recolección de datos, se utiliza un sensor MQ-7 el cual recolectará la información cuando el motor Honda Gx35 emita el gas contaminante dentro del habitáculo simulado, con el fin de censar los niveles nocivos programados previamente. Este sensor está implementado en una placa para un mejor funcionamiento, además, se incorpora al bloque de procesamiento donde estará la tarjeta Arduino UNO con la programación correspondiente. El sensor detectará los niveles de monóxido de carbono como se muestra en la figura 3.1 y registrará el tiempo de exposición. Cuando los niveles de exposición estén en el rango de tiempo programado mandará una señal al bloque de actuadores los cuales activarán el buzzer y simultáneamente enviará una señal al relé para que detenga el motor.

**Figura 3.1** Detección de monóxido de carbono mediante el sensor MQ-7

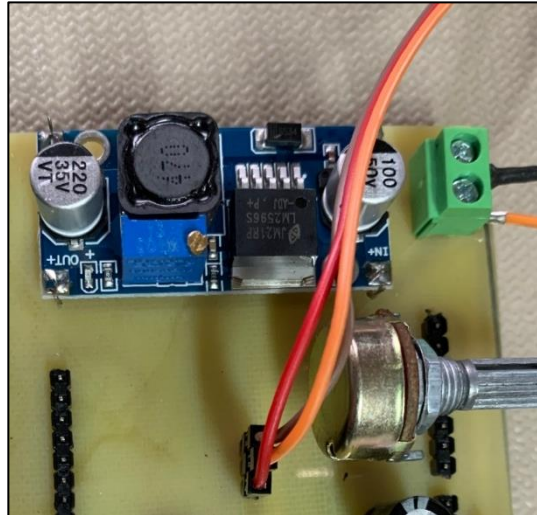


**Fuente:** Los Autores

### 3.1.1 Implementación de un regulador de voltaje

Para que el sensor MQ7 trabaje con normalidad se requiere de un Step Down como se muestra en la figura 3.2, el cual regula la entrada de voltaje de las baterías de Li-Ion que trabajan con una capacidad de 8800 mAh y entrega una salida de 5v, que es el rango de funcionamiento del sensor MQ-7.

**Figura 3.2** Regulador de voltaje hacia el sensor MQ-7



**Fuente:** Los Autores.

## 3.2 Diseño bloque de procesamiento

Para el procesamiento de los datos obtenidos del sensor MQ-7 se utilizará una tarjeta Arduino UNO, previamente elegida y descrita en el capítulo 2, para visualizar los valores nocivos alcanzados y el tiempo de duración a la exposición de monóxido de carbono, adicionalmente aquí se programará la activación del buzzer y del relé para el apagado del motor.

### 3.2.1 Parámetros en la programación de Arduino UNO

Para definir los parámetros que se utilizó en el sistema de alarma y apagado automático, se consideraron 3 etapas:

- Detección de gases contaminantes
- Definición del tiempo de exposición
- Accionamiento de los actuadores

Cuando el motor Honda Gx35 se encienda emitirá los gases por el silenciador, estos gases se concentrarán en el habitáculo simulado de  $0.0891 \text{ m}^3$ , cuando el monóxido de carbono abarque todo el volumen del habitáculo existirá una contaminación y se cumplirá el primer parámetro, por ende, el set point de nuestro código tendrá el valor programado de 200 partes por millón (ppm) y el sensor deberá llegar a ese valor, podemos ver en la figura 3.3 que el set point tendrá un rango de 65 a 500 partes por millón.

**Figura 3.3** Set point para partes por millón

```
void loop() {  
  mq=analogRead(A0);  
  set=analogRead(A1);  
  set=map(set, 0, 1023, 65, 500);  
  Serial.print("mq:");  
  Serial.println(mq);  
  Serial.print("set:");  
  Serial.println(set);  
  delay(1000);  
}
```

**Fuente:** Los Autores

Una vez que se cumplió el primer parámetro y el valor del Sensor MQ-7 llegue y sobrepase el valor del set point, empezará a contar el tiempo de exposición a la contaminación existente dentro del habitáculo simulado programado en el Arduino, y para ello se escribió el código como se muestra en la figura 3.4.

**Figura 3.4** Tiempo código

```
if(mq>set){// si hay presencia de Co  
s++;  
if(s>59){  
  s=0;  
  m++;  
}  
}else{  
  s=0;  
  m=0;  
}
```

**Fuente:** Los Autores

Finalmente, y una vez cumplido el segundo parámetro se procede a verificar el tiempo establecido para que los actuadores envíen la señal de alarma y apagado al motor Honda Gx35 y así se cumplirá el tercer parámetro. Para controlar los actuadores que son el buzzer y el relé se verifica la presencia de monóxido de carbono y el tiempo de exposición, dando como resultado que los comandos en el código se especifiquen como se muestra en la figura 3.5.

**Figura 3.5** Presencia de CO y tiempo transcurrido

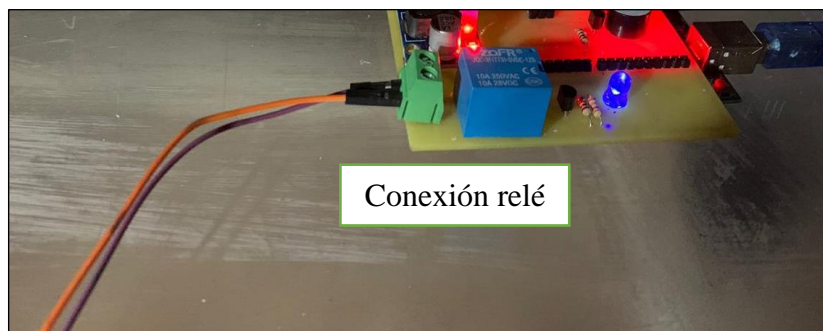
```
if((mq>set) && (m>=tset)) { // Si hay presencia de Co y ha transcurrido el tiempo
  digitalWrite(rele,HIGH);
  digitalWrite(buz,HIGH);
} else {
  digitalWrite(buz,LOW);
  digitalWrite(rele,LOW);
}
```

**Fuente:** Los Autores

### 3.3 Diseño bloque de actuadores

El diseño de la placa en donde se encuentran el buzzer, el relé, el potenciómetro y un led que serán implementados en la tarjeta Arduino para generar una respuesta una alarma y apagado automático en el motor Honda Gx35 cuando los niveles sean nocivos dentro del habitáculo simulado, este bloque se activará cuando el foco led se encienda. El potenciómetro quien regulará las cantidades de partes por millón del sensor MQ-7 el cual cumplirá los 3 parámetros, mandara la señal al relé el cual estará conectado a la bobina de encendido como se muestra en la figura 3.6 y, por ende, cerrará el circuito haciendo que el motor Honda Gx35 se apague.

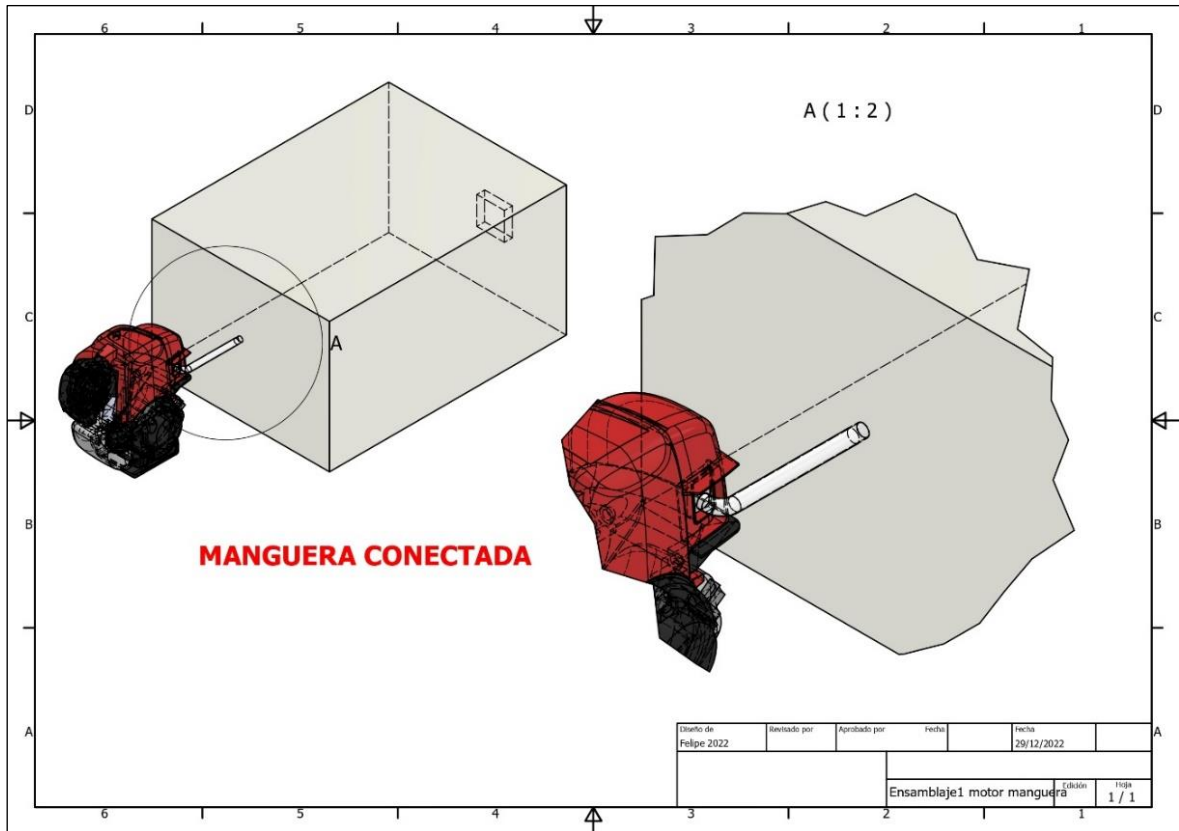
**Figura 3.6** Conexión relé a bobina de encendido



**Fuente:** Los Autores



**Figura 3.8** Implementación del motor Honda Gx35 al habitáculo simulado

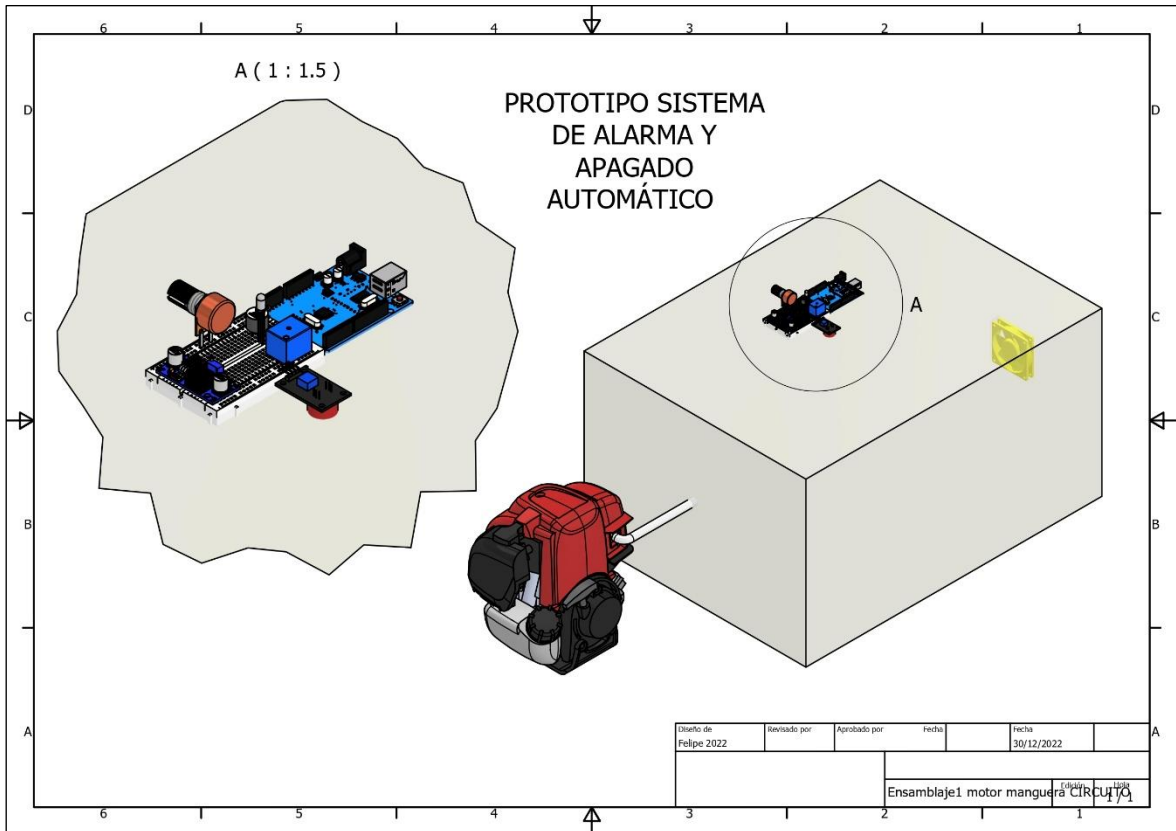


**Fuente:** Los Autores

### 3.6 Prototipo Final

Finalmente, el sistema total diseñado se muestra en la figura 3.9, el cual abarca la incorporación de los bloques motor, extractor y la placa como componente principal, cuya función es recolectar los datos de los niveles nocivos de monóxido de carbono que arroja el sensor MQ-7. Luego de esto, el bloque de actuadores emitirá la señal para que el buzzer funcione y, simultáneamente, el relé mande la señal al motor Honda Gx35 para que este se apague. (Ver anexos 3 y 4), además se insertará el código como se muestra en el (Anexo 5)

**Figura 3.9** Prototipo final



**Fuente:** Los Autores

Una vez integrados todos los componentes en el sistema, en el siguiente capítulo se procedieron a realizar las pruebas de medición de los gases contaminantes por combustión para definir los niveles nocivos y el tiempo de llenado del habitáculo del vehículo liviano y el habitáculo simulado, para la salud de los pasajeros.



## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la obtención de datos y la verificación de resultados mediante el previo estudio de concentraciones de monóxido de carbono (CO) se dividirá en 2 etapas:

- Prueba en un habitáculo real
- Prueba en el prototipo desarrollado

#### 4.1 Prueba de calentamiento del sensor MQ-7

Para la obtención de datos es necesario que nuestro sensor trabaje en óptimas condiciones por consiguiente se realizó una prueba de tiempo al sensor MQ-7, a continuación, en la Tabla 4.1 se tomaron muestras cada 30 segundos del voltaje de salida del sensor

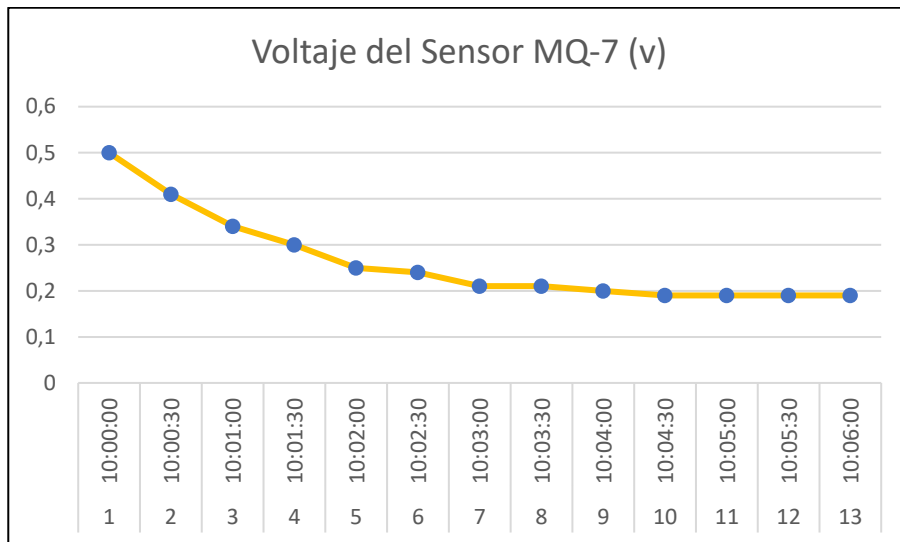
**Tabla 4.1:** Tiempo de calentamiento del sensor MQ-7

<b>Muestra</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Voltaje del sensor mq-7 (v)</b>
1	10:00:00	0.50
2	10:00:30	0.41
3	10:01:00	0.34
4	10:01:30	0.30
5	10:02:00	0.25
6	10:02:30	0.24
7	10:03:00	0.21
8	10:03:30	0.21
9	10:04:00	0.20
10	10:04:30	0.19
11	10:05:00	0.19
12	10:05:30	0.19
13	10:06:00	0.19

**Fuente:** Los Autores

En la figura 4.1, se muestra la estabilidad que le toma al sensor en calentarse tras llegar a los 5 min.

**Figura 4.1** Tendencia de estabilidad del sensor MQ-7



**Fuente:** Los Autores

#### 4.2. Pruebas en un habitáculo real

Esta prueba se realizó para la obtención del tiempo que toma en llegar a los 200 partes por millón (ppm) en un habitáculo de 9.1 m<sup>3</sup> de un Chevrolet Aveo Family, y se tomó las muestras con las ventanas totalmente cerradas, como se muestra en la figura 4.2

**Figura 4.2** Prueba con las ventanas cerradas



**Fuente:** Los Autores

Para lo cual se colocó dentro del habitáculo el motor Honda Gx35, y la placa con el sensor MQ-7, esto con la intención de encender el motor y obtener el tiempo que tarda en llenarse del gas contaminante.

Primero se estableció con el potenciómetro el nivel nocivo de monóxido de carbono el cual se muestra como “set” como se muestra en la figura 4.3, una vez colocado el nivel de alarma, procedimos a encender nuestro motor Honda Gx35.

**Figura 4.3** Muestra del tiempo antes de la contaminación

```
12:57:57.405 -> 0:0
12:57:57.405 -> mq:61
12:57:57.405 -> set:200
12:57:58.390 -> 0:0
12:57:58.390 -> mq:61
12:57:58.390 -> set:200
12:57:59.420 -> 0:0
12:57:59.420 -> mq:61
12:57:59.420 -> set:200
```

**Fuente:** Los Autores

Una vez alcanzado los niveles de contaminación como se muestra en la figura 4.4, se pudo determinar el tiempo que toma en alcanzar los niveles nocivos de 200 ppm de monóxido de carbono (CO), este tiempo es de 7 minutos con 20 segundos.

**Figura 4.4:** Tiempo de contaminación habitáculo real

```
13:06:59.679 -> mq:197
13:06:59.679 -> set:200
13:07:00.710 -> 0:0
13:07:00.710 -> mq:198
13:07:00.710 -> set:200
13:07:01.692 -> 0:0
13:07:01.692 -> mq:201
13:07:01.692 -> set:200
13:07:02.719 -> 0:1
13:07:02.719 -> mq:202
13:07:02.719 -> set:200
13:07:03.704 -> 0:2
13:07:03.704 -> mq:202
13:07:03.704 -> set:200
13:07:04.693 -> 0:3
```

**Fuente:** Los Autores

### 4.3 Pruebas de detección de CO en el prototipo desarrollado

A continuación, para la ejecución de las pruebas en el prototipo y el correcto funcionamiento el monóxido de carbono (CO) cumplirá el mismo objetivo de ingresar y concentrar los niveles nocivos.

El prototipo cuenta con un volumen de  $0.0891 \text{ m}^3$ , con el fin de determinar el tiempo de llenado, el gas contaminante ingresara en el habitáculo simulado.

Como se muestra en la figura 4.5 le toma en llegar a los niveles nocivos de 200 partes por millón (ppm) en un tiempo de 2 minutos con 58 segundos.

**Figura 4.5** Tiempo de llenado habitáculo simulado



**Fuente:** Los Autores

#### 4.4 Análisis tiempo de exposición a niveles de concentración

En un vehículo liviano de volumen  $9.1 \text{ m}^3$  el tiempo de exposición a un nivel de 200 ppm para empezar a sentir los síntomas en el nivel de alerta como ardor de ojos y garganta, náuseas y mareos, fue de 5 minutos y 17 segundos como se muestra en la figura 4.6.

Se debe considerar que los gases contaminantes ingresan al habitáculo real sin ningún tipo de filtro, sin contar el filtro del silenciador del motor Honda Gx35, ya que estos ingresarían por alguna fuga en el interior siendo el caso de que el vehículo este encendido con su motor en ralentí.

**Figura 4.6** Tiempo de exposición a niveles nocivos



**Fuente:** Los Autores

#### 4.4.1 Análisis de apagado automático del motor Honda Gx35

Cuando los niveles nocivos llegan a 200 ppm, la respuesta del buzzer y del relé es precisa al mismo tiempo, el motor Honda Gx35 se apaga automáticamente al transcurrir 1 minuto de tiempo de exposición en un habitáculo de  $0.0891 \text{ m}^3$  como se muestra en la figura 4.7.

**Figura 4.7** Tiempo de exposición a CO

20:46:29.800	->	0:57
20:46:29.800	->	mq:266
20:46:29.800	->	set:200
20:46:30.798	->	0:58
20:46:30.798	->	mq:269
20:46:30.798	->	set:200
20:46:31.786	->	0:59
20:46:31.786	->	mq:267
20:46:31.786	->	set:200
20:46:32.780	->	1:0
20:46:32.780	->	mq:269
20:46:32.780	->	set:200
20:46:33.821	->	1:1
20:46:33.821	->	mq:269
20:46:33.821	->	set:200
20:46:34.821	->	1:2
20:46:34.821	->	mq:262
20:46:34.821	->	set:200
20:46:35.809	->	1:3

**Fuente:** Los Autores

#### 4.5 Análisis de costo del prototipo

Con el objetivo de establecer los costos de construcción del sistema propuesto, en la Tabla 4.2 se muestran los valores de cada componente que se utilizó:

**Tabla 4.2** Costos del prototipo

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Arduino UNO	1	\$14.00	\$14.00
Sensor de monóxido de carbono MQ7	1	\$4.50	\$4.50
Relé JQC 3F(T73)	1	\$1.00	\$1.00
Step-Down 3A LM2596	1	\$3.50	\$3.50
Potenciómetro	1	\$1.00	\$1.00
Buzzer o alarma	1	\$1.00	\$1.00
Conectores	2	\$0.20	\$0.40
Transistor PNP	2	\$0.50	\$1.00

Resistencia	2	\$0.30	\$0.60
Placa	1	\$2.00	\$2.00
Cables	8	\$0.10	\$0.80
Baterías 8800 mAh	2	\$3.50	\$7.00
Porta pilas	1	\$7.00	\$7.00
<b>Total</b>			<b>\$43.80</b>

**Fuente:** Los Autores

El costo de producción del prototipo sin contar con la mano de obra es de \$ 43.80, el cual representa un precio accesible en comparación con los detectores de gases contaminantes revisados en el mercado como el ULTRA RAE 3000 y el TELEDYNE T200U, que juntos bordean el precio de \$5000.

## CONCLUSIONES

- Según el análisis de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en el presente proyecto, si un ser humano se expone por más de 5 minutos a la inhalación de CO en un rango de 50 a 200 partes por millón de monóxido de carbono su salud se vería directamente afectada, presentando síntomas que irían desde mareos, náuseas, dolores de cabeza hasta llegar a la pérdida del conocimiento e incluso la muerte.
- El desarrollo del sistema de alarma y apagado automático, se diseñó para que el sensor MQ-7, recolecte datos comprendidos entre 65 ppm y 500 ppm de CO en lecturas permanentes y envíe los valores reales mediante la tecnología Arduino UNO, dando como respuesta una alarma y simultáneamente el apagado automático del motor.
- El sistema de detección de CO propuesto simula un habitáculo en plexiglás que puede ajustarse para evaluar pruebas en cualquier tipo de vehículo, debido a que resiste las temperaturas que genera la emisión de los gases y la presión ejercida al llegar al volumen de  $0.0891 \text{ m}^3$ , cuando sobrepasó los niveles de 200 ppm establecidas en el código.
- Los resultados de las pruebas efectivas realizadas en los dos escenarios: en el habitáculo de un vehículo real y en el prototipo planteado, se corrobora la normativa que determina que después de un tiempo de 1 a 5 minutos de exposición al gas CO, un ser humano llegaría a presentar síntomas de afectación en su salud.
- Tras las simulaciones y resultados obtenidos se determinó que el sistema de detección de monóxido de carbono (CO) demuestra su efectividad al igual que expresa ser de mucha importancia, ya que gracias a la implementación de este sistema se puede prevenir accidentes o incluso la muerte de los ocupantes de un vehículo automotor.



## RECOMENDACIONES

- Para una segunda versión del presente proyecto se sugiere implementar un sistema auxiliar a un vehículo real, se puede utilizar la línea de alimentación de la ECU del motor para el apagado automático del mismo, teniendo el mismo principio de funcionamiento del relé.
- Para un mejor funcionamiento del sistema detección, se sugiere esperar el tiempo recomendado por el fabricante del sensor de CO, para que se caliente y emita resultados efectivos.
- En futuros prototipos de sistemas de detección de CO, alarma y apagado automático, se debe considerar la autonomía de funcionamiento de los mismos si es que se implementan como sistemas auxiliares y no como sistemas integrados a los vehículos.
- En futuras versiones de sistemas de detección de gases contaminantes, se podrían usar sensores infrarrojos, los cuales brindan una mejor lectura de datos en comparación a los sensores electroquímicos, además de una vida útil más larga.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ADKAR . (s.f.). *Pack 10 Pilas 18650 Recargable Baterias 18650 + 3 Cargadores*.

ADKAR : [https://www.adkar.cl/MLC-516936451-pack-10-pilas-18650-recargable-baterias-18650-3-cargadores-\\_JM](https://www.adkar.cl/MLC-516936451-pack-10-pilas-18650-recargable-baterias-18650-3-cargadores-_JM)

Barrazueta, Guerra, Horna, Chavez, & Morales. (2022). Construcción de un prototipo electrónico de control químico de emisiones de gases contaminantes dentro de vehículos. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 01-09.

Blogspot. (2 de Marzo de 2016 ). *Termodinamica 2*.

<http://termodinamic2.blogspot.com/2016/>

Cubic . (s.f. ). *Sensor electroquímico de CO ECO-5011*. Cubic :

[https://en.gassensor.com.cn/IndustryGasSensor/info\\_itemid\\_1273.html?gclid=CjwKCAiAhqCdBhB0EiwAH8M\\_Gj07WbJjdLa9N82vQ6T8KaVBA5LI7Ry\\_TmK5iwoRNPf6x1IDLHHjBRoChgwQAvD\\_BwE](https://en.gassensor.com.cn/IndustryGasSensor/info_itemid_1273.html?gclid=CjwKCAiAhqCdBhB0EiwAH8M_Gj07WbJjdLa9N82vQ6T8KaVBA5LI7Ry_TmK5iwoRNPf6x1IDLHHjBRoChgwQAvD_BwE)

Desguaces N-430 . (26 de Agosto de 2020). *El sistema de aire acondicionado o*

*climatizador del coche*. Desguaces N-430 : <https://desguacesn430.com/el-sistema-de-aire-acondicionado-o-climatizador-del-coche/>

Diario Libre. (17 de Noviembre de 2017). *Cómo las emisiones de monóxido de carbono*

*pueden entrar a un vehículo*. <https://www.diariolibre.com/actualidad/como-las-emisiones-de-monoxido-de-carbono-pueden-entrar-a-un-vehiculo-BX8606627>

El Comercio. (15 de Enero de 2019). Dos policías aparecen muertos en un patrullero en el norte de Quito. *El Comercio* , pág. s.n.

Electronica J&M . (s.f.). *Rele 24V 10A 5 PINES ZOFR AZUL-JQC-3F (T73)-24VDC-1ZS*.

Electronica J&M: <https://electronica-jm.com/product/rele-24v-10a-5-pines-zofr-azul-jqc-3ft73-24vdc-1zs/>

Hanwei electronics Co.,LTD. (s.f. ). TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR. *MQ7* .

Honda . (s.f. ). *Gx35* . Honda web site : <https://www.honda-engines-eu.com/es/productos/motores/gx35>

INECC. (2005). *Vehiculos automotores como fuente de emisión* . Instituto nacional de ecología y cambio climatico :

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>

- Ingenieria Mecafenix . (21 de Abril de 2017). *Potenciómetro ¿Qué es y como funciona?*  
 Ingenieria Mecafenix : <https://www.ingmecafenix.com/electronica/potenciometro/>
- Ingenieria Mecafenix . (16 de Enero de 2018 ). *¿Qué es y para qué sirve un PLC?*  
 Ingenieria Mecafenix : <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>
- Ingenieria Mecafenix . (15 de Octubre de 2018). *Que es el buzzer y como funciona (zumbador)*. Ingenieria Mecafenix : <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-buzzer/>
- Lanchas, A. (s.f.). *EL TRIANGULO DEL FUEGO*. Asociacion española de laboratorios de fuego: <http://www.aelaf.es/el-triangulo-del-fuego/>
- MedlinePlus. (2 de Diciembre de 2021). *Biblioteca nacional de medicina* .  
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002804.htm>
- Naylamp Mechatronics SAC . (2021). *Convertidor de voltaje DC-STEP-DOWN 3A LM2596*. Para la conversión de voltaje se utiliza un DC-DC Step-Down 3A LM2596 que es un regulador de tipo conmutado reductor, posee una alta eficiencia al momento de la conversión y una excelente regulación de línea bajo voltaje rizado. Este componente reduce al
- Raspberry Pi . (s.f. ). *Raspberry Pi 4*. Raspberry Pi : [raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/](https://raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/)
- Renta Tool . (2019). *MOTOR HONDA GX35*. Renta Tool :  
<https://rentatool.com.ar/producto/motor-honda-gx35/>
- s.a. (s.f. ). *TUTORIAL SENSORES DE GAS MQ2, MQ3, MQ7 Y MQ135*.  
 Naylampmechatronics : [https://naylampmechatronics.com/blog/42\\_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html](https://naylampmechatronics.com/blog/42_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html)
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2656 (Clasificación vehicular)*.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2017). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 (GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA)*.
- Store Arduino . (2021). *Arduino Uno Rev3 SMD*. Store Arduino :  
<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd>

- Téllez , J., Rodríguez , A., & Fajardo , Á. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. *Revista Salud Publica*, 108-117.
- TRYEngineering. (s.f.). *Hardware y software Arduino*. TRYEngineering:  
<https://tryengineering.org/es/engineering-fields/software-multimedia/arduino-hardware-and-software/#:~:text=Arduino%20es%20una%20plataforma%20electr%C3%B3nica,L ED%2C%20publicando%20algo%20en%20l%C3%ADnea>.
- Villarreal, D. (22 de Marzo de 2017). Diario Motor. *El fallecimiento de dos jóvenes en un Ford Fiesta ST modificado y los peligros de la inhalacion de monóxido de carbono* .
- Yang, J. (s.f). ¿Puedes dormir en tu coche? Verdad científica sobre dormir en un automóvil (¡es seguro!). *Informative Entertainig Meaningful* .

# ANEXOS.

## ANEXO 1. Data Sheet 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
V <sub>H</sub> (H)	Heating voltage (high)	5V±0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (L)	Heating voltage (low)	1.4V±0.1	Ac or Dc
RL	Load resistance	Can adjust	
RH	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T <sub>H</sub> (H)	Heating time (high)	60±1 seconds	
T <sub>H</sub> (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 <sub>2</sub>	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 AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) 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

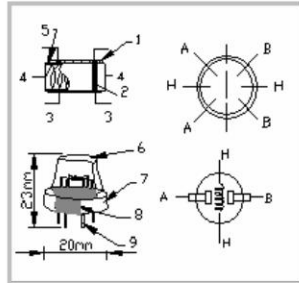
TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: [sales@hwsensor.com](mailto:sales@hwsensor.com)

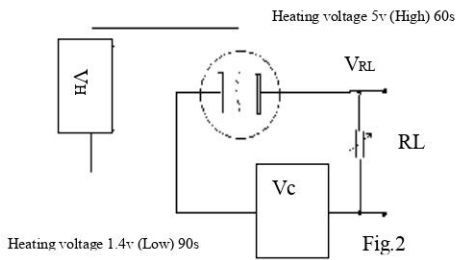
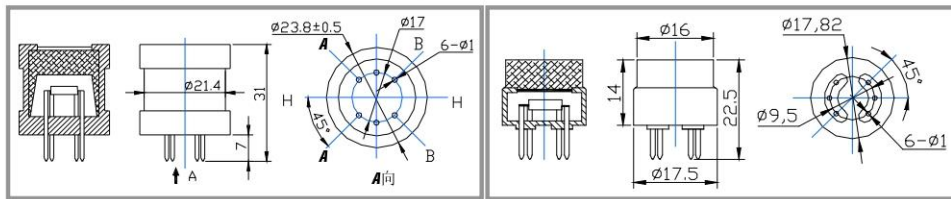
# ANEXO 1.1. Fichas técnicas MQ-7

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 <sub>2</sub>
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
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

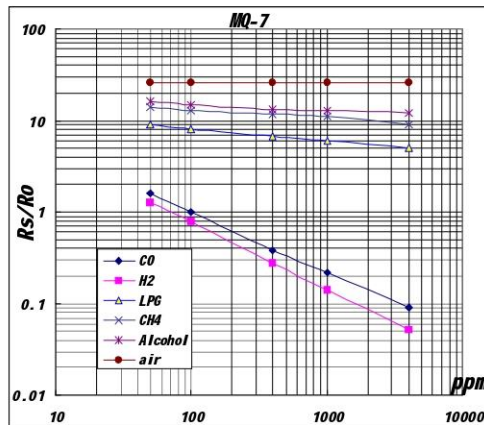


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

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

in their: Temp: 20℃、  
Humidity: 65%、  
O<sub>2</sub> 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. Ficha técnica motor Honda Gx35

# MOTOR ESTACIONARIO HONDA GX35 POTENCIA 1,6 HP.

## Especificaciones Técnicas

### CARACTERÍSTICAS

Cilindros	: Uno,
Válvulas	: Sobre la culata OHV
Tipo de Eje	: Acoplamiento por eje estriado
Refrigeración	: Aire Forzado
Lubricación	: Vaporización
Diámetro por carrera	: 39mm X 30mm
Desplazamiento	: 35.8 cc.
Potencia Máxima	: 1,6 Hp a 7.000 rpm *
Potencia Neta	: 1,3 Hp a 7000 rpm**
Potencia en Kw.	: 1,0 Kw.
Relacion compresión	: 8,0 : 1
Par motor máximo	: 1,6 Nm / 1,2 lb-ft a 5,500 rpm.
Encendido	: Transistorizado
Arranque	: Manual - Piola retráctil
Filtro de aire	: Semi - humedo
Horometro	: Opcoinal

**HONDA**  
PRODUCTOS DE FUERZA



### DIMENSIONES

Largo	: 20,4 Cms
Ancho	: 23,4 Cms
Alto	: 23 Cms
Peso Seco	: 3,3 Kg.
Deposito Combustible	: 0,6 Lts.
Autonomía	: 1,1 Hrs. Plena Carga
Carter de aceite	: 100 cc.

\* a 7,000 rpm. (potencia máxima), según norma SAE J1995

\*\* a 7,000 rpm. (potencia neta) según norma SAE J1349

### DETALLES DEL MOTOR

Motor mini de 4 tiempos (No usa mezcla) se utiliza en reglas vibratórias de concreto, en orilladoras, etc. es el motor mas pequeño de la familia Honda.

 **BAPER**

Eloy Rosales 4567, Quinta Normal  
Santiago - Chile



+ 56 22 682 5087

info@baper.net

GENERADORES - MOTOBOMBAS- MOTORES ESTACIONARIOS - ORILLADORAS - CORTADORAS DE PASTO - ETC.

Ventas - Servicio Técnico - Repuestos - Arriendos

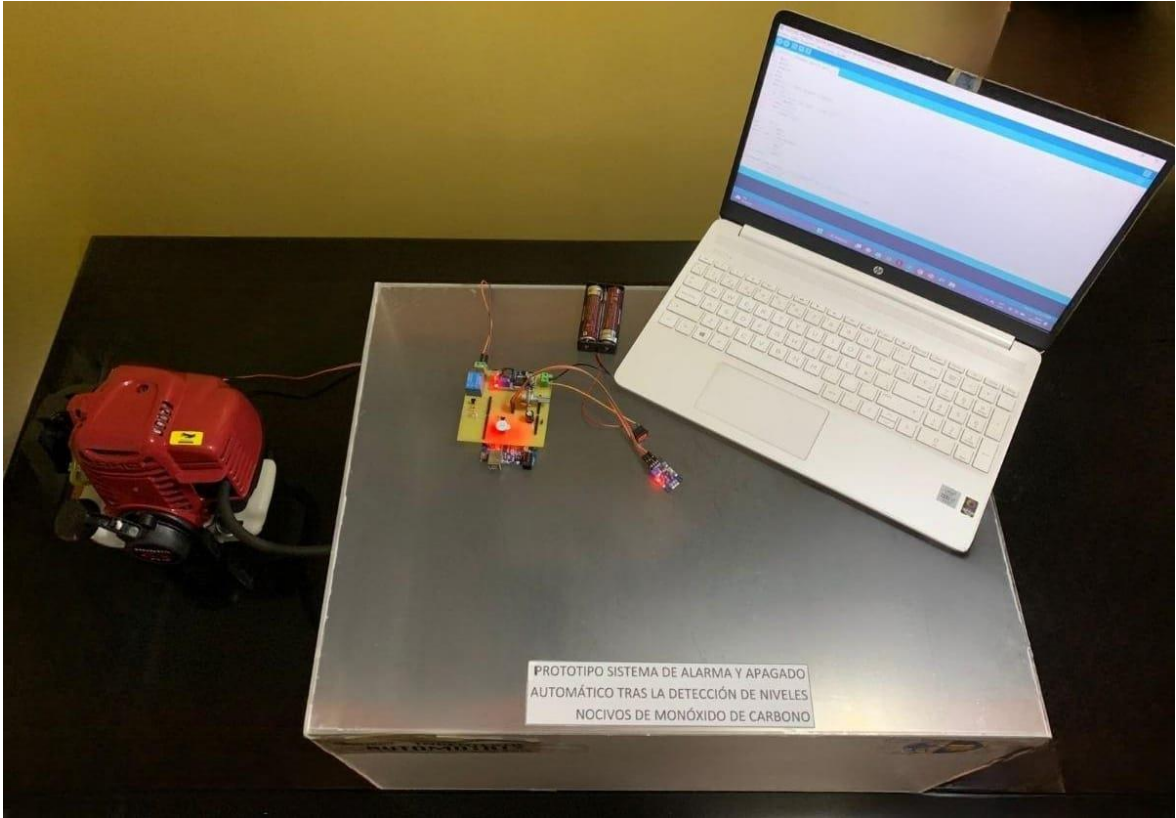
www.baper.net

**ANEXO 3. Construcción Prototipo**





**ANEXO 3.1 Vista superior**



**ANEXO 3.2 Vista lateral derecha**



**ANEXO 3.3 Instalación sistema de alarma y apagado automático**



## ANEXO 4 Prototipo final



## ANEXO 5. Código ARDUINO del sensor MQ7

```
int mq=0;
int set=0;
int rele=11;
int s=0;
int m=0;
int tset=1;// tiempo de seteo 1 minuto
int buz=10;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(rele,OUTPUT);
  pinMode(buz,OUTPUT);
  digitalWrite(rele,LOW);
}

void loop() {
  mq=analogRead(A0);
  set=analogRead(A1);
  set=map(set,0,1023,65,500);
  Serial.print("mq:");
  Serial.println(mq);
  Serial.print("set:");
  Serial.println(set);
  delay(1000);

  if((mq>set)&&(m>=tset)){// Si hay presencia de Co y ha transcurrido el tiempo
    digitalWrite(rele,HIGH);
    digitalWrite(buz,HIGH);
  }else{
    digitalWrite(buz,LOW);
    digitalWrite(rele,LOW);
  }

  if(mq>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);  
}
```