



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SUPERVISIÓN Y ALERTA DE NIVEL DE GASES CONTAMINANTES DENTRO DE VEHÍCULOS CON SISTEMA DE COMBUSTIÓN”

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

AUTOR

BRAYAN JOB HORNA BERREZUETA

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA Y AUTOMATIZACIÓN

“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SUPERVISIÓN Y ALERTA DE NIVEL DE GASES CONTAMINANTES DENTRO DE VEHÍCULOS CON SISTEMA DE COMBUSTIÓN”

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

AUTOR: BRAYAN JOB HORNA BERREZUETA

DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR, MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Brayan Job Horna Berrezueta**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Brayan Job Horna Berrezueta, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de noviembre del 2021



Brayan Job Horna Berrezueta
0604127407

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Dispositivo Tecnológico, “**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SUPERVISIÓN Y ALERTA DE NIVEL DE GASES CONTAMINANTES DENTRO DE VEHÍCULOS CON SISTEMA DE COMBUSTIÓN**”, realizado por el señor: **BRAYAN JOB HORNA BERREZUETA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

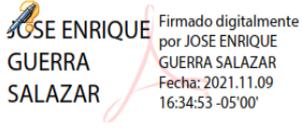
	FIRMA	FECHA
Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 MAYRA ALEJANDRA PACHECO CUNDURI Firmado digitalmente por MAYRA ALEJANDRA PACHECO CUNDURI Fecha: 2021.11.09 15:14:16 -05'00'	2021-11-05
Ing. José Enrique Guerra Salazar DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR Firmado digitalmente por JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR Fecha: 2021.11.09 16:34:53 -05'00'	2021-11-05
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Firmado digitalmente por EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Fecha: 2021.11.09 16:45:31 -05'00'	2021-11-05

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Gases contaminantes que emiten los vehículos con motor de combustión.....	4
<i>1.1.1 Motor a gasolina.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2 Motor a diésel.....</i>	<i>5</i>
1.2 Concentraciones máximas permitidas y afecciones a la salud humana.....	5
<i>1.2.1 Monóxido de carbono.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2 Dióxido de azufre.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3 Material particulado.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4 Hidrocarburos no quemados.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5 Óxidos de nitrógeno.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.6 Niveles de alarma, alerta y emergencia.....</i>	<i>11</i>
1.3 Realidad Nacional.....	12
1.4 Sistema de supervisión.....	13
<i>1.4.1 Detección de fallo.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2 Diagnóstico de fallo.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4.3 Reconfiguración.....</i>	<i>15</i>
1.5 Sistema eléctrico de los vehículos.....	15
<i>1.5.1 Sistema de ventilación.....</i>	<i>15</i>
<i>1.5.2 Sistema elevavidrios.....</i>	<i>16</i>
<i>1.5.3 Alarma del vehículo.....</i>	<i>17</i>
1.6 Tarjetas de desarrollo.....	17
1.7 Sensores de detección de gases.....	19
<i>1.7.1 Comparación de sensores de gases.....</i>	<i>20</i>

CAPÍTULO 2

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
2.1	Requerimientos para el prototipo	21
2.2	Concepción general del prototipo	21
2.3	Diagrama de bloques del prototipo	22
2.4	Descripción de elementos <i>hardware</i> del prototipo	23
2.4.1	<i>Sensor MQ-7</i>	24
2.4.2	<i>Sensor MQ-135</i>	27
2.4.3	<i>Sensor MQ-131</i>	29
2.4.4	<i>Arduino MEGA 2560</i>	32
2.4.5	<i>Pantalla OLED I2C 0.96''</i>	32
2.4.6	<i>Módulo Relé de 5 V con 4 canales</i>	33
2.4.7	<i>Relé automotriz de 12 V / 30 A</i>	34
2.4.8	<i>Batería de 12 V</i>	35
2.4.9	<i>Batería de 9 V</i>	36
2.4.10	<i>Cargador para carro cigarrera/USB</i>	36
2.4.11	<i>Interruptor palanca de 3 posiciones</i>	37
2.5	Esquema de conexión electrónica	38
2.6	Diseño de estructura del prototipo	40
2.7	Requerimientos <i>software</i> del prototipo	41
2.8	Herramientas <i>software</i> del prototipo	42
2.9	<i>Software</i> del prototipo	42

CAPÍTULO 3

3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	45
3.1	Implementación del sistema	45
3.2	Calentamiento y calibración de sensores	45
3.3	Margen de error del sensor MQ-7	47
3.4	Repetitividad de los sensores	48
3.5	Prueba de consumo de potencia	51

CAPÍTULO 4

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA	53
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Síntomas según concentración de CO	7
Tabla 2-1: Sintomatología por exposición a SO ₂	8
Tabla 3-1: Sintomatología por exposición a Benceno	10
Tabla 4-1: Sintomatología por exposición a NO ₂	11
Tabla 5-1: Niveles permisible, alarma, alerta y emergencia según concentración del gas	12
Tabla 6-1: Comparación de diferentes tarjetas de desarrollo.....	18
Tabla 7-1: Comparación entre sensores de gas	20
Tabla 1-2: Relación ppm vs Rs/Ro de MQ-7.....	25
Tabla 2-2: Relación ppm vs Rs/Ro de Benceno en MQ-135	28
Tabla 3-2: Relación ppb vs Rs/Ro de NO _x en MQ-131	30
Tabla 4-2: Características la pantalla oled	33
Tabla 5-2: Terminales de conexión con Arduino.....	40
Tabla 1-3: Calentamiento de sensores	46
Tabla 2-3: Error absoluto del sensor MQ-7	48
Tabla 3-3: Repetitividad de los sensores.....	50
Tabla 4-3: Consumo de potencia del prototipo	51
Tabla 1-4: Costo elementos del prototipo	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Esquema sistema de supervisión.....	14
Figura 2-1: Conductos de entrada de ventilación	16
Figura 3-1: Sistema eléctrico del electroventilador	16
Figura 4-1: Diagrama del sistema de elevavidrios.....	17
Figura 5-1: Elementos alarma vehículo	17
Figura 1-2: Concepción general del prototipo	22
Figura 2-2: Diagrama de bloques del prototipo	23
Figura 3-2: Vista anterior y posterior del sensor MQ-7.....	24
Figura 4-2: Vista anterior y posterior del sensor MQ-135.....	27
Figura 5-2: Vista anterior y posterior del sensor MQ-131.....	30
Figura 6-2: Arduino MEGA 2560	32
Figura 7-2: Vista anterior y posterior de pantalla OLED I2C 0.96’’	33
Figura 8-2: Módulo relé de 5 V con 4 canales.....	34
Figura 9-2: Relé automotriz.....	35
Figura 10-2: Batería de 12 V dentro del vehículo.....	35
Figura 11-2: Batería de 9 V en porta baterías con adaptador.....	36
Figura 12-2: Cargador para carro cigarrera/USB marca Anera	37
Figura 13-2: Interruptor palanca de 3 posiciones	37
Figura 14-2: Esquema de conexión electrónica	38
Figura 15-2: Diseño de la caja para el prototipo.....	41
Figura 16-2: Diagrama de flujo para la supervisión y alerta de gases	44
Figura 1-3: Prototipo implementado.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Curva característica del sensor MQ-7	25
Gráfico 2-2: Curva característica del benceno con el sensor MQ-135	28
Gráfico 3-2: Curva característica del NO _x con el sensor MQ-131	31
Gráfico 1-3: Voltaje al que tienden los sensores al calentarse.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Hoja de datos del sensor de gas MQ-7

ANEXO B: Hoja de datos del sensor de gas MQ-135

ANEXO C: Hoja de datos del sensor de gas MQ-131

ANEXO D: Hoja de datos del Arduino MEGA2560

ANEXO E: Hoja de datos de la pantalla OLED I2C 128x64

ANEXO F: Código de programación del prototipo

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de titulación fue la construcción un prototipo de supervisión y alerta de nivel de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión debido a los decesos que han existido por inhalar estos gases cuando las personas se encontraban descansando en el interior de un automóvil. El prototipo consta de 5 bloques, el de alimentación, conformado por baterías y adaptadores con el fin de energizar el prototipo; el de procesamiento, compuesto por una tarjeta de desarrollo que supervisa la calidad de aire del entorno. El de adquisición de datos, que cuenta con sensores capaces de medir la concentración de gases contaminantes de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y bencenos presentes en el ambiente; el de visualización, con una pantalla que muestra la información adquirida además de presentar mensajes en casos extremos; y el de actuadores, que activa dispositivos según el nivel calculado por el bloque de procesamiento. Mediante pruebas se obtuvo que el prototipo necesita 5 minutos para calentar y calibrar los sensores, estos presentan un error absoluto de $\pm 1.65\%$; al calcular la repetitividad con el coeficiente de correlación se obtiene un valor máximo de 3.93% que al ser menor al valor considerando como aceptable según autores determina la estabilidad del prototipo. Se concluye que el prototipo implementado es confiable, estable y aceptable para supervisar la concentración de gases en el habitáculo y se puede convertir en una herramienta para la toma de decisiones en la activación de actuadores; se recomienda integrar un sistema inteligente para el autodiagnóstico del vehículo.

Palabras clave: <GASES CONTAMINANTES> <SUPERVISIÓN> <VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN> <ACTUADORES> <SENSORES DE GAS> <TARJETA DE DESARROLLO>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1768-DBRA-UPT-2021

2021-09-09

ABSTRACT

This graduate research aimed to construct a prototype for monitoring and alerting the level of polluting gases inside vehicles with combustion systems due to the deaths that have existed due to inhaling these gases when people were resting inside a car. The prototype consists of 5 blocks; the power supply comprises batteries and adapters to energize the prototype; the processing one consists of a development card that monitors the environment's air quality. The Data acquisition, which has sensors capable of measuring the concentration of polluting gases of carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x) and benzenes present in the environment; the visualization, with a screen that shows the information acquired in addition to presenting messages in extreme cases; and the actuators, which activates devices according to the level calculated by the processing block. Through tests, it was obtained that the prototype needs 5 minutes to warm up and calibrate the sensors; these present an absolute error of $\pm 1.65\%$; when calculating the repeatability with the correlation coefficient, it is obtained a maximum value of 3.93%, which, as it is less than the value considered as acceptable, according to the authors, determines the stability of the prototype. It is concluded that the implemented prototype is reliable, stable, and acceptable for monitoring the concentration of gases in the passenger compartment and can become a tool for decision making in the activation of actuators; It is recommended to integrate an intelligent system for the vehicle's self-diagnosis.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <POLLUTING GASES>
<COMBUSTION VEHICLES> <GAS SENSORS> <DEVELOPMENT CARD>.

 Firmado digitalmente por
LENIN IVAN LARA
OLIVO
Fecha: 2021.09.28
00:08:39 -05'00'

INTRODUCCIÓN

La mayoría de vehículos que transitan a diario tienen un motor de combustión interna, el cual, a partir de la energía potencial del combustible se la mezcla con aire y con una chispa, en el caso de gasolina, o por autocombustión, cuando se usa diésel, generando una combustión que libera energía calórica, incrementando la presión de un cilindro que mueve de forma oscilante al pistón, movimiento que se traspa al sistema de transmisión permitiendo el avance de los autos (Gilardi, 1985, p.12), el proceso de combustión es incompleta, liberando además de agua y dióxido de carbono (CO₂) gases que son perjudiciales para la salud del ser humano (Pérez Darquea, 2017, pp.23-24), este proceso ha llamado la atención tanto a nivel nacional como internacional provocando que se creen normas cada vez más estrictas, pues, exponerse a diferentes niveles de concentración de gases disminuye la esperanza de vida e incrementa el gasto de salud pública del estado (Vargas Hernández et al., 2020, pp.13-15).

Se conoce casos donde estos gases ingresaron al habitáculo, por ejemplo, en Panamá en el año 2016 una pareja fue hallada sin signos vitales dentro de su auto, todo indicaba que se ahogaron por inhalar CO (Trujillo, 2016), en el mismo año pero en Reino Unido 2 jóvenes fallecieron intoxicados por CO mientras descansaban en su vehículo modificado cuando el motor estaba encendido (Villareal, 2017) y un reciente caso en el país donde el pasado agosto del 2020 dos policías murieron dentro del patrullero luego de su guardia laboral en Guayaquil (El Comercio, 2020).

Por la problemática de intoxicación de gases nocivos para la salud, se han implementado sistemas de monitoreo, alerta y control de estas sustancias en varias instituciones educativas superiores como en la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina) donde se desarrolló un sistema autónomo *Wi-Fi* de detección de humo y monóxido de carbono capaz de realizar un censo de monóxido de carbono y humo que notifica por internet a través de una conexión wifi a una aplicación móvil (Tentor y Lombardo, 2018, pp. 66-67), en la Universidad de Guayaquil se diseñó de un sistema de bajo costo para la supervisión y control de la calidad del aire que permite obtener la medición de la “calidad del aire” y “monóxido de carbono” en el ambiente, convertirlos a unidades de partes por millón y almacenarlos en una base de datos, (Beltrán Rambay y Villacis Serrano, 2019, p.95) o en esta institución donde se realizó la implementación de redes de sensores inalámbricas, en un sistema telemétrico para detectar y controlar fugas de gas glp y monóxido de carbono en usos domésticos, sistema capaz de medir,

procesar y comunicar densidad de GLP y CO en ambientes domésticos, (Segura Cruz, 2017,p. 93), trabajos que han ayudado a la comunidad pero se enfocan en ambientes domésticos y no existe estudio sobre la supervisión de la calidad de aire dentro de los vehículos y actuadores que se activen cuando incrementa la concentración de gases.

La justificación aplicativa será la construcción de un prototipo de supervisión de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión, prototipo que tendrá varios sensores electrónicos dentro del vehículo, los cuales proveerán la información de la concentración de gases contaminantes presentes en el ambiente. La lectura de la medición de los sensores será enviada al controlador para ser procesada y analizada, de acuerdo con el control establecido este enviará señales a los actuadores para su activación o desactivación durante cierto periodo de tiempo.

La metodología usada es de tipo teórica donde se realizó una revisión bibliográfica que ayudó a la recopilación de información relacionada al tema del presente trabajo de titulación, también se utilizó el método empírico, el cual, mediante experimentación se comprueba el funcionamiento de los bloques del sistema; por último, con el método inductivo ayudó a sacar las conclusiones a partir de los experimentos realizados.

El objetivo general del presente documento es construir un prototipo de supervisión y alerta de nivel de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión, además, cuenta con los siguientes objetivos específicos que ayudarán a cumplir la meta propuesta:

- Investigar acerca de los gases contaminantes que emiten vehículos con sistema de combustión y como supervisar los niveles críticos para el ser humano.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo de supervisión de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión.
- Establecer el diseño que cumple con los requerimientos establecidos para el prototipo de supervisión de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión.
- Seleccionar el *software* y *hardware* adecuado que permite implementar el diseño propuesto.
- Evaluar si el prototipo de supervisión de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión implementado cumple con los requerimientos planteados.

Este trabajo de titulación consta de cuatro capítulos que detallan información necesaria para comprensión del proyecto propuesto, el primer capítulo, Marco Teórico, trata sobre una recopilación bibliográfica sobre los gases contaminantes y efectos en la salud humana además de sistemas de

supervisión, el segundo capítulo, Marco Metodológico, presenta los requerimientos y equipos necesarios para la construcción del prototipo, el tercer capítulo, Análisis y Resultados, muestra las pruebas y resultados que se practicaron, finalmente el cuarto capítulo, Evaluación Económica, presenta un análisis y comparativa con equipos comerciales, además de las conclusiones y recomendaciones para la mejora del prototipo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo presenta una revisión bibliográfica acerca de los gases contaminantes que generan los vehículos de combustión, el daño y niveles permisibles en la salud humana, sistemas de supervisión, un estudio de la realidad nacional y el sistema eléctrico de los automotores.

1.1 Gases contaminantes que emiten los vehículos con motor de combustión

El desplazamiento de los vehículos se da gracias al motor, el cual a partir de energía térmica la transforma en energía mecánica proveyendo un trabajo que permite el movimiento (Gonzales Calleja, 2018, pp.2-3). La energía térmica es producto de la combustión, esto es una reacción química al combinarse un combustible, derivados de petróleo como la gasolina o diésel, con un comburente, el oxígeno que existe en el aire, formando CO₂ y agua, sin embargo, cuando la combustión es incompleta por incremento o ausencia de oxígeno se generan otros gases nocivos para la salud humana (Arias Montaña & Ludeña Ayala, 2018, pp.4-7).

La concentración y cantidad de gases contaminantes que generan los vehículos automotores durante su funcionamiento depende del combustible que usan, la altitud en que se encuentran, la velocidad a la que transitan y la edad del vehículo.

1.1.1 *Motor a gasolina*

Poseen una cámara donde ingresa el combustible fósil de rápida ignición, una bujía genera una chispa y se crea una explosión que permite el movimiento rápido y continuo del pistón (Andrino Cebrian, 2016, pp.20-21).

Los vehículos con este motor a gasolina emite una mezcla compuesta aproximadamente de 71% de nitrógeno (N₂), 14% de CO₂, 13% Agua y entre el 1% y 2% de hidrocarburos no quemados (HC), NO_x y CO (Bernaola Alonso, 2013, pp.14-15) los cuales se liberan por el tubo de escape durante la combustión o a través del capó cuando el combustible se evapora por exceso

de calor, este pequeño porcentaje de gases es considerado nocivo para el ser humano, en cambio, CO₂ no se lo percibe como dañino para la salud pero es el principal causante del calentamiento global (Pérez Darquea, 2017, pp.23-24).

A mayor altitud, las emisiones de CO y HC incrementan y el CO₂ decrece, esto se debe a la variación de presión atmosférica y disminución de oxígeno en el ambiente (Barrera Echeverría et al., 2018, p.21). Por otro lado, los vehículos emiten mayor cantidad de CO cuando existe tráfico, pues están mayor tiempo en modo ralentí, así mismo, la producción de HC incrementa cuando el automotor circula a alta velocidad debido al incremento de temperatura en el motor (Arias Montañó & Ludeña Ayala, 2018, pp.90-91).

1.1.2 Motor a diésel

En su interior se inyecta el combustible, en este caso el diésel, bajo presión al cilindro del motor mezclándose con aire, dando lugar a la combustión liberándose por el escape una mezcla aproximada de 67% de N₂, 12% CO₂, 11% de agua, 10% de oxígeno (O) y un 0.5% de material particulado (PM) y gases contaminantes como el CO, HC, NO_x y dióxido de azufre (SO₂), éste último se genera por la presencia de azufre (S) en el diésel, por lo general, la combustión de diésel genera menos CO y HC pero más NO_x y MP que la gasolina, además de liberar SO₂ debido a su composición (Bernaola Alonso, 2013, pp.14-15).

1.2 Concentraciones máximas permitidas y afecciones a la salud humana

Debido a la emisión de gases contaminantes por parte de industrias, hogares, vehículos, entre otros existen normas y/o reglamentos que limitan el nivel y tiempo al que puede exponerse una persona considerando los efectos que puede producir en su sistema según la concentración en el ambiente.

La norma de calidad del aire ambiente, en el anexo 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) indica las concentraciones máximas permitidas de contaminantes criterio como el PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, CO, SO₂, CO y Ozono (O₃), para otros gases existen normas internacionales (Ministerio del Ambiente, 2003).

Para la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm), a microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que utiliza la ecuación (1-1) y para su viceversa la ecuación (2-1) además se necesita conocer el peso molecular del compuesto para aplicar dichas ecuaciones (Mangosio, 2008, pp.62-63).

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} * Pm}{24.5} * 10^3 \quad (1-1)$$

$$\text{ppm} = \frac{\mu\text{g}/\text{m}^3 * 24.45}{Pm} * 10^{-3} \quad (2-1)$$

Donde:

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ = Microgramos del contaminante en un metro cúbico.

ppm = Cantidad de unidades del contaminante existentes en un millón de partes del aire.

Pm = Peso molecular del agente contaminante conocido.

1.2.1 Monóxido de carbono

Este gas es imperceptible para el ser humano debido a su ausencia de color y olor, puede afectar a la salud humana según la concentración y el tiempo al que alguien este expuesto, uno de los problemas más comunes es la carboxihemoglobina (COHb) donde el CO inhalado pasa a la sangre y une a la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno a las células y tejidos (Téllez et al., 2006, pp.109-114). La intoxicación de este gas, puede presentar síntomas según la concentración de exposición que se la presenta en la tabla 1-1 (Vega Luna et al., 2017, p.114).

Tabla 1-1: Síntomas según concentración de CO

Concentración de CO (ppm)	Síntomas
50	Permisible por 8 horas
200	Dolor de cabeza leve
400	Dolor de cabeza y náuseas
800	Dolor de cabeza, mareo y náuseas (riesgo de muerte luego de 2 horas)
1600	Dolor de cabeza, mareo y náuseas (riesgo de muerte luego de 1 hora)
3200	Dolor de cabeza y mareo (riesgo de muerte luego de 30 minutos)
6400	Dolor de cabeza y mareo (riesgo de muerte luego de 15 minutos)
12800	Perdida de conciencia y riesgo de muerte

Fuente: (Vega Luna, Lagos Acosta y Salgado Guzmán, 2017)

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Se establece que la concentración máxima permisible del monóxido de carbono en ambientes debe ser 10,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8.73 ppm) en un espacio de 8 horas; en el lapso de una hora no se debe exceder 30,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (26.2 ppm), en ambos casos no exceder el año de exposición (Ministerio del Ambiente, 2003).

1.2.2 *Dióxido de azufre*

Una de las características del SO_2 es su fuerte olor, además de ser incoloro y no inflamable, se genera por la quema de combustibles de origen fósil los cuales están compuestos por S (Zapata Tello, 2017, p.15).

Este gas es irritante para los ojos, garganta y vía respiratoria, los problemas a la salud que genera se pueden apreciar en la tabla 2-1, cabe recalcar que el daño es mayor en personas asmáticas además de estar asociado con el asma, bronquitis crónica y morbilidad en niños y ancianos; una exposición prolongada mayor a los 100 ppm puede causar una muerte por edema pulmonar, acidosis sistemática o paro respiratorio (Flores Silva, 2020, pp.30-31).

Tabla 2-1: Sintomatología por exposición a SO₂

Concentración de SO ₂ (ppm)	Efectos en la salud
1 – 5	Respiración profunda (peligrosa para personas con enfermedades cardíacas o pulmonares)
3 – 5	Disminución de la frecuencia respiratoria en reposo y del ingreso de aire a los pulmones (al gas se lo percibe fácilmente).
5	Se limita el acceso del aire inspirado a los pulmones.
6	Irritación en nariz y garganta.
10	Empeora la irritación en nariz y garganta.
10 – 15	Posibles hemorragias nasales.
20	Irritación en los ojos y lagrimeo.
50	Irritación grave de los ojos, garganta, vías respiratorias (tolerable por 30 – 60 min.).
100	Inmediatamente peligroso para la vida y la salud (tolerable por 30 minutos)
> 150	Letal, solo puede ser resistida durante algunos minutos.

Fuente: (Flores Silva, 2020)

Realizado por: Horna Brayan, 2020

La concentración de dióxido de azufre en 24 horas no deberá exceder 125 µg/m³ (0.05 ppm), mientras que en 10 minutos la concentración no debe superar 500 µg/m³ (0.19 ppm). El promedio aritmético en un año no deberá superar los 60 µg/m³ (0.02 ppm) (Ministerio del Ambiente, 2003).

1.2.3 *Material particulado*

Son partículas sólidas y líquidas presentes en la atmósfera emitidas por una fuente directa como el tubo de escape de los vehículos a diésel, o por la concentración de gases contaminantes, las partículas grandes se depositan cerca de su fuente emisora y se las denominan como Partículas Sedimentables (PS), en cambio, las más pequeñas se desplazan el aire y tienen la capacidad de ingresar a las vías respiratorias, aquellas con un diámetro menor a 10 µm (PM 10) se generan por acción del tráfico en vías sin pavimento, erosión eólica, quema de residuos de cosechas agrícolas y por actividades de construcción las cuales

provocan irritación en ojos nariz y garganta; mientras que, las partículas más pequeñas con un diámetro menor a 2.5 μm (PM 2.5) las emiten principalmente los vehículos a diésel (Díaz Suárez & Parra, 2020, pp.41-43).

Las PM 2.5 son las más perjudiciales capaces de llegar a los hasta los alvéolos pulmonares, al inhalarlo en cortos lapsos de tiempo provoca picazón en los ojos , nariz y garganta, además de náuseas e infecciones respiratorias, mientras que, con una exposición prolongada provoca alergias, enfermedades cardiovasculares y respiratorias además de cáncer de pulmón (Hinojosa Rodríguez, 2020, pp.24-25).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas de PM10 no deberá exceder los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá superar los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ministerio del Ambiente, 2003).

El promedio aritmético de concentración de PM2.5 de las muestras tomadas en un año no deberá exceder 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El monitoreo en el transcurso de 24 horas no deberá exceder de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ministerio del Ambiente, 2003).

1.2.4 Hidrocarburos no quemados

Son restos de hidrocarburos no incinerados o parcialmente incinerados liberados por el tubo de escape de un vehículo debido a la quema incompleta del combustible, su fuente principal son las emisiones de automotores y durante la manipulación, distribución y almacenamiento de gasolina (Sanchez Yunga & Zuñiga Guzhñay, 2018, p.15).

En seres vivos la exposición de hidrocarburos a corto o largo plazo puede afectar de forma perjudicial al sistema inmune, disminuyendo la capacidad de combatir infecciones; y la preocupación que existe es por su efecto cancerígeno el cual muta el ADN produciendo tumores malignos, siendo el más usual el cáncer de pulmón al inhalar o exponerse a este compuesto (Agudo, 2010, pp.75-76).

Además, al descomponerse con la luz solar forma ozono (O_3) y otros compuestos, así mismo, al mezclarse con el oxígeno se crean nuevos gases como el benceno, metano, hexano, entre otros (Organización Mundial de la Salud, 2005).

El benceno es el compuesto alarmante por sus propiedades cancerígenas y no existe un nivel mínimo que evite el riesgo de contraer cáncer por lo que se recomienda minimizar su contacto. En la tabla 3-1 se expone los efectos al exponerse a diferentes concentraciones de benceno (Consejería de Salud de la Región de Murcia, [s.f.]).

Tabla 3-1: Sintomatología por exposición a Benceno

Concentración de Benceno (ppm)	Efectos en la salud
1	Posible aparición de leucemia por exposiciones durante 40 años.
50 – 150	Dolor de cabeza, debilidad al exponerse por 5 horas.
60	Olor detectable
700 – 3,000	Somnolencia, mareos, taquicardia, dolor de cabeza e inconsciencia.
> 3,000	Envenenamiento agudo.
10,000 – 20,000	Muerte con exposición de 5 a 10 minutos.
No existe nivel seguro de exposición	

Fuente: (Consejería de Salud de la Región de Murcia, [s.f.])

Realizado por: Horna Brayan, 2020

El límite de exposición para compuestos que emiten HC por la combustión de combustibles fósiles o calentamiento del alquitrán de hulla, brea es de 0.2 mg/m³ (1 ppm) en el lapso de 8 horas y no exceder 5 ppm durante 15 minutos según lo establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos (Agudo, 2010, pp.38-39).

1.2.5 Óxidos de nitrógeno

Son un conjunto de gases compuestos por oxígeno y nitrógeno, donde, el óxido de nítrico (NO) se libera en altas temperaturas durante la combustión de automotores y se mezcla con el oxígeno formando nuevos compuesto que además de ser irritantes son precedentes para la formación de nitratos los cuales producen ácidos al ambiente provocando la llamada lluvia

ácida (Sanchez Yunga & Zuñiga Guzhñay, 2018, p.16). Los vehículos con motor a diésel son los principales emisores de óxidos de nitrógeno.

Entre éste grupo destaca el dióxido de nitrógeno (NO₂), exponerse a este gas en pequeñas concentraciones provoca irritación en los ojos, nariz, garganta y pulmones, en altas concentraciones produce quemaduras y espasmos a la garganta y vías respiratorias, para que exista daño en un adulto sano se debe superar los 1880 µg/m³ (1 ppm), debido a estos se han realizado estudios sobre el efecto que produce este gas en personas con problemas respiratorios preexistentes los cuales se muestran en la tabla 4-1 (Consejería de Salud de la Región de Murcia, [s.f.]).

Tabla 4-1: Sintomatología por exposición a NO₂

Concentración de NO ₂ (ppb)	Efectos en la salud
110	Umbral de olor
250	Aumento en la reactividad de la vía aérea en asmáticos
320	Broncoespasmos en asmáticos
480	Aumento en la reactividad de la vía aérea en sujetos normales
1000	Produce daños en adultos sanos
10000 - 20000	Ligeramente irritante
20000	Inmediatamente peligroso para la vida y la salud

Fuente: (Consejería de Salud de la Región de Murcia, [s.f.])

Realizado por: Horna Brayan, 2020

En el ambiente de trabajo, por 8 horas diarias, el límite permitido para la exposición de monóxido de nitrógeno es de 25 ppm o de 35 ppm pero en 15 minutos, y para el dióxido de nitrógeno la concentración máxima permitida es de 200 µg/m³ (110 ppb) en un lapso de una hora instituido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos (Elizalde Torres & González Cardel, 2017, p.48).

1.2.6 Niveles de alarma, alerta y emergencia

En base a los síntomas que producen los gases a diferentes concentraciones se ha establecido 3 niveles de acción, que son: alerta, alarma y emergencia, apreciables en la tabla 5-1, donde

el nivel de Alerta los efectos son mínimos como dolor de cabeza, náuseas o molestias respiratorias, el nivel de Alarma es cuando sobrepasa estos efectos pero no existe riesgo de muerte, por último, el nivel de Emergencia es cuando la concentración es tan alta que en un determinado periodo de tiempo la persona no puede escapar del lugar o ya existe un riesgo de muerte. También se incluye un nivel Permisible el cual es aceptado por normas ambientales.

Tabla 5-1: Niveles permisible, alarma, alerta y emergencia según concentración del gas

Gas	Permisible		Alerta		Alarma		Emergencia	
	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida
CO	< 50	ppm	50 - 200	ppm	200 - 400	ppm	> 800	ppm
NO ₂	< 110	ppb	110 - 320	ppb	320 - 1000	ppb	> 1000	ppb
Benceno	1	ppm	1-5	ppm	5 - 50	ppm	> 50	ppm

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2003)

Realizado por: Horna Brayan, 2020

1.3 Realidad Nacional

Los automotores son una herramienta necesaria en el desarrollo cotidiano de una persona, ya sea en el trabajo, transporte público, comercio, entre otros, puesto que brinda la posibilidad de movilizarse de un lugar a otro, entregar productos o efectuar gestiones en corto tiempo (Vidal Pérez, 2006, p.17). En el 2017 según estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el Ecuador existen 2'403,651 de vehículos motorizados matriculados y aquellos que poseen habitáculo son los automóviles, autobuses, camiones, camionetas, furgonetas, vehículos utilitarios deportivos (suv, por sus siglas en inglés), tanqueros, tráileres, y volquetas, donde 25,818 pertenecen al estado, es decir, son de estricto uso laboral y los vehículos de este grupo pero de uso particular o alquiler suman 1'788,763 unidades (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2019), esta población se encuentra en una exposición constante a los gases contaminantes que emite el automotor, destacando a los choferes del transporte público y privado, comerciantes, policías y vigilantes de tránsitos, considerando que permanecen mayor tiempo dentro del vehículo.

Así mismo, de acuerdo con las estadísticas del INEC en el año 2018 los vehículos a gasolina son en total 2'082,329 (86 % aproximadamente) y los que usan diésel suman 311,009 (13 % aproximadamente) (INEC, 2019). Extra, super y eco-país son los tres tipos de gasolina que se utiliza en el Ecuador siendo eco-país el de mayor demanda representando el 48 % del consumo nacional, seguido por la gasolina extra, el cual representa el 43 % de demanda y por último, la gasolina super que representa el 9 % de comercialización en base a las ventas del año 2019 (El Universo, 2020).

El vehículo posee un sistema de escape donde expulsa los gases generados durante la combustión, para mitigar el impacto a la salud humana y al ambiente utiliza un catalizador el cual es un recipiente que contiene un soporte con una estructura de celdillas similar a un panel donde transforma parcialmente los gases nocivos en no tóxicos, la vida media del catalizador es de 150 000 kilómetros de recorrido pero éste puede fallar de forma prematura por golpes en los bajos del vehículo, fallos en el motor, un arranque insistente, entre otros (Andrino Cebrian, 2016). En los autos mayores a 12 años es común las averías en el sistema de escape como las fisuras en el tubo, en especial en las uniones o soldaduras, además de presentarse complicaciones en el motor por el paso del tiempo (ABC, 2017).

En el Ecuador, el 32% de los automotores matriculados en el año 2017 son de 12 o más años, por lo tanto, son más propensos a tener desperfectos en sistema de emisión de gases (El Comercio, 2019). En el 2017, una investigación como trabajo de titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi determinaron que en la parroquia San Buenaventura de Latacunga, más de la mitad de la muestra de vehículos estudiados no cumplían la normativa de emisión de gases según la norma NTE INEN 2 207:2002, pese a que aprobaron los requisitos que exigen en la matriculación de los vehículos (Zapata Tello, 2017, p.45); además por observación se evidencia la gran cantidad de gases que emiten camionetas, camiones y buses urbano o intercantonales cuando transitan.

1.4 Sistema de supervisión

Los sistemas de supervisión son un conjunto acciones con el objetivo asegurar el correcto funcionamiento de un proceso, incluso en situaciones anormales llegando a automatizar tareas de inspección y vigilancia, para ello necesita registrar la secuencia del proceso y detectar anomalías llevando a cabo una evaluación de las variables, que de ser posible, trate

de mantenerlas en un nivel de consigna, además, con un registro histórico se podrá tomar decisiones en el futuro (Colomer et al., 2000, pp.2-3).

Los sistemas de tiempo real cumplen una tarea impuesta correctamente en un tiempo finito especificado, es decir, pueden procesar una muestra de información antes que ingrese al sistema la siguiente muestra (Contreras Márquez, 2017); con el estudio de síntomas en exposición de gases se establece como tiempo real al espacio de un minuto para toma de muestras de aire en el habitáculo.

El sistema de supervisión consta de 3 etapas: la detección de fallo, diagnóstico de fallo y reconfiguración del sistema como se aprecia en la figura 1-1, pero en el caso que éstas no se realicen se lo percibe como un procedimiento de vigilancia considerándolo ahora como un sistema de monitorización (Colomer et al., 2000, pp.4-6).

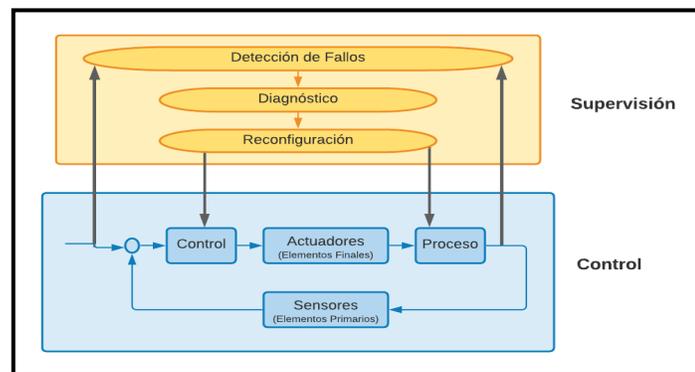


Figura 1-1: Esquema sistema de supervisión

Realizado por: Horna Brayan, 2020

1.4.1 *Detección de fallo*

Su propósito es obtener señales de situaciones que cambien el comportamiento del proceso o sistema de forma que no pueda cumplir con el objetivo que se le fue impuesto, con esta información es posible corregir los problemas detectados de forma manual o automatizada (Hurtado Cortés et al., 2016, pp.19-20).

1.4.2 *Diagnóstico de fallo*

Después de haber detectado un fallo se clasifica las características y cambios producidos en el procedimiento del proceso con el propósito de averiguar el tipo de fallo y la causa que los produjo (de la Fuente Aparicio et al., 1999, p.69).

Para la detección y diagnóstico de falla se pueden usar tres métodos que son: basados en modelos matemáticos del proceso, a partir de modelos obtenidos de datos históricos del proceso y a partir de datos del proceso (Hurtado Cortés et al., 2016, pp.19-20).

1.4.3 *Reconfiguración*

Conjunto de acciones para mantener operativo el procesos o sistema, admitiendo un comportamiento degradado pero estable aún ante la presencia de fallas. En el caso que el sistema no pueda seguir operando, es posible enviar un mensaje de alarma (Ramírez y Colina, 2014, p.74).

1.5 Sistema eléctrico de los vehículos

Los vehículos constan de mecanismos que funcionan gracias a la transformación de energía eléctrica en otro tipo de energía, realizan acciones diversas que brindan mayor seguridad al vehículo, además de confort al pasajero; el conjunto de estos mecanismos forman el equipo o sistema eléctrico del automóvil los cuales se dividen en circuitos como el de arranque, carga, iluminación, maniobras y accesorios (Alonso Perez, 2007, p.13).

Usualmente los automóviles utilizan una batería de 12 voltios para el funcionamiento de estos mecanismos.

1.5.1 *Sistema de ventilación*

Es aquel que provee y extrae aire a un espacio determinado, en este caso el habitáculo, donde el flujo de aire circula por los conductos de ventilación, por lo general, el aire ingresa de forma forzada durante el movimiento del vehículo por las rejillas que se encuentran en la parte delantera sobre el capo como se muestra en la figura 2-1, y se expulsan por un conducto

de salida posterior, manteniendo un flujo constante de aire. Cuando el vehículo está detenido o se necesite una mayor ventilación se cuenta con un ventilador eléctrico como el de la figura 3-1, además de un sistema que puede calentar o enfriar el aire antes que ingrese al habitáculo dando el control de climatizado del ambiente (Fersainz, 20016).

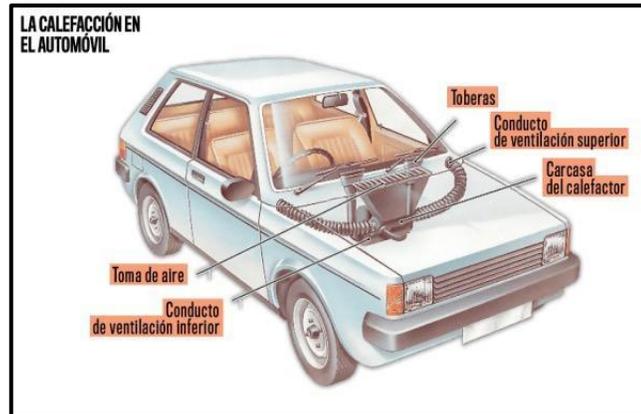


Figura 2-1: Conductos de entrada de ventilación

Fuente: (Fersainz, 20016)

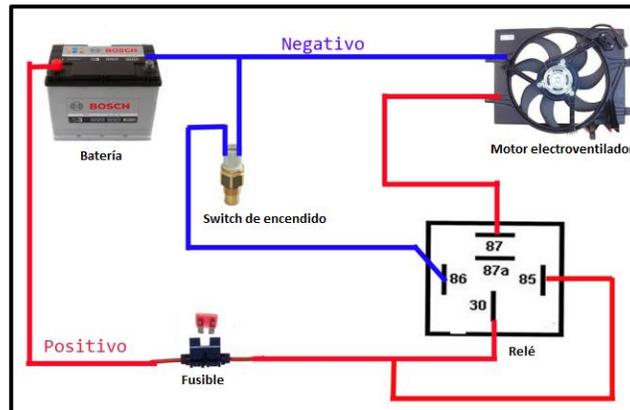


Figura 3-1: Sistema eléctrico del electroventilador

Realizado por: Horna Brayan, 2020

1.5.2 Sistema elevavidrios

El mecanismo que usa este sistema es mecánico/eléctrico que realiza el movimiento ascendente y descendente de las ventanillas del vehículo, consta de motores y dispositivos electrónicos de control. Aquí el motor transfiere movimiento al cable de transmisión el cual está sujeto al cristal y recorre por carriles de guía que la circulación, el sistema se lo puede ver en la figura 4-1 (Aranda, 2013, p.40).

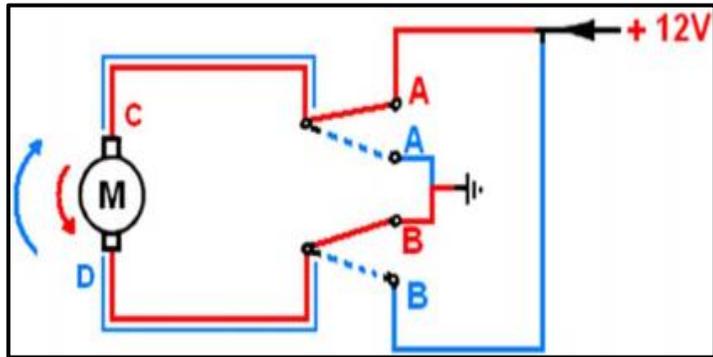


Figura 4-1: Diagrama del sistema de elevavidrios

Fuente: (Iza Chuluisa y Tugumbango Potosí, 2010)

1.5.3 Alarma del vehículo

Es el conjunto de sensores y actuadores que advierten a la persona encargada mediante señales acústicas y ópticas, esto lo realiza cuando detecta anomalías que afecten la seguridad del automotor, se puede encontrar alarmas donde el fabricante ya lo instala en el vehículo como se observa en la figura 5-1, así como, modelos antiguos que carecen de esta función pero con la opción de incorporarlas con la gran variedad que existe en el mercado (Vidal, Mas y Gonzales, 2011, p.200).

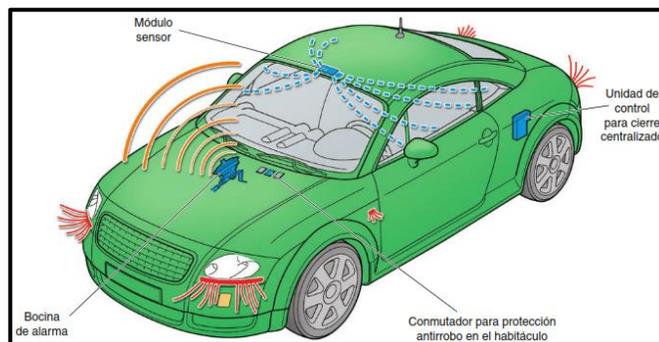


Figura 5-1: Elementos alarma vehículo

Fuente: (Aranda, 2013)

1.6 Tarjetas de desarrollo

Son una placa electrónica que implementa un determinado diseño de circuito incorporando un microcontrolador programable que permite una conexión con diferentes sensores y

actuadores, existen varias placas con características especificadas en la tabla 6-1 que se encuentra a continuación (Ingeniería MCI Ltda, [s.f.]):

Tabla 6-1: Comparación de diferentes tarjetas de desarrollo

	<i>Thunderboard Sense 2</i>	Arduino MEGA	Raspberry Pi 3 Model A+
Procesador	ARM® Cortex® M4 core 8 bits	ATmega2560	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC
Voltaje de operación	5 voltios (V)	3.3 - 5 V	3.3 - 5 V
Voltaje de Alimentación	7 – 12 V (300 mA)	7 – 12 V (500 mA)	5 V (2.5 A)
Entradas y salidas Digitales	20 terminales de salida	54 (14 PWM)	40 terminales GPIO de extensión
Entradas Analógicas	0	16	-
RAM	256 Kilo Bytes (KB)	2 KB	512 MB
EEPROM	1 KB	1 KB	4 KB
Memory Flash	1024 kB	32 KB	Según memoria SD
Frecuencia de trabajo	38.4 Mega Herz (MHz)	16 MHz	1.4 GHz
Costo	\$20	\$20	\$35

Fuente: (Wendt, 2018)

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Según las características explicadas en la tabla anterior, las tarjetas de la familia Arduino son la mejor opción para la construcción del prototipo por sus entradas analógicas puesto que los sensores emiten señales analógicas, además son las más habituales y económicas del mercado.

1.7 Sensores de detección de gases

Su propósito es detectar concentraciones de gases peligrosos, son transductores que usan las propiedades de los gases y los transforman en una señal eléctrica medible para un procesador; se los puede clasificar como (Dräger Safety AG & Co. KGaA, 2009, pp.14-21):

- **Sensor electroquímico:** poseen mínimo 2 electrodos que tienen contacto eléctrico por un conductor llamado electrolito y por un cable de cobre externo, reacciona con la presencia de gases en forma de oxidación o reducción produciendo un flujo de electrones (corriente eléctrica) muy baja pero medible para determinar la concentración del gas.
- **Sensor catalítico:** algunos gases al oxidarse con el aire liberan calor, este sensor posee una pequeña bobina de platino recubierta con un óxido metálico tratado catalíticamente, protegida por una perla porosa, la cual se calienta a ciertos grados y con la presencia de un gas aumenta su temperatura y resistencia, para no confundir con la temperatura ambiente hay un segundo sensor que no reacciona con gases, al unir los valores de los dos sensores a un circuito de puente de *Wheatstone* es posible medir la concentración de gases sin importar la temperatura ambiente.
- **Sensor infrarrojo (IR):** todos los gases absorben radiación, este sensor usa ese principio para medir el tipo y concentración de gas presentes en el ambiente, contiene una lámpara que emite una señal de luz por una ventana IR transparente y dos detectores miden la cantidad de radiación recibida, el detector es un cristal piroeléctrico encapsulado que convierte esta energía en un voltaje medible.
- **Sensores de semiconductor:** ciertos materiales semiconductores varían su conductividad cuando están expuestos a algunos gases, el sensor utiliza este principio para su funcionamiento, compuesto por una bobina de platino revestida con un material semiconductor, se le aplica una corriente que al contacto con gases varía su resistencia eléctrica según la concentración del gas.

1.7.1 Comparación de sensores de gases

En la tabla 7-1 se presenta las características de los sensores de gases que existen en el mercado.

Tabla 7-1: Comparación entre sensores de gas

	Electroquímico	Catalítico	Infrarrojo	De semiconductor
Consumo de energía	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Sensibilidad	Buena	Depende del fabricante	Alta	Alta
Aplicación	Estacionarias de baja concentración, su uso es limitado	En instrumentos portátiles o estacionarios continuos para hidrocarburos	Continuas y en altas concentraciones de hidrocarburos	Incluso en ambientes de alta humedad constante
Vida útil	Hasta 3 años	Hasta 2 años	Hasta 10 años	Hasta 5 años
Desventaja	No apto para aplicaciones de gases combustibles	Elementos químicos desactivan el catalizador, volviéndolo insensible a gases	Sólo detecta gases que contienen más de un tipo de átomo	Necesitan calibración previa
Precio	Costosos	Más costosos que los de semiconductor	Muy costosos	Muy económicos

Fuente: (Huertas Guaqueta, Agudelo Prieto y Ordoñez Sereno, 2011)

Realizado por: Horna Brayan, 2020

De los sensores mencionados sobresalen los de semiconductor por su bajo consumo de energía, alta sensibilidad, versátiles en ambientes incluso con humedad, media vida útil, además de ser muy económicos, siendo los ideales para la propuesta de construcción del prototipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla la concepción general del prototipo de supervisión, se establecen los requerimientos para el diseño, selecciona los dispositivos electrónicos pertenecientes al prototipo y se describen los elementos de *hardware* y *software*.

2.1 Requerimientos para el prototipo

Conforme al estudio realizado en el capítulo anterior es posible especificar los requerimientos para la construcción de un prototipo de supervisión y alerta de nivel de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión, las cuales se listan a continuación:

- Detectar los niveles de gases CO, NO_x y benceno en el interior del vehículo.
- Supervisar y emitir alerta en tiempo real.
- Visualizar en pantalla los niveles de gases.
- Permitir la circulación de aire en los niveles de alarma y alerta, según parámetros establecidos en la tabla 5-1.
- Generar una alerta visual y sonora en nivel de emergencia.

2.2 Concepción general del prototipo

En la figura 1-2 se muestra el diseño que se pretende para la construcción del prototipo, el cual consta de sensores de gases que detecten la presencia y concentración de determinados contaminantes en el habitáculo, en los niveles de alarma y alerta acciona actuadores de circulación de aire del vehículo que en este caso son los electroventiladores y las lunas eléctricas, además en caso de emergencia alerta encendiendo actuadores sonoros y visuales, la visualización de concentración de gases se presenta en pantalla.

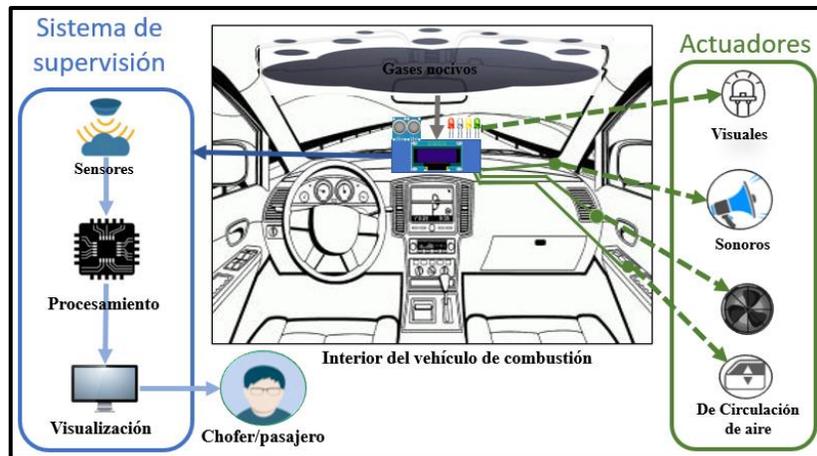


Figura 1-2: Concepción general del prototipo

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.3 Diagrama de bloques del prototipo

El prototipo consta de 5 bloques los cuales son: de alimentación, adquisición de datos, procesamiento, visualización y actuadores como se muestra en la figura 2-2, los cuales se detallan a continuación:

Bloque de alimentación.- Proporciona energía al prototipo implementado, el cual se alimenta por la batería principal del vehículo conectado a un adaptador/regulador de 5V o por una batería de 9 V, para energizar los actuadores consta de 2 baterías de 12 V, la principal del vehículo y una alterna, la elección de baterías depende de la posición del interruptor.

Bloque de adquisición de datos.- La función de este bloque es detectar la presencia y nivel de los diferentes gases en el habitáculo por medio de sensores de gas de semiconductor, los datos que adquiere los transmite a la tarjeta de desarrollo para su procesamiento.

Bloque de procesamiento.- En base a los datos que se obtiene por los sensores, la tarjeta de desarrollo es capaz de emitir señales de salida para una posterior configuración en el bloque de actuadores, además envía valores al bloque de visualización.

Bloque de visualización.- En este bloque se muestra por medio de una pantalla de diodo orgánico de emisión de luz (OLED, por sus siglas en inglés) la concentración de los gases que obtuvo los sensores, la tarjeta de desarrollo procesa la información e imprimir en pantalla para el monitoreo por parte del chofer o pasajero.

Bloque de actuadores.- Estos se activarán según la señal que envié el bloque de procesamiento, esto es, al sobrepasar los niveles permisibles de los gases contaminantes estudiados en el capítulo I.

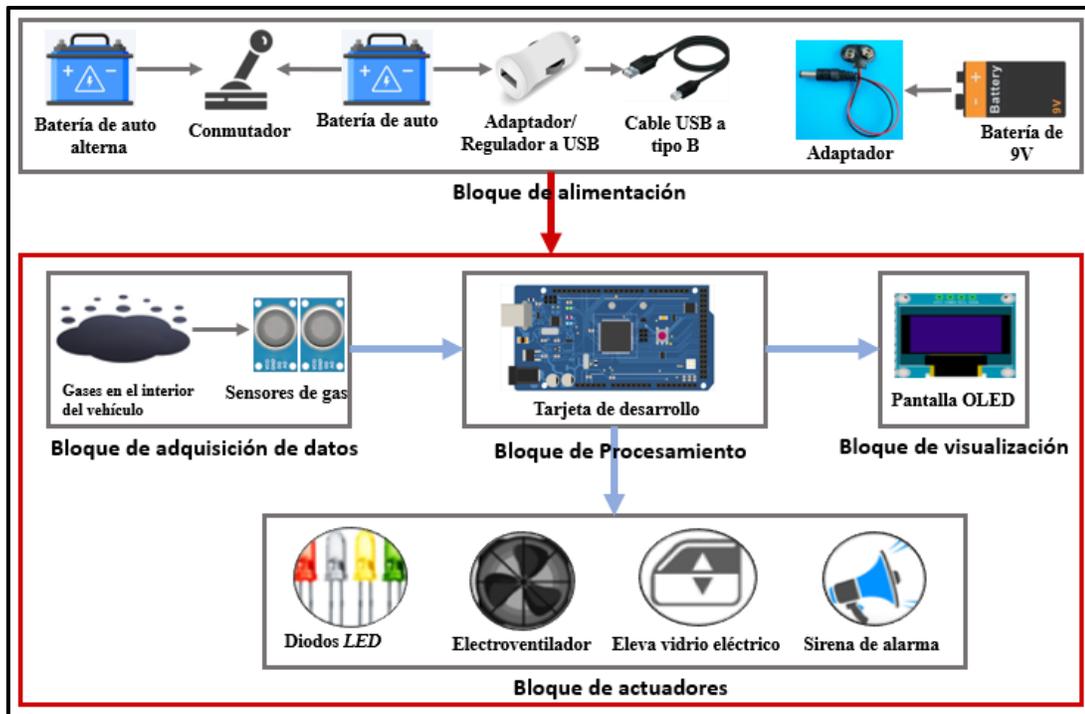


Figura 2-2: Diagrama de bloques del prototipo

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4 Descripción de elementos *hardware* del prototipo

En este capítulo se detallan los elementos a usar para la construcción del prototipo con las características más relevantes.

2.4.1 Sensor MQ-7

Posee un encapsulado de plástico, como se aprecia en la figura 3-2, y en su interior un semiconductor de Dióxido de Estaño (SnO_2) con una resistencia que varía con la presencia de gases, la conductividad del sensor es más alta cuando la concentración de gas es baja. Es muy sensible al CO con un rango amplio de detección y se lo puede usar para detectores de gas portátiles, la información técnica se encuentra en el anexo A y a continuación se muestra las características más importantes de este sensor (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.]):

- Voltaje de operación de 5 V DC.
- Corriente de trabajo de 140 mA.
- Rango de detección de 10 – 10,000 ppm.
- Resistencia de carga (R_L , por sus siglas en inglés) ajustable.



Figura 3-2: Vista anterior y posterior del sensor MQ-7

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Los valores aproximados de la relación ppm con R_s/R_o para concentraciones CO se muestran en la tabla 1-2 (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.]).

Tabla 1-2: Relación ppm vs Rs/Ro de MQ-7

MQ-7 CO	
ppm	Rs/Ro
50	1.65
100	1
200	0.6
400	0.38
600	0.3
1000	0.22
2000	0.15
3000	0.11
4000	0.09

Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Usando el programa Microsoft Excel es posible generar una gráfica por dispersión con estos valores además de la curva característica del sensor como se muestra en el gráfico 1-2.

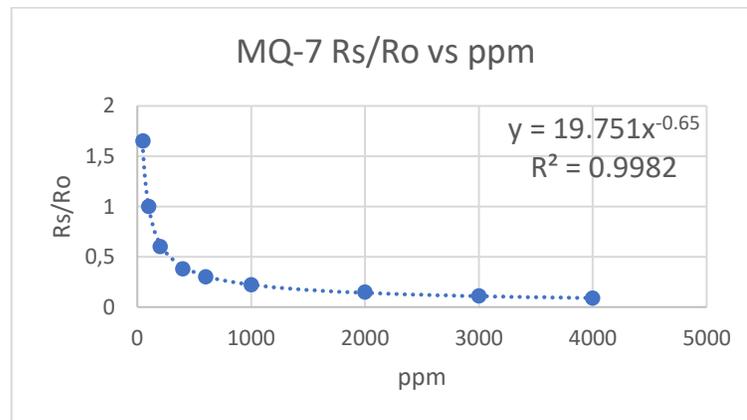


Gráfico 1-2: Curva característica del sensor MQ-7

Realizado por: Horna Brayan, 2020

La función creada por Excel proporciona la ecuación (1-2) que es aceptable por su coeficiente de determinación $R^2 = 0.9982$ cercano a 1.

$$y = 19.751x^{-0.65}$$

$$Rs/Ro = 19.751(ppm)^{-0.65}$$

$$R_s = R_o * 19.751 * (ppm)^{-0.65} \quad (1-2)$$

Donde:

R_s = resistencia del sensor con diferente concentración de gas

R_o = resistencia del sensor en aire limpio

ppm = partes por millón de CO

Por lo general el esquema de conexión de los sensores con semiconductor según la hoja de datos de cada uno de ellos, su voltaje de salida se obtiene por divisor de voltaje proporcionando la ecuación (2-2).

$$V_o = V_{cc} * \frac{R_l}{R_l + R_s}$$

$$R_s = \left(\frac{V_{cc}}{V_o} * R_l \right) - R_l$$

$$R_s = R_l * \left(\frac{V_{cc} - V_o}{V_o} \right) \quad (2-2)$$

Donde:

R_l = resistencia de carga del sensor en $K\Omega$, usualmente es de $1K\Omega$

V_{cc} = Voltaje de alimentación del sensor de 5 V

V_o = Voltaje de salida del sensor

Se relaciona la ecuación (1-2) y la ecuación (2-2) obteniendo la ecuación (3-2) con la que la tarjeta de desarrollo podrá calcular la concentración del gas en ppm.

$$R_o * 19.751 * (ppm)^{-0.65} = R_l * \left(\frac{V_{cc} - V_o}{V_o} \right)$$

$$(ppm)^{-0.65} = 1 * \left(\frac{5 - V_o}{V_o} \right) * \frac{1}{R_o * 19.751}$$

$$\ln(ppm^{-0.65}) = \ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 19.751} \right)$$

$$-0.65 * \ln(ppm) = \ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 19.751} \right)$$

$$\ln(ppm) = \frac{\ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 19.751} \right)}{-0.65}$$

$$(ppm) = e^{\frac{\ln\left(\frac{5-V_0}{V_0} * \frac{1}{R_0 * 19.751}\right)}{-0.65}} \quad (3-2)$$

2.4.2 Sensor MQ-135

Posee un encapsulado de red de acero inoxidable, como se muestra en figura 4-2, y un semiconductor de SnO₂ con un calentador que brinda condiciones óptimas de trabajo, muy sensible al amoniaco, benceno, entre otros gases nocivos, por lo general, es usado para el control de calidad de aire, la información técnica se encuentra en el anexo B y a continuación se muestra las características que destacan de este sensor (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.]).

- Voltaje de operación de 5V DC.
- Corriente de trabajo de 150 mA.
- Rango de detección de amoniaco 10 ppm – 300 ppm.
- Rango de detección de benceno 10 ppm - 1,000 ppm.
- Rango de detección de alcohol 10 ppm – 300 ppm.
- Resistencia de carga (RL, por sus siglas en inglés) ajustable.

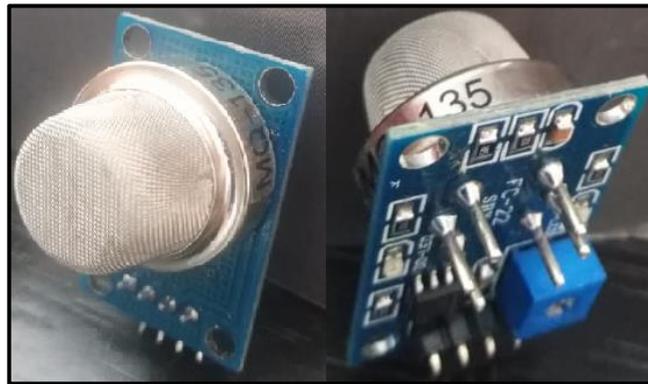


Figura 4-2: Vista anterior y posterior del sensor MQ-135

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Los valores aproximados de la relación ppm con Rs/Ro para concentraciones benceno se expone en la tabla 2-2 (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.]).

Tabla 2-2: Relación ppm vs Rs/Ro de Benceno en MQ-135

MQ-135 Benceno	
ppm	Rs/Ro
10	1.6
20	1.3
30	1.15
50	0.97
70	0.89
80	0.85
90	0.83
100	0.8
200	0.64

Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Con la información de la tabla se crea la función que una todos los puntos, como se ve en el gráfico 2-2.

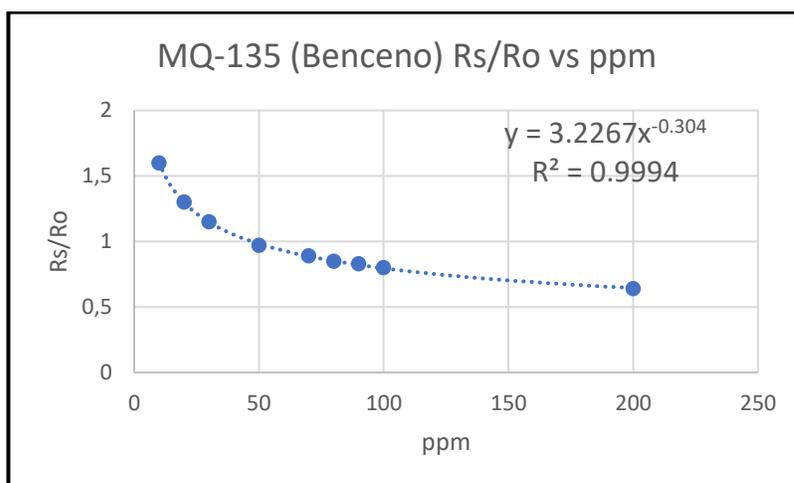


Gráfico 2-2: Curva característica del benceno con el sensor MQ-135

Realizado por: Horna Brayan, 2020

El programa Excel facilita la ecuación (4-2) y con su coeficiente de determinación $R^2 = 0.9994$ cercano a 1 determina que la ecuación es aceptable.

$$y = 3.2267x^{-0.304}$$

$$Rs/Ro = 3.2267(ppm)^{-0.304}$$

$$R_s = R_o * 3.2267 * (ppm)^{-0.304} \quad (4-2)$$

Donde:

R_s = resistencia del sensor con diferente concentración de gas

R_o = resistencia del sensor en aire limpio

ppm = partes por millón de benceno

Se relaciona la ecuación (4-2) y la ecuación (2-2) obteniendo la ecuación (5-2) con la que la tarjeta de desarrollo podrá calcular la concentración del gas en ppm.

$$R_o * 3.2267 * (ppm)^{-0.304} = R_l * \left(\frac{V_{cc} - V_o}{V_o} \right)$$

$$(ppm)^{-0.304} = 1 * \left(\frac{5 - V_o}{V_o} \right) * \frac{1}{R_o * 3.2267}$$

$$\ln(ppm^{-0.304}) = \ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 3.2267} \right)$$

$$-0.304 * \ln (ppm) = \ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 3.2267} \right)$$

$$\ln (ppm) = \frac{\ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 3.2267} \right)}{-0.304}$$

$$(ppm) = e^{\frac{\ln \left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 3.2267} \right)}{-0.304}} \quad (5-2)$$

2.4.3 Sensor MQ-131

Similar al sensor MQ-135, con un encapsulado de red de nailon y acero inoxidable, como se muestra en figura 5-2, donde se fija el electrodo de medición y calentador, cuenta con un semiconductor de SnO₂, altamente sensible al Ozono(O₃) y a óxidos fuertes como el NO_x, Dióxido de cloro (ClO₂), es ampliamente usado para alarmas domésticas o industriales de concentración de ozono además en equipos portátiles, la información técnica se encuentra en el anexo C y a continuación se muestra las características que destacan de este sensor (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.]).

- Voltaje de operación de 5V DC.
- Corriente de trabajo de 180 mA.
- Rango de detección de O₃ y NO_x 10 ppb – 2 ppm.
- Resistencia de carga (RL, por sus siglas en inglés) ajustable.

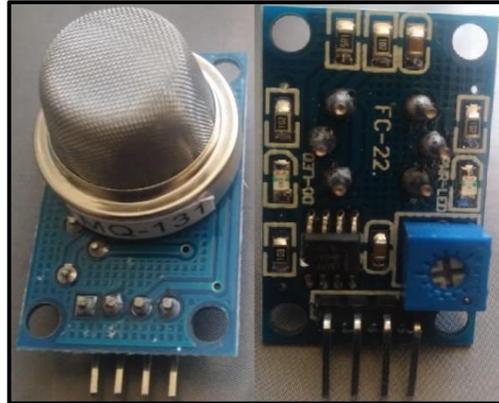


Figura 5-2: Vista anterior y posterior del sensor MQ-131

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Otros gases que mide este sensor son aquellos que tienen Nitrógeno(N) como parte del compuesto, los valores aproximados de la relación ppm con Rs/Ro para concentraciones NO_x se expone en la tabla 3-2 (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.]).

Tabla 3-2: Relación ppb vs Rs/Ro de NO_x en MQ-131

MQ-131 NO _x	
ppb	Rs/Ro
5	9
10	7.4
20	6
50	4.4
100	3.2

Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO., [s.f.])

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Con la información de la tabla se crea la función que una todos los puntos, como se observa en el gráfico 3-2.

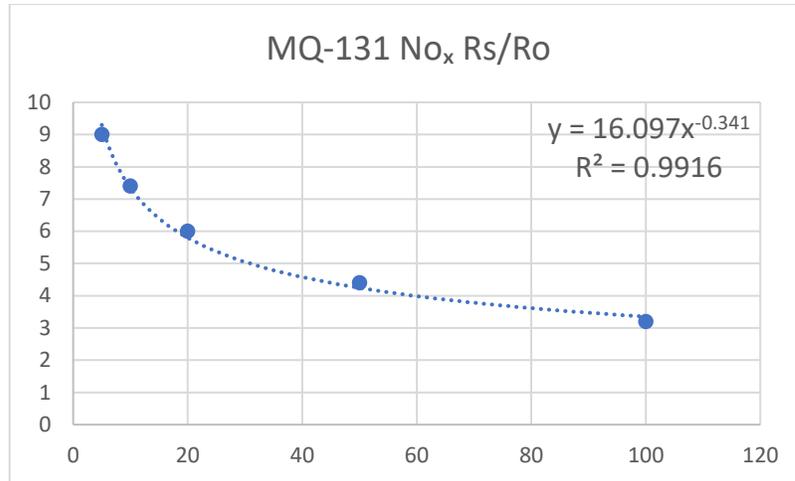


Gráfico 3-2: Curva característica del NO_x con el sensor MQ-131

Realizado por: Horna Brayan, 2020

El programa Excel facilita la ecuación (7-2) y con su coeficiente de determinación $R^2 = 0.9916$ cercano a 1 la ecuación es aceptable.

$$y = 16.097x^{-0.341}$$

$$Rs/Ro = 16.097(ppb)^{-0.341}$$

$$Rs = Ro * 16.097 * (ppb)^{-0.341} \quad (6-2)$$

Donde:

Rs = resistencia del sensor con diferente concentración de gas

Ro = resistencia del sensor en aire limpio

ppb = partes por billón de NO_x

Se relaciona la ecuación (7-2) y la ecuación (2-2) obteniendo la ecuación (8-2) con la que la tarjeta de desarrollo podrá calcular la concentración del gas en ppb.

$$Ro * 16.097 * (ppb)^{-0.341} = Rl * \left(\frac{V_{cc} - V_o}{V_o}\right)$$

$$(ppb)^{-0.341} = 1 * \left(\frac{5 - V_o}{V_o}\right) * \frac{1}{Ro * 16.097}$$

$$\ln(ppb^{-0.341}) = \ln\left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{Ro * 16.097}\right)$$

$$-0.341 * \ln(ppb) = \ln\left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 16.097}\right)$$

$$\ln(ppb) = \frac{\ln\left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 16.097}\right)}{-0.341}$$

$$(ppb) = e^{\frac{\ln\left(\frac{5 - V_o}{V_o} * \frac{1}{R_o * 16.097}\right)}{-0.341}} \quad (7-2)$$

2.4.4 Arduino MEGA 2560

Esta tarjeta de desarrollo, visible en la figura 6-2, utiliza un microcontrolador ATmega2560, que se alimenta con 5 V a 9 V, no obstante, se recomienda mantenerlo en 5 V, cuenta con 54 terminales digitales que actúan como entrada o salida, 14 de los cuales pueden ser de modulación por ancho de pulsos (PWM, por sus siglas en inglés), además de 16 entradas analógicas (Ingeniería MCI Ltda, [s.f.]).

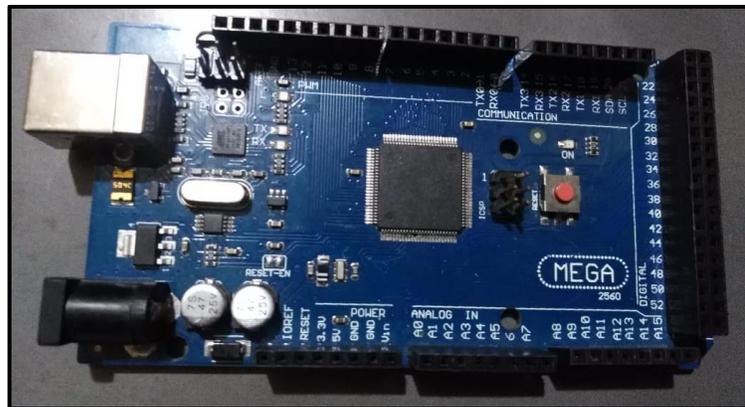


Figura 6-2: Arduino MEGA 2560

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.5 Pantalla OLED I2C 0.96''

Este tipo de pantalla se caracterizan por su bajo consumo de energía que utiliza diodos de compuesto orgánico, por lo general de carbono, de ahí su nombre, y consta de un controlador

SDD1306 que permite una comunicación de circuito inter-integrado (I2C, por sus siglas en inglés) con solo 2 terminales, como se observa en la figura 7-2, además de ser monocromática y con una resolución de 128 x 64 pixeles (Gras, 2020).



Figura 7-2: Vista anterior y posterior de pantalla OLED I2C 0.96’’

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Las principales características de este dispositivo se la presentan en la tabla 4-2

Tabla 4-2: Características la pantalla oled

Características	Valores
Voltaje de operación	3.3V – 5V
Consumo de corriente	20 mA
Potencia	0.04W
Resolución	128*64 pixeles
Tamaño	25*26 mm (0.96’’)

Fuente: (Gras, 2020)

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.6 Módulo Relé de 5 V con 4 canales

Es un dispositivo electromagnético capaz de controlar la conmutación de una corriente alta de hasta 10 A y de 250 VAC / 30 VDC con una muy baja de 5 VDC, consume 20 mA para su operación, además posee 4 canales, visibles en la figura 8-2, para el accionamiento independiente de varios artefactos (Del Campo, 2016).



Figura 8-2: Módulo relé de 5 V con 4 canales

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.7 *Relé automotriz de 12 V / 30 A*

Se lo utiliza para elevar el volumen de energía de dispositivos del vehículo, cuando existe una señal eléctrica, presentado en la figura 9-2; posee una barra de hierro enrollada con un hilo de cobre, la cual, al enviarle un flujo corriente se convierte en un electroimán que atrae a los contactos del relé permitiendo el paso de una corriente mayor a la usada en el enrollado, consta de 4 o 5 terminales con una numeración fija que ayuda a reconocerlos, 85 y 86 representan la bobina que debe ser alimentada con corriente y tierra, 30 es el terminal donde se debe conectar el polo positiva de la fuente de energía, 87 es el terminal normalmente abierto (NA) donde usualmente se conecta el dispositivo al que se desea hacer funcionar y 85a el terminal normalmente cerrado (NC) que se conecta según sea la necesidad del usuario (Taller Autoeléctrico, [s.f.]).



Figura 9-2: Relé automotriz

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.8 *Batería de 12 V*

Permite el arranque del motor además de ser fuente de alimentación de la red del automóvil, asimismo actúa como regulador de voltaje para el sistema eléctrico automotriz, por lo general, su tensión es de 12 V, como el de la figura 10-2, usado en autos, furgonetas y camiones ligeros; el circuito interno de la batería está diseñado para recargarse mientras el auto está en movimiento, es capaz de producir altos niveles de amperaje, en especial cuando arranca el motor (Autoridad de Conducción Internacional, 2019).



Figura 10-2: Batería de 12 V dentro del vehículo

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.9 *Batería de 9 V*

Son elementos electroquímicos que convierten la energía química en energía eléctrica compuesta por células electrolíticas sumergidos en una solución alcalina proporcionando energía eléctrica continua en un proceso químico irreversible con un voltaje nominal de 9 V y capacidad de 565 micro amperio hora (mAh) con un conector tipo PP3 y carcasa metálica (Kessler, 2009) como se observa en la figura 11-2.



Figura 11-2: Batería de 9 V en porta baterías con adaptador

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.10 *Cargador para carro cigarrera/USB*

Este dispositivo convierte los 12 V que suministra la cigarrera o mechero del automóvil a 5 V con una corriente desde 500 mA hasta superar los 7 A, según la marca del fabricante, ideales para la carga de móviles o equipo electrónico (Pastor, 2017), cuentan con uno o más puertos USB como en la figura 12-2.



Figura 12-2: Cargador para carro cigarrera/USB marca Anera

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.4.11 Interruptor palanca de 3 posiciones

Del tipo *ON-OFF-ON* de acero niquelado y nylon con un acabado negro de niquelado, visible en la figura 13-2, soporta una tensión de hasta 250 V AC y una corriente máxima de 10 A con una conexión de tornillo (Cetronic, [s.f.]).



Figura 13-2: Interruptor palanca de 3 posiciones

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.5 Esquema de conexión electrónica

A continuación, en la figura 14-2 se muestra los elementos y conexiones para la construcción del prototipo, el esquema se realizó con el programa Fritzing, que cuenta con una variedad de componentes, además, cuenta con la opción de cambiar el color de cable de conexiones para una mejor apreciación.

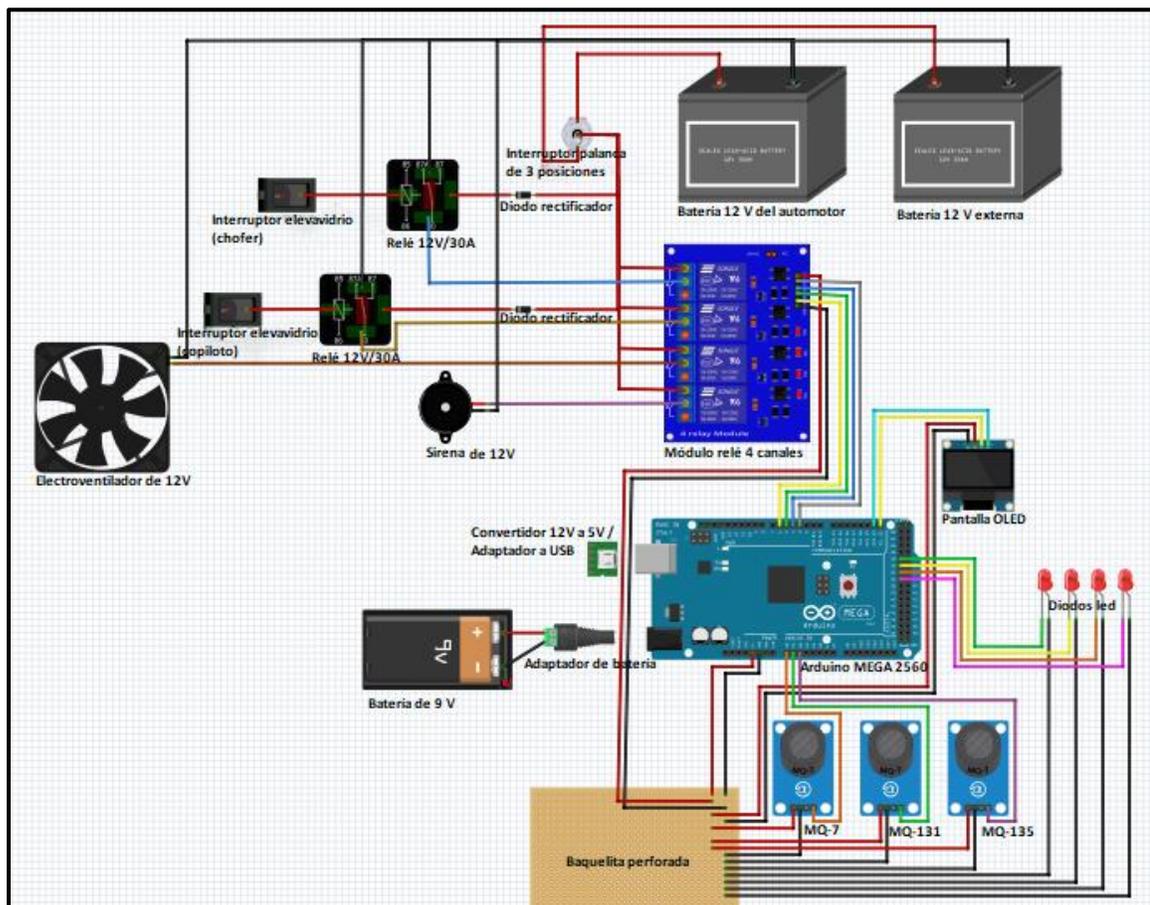


Figura 14-2: Esquema de conexión electrónica

Realizado por: Horna Brayan, 2020

- La alimentación para el prototipo los suministra una batería de 9 V, la cual se conecta al Arduino mediante un adaptador, también puede brindar energía la batería del automotor por medio de un convertidor de 12 V a 5 V con adaptador a USB; la

alimentación para los actuadores la proporciona la batería de 12 V de automotor o la externa según la posición del interruptor palanca.

- Los sensores MQ se alimentan por la salida de 5 V que proporciona el Arduino además del terminal de tierra, las salidas analógicas de los sensores se conectan a las entradas analógicas del Arduino, así pues, la salida del sensor MQ-7 con la entrada A0, la salida del sensor MQ-131 con la entrada A1 y la salida del sensor MQ-135 con la entrada A2.
- La pantalla OLED se alimenta por los 5 V del Arduino, el terminal SCK de la pantalla se conecta al terminal 21 del Arduino y el terminal SDA de la pantalla se conecta al terminal 20 del Arduino.
- El módulo relé se energiza con los 5 V del Arduino, la activación del relé 1, 2, 3 y 4 se lo hace por los terminales D6, D5, D4 y D3 del Arduino respectivamente, la salida común de los relés se conecta con el terminal central del interruptor de 3 posiciones y las salidas NA con cada actuador según sea el caso.
- El relé automotriz se conecta el terminal 87 al polo positivo de la batería de 12 V, el terminal 85 a tierra, el terminal 86 a la salida NA de un relé del módulo y el terminal 30 al interruptor de elevavidrios.
- Los diodos led verde, amarillo, naranja, rojo se conectan a los terminales D36, D34, D32, D30 del Arduino respectivamente.

Los terminales de conexión con el Arduino se los indica en la tabla 5-2:

Tabla 5-2: Terminales de conexión con Arduino

	Terminal componente	Terminal Arduino MEGA2560
Pantalla OLED	VDD	5 V
	GND	GND
	SCK	D21
	SDA	D20
Sensor MQ-7	VCC	5 V
	GND	GND
	A0	A0
Sensor MQ-131	VCC	5 V
	GND	GND
	A0	A1
Sensor MQ-135	VCC	5 V
	GND	GND
	A0	A2
Módulo relé	DC+	5 V
	DC-	GND
	IN1	D7
	IN2	D6
	IN3	D5
Diodo led verde	VCC	D36
Diodo led amarillo	VCC	D34
Diodo led tomate	VCC	D32
Diodo led rojo	VCC	D30

Fuente: (Ingeniería MCI Ltda, [s.f.])

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.6 Diseño de estructura del prototipo

Los diferentes componentes del prototipo se colocan dentro de una caja de fibropanel de densidad media (mdf, por sus siglas en inglés) de 3 mm, con un diseño dibujado en el programa CorelDRAW 2018 que se muestra en la figura 15-2.

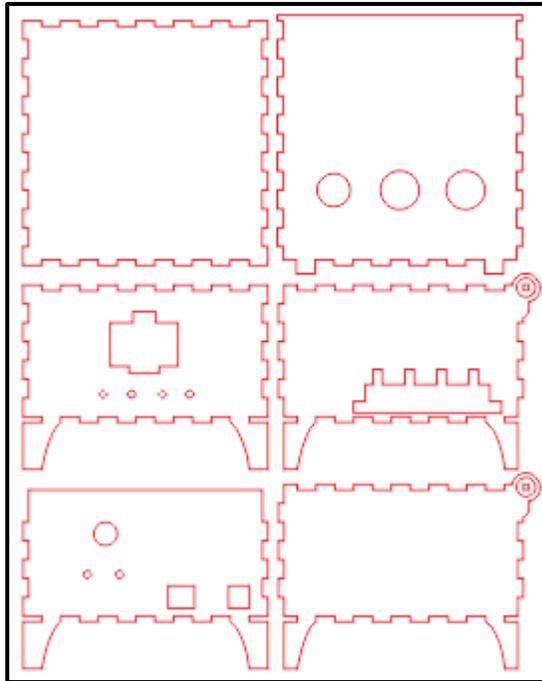


Figura 15-2: Diseño de la caja para el prototipo

Realizado por: Horna Brayan, 2020

2.7 Requerimientos *software* del prototipo

Una vez estudiado los elementos hardware a usarse en la construcción del prototipo, se busca los programas o *software* acordes que cumplan con los requerimientos descritos a continuación:

- Realizar la lectura en tiempo real del nivel de CO, NO_x y benceno, además de cambiarlo por valores en ppm o ppb según corresponda.
- Presentar en pantalla los valores concentración de gas existente en el habitáculo.
- Transmitir datos en tiempo real de la tarjeta de desarrollo a la pantalla OLED.
- Comparar los valores obtenidos con los niveles alarma, alerta y emergencia de la tabla 5-1.
- Activar los actuadores de circulación de aire al sobrepasar niveles de alarma y alerta.
- Emitir una alerta sonora y visual si sobrepasa el nivel de emergencia.

2.8 Herramientas *software* del prototipo

Para el funcionamiento del prototipo se utilizó un programa de plataforma libre que en este caso es el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) de Arduino 1.8.13, el cuál es una aplicación que permite desarrollar y grabar códigos para el funcionamiento de la placa de desarrollo según la conveniencia, además, permite depurar el código buscando errores, el programa compilado se almacena en la memoria *flash* del *hardware*; su entorno es sencillo y debido a esto es su gran éxito (Gonzales Redondo y García de la Fuente, 2018).

2.9 *Software* del prototipo

Fue desarrollado en el IDE de Arduino 1.8.13, en la figura 16-2 se presenta el diagrama de flujo para la supervisión y alerta de gases contaminantes y el algoritmo en el que se basó se describe a continuación:

Para la inicialización:

- Se declara la librería <U8glib.h> para el funcionamiento de la pantalla OLED.
- Se declara la constante *e* que se usa para el cálculo de ppm así como el mapa de bits de las imágenes que se pretende mostrar, las variables a usar para el proceso además de la asignación de entradas y salidas.
- Inicia la comunicación serial a 9600 baudios.
- Se define las funciones **configOLED()**, **calibrar()**, **lecturaSensores()**, **actuadores()** e **imprimirEnPantalla()**.
- Imprime en la pantalla el logo inicial durante 2 segundos, demostrando que está listo para empezar su proceso.

Para la repetición:

Calcula el tiempo transcurrido y ejecuta la función **calibrar()** e **imprimirEnPantalla()** que se describen a continuación:

calibrar().- se ejecuta una sola vez, aquí hay un retardo de 5 minutos para el calentamiento y correcta lectura de los sensores, además que se calibran los sensores para establecer el nivel de aire limpio mientras muestra un mensaje y enciende secuencialmente los diodos led.

imprimirEnPantalla().- ejecuta la función lecturaSensores(), la cual realiza la lectura en tiempo real de la concentración de gases descritos en el ambiente además de cambiar los valores a unidades de ppm o ppb, seguido se imprime en pantalla la información receptada, por último, se ejecuta la función actuadores() donde se compara los valores de gases leídos con los niveles de alarma, alerta y emergencia para decidir la activación de los diferentes actuadores de circulación de aire, sonoros y visuales; la función configOLED() establece los parámetros para imprimir información en la pantalla OLED y se la ejecuta según la necesidad del programa.

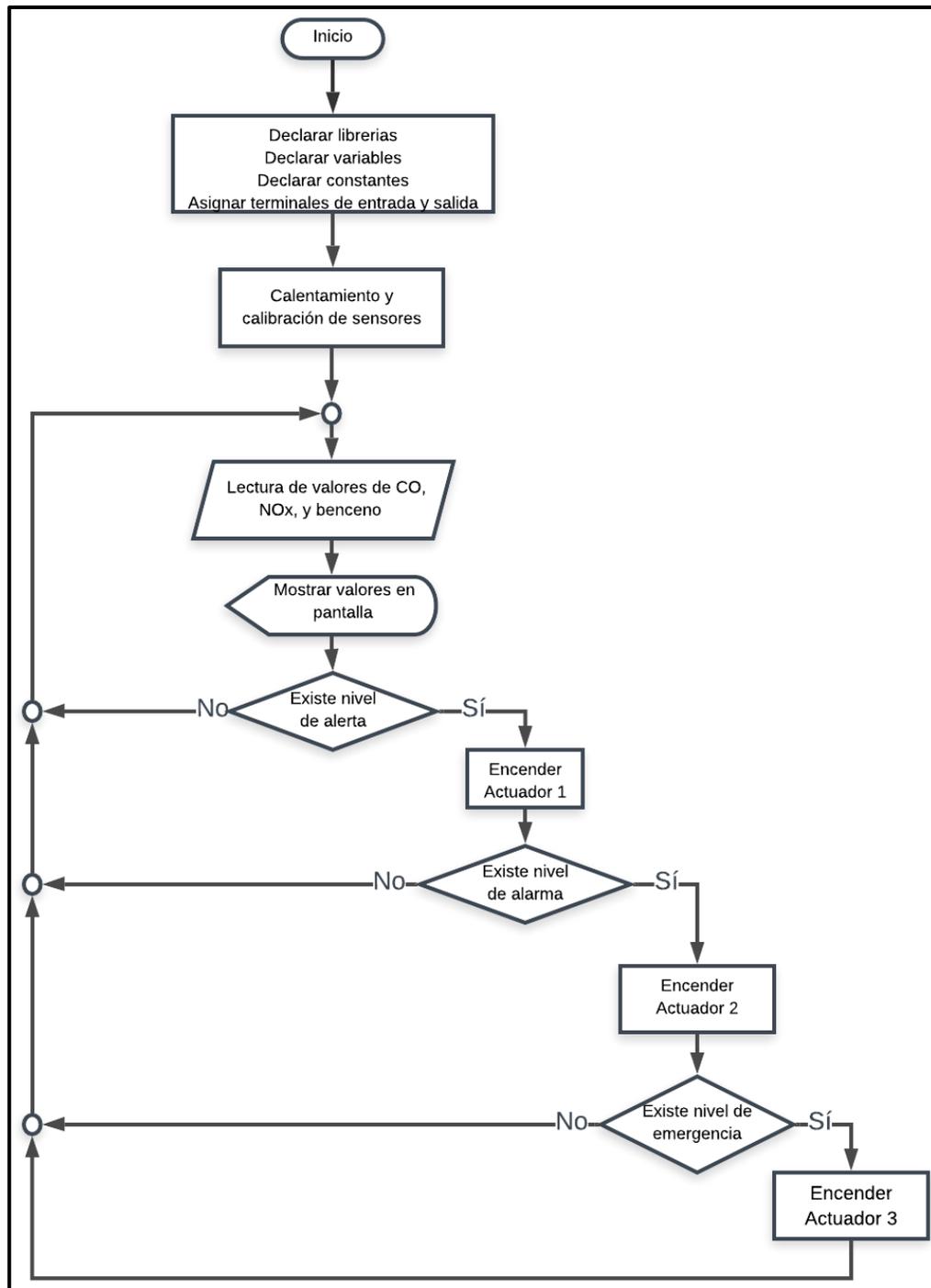


Figura 16-2: Diagrama de flujo para la supervisión y alerta de gases

Realizado por: Horna Brayan, 2020

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el actual capítulo se presenta los resultados que se obtuvo en la ejecución de pruebas a los dispositivos que conforman el prototipo como la calibración, margen de error y repetitividad de sensores, así como también su consumo de potencia. el costo de la implementación del prototipo.

3.1 Implementación del sistema

Para la ejecución de pruebas, se implementó el prototipo sobre el tablero de un vehículo automotor, en este caso un Nissan Tiida 2014 como se muestra en la figura 1-3.



Figura 1-3: Prototipo implementado

Realizado por: Horna Brayan, 2021

3.2 Calentamiento y calibración de sensores

El objetivo de esta prueba es determinar el tiempo de calentamiento necesario que necesita los sensores de semiconductor para su funcionamiento estable, así mismo, se debe calcular

Ro del ambiente para considerarlo como aire limpio para la calibración del sensor, en esta prueba se tomaron muestras del voltaje de salida de los sensores cada 15 segundos como se observa en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Calentamiento de sensores

N° de muestra	Hora	Voltaje del sensor MQ-7 (V)	Voltaje del sensor MQ-131 (V)	Voltaje del sensor MQ-135 (V)
1	9:10:00	0.53	1.42	0.48
2	9:10:15	0.50	1.61	0.49
3	9:10:30	0.41	1.36	0.44
4	9:10:45	0.37	1.22	0.40
5	9:11:00	0.34	1.12	0.38
6	9:11:15	0.31	1.04	0.36
7	9:11:30	0.30	0.97	0.34
8	9:11:45	0.27	0.91	0.34
9	9:12:00	0.25	0.86	0.32
10	9:12:15	0.24	0.82	0.31
11	9:12:30	0.24	0.79	0.30
12	9:12:45	0.22	0.76	0.30
13	9:13:00	0.21	0.74	0.30
14	9:13:15	0.22	0.72	0.29
15	9:13:30	0.21	0.71	0.29
16	9:13:45	0.21	0.70	0.29
17	9:14:00	0.20	0.68	0.28
18	9:14:15	0.19	0.67	0.29
19	9:14:30	0.19	0.66	0.28
20	9:14:45	0.19	0.65	0.28
21	9:15:00	0.19	0.64	0.27
22	9:15:15	0.19	0.64	0.27
23	9:15:30	0.19	0.64	0.27
24	9:15:45	0.18	0.64	0.27
25	9:16:00	0.19	0.64	0.27

Realizado por: Horna Brayan, 2021

En el gráfico 1-3 se puede observar la tendencia de estabilización de la señal de los sensores según la información de la tabla 1-3, estableciendo que se necesitan 5 minutos para el calentamiento y para calcular el valor de Ro a partir del encendido del prototipo, tiempo que se utilizó para el programa.

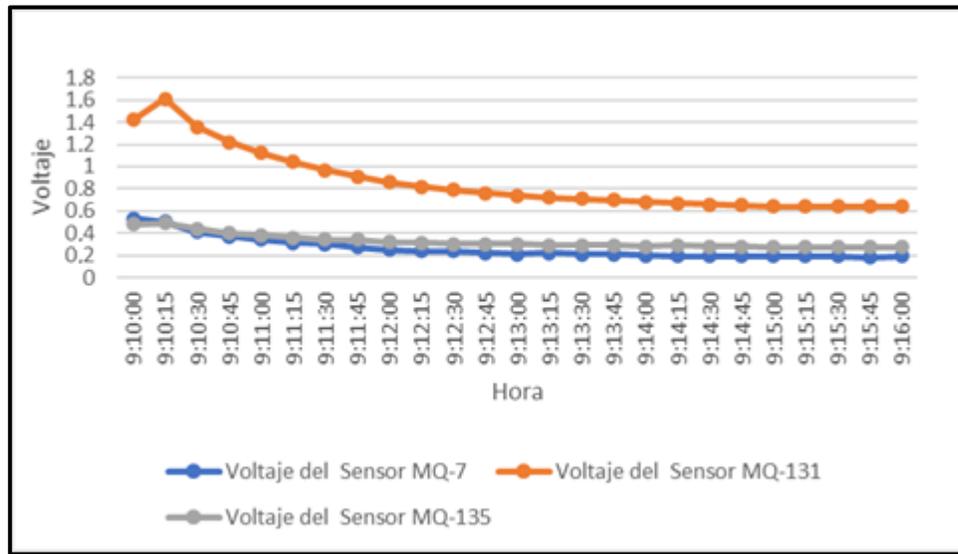


Gráfico 1-3: Voltaje al que tienden los sensores al calentarse

Realizado por: Horna Brayan, 2020

3.3 Margen de error del sensor MQ-7

La finalidad de esta prueba es determinar el porcentaje de error absoluto que presenta el sensor MQ-7, para ello se generó CO dentro del vehículo pues el equipo patrón, sensor alarma de CO marca *Honeycomb* (Gomez, 2019), muestra valores cuando se supera los 50 ppm, se tomaron 20 muestras, cada una con una diferencia de 7 segundos puesto ese es el tiempo que el equipo de referencia demoraba en realizar cada lectura, en la tabla 2-3 se muestran las mediciones que se obtuvieron.

Tabla 2-3: Error absoluto del sensor MQ-7

N° de muestra	Referencia del Sensor Alarma Geneve (ppm)	Sensor MQ-7 (ppm)	Error Absoluto
1	60	58	2
2	254	252	2
3	340	337	3
4	297	295	2
5	308	310	2
6	362	359	3
7	434	435	1
8	334	331	3
9	219	220	1
10	164	165	1
11	122	120	2
12	126	126	0
13	184	182	2
14	278	278	0
15	336	338	2
16	308	306	2
17	199	200	1
18	132	134	2
19	104	105	1
20	64	65	1
Media			1.65%

Realizado por: Horna Brayan, 2020

Al aplicar estadística descriptiva a la información de la tabla 2-3 se obtiene la media del error absoluto la cual es de $\pm 1.65\%$, de acuerdo a criterios estadísticos si no se excede el 5% de error se considera el equipo como aceptable además de confiable por tener un nivel de confianza mayor o igual al 95% (Hernandez, 2000, p.172), concluyendo que el prototipo se lo considera aceptable y confiable según criterio estadístico de autores por su bajo porcentaje de error.

3.4 Repetitividad de los sensores

En esta prueba se tomaron 30 muestras para la supervisión de los 3 gases de estudio con un espacio de 1 minuto entre muestra, considerado como tiempo real, con el objetivo de determinar la estabilidad de los sensores, la información recopilada se encuentra en la

tabla 3-3 y para su estudio se utilizó un análisis estadístico descriptivo con ayuda del programa *Microsoft Excel 2016* donde se obtuvo la media (\bar{x}), desviación estándar (σ) y coeficiente de variación (CV). éste último debe ser menor al 10% para indicar que el equipo es apropiado para la aplicación a la que fue diseñada (Llamosa et al., 2007, pp.457-485).

Tabla 3-3: Repetitividad de los sensores

N° de muestra	Hora	Voltaje del sensor MQ-7 (V)	Voltaje del sensor MQ-131 (V)	Voltaje del sensor MQ-135 (V)
1	16:36	0.16	0.50	0.22
2	16:37	0.15	0.50	0.23
3	16:38	0.15	0.50	0.23
4	16:39	0.16	0.50	0.22
5	16:40	0.16	0.51	0.23
6	16:41	0.15	0.51	0.24
7	16:42	0.16	0.50	0.22
8	16:43	0.15	0.50	0.23
9	16:44	0.16	0.50	0.23
10	16:45	0.15	0.50	0.23
11	16:46	0.15	0.49	0.23
12	16:47	0.16	0.50	0.23
13	16:48	0.15	0.51	0.22
14	16:49	0.15	0.49	0.22
15	16:50	0.16	0.50	0.23
16	16:51	0.16	0.49	0.23
17	16:52	0.16	0.49	0.23
18	16:53	0.15	0.50	0.23
19	16:54	0.17	0.49	0.22
20	16:55	0.15	0.49	0.22
21	16:56	0.16	0.50	0.23
22	16:57	0.16	0.49	0.22
23	16:58	0.15	0.50	0.22
24	16:59	0.15	0.50	0.22
25	17:00	0.16	0.50	0.23
26	17:01	0.16	0.50	0.23
27	17:02	0.16	0.49	0.22
28	17:03	0.15	0.49	0.23
29	17:04	0.17	0.50	0.22
30	17:05	0.16	0.49	0.22
Media		0.15633	0.49767	0.22600
Desviación estándar		0.00615	0.00626	0.00563
Coefficiente de variación (%)		3.93	1.26	2.49

Realizado por: Horna Brayan. 2021

El CV de los sensores MQ-7, MQ-131 y MQ-135 fue de 3.93, 1.26 y 2.49 respectivamente, porcentajes que al ser menores al 10 % se los considera como un equipo apropiado y aceptable según autores.

3.5 Prueba de consumo de potencia

Con el objetivo de conocer la potencia que consume el prototipo y la autonomía que posee con la batería de 9 V se midió el voltaje y corriente de cada elemento con el multímetro ProsKit modelo MT-1233C (HOLLMAN JUNIOR, 2018), la información recopilada puede encontrarse en la tabla 4-3 a continuación:

Tabla 4-3: Consumo de potencia del prototipo

Componente	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (w)
Sensor de gas MQ-7	3.78	102.4	0.387
Sensor de gas MQ-135	3.86	102	0.394
Sensor de gas MQ-131	3.91	101.3	0.396
Arduino MEGA2560	5	50	0.25
Módulo relé de 4 canales	4.05	115	0.466
Pantalla OLED	4.04	100	0.404
Diodo led verde	2.06	9.3	0.019
Diodo led amarillo	2	2	0.004
Diodo led naranja	1.9	2.3	0.004
Diodo led rojo	2	16.9	0.034
TOTAL			2.358

Realizado por: Horna Brayan. 2021

El prototipo consume 2.538 W de potencia, con lo que se concluye que el consumo es mínimo para la batería del automóvil la cual se recarga mientras el vehículo se mantiene en movimiento; para la autonomía con la batería de 9 V se utiliza la fórmula 1-3 a continuación:

$$H = \frac{Wb}{Wc} \quad (1-3)$$

Donde:

H = son las horas de autonomía de alimentación.

Wb = es la potencia de la batería que se obtiene multiplicando el V de la batería por mAh de la batería.

Wc = es la potencia que consume el equipo.

Dado que la batería que se usa es de 9 V con 550 mAh la Wb es igual a 4.95 W; la potencia de consumo del prototipo es de 2.358, aplicando la fórmula 1-3 se tiene 2.1 horas concluyendo que la autonomía del prototipo con la batería es de 2 horas con 6 minutos.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presenta un análisis económico del prototipo con el objetivo de comparar el costo de construcción con un equipo comercial, en la tabla 1-4 se muestra en detalle el precio de cada elemento que se utilizó en la implementación del prototipo.

Tabla 1-4: Costo elementos del prototipo

Componente	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Arduino MEGA 2560	1	\$16.00	\$16.00
Sensor de gas MQ-7	1	\$5.00	\$5.00
Sensor de gas MQ-135	1	\$6.00	\$6.00
Sensor de gas MQ-131	1	\$48.00	\$48.00
Módulo relé de 4 canales	1	\$7.00	\$7.00
Pantalla OLED	1	\$10.00	\$10.00
Batería alcalina de 9 V	1	\$6.00	\$6.00
Estructura en mdf	1	\$6.00	\$6.00
Cargador para carro cigarrera / USB	1	\$8.00	\$8.00
Material eléctrico	varios	\$13.00	\$13.00
Material electrónico	varios	\$15.00	\$15.00
TOTAL			\$140.00

Realizado por: Horna Brayan. 2021

El costo de construcción del prototipo sin contar la mano de obra fue de \$140.00, un precio muy económico en comparación a los equipos detectores de gases comerciales como el Teledyne T200U, Teledyne T300M o UltraRAE 3000 PGM-7360 que juntos cuestan alrededor de \$14,600.00 concluyendo que el prototipo posee un ahorro del 95.89% con estos equipos de similares características.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un prototipo de supervisión y alerta de nivel de gases contaminantes dentro de vehículos con sistema de combustión usando sensores de semiconductor capaces de medir concentraciones de CO, NO_x y benceno del habitáculo, además de encender actuadores del vehículo para la circulación de aire.
- Por medio de pruebas expuestas al prototipo se determinó que se necesita un tiempo de 5 minutos para el calentamiento y calibración de los sensores para que estos den una lectura estable.
- Al comparar la señal de salida con un equipo comercial de referencia con el sensor de CO del prototipo se obtuvo un error de 1.65 %, concluyendo que el equipo es aceptable y confiable según el criterio de autores.
- Mediante la aplicación de coeficiente de variación en la prueba de repetitividad, el prototipo posee una variabilidad entre 1.26 % y 3.93% concluye que es aceptable y apropiado para la aplicación que fue diseñada.
- El consumo de potencia del prototipo es mínimo para la batería del automóvil la cual se recarga mientras el vehículo se mantiene en movimiento y con la batería de 5V externa la autonomía del prototipo es de 2 horas con 6 minutos.
- La construcción del prototipo resultó un 95.89% más económico en relación a equipos de monitoreo de gases comerciales.

RECOMENDACIONES

- Ampliar los tiempos de prueba del prototipo con la finalidad de aplicar posibles mejoras.
- Incrementar nuevos sensores para la supervisión de otros posibles gases presentes en el habitáculo como SO₂, PM 2.5, PM 10, entre otros.
- Incorporar inteligencia artificial (IA) que determine las fallas dentro del vehículo siendo capaz de auto diagnosticarse y emitir mensaje sobre el estado de los componentes del auto.
- Integrar un sistema inteligente capaz de detectar los signos vitales del conductor y/o pasajeros con el fin de detener el vehículo y realizar llamadas a emergencia en caso que peligre la vida de los ocupantes.
- Agregar un sistema que inyecte oxígeno y extraiga aire contaminado del habitáculo en el caso que la circulación de aire no surta efecto.
- Disminuir el tamaño del equipo e incorporarlo al cerebro del vehículo para la instalación más personal según sea el modelo de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

ABC. *Estos son los problemas que puede dar un coche de más de doce años* [en línea]. abc.es, 2017. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-estos-problemas-puede-coche-mas-doce-anos-201710092137_noticia.html.

AGUDO, A. *Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) Acercamiento a su problemática como riesgo laboral* [en línea]. Madrid-España, 2010 [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: https://ugt.es/sites/default/files/node_gallery/Galer-a Publicaciones/TC 2010 HIDROCARBUROS Y RIESGO LABORAL.pdf.

ALONSO PEREZ, J.M. *Técnicas del automóvil, equipo eléctrico* [en línea]. 10 ed. Madrid-España, 2007 [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=NjRs-lxnOIwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.

ANDRINO CEBRIAN, J.A. *Mecánica y Entrenamiento Simple del automóvil* [en línea]. Madrid. S.l.: 2016 [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XVII-Curso-de-Profesores/Mecnica-y-entrenamiento-simple-del-automvil-Ed.-2014.pdf>.

ARANDA, D. *Electrónica del automóvil* [en línea]. Buenos Aires-Argentina, 2013. ISBN 978-987-1949-23-6. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <https://edgarjosegarcial.wixsite.com/misitio/electronicaauto>.

ARIAS MONTAÑO, E.I., & LUDEÑA AYALA, J.A. Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo de categoría M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Unidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. 2018. pp. 90-91. [Consulta: 31 octubre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15325/1/UPS-CT007541.pdf>.

AUTORIDAD DE CONDUCCIÓN INTERNACIONAL. *Baterías de automóviles: tipos y características* [en línea]. *idaoffice.org*, 2019. [Consulta: 13 febrero 2021]. Disponible en: <https://idaoffice.org/es/posts/car-batteries-types-and-characteristics/>.

BARRERA ECHEVERRÍA, J.D., ESCOBAR CARDENAS, P.G., & NAVAS SANCHEZ, J.C., 2018. Estudio de las Emisiones de Gases Contaminantes en función de la Altitud en la Zona Norte del Ecuador (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Internacional del Ecuador. 2018. p. 21. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerende>

r.fcgi?artid=PMC394507%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.humpath.2017.05.005%0Ahttps://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931.

BELTRÁN RAMBAY, I.D. & VILLACIS SERRANO, C.A. Diseño de un sistema de bajo costo para la supervisión y control de la calidad de aire (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 2019. p. 95. [Consulta: 30 octubre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11928>.

BERNAOLA ALONSO, M. "La emisión de aerosoles de partículas y gases en motores de diésel". *Seguridad y Salud en el Trabajo* [en línea], 2013, (España) 73(1), pp.14-15. [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/PUBLICACIONES/PERIODICAS/Rev_INSHT/2013/73/SST_73_enlaces2.pdf.

CETRONIC. *Conmutador Palanca 2 Circuitos 3 Posiciones 10A 250V* [en línea]. www.cetronic.es. [Consulta: 13 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=352140002&cPath=1171>.

COLOMER, J., MELENDEZ, J., & AYZA, J. *Introducción a la monitorización y supervisión experta de procesos: métodos y herramientas*. Barcelona-España: Cetisa Boixareu, 2000, ISBN (84-931327-1-3), pp. 2-6.

CONSEJERÍA DE SALUD DE LA REGIÓN DE MURCIA. *Benceno* [en línea]. www.murciasalud.es. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180251&idsec=1573>

CONSEJERÍA DE SALUD DE LA REGIÓN DE MURCIA. *Dióxido de nitrógeno* [en línea]. www.murciasalud.es. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180252&idsec=1573>.

CONTRERAS MÁRQUEZ, J.C. *Definición y características de sistemas de tiempo real* [en línea]. www.aprendiendoingenieria.es, 2017. [Consulta: 8 enero 2021]. Disponible en: <http://aprendiendoingenieria.es/definicion-caracteristicas-sistemas-tiempo-real/#comments>.

DE LA FUENTE APARICIO, M.J., CALONGE CANO, T., GONZALES PALENZUELA, E.S., & ZAMARREÑO COSME, J.M. *Aplicaciones de las redes de neuronas en supervisión, diagnosis y control de procesos* [en línea]. Caracas-Venezuela: Equinoccio, 1999. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=jUHGRXd5xU8C&pg=PA3&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false.

DEL CAMPO, M. *Como activar un ventilador de 12V a través de un relé de 5V* [blog]. www.miarduinounotieneunblog.blogspot.com, 2016. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: <https://miarduinounotieneunblog.blogspot.com/2016/01/como-activar-un-ventilador-de-12v.html>.

DIAZ SUÁREZ, V., & PARRA, R. *Informe de Calidad Aire Cuenca 2019* [en línea]. Cuenca-Ecuador: 2020. [Consulta: 3 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342601125_Informe_Calidad_del_Aire_2019.

DRÄGER SAFETY AG, & CO. KGAA. *Introducción a los sistemas de detección de gases* [en línea]. Dräger Safety, 2009. [Consulta: 18 octubre 2020]. Disponible en: https://www.draeger.com/Library/Content/9046703_infoflip_gds_es_13.pdf.

EL COMERCIO. *32% del parque automotor del Ecuador tiene más de 12 años* [en línea]. www.elcomercio.com, 2019. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/impuesto-verde-vehiculos-matriculacion-protestas.html>.

EL COMERCIO. *Dos policías de Guayaquil son hallados sin vida dentro de un patrullero* [en línea]. www.elcomercio.com, 2020. [Consulta: 16 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/policias-guayaquil-muerte-patrullero-fiscalia.html>.

EL UNIVERSO. *Ecopais fue la gasolina más vendida en el 2019* [en línea]. www.eluniverso.com, 2020. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/01/08/nota/7680342/venta-gasolina-ecopais-ecuador-combustibles/>.

ELIZALDE TORRES, J., & GONZÁLEZ CARDEL, M. "Detector de gas NH₃ empleando una película de PANI radiada con luz visible (635 nm)". *Colección Memorias de los Congresos de la Sociedad Química de México - Química Analítica* [en línea], 2017, (México) 1(1), p. 48. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.sqm.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=185.

FERSAINZ, R. *Mecánica básica: ¿cómo funciona la calefacción de un coche?* [en línea]. Autobild.es, 2016. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.autobild.es/practicos/mecanica-basica-como-funciona-calefaccion-coche-290255>.

FLORES SILVA, V. "El Dióxido de Azufre (SO₂)". *Inteligencia Epidemiológica* [en línea], 2020,

(México) 10(1), pp. 30-31. [Consulta: 31 octubre 2020]. Disponible en: https://salud.edomex.gob.mx/cevece/documentos/revistas/rinteligenciaepi/revista_1_20inteli.pdf.

GILARDI, J. *Motores de combustión interna* [en línea]. Lima-Perú: IICA, 1985. [Consulta: 25 febrero 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=ixJcytNa_90C&pg=PA12&dq=vehiculos+de+combustion+interna&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwii28Wz_vPuAhVmSzABHfHaC6Q4ChDoATABegQIBRAC#v=onepage&q=vehiculos de combustion interna&f=false.

GOMEZ, G. 2019. *Alarma Detector Monóxido De Carbono Autónomo Digital Certif* [en línea]. www.mercadolibre.com.ar, 2019. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-813277743-alarma-detector-monoxido-de-carbono-autonomo-digital-certif-_JM#position=2&type=item&tracking_id=762df5db-cade-41fd-b0f2-851dc92abb20.

GONZALES CALLEJA, D. *Motores* [en línea]. 2° ed. Madrid-España : Paraninfo, SA, 2018. [Consulta: 29 octubre 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=HxJMDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=motor+de+combustion+interna&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwivvPScltrsAhVSIVkKHbl5D9E4ChDoATAGegQICRAC#v=onepage&q&f=false>.

GONZALES REDONDO, A., & GARCÍA DE LA FUENTE, M.R. *Plataforma Arduino* [en línea]. España: revistas.educa.jcyl.es, 2018. [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: http://revistas.educa.jcyl.es/revista_digital/index.php?option=com_content&view=article&id=3879&catid=84&Itemid=87.

GRAS, V. *Pantalla OLED 0.96" I2C/SPI* [blog]. blog.e-ika.com, 2020. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: <https://blog.e-ika.com/index.php/2020/02/22/pantalla-oled-0-96-spi/>.

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD. *TECHNICAL DATA MQ-131 GAS SENSOR* [en línea]. [Consulta 6 enero 2021]. Disponible en: <https://datasheetspdf.com/pdf/770516/HenanHanwei/MQ131/1>

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD. *TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR* [en línea]. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-135_Hanwei.pdf.

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD. *TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR* [en línea]. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en:

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>.

HERNANDEZ, B. *Bolsa y estadística bursátil* [en línea]. Madrid-España: Ediciones Diaz de los Santos S.A., 2000. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=C7cR7P_dKG8C&pg=PA172&dq=margen+de+error+acceptable&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNwZaoy5XvAhVDIFkKHau2Ci4Q6AEwA3oECAMQA#v=onepage&q=margen de error aceptable&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=C7cR7P_dKG8C&pg=PA172&dq=margen+de+error+acceptable&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNwZaoy5XvAhVDIFkKHau2Ci4Q6AEwA3oECAMQA#v=onepage&q=margen+de+error+acceptable&f=false).

HINOJOSA RODRIGUEZ, M.R. "Contaminación por partículas PM 2.5". *Inteligencia Epidemiológica* [en línea], 2020, (México) 10(1), pp. 24-25. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: https://salud.edomex.gob.mx/cevece/documentos/revistas/rinteligenciaepi/revista_1_20inteli.pdf.

HOLLMAN JUNIOR. *Multimetro Proskit Mt-1233c* [en línea]. www.mercadolibre.com.co, 2018. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-450751227-multimetro-proskit-mt-1233c-_JM.

HUERTAS GUAQUETA, A., AGUDELO PRIETO, E., & ORDOÑEZ SERENO, J.A. Prototipo de un sistema de detección y control de la evacuación de gases de la combustión en recintos cerrados (Trabajo de titulación) (pregrado) [en línea]. Universidad San Buenaventura. Bogotá-Colombia. 2011. pp.63-66 [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/65995.pdf>

HURTADO CORTÉS, L.L., VILLARREAL LÓPEZ, E., & VILLARREAL LÓPEZ, L., 2016. "Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial , un estado del arte". *Dyna* [en línea], 2016, (Colombia) 83(1), pp. 19,20. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49648868002>.

INGENIERÍA MCI LTDA. *¿Qué es arduino?* [en línea]. Chile: www.arduino.cl. Disponible en: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>.

INGENIERÍA MCI LTDA. *Arduino UNO* [en línea]. Chile: www.arduino.cl. Disponible en: <https://arduino.cl/producto/arduino-uno/>.

INSITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC), 2019. *Anuario de Estadística de Transporte (ANET) 2018*.

IZA CHULUISA, E.X., & TUGUMBANGO POTOSÍ, L.M., 2010. Diseño y construcción de un simulador de funcionamiento virtual y pruebas de asientos de potencia – vidrios eléctricos (Trabajo

de titulación) (Pregrado) [en línea]. Escuela Politécnica del Ejército. Latacunga-Ecuador . 2010. p. 15. [Consulta 4 diciembre 2020]. Disponible en:

KESSLER, L. 2009. *Diseción de una batería de 9V*. [en línea]. 2009. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <http://test.afinidadelectrica.com/?p=725>.

LLAMOSA, L.E., MEZA CONTRERAS, L. y BOTERO ARBELAEZ, M. "Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC-ISP/IEC 17025". *Scientia et Technica* [en línea], 2007, 8(1), pp. 457-458. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26544223_Estudio_de_repetibilidad_y_reproducibilidad_utilizando_el_metodo_de_promedios_y_rangos_para_el_aseguramiento_de_la_calidad_de_los_resultados_de_calibracion_de_acuerdo_con_la_norma_tecnica.

MANGOSIO, J.E., 2008. *Higiene y Seguridad en el Trabajo* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: s.e., 2008. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: http://files.electrotecnia-eet-39.webnode.com.ar/200000022-9c78b9d787/HIGIENE_Y_SEGURIDAD_EN_EL_TRABAJO_MONAGUESIO.pdf.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2003. *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). Libro VI de la Calidad Ambiental. Anexo 4. Norma de calidad del aire ambiente. Registro Oficial Edición Especial 2*.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre* [en línea], 2005. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1.

PASTOR, J. *Esta es la razón por la que los puertos USB de tu coche son tan lentos al recargar tu móvil* [en línea]. www.xataka.com, 2017. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.xataka.com/vehiculos/esta-es-la-razon-por-la-que-los-puertos-usb-de-tu-coche-son-tan-lentos-al-recargar-tu-movil>.

PÉREZ DARQUEA, D.G. "Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales". *INNOVA Research Journal* [en línea], 2017, 2(23), pp. 23-34. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/635/597>.

RAMÍREZ, M., & COLINA, E. "Sistema supervisor inteligente para procesos de producción de

petróleo". *Maskana* [en línea], 2014, (Ecuador) 5(1), p. 74. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/539/464>.

SANCHEZ YUNGA, L.P., & ZUÑIGA GUZHÑAY, A.P. Análisis de la contaminación de gases de vehículos tipo L1 y L3, mediante el muestreo de emisiones para la determinación de niveles de contaminación en la ciudad de Loja (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2018. pp. 15-16. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15315/4/UPS-CT007535.pdf>.

SEGURA CRUZ, A.P. Implementación de redes de sensores inalámbricas, en un sistema telemétrico para detectar y controlar fugas de gas glp y monóxido de carbono en usos domésticos (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. [Consulta: 30 octubre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7548/1/98T00167.pdf>

TALLER AUTOELÉCTRICO. *El Relay, Relevador, Relé* [en línea]. [Consulta: 13 febrero 2021] Disponible en: https://www.google.com/search?q=partes+de+la+bateria+de+un+vehiculo&tbm=isch&ved=2ahUK Ewjeh_ah1djuAhWMgVkkHUtzAAAQ2-cCegQIABAA&oq=partes+de+la+bateria+de&gs_lcp=CgNpbWcQARgBMgQIIxAnMgIIADICCA AyAggAMgIIADICCA AyAggAMgQIABAYMgQIABAYUMYMWKAPYI0aaABwAHgAgAF7i A.

TÉLLEZ, J., RODRÍGUEZ, A., & FAJARDO, Á. "Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental". *Revista de Salud Publica* [en línea], 2006, (Colombia) 8(1), pp. 109-114. ISSN 01240064. DOI 10.1590/s0124-00642006000100010. [Consulta: 16 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rsap/2006.v8n1/108-117/>.

TENTOR, J.F. & LOMBARDO, L.A., 2018,. Sistema Autónomo WiFi de detección de humo y monóxido de carbono [Trabajo de titulación] [Pregrado] [en línea]. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. 2018. pp. 66-67. [Consulta: 30 octubre 2020]. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/3704/Informe-Proyecto-Final-Lombardo-Tentor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

TRUJILLO, E., 2016. Amanecieron muertos en un auto, en Los Nogales #2. *El Siglo* [en línea]. 11 septiembre 2016. pp. 1. Disponible en: <http://elsiglo.com.pa/cronica-roja/amanecieron-muertos-auto-nogales-2/23960490>.

VARGAS HERNÁNDEZ, A.J., HINOJOSA JUÁREZ, A.C., & MENDIETA ZERÓN, H., 2020. "Contaminación Atmosférica y Salud Humana". *Inteligencia Epidemiológica* [en línea], 2020, (México) 10(1), pp. 13-15. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: https://salud.edomex.gob.mx/cevece/documentos/revistas/rinteligenciaepi/revista_1_20inteli.pdf.

VEGA LUNA, J.I., LAGOS ACOSTA, M.A., & SALGADO GUZMÁN, G. "Monitoreo de concentración de monóxido de carbono usando tecnología Long-Range". *Ingenius* [en línea], 2017, México 18(1), p. 74. ISSN 1390-650X. DOI 10.17163. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318118271_Monitoreo_de_concentracion_de_monoxido_de_carbono_usando_tecnologia_Long-Range.

VIDAL, F.J., MAS, J.J., & GONZALES, M.Á. *Sistemas de Seguridad y Conformabilidad* [en línea]. Madrid-España: Editex S.A., 2011. [Consulta: 24 noviembre 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Sistemas_de_seguridad_y_confortabilidad.html?id=KP6spwAACAAJ&redir_esc=y.

VIDAL PÉREZ, M.F. *Los procesos declarativos del automóvil* [en línea]. Madrid-España: La Ley, 2006. [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=CUHqnJRkO94C&pg=PA62&dq=Los+procesos+declarativos+del+automóvil&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiepuyXl4_vAhUv2FkKHXXJB9cQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=Los+procesos+declarativos+del+automóvil&f=false.

VILLAREAL, D. *El fallecimiento de dos jóvenes en un Ford Fiesta ST modificado y los peligros de la inhalación de monóxido de carbono* [en línea]. www.diariomotor.com, 2017. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.diariomotor.com/noticia/ford-fiesta-st-inhalacion-monoxido-carbono/>.

WENDT, Z. *Presentamos las mejores diez placas de desarrollo de 2018* [en línea]. www.arrow.com, 2018. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/videos/the-top-10-development-platforms-dev-kits-2018>.

ZAPATA TELLO, M.J. Determinación de los contaminantes en fuentes móviles producto de la turacombustión del parque automotor diésel en el casco urbano de la ciudad de Lacatunga, Parroquia San Buenaventura (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga-Ecuador. 2017.pp. 15, 45. [Consulta: 3 noviembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4213/1/UTC-PC-000163.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: Hoja de datos del sensor de gas MQ-7

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD
MQ-7
<http://www.linmax.com>

MQ-7 GAS SENSOR

TECHNICAL DATA

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	Az or Dz
V _{in} (H)	Heating voltage (high)	5V±0.1	Az or Dz
V _{in} (L)	Heating voltage (low)	1.4V±0.1	Az or Dz
R ₀	Load resistance	Can adjust	
R _s	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T _{100s}	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T _{100s}	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
T _{ao}	Using temperature	-20℃~50℃	
T _{st}	Storage temperature	-20℃~50℃	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

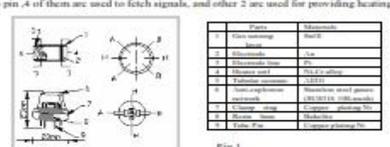
c. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R _s	Surface resistance of sensitive body	2~20k	In 100ppm Carbon Monoxide
± (300/100ppm)	Correction slope rate	Less than 0.5	R _s (300ppm)/R _s (100ppm)
Standard working condition	Temperature	-20℃ ± 2℃, relative humidity 65% ± 5%	R _L :10K Ω ± 5%
Preheat time	V _c :5V ± 0.1V V _H :5V ± 0.1V V _L :1.4V ± 0.1V	Detecting range: 20ppm~2000ppm carbon monoxide	

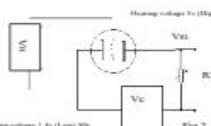
D. Structure and configuration, basic measuring circuit
 Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and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

TEL:86-371-67169870 67169880 FAX:86-371-67169890 E-mail: sales@linmax.com

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



Pin	Function	Remark
1	Gas sensing	Heater
2	Gas sensing	Heater
3	Gas sensing	Heater
4	Gas sensing	Heater
5	Gas sensing	Heater
6	Gas sensing	Heater
7	Gas sensing	Heater
8	Gas sensing	Heater



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

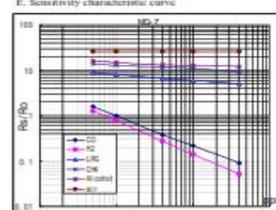


Fig. 3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases, in their: Temp: 20℃, Humidity: 65%, O₂ concentration: 21%, R_L:10K Ω, R_s sensor resistance at 100ppm CO in the clean air, R_s sensor resistance at various concentrations of gases.

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD
MQ-7
<http://www.linmax.com>

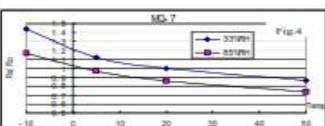
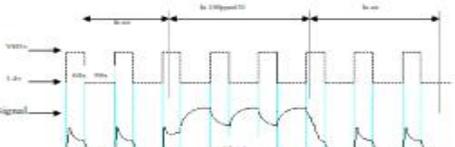


Fig. 4 shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.
 R_s sensor resistance: at 100ppm CO in air at 33%RH and 20℃;
 R_s sensor resistance: at 100ppm CO at different temperature and humidities.

OPERATION PRINCIPLE
 The surface resistance of the sensor R_s is obtained through effected voltage signal output of the load resistance R_L which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s/R_0 = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of R_L signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO), output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO₂ with stability. So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

SENSITIVITY ADJUSTMENT
 Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that (R_L) about 10 K Ω (5K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds.

[http://www.linmax.com/More-Product-Technical-Information-please-contact-us](#)

ANEXO B: Hoja de datos del sensor de gas MQ-135

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD MQ-135 <http://www.hwsensor.com>

TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES
Wide detecting scope
stable and long life

Fast response and High sensitivity
Simple drive circuit

APPLICATION
They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _{cc}	Current voltage	5V±0.1	AC/DC DC
V _o	Output voltage	0V~0.1	AC/DC DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _o	Output resistance	10K±1%	
T _a	Operating temperature	-20°C~50°C	Room Temp

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{st}	Storage Temp	-40°C~+85°C	
T _{op}	Operating Temp	-20°C~+50°C	
R _h	Relative humidity	low than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21% (standard condition/Oxygen concentration can affect sensitivity)	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Technical parameter	Remark 2
R _o	Sensing Resistance: 30K Ω~200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm~300ppm NH ₃ , 10ppm~1000ppm Benzene, 10ppm~300ppm Alcohol
(200/30)	Concentration slope rate: R_0/R_1	
NH ₃	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65%±5%	
Standard Detecting Condition	V _{cc} : 5V±0.1 V _o : 0V±0.1	

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

E. Sensitivity characteristic curve

F. Dependence of resistance on temperature and humidity

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD MQ-135 <http://www.hwsensor.com>

sensitive components. The developed MQ-135 have 6 pins, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.3 sensitivity characteristic of the MQ-135

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases, in fact: Temp: 20°C, Humidity: 65%, O₂ concentration: 21% (KL=20K Ω)

R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air

R₁: sensor resistance at various concentrations of gases.

Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at 33%RH and 20 degree.

R₁: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperature and humidity.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, when using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance(R_L) about 20 K Ω (100K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

TEL: 86-371-67169070 67169888 FAX: 86-371-67169888 E-mail: sales@hwsensor.com

TEL: 86-371-67169070 67169888 FAX: 86-371-67169888 E-mail: sales@hwsensor.com

Notification

1 Following conditions must be prohibited

1.1 Exposed to organic silicon steam

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fluxure, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H₂S, SO₂, Cl₂, HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorine.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when splattered or dipped in water.

1.5 Freezing

Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1, 3 pins or 4, 6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2, 4 pins

2 Following conditions must be avoided

2.1 Water Condensation

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor's sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, it will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electricity, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electricity, they need long aging time for stability before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then repute. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. if use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1.2 Meter/Minute

2.7.3 Warm-up temperature: 100±20°C

2.7.4 Welding temperature: 250±10°C

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

ANEXO C: Hoja de datos del sensor de gas MQ-131

TECHNICAL DATA MQ-131 GAS SENSOR

FEATURES
 Fast response and High sensitivity
 Stable and long life
 Simple drive circuit
 Wide detecting range

APPLICATION
 They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting CO₂.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Current voltage	5V±0.1	AC or DC
V _h	Heating voltage	0V-10V	AC or DC
R _L	Load resistance	Variable	
R _H	Heater resistance	210±5%	Room Temp
I _h	Heating consumption	Less than 1100mW	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{st}	Using Temp	-10~50	
T _{st}	Storage Temp	-20~70	
R _h	Relative humidity	Less than 95%RH	

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Working Resistance	100KΩ-200KΩ (50ppb-O ₂)	Detecting concentration scope: 10ppb-2ppm O ₂
at O ₂ (100ppb/50ppb)	Concentration slope rate	50±5	
Standard Condition	Temp: 20±2 Vc: 5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 0V±0.1		
Reheat time	Over 24 hour		



Structure and configuration of MQ-131 gas sensor is shown as Fig.1, sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Metal-oxide semiconductor sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by nylon and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-131 have 6 pin, A of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as above Fig.1.

E. Sensitivity characteristic curve

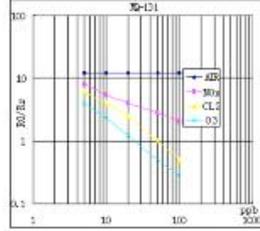


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-131 for several gases. in fact: Temp: 20±2 Humidity: 65%±5 O₂ concentration: 21% R₀ = 20KΩ R_s: sensor resistance in the clean air. R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

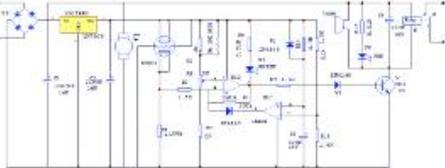
Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-131

APPLICATION

Resistance value of MQ-131 in difference to various kinds and various Concentration gases. When using this components, sensitivity adjustment is very necessary, we recommend that you calibrate the detector for 50ppb O₂ in air and use value of Load resistance that (R_L) about 100 KΩ(50KΩ to 200 KΩ). When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

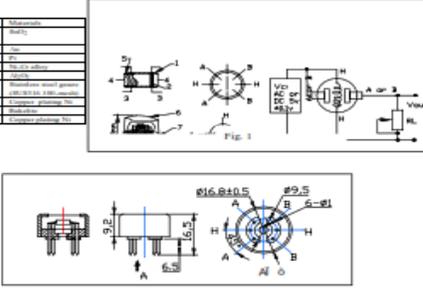
Noting: there are a round hole in the up and down side of the sensors, this design enable the sensor inner gas to exchange better with outside air, and the sensor shall has higher sensitivity, quicker response and restore time with a fan.

REFERENCE APPLICATION CIRCUIT:



D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Pin	Function
1	Flow sensing (left)
2	Heater
3	Heater
4	Heater
5	Heater
6	Heater
7	Heater
8	Heater
9	Heater
10	Heater
11	Heater
12	Heater
13	Heater
14	Heater
15	Heater
16	Heater
17	Heater
18	Heater
19	Heater
20	Heater
21	Heater
22	Heater
23	Heater
24	Heater
25	Heater
26	Heater
27	Heater
28	Heater
29	Heater
30	Heater
31	Heater
32	Heater
33	Heater
34	Heater
35	Heater
36	Heater
37	Heater
38	Heater
39	Heater
40	Heater



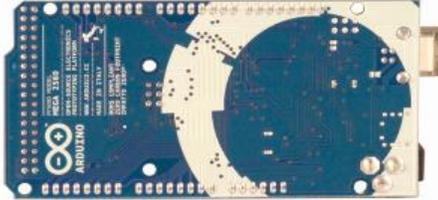
ANEXO D: Hoja de datos del Arduino MEGA2560



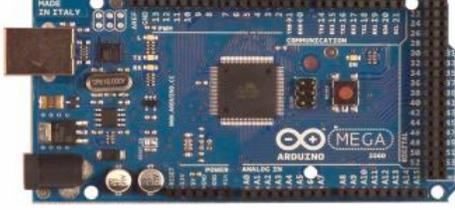
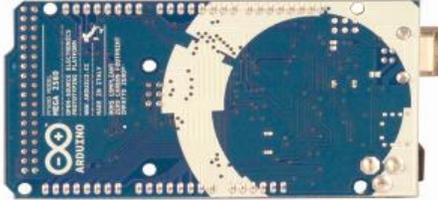
La robotique à votre service! - Robotics at your service!



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

Arduino Mega 2560 Datasheet

Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)



La robotique à votre service! - Robotics at your service!



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current per 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- 5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- 3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- External Interrupts: 2 (Interrupt 0), 3 (Interrupt 1), 18 (Interrupt 5), 19 (Interrupt 4), 20 (Interrupt 3), and 21 (Interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPL library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH



value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL)**, Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and analogReference() function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF**. Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset**. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I²C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#). The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It



communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data. The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility



The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

ANEXO E: Hoja de datos de la pantalla OLED I2C 128x64

WINSTAR Display

OLED SPECIFICATION

Model No:
WEA012864D-03

General Specification

Item	Dimension	Unit
Dot Matrix	128 x 64 Dots	—
Module dimension	27.30 x 27.30 x 2.37	mm
Active Area	21.74 x 10.86	mm
Pixel Size	0.148 x 0.148	mm
Pixel Pitch	0.17 x 0.17	mm
Display Mode	Passive Matrix	
Display Color	Monochrome	
Drive Duty	1/64 Duty	
IC	SSD1306	
Interface	I2C	
Size	0.96 inch	

WINSTAR WEA012864D-03 第 2 页 - 共 4 页

Contour Drawing & Block Diagram

The non-specified tolerance of dimension is ±0.3 mm.

Interface Pin Function

No.	Symbol	Function
1	VCC	Power supply input: 2.8 – 5.2V
2	GND	Ground
3	SCL	The serial clock input.
4	SDA	The serial data input/output.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Supply Voltage for Logic	VCC	1.65	5.5	V
Operating Temperature	TOP	-40	+80	°C
Storage Temperature	TSTG	-40	+85	°C

Electrical Characteristics

6.1 DC Electrical Characteristics

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage for Logic	VCC	—	2.8	3.3	5.2	V
Input High Volt.	VIH	—	0.8×VCC	—	VCC	V
Input Low Volt.	VIL	—	0	—	0.2×VCC	V
Output High Volt.	VOH	—	0.9×VCC	—	VCC	V
Output Low Volt.	VOL	—	0	—	0.1×VCC	V
20% Check Board operating Current	ICC	VCC=3.3V	—	12.0	20.0	mA

WINSTAR WEA012864D-03 第 3 页 - 共 4 页

ANEXO F: Código de programación del prototipo

```
#include <U8glib.h>
#define e 2.718281828459045235360287471352
U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK|U8G_I2C_OPT_DEV_0|U8G_I2C_OPT_FAST);

int tiempo=0;
int tiempoAlerta=0;
int led=0;
int cambio=0;
int t_delay=0;

int flag1=0;
int flagAct=0;

float RL=1.0;
float MQ7=27;
float voltSensor_MQ7;
float valorSensor_MQ7;
float RS_aire_MQ7;
float RS_MQ7;
float RO_MQ7;
float ratio_MQ7;
float ppm_CO;
int ppm_CO_int=0;
String ppm_CO_str="";
String nivel_CO="";

float MQ135=3.7;
float voltSensor_MQ135;
float valorSensor_MQ135;
float RS_aire_MQ135;
float RO_MQ135;
float RS_MQ135;
float ratio_MQ135;
float ppm_benceno;
int ppm_benceno_int=0;
String ppm_benceno_str="";
String nivel_benceno="";

float MQ131=18;
float voltSensor_MQ131;
float valorSensor_MQ131;
float RS_aire_MQ131;
float RO_MQ131;
float RS_MQ131;
float ratio_MQ131;
float ppb_NOx;
int ppb_NOx_int=0;
String ppb_NOx_str="";
String nivel_NOx="";

int ppm_CO_ant=0;
int ppm_benceno_ant=0;
int ppb_NOx_ant=0;
int ppm_CO_act=0;
int ppm_benceno_act=0;
int ppb_NOx_act=0;

const uint8_t logo[] PROGMEM ={
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x10, 0x41, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x42, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0xF8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x07, 0xFC, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
```



```

};

void configOled(void){
  u8g.setFont(u8g_font_courB08);
  u8g.setFontRefHeightExtendedText();
  u8g.setDefaultForegroundColor();
  u8g.setFontPosTop(); //escribe de arriba hacia abajo
}

void calibrar(void){
  if(tiempo>2 && tiempo<300){
    for (int x=0; x<100; x++){
      valorSensor_MQ7=valorSensor_MQ7+analogRead(A0);
      valorSensor_MQ131=valorSensor_MQ131+analogRead(A1);
      valorSensor_MQ135=valorSensor_MQ135+analogRead(A2);
    }
    valorSensor_MQ7=valorSensor_MQ7/100.0;
    voltSensor_MQ7=valorSensor_MQ7/1024*5.0;
    RS_aire_MQ7=RL*(5.0-voltSensor_MQ7)/voltSensor_MQ7;
    RO_MQ7=RS_aire_MQ7/MQ7;

    valorSensor_MQ131=valorSensor_MQ131/100.0;
    voltSensor_MQ131=valorSensor_MQ131/1024*5.0;
    RS_aire_MQ131=RL*(5.0-voltSensor_MQ131)/voltSensor_MQ131;
    RO_MQ131=RS_aire_MQ131/MQ131;

    valorSensor_MQ135=valorSensor_MQ135/100.0;
    voltSensor_MQ135=valorSensor_MQ135/1024*5.0;
    RS_aire_MQ135=RL*(5.0-voltSensor_MQ135)/voltSensor_MQ135;
    RO_MQ135=RS_aire_MQ135/MQ135;

    Serial.print("Ro MQ7 = ");
    Serial.print(RO_MQ7);
    Serial.print("      Ro MQ131 =");
    Serial.print(RO_MQ131);
    Serial.print("      Ro MQ135 =");
    Serial.println(RO_MQ135);
    Serial.println("");

    //////////// Secuencia de luces mientras calibra
    digitalWrite(30, LOW);
    digitalWrite(32, LOW);
    digitalWrite(34, LOW);
    digitalWrite(36, LOW);
    if (led==0){
      digitalWrite(36, HIGH);
      led=1;
    }
    else if (led==1){
      digitalWrite(34, HIGH);
      led=2;
    }
    else if (led==2){
      digitalWrite(32, HIGH);
      led=3;
    }
    else if (led==3){
      digitalWrite(30, HIGH);
      led=0;
    }
  }
  ////////////////////////////////////////

  u8g.firstPage();

```

```

do{
  configOled();
  u8g.drawStr(15,0,"SENSOR DE GASES");
  u8g.drawStr(2,20,"CALIBRANDO.....");
  u8g.drawStr(2,30,"ESPERE POR FAVOR");
} while( u8g.nextPage() );
delay(600);
}
}

void actuadores(void){
do {
  if (flag1==4){
    flagAct=1;
    do{
      if (cambio==0){
        u8g.firstPage();
        do{
          u8g.drawBitmapP(0,0,16,64,zona_peligro);
        } while( u8g.nextPage() );
        delay(2000);
        cambio=1;
      }
      else{
        u8g.firstPage();
        do{
          configOled();
          u8g.drawStr(15,0,"EMERGENCIA");
          u8g.drawStr(2,20,"NO DISMINUYE GASES");
          u8g.drawStr(2,30,"APAGUE O");
          u8g.drawStr(2,40,"SALGA DEL VEHICULO");
        } while( u8g.nextPage() );
        delay(2000);
        cambio=0;
      }
      t_delay=t_delay+2;
    }while (t_delay<30);
    t_delay=0;
  }
}

if(ppm_CO_int>800 || ppm_benceno_int>700 || ppb_NOx>1000 || flag1==3){ //Nivel Emergencia
digitalWrite(36, LOW);
digitalWrite(34, LOW);
digitalWrite(32, LOW);
digitalWrite(30, HIGH);

digitalWrite(3, HIGH);

if (flag1<4){
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(4, HIGH);
delay(2000);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
}

//////////Toma una muestra a los 15 seg
ppm_CO_ant=ppm_CO_int;
ppm_benceno_ant=ppm_benceno_int;
ppb_NOx_ant=ppb_NOx_int;
delay(15000);
lecturaSensores();

```

```

ppm_CO_act=ppm_CO_int;
ppm_benceno_act=ppm_benceno_int;
ppb_NOx_act=ppb_NOx_int;
if (ppm_CO_ant<ppm_CO_act || ppm_benceno_ant<ppm_benceno_act || ppb_NOx_ant<ppb_NOx_act){
    flag1=4;
    flagAct=1;
}
else{
    flag1=10;
    flagAct=0;
}
}

else if(ppm_CO_int>200&&ppm_CO_int<=800 || ppm_benceno_int>=50&&ppm_benceno_int<=700 ||
ppb_NOx_int>480&&ppb_NOx_int<=1000 || flag1==2){ //Nivel Alarma
digitalWrite(36, LOW);
digitalWrite(34, LOW);
digitalWrite(32, HIGH);
digitalWrite(30, LOW);

digitalWrite(4, HIGH);
digitalWrite(3, LOW);

if (flag1<3){
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
delay(2000);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
}

//////////Toma una muestra a los 15 seg
ppm_CO_ant=ppm_CO_int;
ppm_benceno_ant=ppm_benceno_int;
ppb_NOx_ant=ppb_NOx_int;
delay(15000);
lecturaSensores();
ppm_CO_act=ppm_CO_int;
ppm_benceno_act=ppm_benceno_int;
ppb_NOx_act=ppb_NOx_int;
if (ppm_CO_ant<ppm_CO_act || ppm_benceno_ant<ppm_benceno_act || ppb_NOx_ant<ppb_NOx_act){
    flag1=3;
    flagAct=1;
}
else{
    flag1=10;
    flagAct=0;
}
}

else if(ppm_CO_int>50&&ppm_CO_int<=200 || ppm_benceno_int>10&&ppm_benceno_int<=50 ||
ppb_NOx_int>200&&ppb_NOx_int<=480 ){ //Nivel Alerta
digitalWrite(36, LOW);
digitalWrite(34, HIGH);
digitalWrite(32, LOW);
digitalWrite(30, LOW);

digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(3, LOW);

if (flag1==0){
    digitalWrite(6, HIGH);
}
}
}

```

```

    digitalWrite(5, HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
}

//////////Toma una muestra a los 15 seg
ppm_CO_ant=ppm_CO_int;
ppm_benceno_ant=ppm_benceno_int;
ppb_NOx_ant=ppb_NOx_int;
delay(15000);
lecturaSensores();
ppm_CO_act=ppm_CO_int;
ppm_benceno_act=ppm_benceno_int;
ppb_NOx_act=ppb_NOx_int;
if (ppm_CO_ant<ppm_CO_act || ppm_benceno_ant<ppm_benceno_act || ppb_NOx_ant<ppb_NOx_act){
    flag1=2;
    flagAct=1;
}
else{
    flag1=10;
    flagAct=0;
}
}

else if (ppm_CO_int<=50 && ppm_benceno_int<10 && ppb_NOx_int<=200){ //Nivel seguro

    digitalWrite(36, HIGH);
    digitalWrite(34, LOW);
    digitalWrite(32, LOW);
    digitalWrite(30, LOW);

    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(3, LOW);
    flag1=0;
    flagAct=0;
}
} while (flagAct==1);
}

void lecturaSensores(void){
    valorSensor_MQ7=analogRead(A0);
    voltSensor_MQ7=valorSensor_MQ7/1024*5.0;
    RS_MQ7=RL*(5.0-voltSensor_MQ7)/voltSensor_MQ7;
    ratio_MQ7=RS_MQ7/RO_MQ7;

    valorSensor_MQ131=analogRead(A1);
    voltSensor_MQ131=valorSensor_MQ131/1024*5.0;
    RS_MQ131=RL*(5.0-voltSensor_MQ131)/voltSensor_MQ131;
    ratio_MQ131=RS_MQ131/RO_MQ131;

    valorSensor_MQ135=analogRead(A2);
    voltSensor_MQ135=valorSensor_MQ135/1024*5.0;
    RS_MQ135=RL*(5.0-voltSensor_MQ135)/voltSensor_MQ135;
    ratio_MQ135=RS_MQ135/RO_MQ135;

    ppm_CO=pow(e,(log(ratio_MQ7/19.751)/-0.65));
    ppm_CO_int=ppm_CO;
    ppm_CO_str=String(ppm_CO_int,DEC);

    ppm_benceno=pow(e,(log(ratio_MQ135/3.2267)/-0.304));

```

```

ppm_benceno_int=ppm_benceno;
ppm_benceno_str=String(ppm_benceno_int,DEC);

ppb_NOx=pow(e,(log(ratio_MQ131/16.097)/-0.341));
ppb_NOx_int=ppb_NOx;
ppb_NOx_str=String(ppb_NOx_int,DEC);

Serial.print("Voltaje del sensor MQ7 = ");
Serial.print(voltSensor_MQ7);
Serial.print(" V");
Serial.print("    Voltaje del sensor MQ135 = ");
Serial.print(voltSensor_MQ131);
Serial.print(" V");
Serial.print("    Voltaje del sensor MQ131 = ");
Serial.print(voltSensor_MQ135);
Serial.println(" V");

Serial.print("PPM CO = ");
Serial.print(ppm_CO_int);
Serial.print(" ppm");
Serial.print("          PPM benceno = ");
Serial.print(ppm_benceno_int);
Serial.print(" ppm");
Serial.print("          PPB NOx = ");
Serial.print(ppb_NOx_int);
Serial.println(" ppb");
Serial.println("");
}

void imprimirEnPantalla(void){
if (tiempo>300){
lecturaSensores();
u8g.firstPage();
do {
configOled();
u8g.drawStr(8,0,"SENSOR DE GASES");
u8g.setFont(u8g_font_5x7);
u8g.setFontPosTop();
nivel_CO="Nivel de CO: "+ppm_CO_str+" ppm"; // la frase y el nivel lo envia a un Str
const char* nivel_CO_char=(const char*)nivel_CO.c_str();// el Str anterior lo hace char para imprimir en pantalla
nivel_benceno="Nivel de benceno: "+ppm_benceno_str+" ppm";
const char* nivel_benceno_char=(const char*)nivel_benceno.c_str();
nivel_NOx="Nivel de NOx: "+ppb_NOx_str+" ppb";
const char* nivel_NOx_char=(const char*)nivel_NOx.c_str();
u8g.drawStr(2,10,nivel_CO_char);
u8g.drawStr(2,20,nivel_benceno_char);
u8g.drawStr(2,30,nivel_NOx_char);
u8g.setFont(u8g_font_cursor);
u8g.setFontPosTop();
u8g.drawStr(15,33,"Ü");
u8g.drawStr(120,33,"Ú");
} while( u8g.nextPage() );
actuadores();
delay (60000); // tiempo de lectura
}
}

void setup(void) {
Serial.begin(9600);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
}

```

```
pinMode(30, OUTPUT);
pinMode(32, OUTPUT);
pinMode(34, OUTPUT);
pinMode(36, OUTPUT);

//////////////////////Imprimir imagen al encender
u8g.firstPage();
do {
  u8g.drawBitmapP(0,0,16,64,logo);
} while( u8g.nextPage() );
delay (2000);
//////////////////////
}

void loop(void) {
  tiempo=millis()/1000; //cambia a segundos el tiempo que este contando
  calibrar();
  imprimirEnPantalla();
}
```



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: BRAYAN JOB HORNA BERREZUETA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Elaborado e implementado por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1768-DBRA-UPT-2021