



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

## **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de  
**INGENIEROS EN ELECTROMECAÁNICA**

**Autores:**

Saca Morocho Inti Pacari

Ulcuango Chicaiza David Sebastián

**Tutor:**

Ing. Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

Latacunga-Ecuador

Marzo-2021



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Saca Morocho Inti Pacari y Ulcuango Chicaiza David Sebastian, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo la Ing. Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina tutora del presente trabajo, y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

---

Saca Morocho Inti Pacari  
CI. 1105148645

---

Ulcuango Chicaiza David Sebastian  
CI. 1728482579



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, de los ponentes: Saca Morocho Inti Pacari y Ulcuango Chicaiza David Sebastian, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo del 2021

Tutora

---

Verónica Paulina Freire Andrade Ing. Ms.C.

CI: 050205622-9



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Saca Morocho Inti Pacari y Ulcuango Chicaiza David Sebastian, con el título de proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo del 2021

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis Dr. C.  
CI: 175836725-2

---

**Lector 2**

Ing. Mg.C. Moreano Martínez Edwin Homero  
CI: 050260750-0

---

**Lector 3**

Ing. Reinoso Peñaherrera Héctor Raúl MBA.  
CI: 050215089-9

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la vida, a la Pacha Mama que siempre me ha brindado una buena salud en mi vida, agradezco de corazón a mis padres y toda mi familia por haberme brindado todo su apoyo durante este trajinar Universitario.

Agradezco de manera muy especial al Ing. Msc. Paulina Freire Andrade tutora de nuestro proyecto quien nos ha brindado su apoyo, su tiempo y nos ha guiado con su paciencia y profesionalismo que lo caracteriza. Finalmente quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme permitido formarme como persona y profesional.

*Inti Saca*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por concederme la vida y la sabiduría para terminar exitosamente mi carrera Universitaria.

A mis padres y hermanos por haberme apoyado incondicionalmente inculcándome valores, principios y motivándome a perseguir mis sueños día a día.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme académicamente con una educación de calidad y excelencia, especialmente a la Ing Ms. C Verónica Paulina Freire Andrade que ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo de titulación.

*David Ulcuango*

## **DEDICATORIA**

Esta tesis dedico de todo corazón a mis padres Carlos Saca y Delia Morocho por haberme brindado el apoyo moral y económico durante todo mi trayecto Universitario y por haber puesto la confianza en mí, por enseñarme a luchar por los sueños a pesar de las circunstancias de la vida.

También quiero dedicarles a mis hermanas que siempre me han brindado su apoyo moral y económico en mis estudios y finalmente quiero dedicarle a mi tío Miguel Morocho y a mis abuelitos que desde el cielo siempre están conmigo.

*Inti Saca*

## **DEDICATORIA**

A mis padres Esthela y Jose que gracias a su apoyo, cariño y amor incondicional son participes y la mayor motivación para completar esta etapa de la formación de mi educación, ya que con su ejemplo de humildad, trabajo y sacrificio me ha motivado a seguir firme con mis metas

A mis hermanos Britany y Marco que gracias a sus consejos, preocupación y compañía ha sido un estímulo esencial para superar los obstáculos que se han presentado

Y a mi familia que de una u otra manera estuvieron pendientes de mi desarrollo con sus palabras de apoyo.

*David Ulcuango*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvi
1. INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica .....	2
2.2. Tipo de alcance .....	2
2.3. Área del conocimiento: .....	3
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica .....	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción .....	4
2.5.1. Objeto de estudio.....	4
2.5.2. Campo de acción .....	4
2.6. Situación problémica y problema .....	4
2.6.1. Situación problémica:.....	4
2.6.2. Problema.....	6
2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica .....	6
2.8. Objetivo(s) .....	6
2.8.1. Objetivo general .....	6
2.8.2. Objetivos específicos.....	7
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos .....	7
3. MARCO TEÓRICO .....	8
3.1 Antecedentes .....	8
3.2 Introducción .....	10
3.3 Diseño e implementación de un prototipo electrónico .....	10
3.4. Variables del sistema electrónico de entrada (Alimentación) .....	11
3.4.1 Elementos fundamentales de un circuito eléctrico de corriente continua .....	11

3.4.2 Fuentes de voltaje y de corriente.....	11
3.4.3 Alimentación de un circuito eléctrico de corriente continua mediante baterías .....	11
3.5 Variables del sistema electrónico para el proceso de información .....	12
3.5.1 Generalidades de Arduino .....	13
3.5.2 Tipos de Arduino.....	13
3.5.3 Entorno de programación de Arduino IDE .....	14
3.5.4 App inventor.....	16
3.6 Variables del sistema electrónico de salida (Comunicación y visualización) .....	18
3.6.1 Tecnología Inalámbrica Bluetooth .....	19
3.6.2 Módulos Bluetooth compatibles con Arduino .....	19
3.6.3 Pantallas compatibles con Arduino para visualización de datos.....	20
3.7 Tipificación y cuantificación de Carbono.....	21
3.7.1 Organizaciones nacionales e internacionales que regulan la calidad del aire, seguridad y salud ocupacional.....	22
3.8 Variables derivados del carbono .....	23
3.8.1 Monóxido de carbono (CO) .....	23
3.8.2 Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub> .....	24
3.8.3 Metano CH <sub>4</sub> .....	25
3.8.4 Benceno C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	26
3.9 Sensores de gases basados en semiconductores .....	27
3.9.1 Sensores de Gases tipo MQ para la obtención de datos (CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) ...	27
3.9.2 DHT11 sensor para la temperatura y humedad.....	29
3.10 Analizadores de Gases en espacios confinados .....	29
3.10.1 Espacios confinados .....	29
3.10.2 Monitorización precisa del aire en trabajos de acceso a espacios confinados .....	29
3.10.3 Detectores de Gases existente en el mercado.....	30
4. METODOLOGÍA.....	31
4.1 Métodos .....	31
4.1.1 Método bibliográfico.....	31
4.1.2 Método de campo .....	31
4.1.3 Método experimental.....	31
4.1.4 Método inductivo .....	32
4.1.5 Método cuantitativo.....	32
4.2 Técnicas de investigación .....	32
4.2.1 Observación.....	32

4.2.2 Medición.....	32
4.2.3 Simulación.....	32
4.3 Instrumentos de medición .....	32
4.3.1 Multímetro.....	32
4.3.2 Software de simulación .....	32
4.3.3 Sensores.....	33
4.4 Tablas de Operacionalización de variables.....	33
4.5 Materiales.....	34
4.5.1 Alimentación .....	34
4.5.2 Módulo de conexión.....	34
4.5.3 Tarjetas electrónicas.....	35
4.5.4 Softwares de programación.....	35
4.5.5 Módulos de visualización.....	36
4.5.6 Módulos de detección y medición de gases .....	36
4.5.7 Módulo de temperatura .....	37
4.7 Ecuaciones .....	37
4.7.1 Calibración de los sensores .....	37
4.8 Diseño del dispositivo.....	39
4.8.1 Diagrama general .....	39
4.8.2 Esquema de conexión.....	39
4.8.3 Programación del dispositivo .....	40
4.8.4 Calibración de los sensores electroquímicos.....	41
4.9 Diseño de la app móvil .....	43
4.9.1 Programación de la app móvil.....	43
4.9.2 Instalación de la app en el celular .....	43
4.10 Diseño de la carcasa.....	44
4.10.1 Ensamble del circuito en la carcasa.....	44
4.11 Descripción del funcionamiento del dispositivo.....	45
4.12 Prueba de funcionamiento del dispositivo .....	45
4.12.1 Encendido y saludo del dispositivo.....	45
4.12.2 Vinculación del dispositivo con el teléfono .....	46
4.13 Recolección de datos (campo y experimental) .....	46
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	48
5.1 Selección de materiales.....	48
5.2. Medición de gases en las empresas.....	49

5.2.1 Análisis y comparación de datos medidos con datos permisibles de cada gas. ....	50
5.3 Validación de la Hipótesis .....	53
6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	54
6.1 Presupuesto .....	54
6.2 Análisis de impactos .....	54
6.2.1 Impacto práctico .....	54
6.2.2 Impacto tecnológico .....	55
6.2.3 Impacto ambiental .....	55
6.2.4 Impacto epistemológico .....	55
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
7.1 Conclusiones .....	56
7.2 Recomendaciones .....	57
8. REFERENCIAS .....	57
ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Beneficiarios del proyecto. ....	4
<b>Tabla 4. 1.</b> Variable Independiente. ....	35
<b>Tabla 4. 2.</b> Variable Dependiente. ....	35
<b>Tabla 4. 3.</b> Comparación de datos técnicos de Arduino. ....	36
<b>Tabla 4. 4.</b> Softwares de programación de aplicaciones móviles ....	37
<b>Tabla 4. 5.</b> Modelos y características de pantallas para Arduino. ....	38
<b>Tabla 4. 6.</b> Tipos de sensores MQ para diferentes gases. ....	38
<b>Tabla 4. 7.</b> Tipos y características de sensores para temperatura ....	39
<b>Tabla 4. 8</b> Proceso matemático para la calibración de los sensores de gases ....	44
<b>Tabla 4. 9.</b> Promedio de las mediciones para la calibración. ....	45
<b>Tabla 4.10.</b> Promedio de la segunda medición. ....	45
<b>Tabla 4.11.</b> Pequeñas y medianas empresas donde se tomaron los datos. ....	50
<b>Tabla 4.12.</b> Tabla de registro de los datos obtenidos en las empresas ....	50
<b>Tabla 5.1.</b> Selección de materiales. ....	52
<b>Tabla 6.1.</b> Inversión para el desarrollo del dispositivo. ....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Diagrama de Ishikawa. ....	6
<b>Figura 3. 1.</b> Prototipo Implementado “matriz de sensores de gases industriales”. ....	9
<b>Figura 3. 2.</b> Prototipo de medición de emisiones vehiculares. ....	9
<b>Figura 3. 3.</b> Estructura de la maqueta con los respectivos sensores. ....	10
<b>Figura 3. 4.</b> Tipos de baterías. ....	12
<b>Figura 3. 5.</b> Tipos de Arduino. ....	14
<b>Figura 3. 6.</b> Entorno de programación IDE de Arduino. ....	15
<b>Figura 3. 7.</b> Interfaz de usuario para App Inventor. ....	16
<b>Figura 3. 8.</b> Hola mundo mediante Blockly ....	16
<b>Figura 3. 9.</b> Proceso de creación de una app con MIT App Inventor ....	18
<b>Figura 3.10.</b> Origen del nombre de Bluetooth. ....	19
<b>Figura 3.11.</b> Modulo Bluetooth HC-05. ....	20
<b>Figura 3.12.</b> Pantalla LCD 128x64. ....	21
<b>Figura 3.13.</b> El CO2 en la atmósfera no para de subir. ....	24

<b>Figura 4. 1.</b> Tipos de conexiones inalámbricas y su alcance.....	34
<b>Figura 4. 2.</b> Diagrama general del dispositivo.....	39
<b>Figura 4. 3.</b> Esquema de conexión de los componentes del dispositivo. ....	39
<b>Figura 4. 4.</b> Diagrama de flujo del microcontrolador.....	41
<b>Figura 4. 5.</b> Diagrama de flujo para el teléfono móvil.....	44
<b>Figura 4. 6.</b> Interfaz de la App móvil instalada en el teléfono celular. ....	44
<b>Figura 4. 7.</b> Diseño de la carcasa.....	45
<b>Figura 4. 8.</b> Ensamble del circuito en la carcasa. ....	45
<b>Figura 4. 9.</b> Encendido y saludo del dispositivo.....	46
<b>Figura 4.10</b> Conexión con el dispositivo desde la app móvil.....	47
<b>Figura 4.11.</b> Promedio de los gases derivados del carbono de cada empresa. ....	49
<b>Figura 5. 1.</b> Medición de gases en las empresas.....	51
<b>Figura 5. 2.</b> Promedio de gases derivados del carbono en las empresas electromecánicas.....	51
<b>Figura 5. 3.</b> Promedio de gases derivados del carbono en las empresas faenadoras de pollos. .....	52
<b>Figura 5. 4.</b> Promedio general de gases derivados del carbono en todas las empresas donde se efectuó las mediciones. ....	52
<b>Figura 5. 5.</b> Valores permisibles del Monóxido de carbono (CO). ....	53
<b>Figura 5.6.</b> Valores permisibles del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ). ....	54
<b>Figura 5.7.</b> Valores permisibles del Metano (CH <sub>4</sub> ). ....	54
<b>Figura 5.8.</b> Valores permisibles del Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	54

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI

**Autores:**

Saca Morocho Inti Pacari

Ulcuango Chicaiza David Sebastian

### RESUMEN

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo la implementación de un dispositivo electrónico que tipifique y cuantifique gases derivados del carbono como el Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Metano y el Benceno, definiendo la importancia del análisis de gases para determinar niveles de riesgo al ingresar o al permanecer determinado tiempo en los lugares de estudio, los análisis de campo realizados se centran en las pequeñas y medianas empresas ubicadas en el sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi. Bajo estos parámetros el dispositivo electrónico fue diseñado e implementado bajo metodología cuantitativa y experimental que determina las especificaciones técnicas, el dispositivo cuenta con un microcontrolador, sensores categorizados como electroquímicos debidamente calibrados con procesos matemáticos, computacionales y mediante un patrón de referencia que tienen la capacidad de monitorear los cambios en tiempo real de cada uno de los gases en estudio y con la posibilidad de visualizarse mediante una pantalla de tipo LCD y con una App diseñada en un entorno desarrollador de software para sistema operativo Android, que se enlaza mediante protocolos de comunicación inalámbricos, asimismo tiene la capacidad de emitir mensajes de alarma de tipo visuales y auditivas cuando se llega a superar valores de peligrosidad de cada uno de los gases en estudio. Los valores de riesgo de los niveles de concentración de gases que son determinados por los organismos nacionales e internacionales que regulan la calidad del aire. Con la implementación del dispositivo electrónico se determinó de acuerdo a los análisis realizados en empresas denominadas como electromecánicas y plantas de faenamiento de pollos el  $\text{CO}_2$  es predominante con su presencia ya que en cada análisis realizado oscila entre valores de 400 ppm a 550 ppm cabe recalcar que la presencia del gas de efecto invernadero es producido por la respiración humana y la concentración atmosférica típica es de 350 a 450 ppm y el  $\text{CH}_4$  metano se presentó únicamente en las plantas de faenamiento de pollos con mayor concentración con valores promedio de 172.62 ppm, a diferencia el  $\text{CO}$  y  $\text{C}_6\text{H}_6$  que presentaron valores de concentración bastante bajas. De acuerdo a ello se determina que son valores de calidad de aire aceptable.

**Palabras clave:** Carbono, tipificación, cuantificación, microcontrolador, electroquímicos, calidad.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC DEVICE FOR THE IDENTIFICATION AND QUANTIFICATION OF CARBON TYPES INTO AN ENVIRONMENT TO DETERMINE AIR QUALITY IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN SAN FELIPE SECTOR, LATACUNGA CITY COTOPAXI PROVINCE.

**Authors:**

Saca Morocho Inti Pacari

Ulcuango Chicaiza David Sebastian

**ABSTRACT**

The goal of this technological proposal is the electronic device implementation that typifies and quantifies gases derived from carbon such as: Carbon Monoxide, Carbon Dioxide, Methane, and Benzene. This action will define the gas analysis importance in order to determine risk levels when entering or remaining for a certain time in the study places. The field analysis carried out is focused on small and medium enterprises located in San Felipe Sector, Latacunga City, Cotopaxi province. Under these electronic device parameters were designed and implemented with quantitative and experimental methodology. It determines the technical specifications, the device has a microcontroller, sensors categorized as electrochemical duly calibrated with mathematical processes. The device has a microcontroller, sensors categorized as electrochemical duly calibrated with mathematical and computational processes and through a reference standard that can monitor changes in real-time of each of the gases under study and with the ability to be displayed through an LCD type screen and an App designed in a software development environment for Android operating system. It is linked through wireless communication protocols. Also, it can issue alarm messages of visual and audible type when it comes to exceeding hazard values of each of the gases under study. The risk values of gas concentration levels are determined by national and international agencies that regulate air quality. The electronic device implementation determined according to the analyses carried out in companies called electromechanical and chicken slaughtering plants that Co<sub>2</sub> is predominant with its presence since in each analysis it oscillates between values of 400 ppm to 550 ppm. It should be emphasized that the greenhouse gas's manifestation is produced by human respiration and the typical atmospheric concentration is from 350 to 450 ppm and CH<sub>4</sub> methane was only present in the chicken slaughtering plants with the highest concentration with average values of 172.62 ppm, in contrast to CO and C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. These elements showed fairly low concentration values. Accordingly, it is determined that these are acceptable air quality values.

**Keywords:** Carbon, typing, quantification, microcontroller, electrochemical, quality.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente de Inglés de la Facultad Ciencias Humanas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; SACA MOROCHO INTI PACARI y ULCUANGO CHICAIZA DAVID SEBASTIAN**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

Mg. Amparo de Jesús Romero Palacios  
**DOCENTE DE INGLÉS**  
**FACULTAD HUMANAS**  
**C.C. 0501369185**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **PROPUESTO POR:**

Saca Morocho Inti Pacari

Ulcuango Chicaiza David Sebastian

### **TEMA APROBADO:**

Implementación de un dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de tipos de carbono en ambientes para determinar la calidad del aire en pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

### **CARRERA:**

Ingeniería Electromecánica

### **DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Verónica Paulina Freire Andrade Ing. Ms.C.

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

Saca Morocho Inti Pacari

Ulcuango Chicaiza David Sebastian

Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade

### **LUGAR DE EJECUCIÓN:**

Región Sierra, Provincia Cotopaxi, Cantón Latacunga, Sector San Felipe

### **TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:**

Seis Meses

### **FECHA DE ENTREGA:**

Marzo del 2021

### **LÍNEA(S) Y SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

**Línea de Investigación de la Universidad**

Proceso Industrial

## **Sub líneas de investigación de la Carrera Ingeniería Electromecánica**

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

### **TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Lo que se pretende desarrollar consiste en un dispositivo electrónico para lo cual se realizó el respectivo diseño y la construcción del mismo, con la finalidad de identificar y cuantificar los tipos de carbono que servirá como herramienta para la detección de niveles de contaminación peligrosos para el ser humano en pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1. Título de la propuesta tecnológica**

“Implementación de un dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de tipos de carbono en ambientes para determinar la calidad del aire en pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi”

### **2.2. Tipo de alcance**

La presente propuesta tecnológica tiene como alcance la identificación y cuantificación de carbono de los diferentes ambientes laborales de las pequeñas y medianas empresas del sector San Felipe del Cantón Latacunga, mediante la utilización de una placa Arduino Mega y sensores de medición de carbono. La información de las variables se muestra a través de una pantalla LCD de Arduino y en un teléfono celular que será conectado directamente con el dispositivo mediante Bluetooth.

**a) Multipropósito:** El presente proyecto tiene como objetivo principal determinar la calidad del aire cuantificando e identificando los tipos de carbono para dicho propósito, de igual manera se lograra determinar otros objetivos que se correlacionan con el objetivo principal como determinar el grado de contaminación ambiental que genera la empresa de análisis, además se lograra determinar de una manera global el mal funcionamiento de máquinas o elementos que se encuentran en el área de análisis.

**b) Interdisciplinar:** La propuesta tecnológica también tiene un alcance Interdisciplinar el mismo que se ve reflejado en varios aspectos como el diseño, la programación, medición, cuantificación, comparación e implementación.

c) **Desarrollo:** Al ser un dispositivo que es muy poco frecuente en su adquisición y utilización se ha buscado elementos electrónicos confiables el mismo garantice un buen servicio ya que los productos que se encuentran en el mercado no muestran todos los datos que nuestro dispositivo tiene implementado.

### **2.3. Área del conocimiento:**

Según el código UNESCO la propuesta tecnológica se relaciona a:

#### **Campo amplio**

330000 Ciencias tecnológicas

#### **Campos específicos**

3304 Tecnología de los ordenadores

3306 Ingeniería y tecnologías eléctricas

3307 Tecnología electrónica

3308 Ingeniería y tecnología del medio ambiente

3312 Tecnología de materiales

#### **Campos detallados**

3304.02 Convertidores Analógicos-Digitales

3304.12 Dispositivos de Control

3304.13 Dispositivos de Transmisión de Datos

3304.14 Ordenadores Digitales

3304.18 Dispositivos de Almacenamiento

330416 Diseño lógico

### **2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica**

El ingeniero Electromecánico está capacitado para realizar diseños vinculados con microcontroladores para la obtención y manipulación de parámetros analógicos que mediante procesos se podrán utilizar para la obtención de datos, por lo cual se plantea este proyecto, que consiste en diseñar e implementar un dispositivo electrónico que tenga como objetivo obtener datos sobre los niveles y tipos de carbono existentes en el ambiente de las diferentes empresas, ya que con dichos datos se procedió a su respectivo análisis y determinación de la calidad del aire en el lugar de trabajo.

La calidad del aire es esencial para nuestra salud, pero además es también un factor clave a la hora de hablar de prevención de riesgos laborales. Los trabajadores pasan la mayor parte del

día en su lugar de trabajo, por lo que las condiciones ambientales del mismo deben ser siempre óptimas.

La viabilidad del presente trabajo se ve reflejado en la facilidad de obtención de los instrumentos y materiales que se va a utilizar, teniendo una confiabilidad de los mismos de un 90%, así como también se tiene los conocimientos e información necesaria en cuanto a la programación y manejo de los dispositivos electrónicos, beneficiando a las pequeñas y medianas empresas del sector San Felipe de la ciudad de Latacunga.

**Tabla 2.1.** Beneficiarios del proyecto.

Directos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pequeñas y medianas empresas.</li><li>• Tesistas y estudiantes de la carrera de ingeniería Electromecánica.</li></ul>
Indirectos	Organizaciones e instituciones encargadas del cuidado del medio ambiente en el Ecuador.

## **2.5. Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1. Objeto de estudio**

Dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de los principales gases derivados del carbono.

### **2.5.2. Campo de acción**

Diseño, programación de tarjeta electrónica, sensores, comunicación, visualización y comparación.

## **2.6. Situación problémica y problema**

### **2.6.1. Situación problémica:**

En la actualidad es importante la identificación y cuantificación de los gases derivados del carbono existente en las empresas especialmente en los lugares de trabajo, ya que es uno de los gases más nocivos para la salud humana y en cuanto al medio ambiente es un gas de efecto invernadero clave y responsable de aproximadamente tres cuartas partes de las emisiones, por ende es importante la determinación de la calidad del aire con el fin de evitar que los trabajadores inhalen dichos gases contaminantes y perjudiciales para la salud.

Con la difícil y costosa adquisición de equipos que muestran dichos valores para una toma de acciones, se cree conveniente la implementación de un dispositivo

electrónico que identifique y cuantifique estas variables; en contexto el dispositivo cumple el proceso de identificación y cuantificación de la concentración de gases derivados del carbono en el aire para una posterior comparación con los datos admisibles de carbono que una persona pueda respirar sin perjudicar su salud.

Para establecer la situación problemática, se determinaron las siguientes causas y subcausas las mismas que se detallan a continuación:

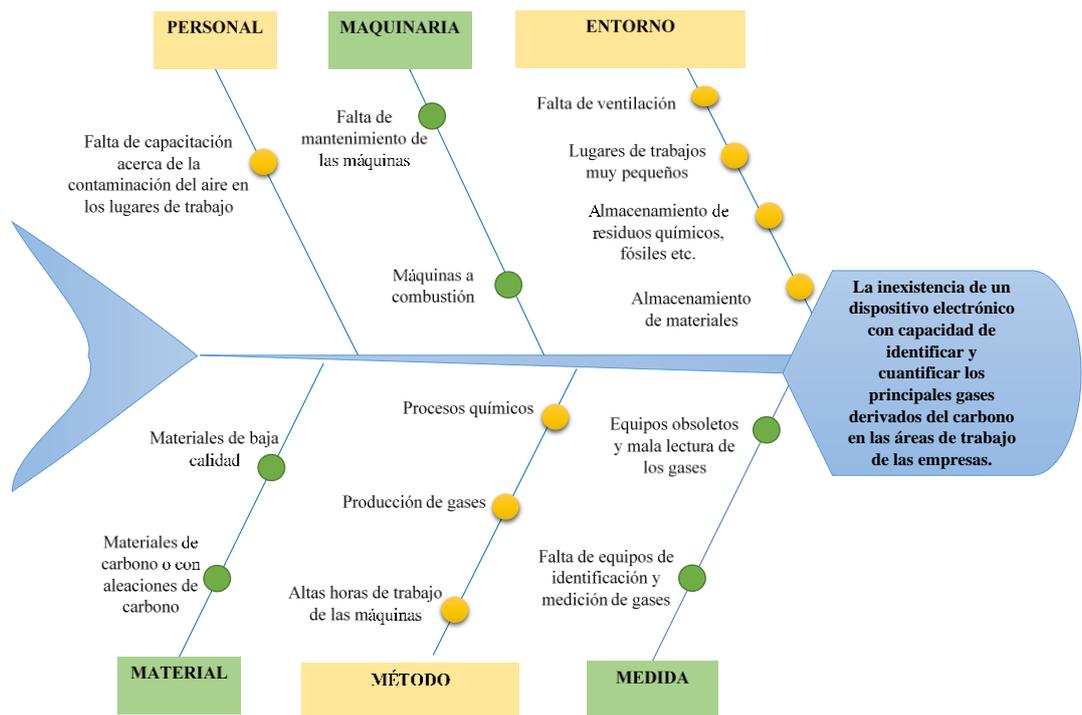
En la mayor parte de las pequeñas y medianas empresas del sector San Felipe, los trabajadores no cuentan con capacitaciones acerca de la contaminación del aire en áreas de trabajo, mismos que son producidos por diversos medios y factores que son perjudiciales para la salud humana.

Uno de los factores productores de estos contaminantes son las maquinarias que para su funcionamiento utilizan combustibles fósiles o se encuentran en mal estado, estos producen gases el mismo que se convierte en un problema para los trabajadores y el medio ambiente.

La ventilación de las áreas de trabajo ya sea de forma natural o artificial, es necesario para abatir la contaminación del ambiente que son causadas por: el polvo, dióxido de carbono, olores corporales, y los gases producto de las actividades industriales que lo realizan, por ende, si un lugar de trabajo es pequeño en el cual existe almacenamiento de materiales o residuos químicos y no cuenta con la ventilación necesaria, sería un problema grave para la salud de los trabajadores.

Los distintos métodos que se utilizan en las empresas para su producción tales como: altas horas de trabajo de las máquinas, producción de gases o procesos químicos, también ayudan a la producción de contaminantes del aire en el área de trabajo.

La falta u obsoletos equipos de medición y cuantificación de carbono, puede ser uno de los factores que no permite verificar la mala calidad del aire en los lugares de trabajo y a su vez tomar acciones necesarias para cumplir con los parámetros establecidos por las organizaciones a fines del cuidado del ambiente laboral y protección de los trabajadores.



**Figura 2.1** Diagrama de Ishikawa.

Lo explicado en los párrafos anteriores se presenta en el siguiente ítem el problema que se desea resolver con esta propuesta tecnológica.

### 2.6.2. Problema

La inexistencia de un dispositivo electrónico con capacidad de identificar y cuantificar los principales gases derivados del carbono en las áreas de trabajo de las pequeñas y medianas empresas del sector San Felipe de la ciudad de Latacunga.

### 2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica

La implementación de un dispositivo electrónico permitirá identificar y cuantificar los principales gases derivados del carbono en las áreas de trabajo de las pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga

### 2.8. Objetivo(s)

#### 2.8.1. Objetivo general

Implementar un dispositivo electrónico mediante el uso de una tarjeta Arduino y un software de aplicación para la identificación y cuantificación de los principales gases derivados del carbono en áreas de trabajo de las pequeñas y medianas empresas del sector San Felipe del cantón Latacunga.

### 2.8.2. Objetivos específicos

- Definir los elementos teóricos que sustentan el estudio de la identificación y cuantificación de los gases derivados del carbono en los ambientes laborales de una empresa.
- Diseñar un dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de los principales gases derivados del carbono en los ambientes laborales de una empresa.
- Seleccionar los elementos electrónicos del dispositivo para que cumplan los requerimientos y satisfagan el control de variables.
- Validar el funcionamiento del dispositivo en las pequeñas y medianas empresas del sector san Felipe del cantón Latacunga para la recopilación de datos.

### 2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

**Tabla 2. 2.** Sistema de tareas por objetivos

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>
Definir los elementos teóricos que sustentan el estudio de la identificación y cuantificación de los gases derivados del carbono en los ambientes laborales de una empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó una búsqueda de información de los temas relacionados a la identificación y cuantificación de carbono en los ambientes de trabajo de las empresas.</li> <li>• Se investigó cómo influye la contaminación del aire en ambientes laborales en la salud de las personas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco teórico</li> </ul>	Investigaciones bibliográficas
Diseñar un dispositivo electrónico para la identificación y cuantificación de los principales gases derivados del carbono en los ambientes laborales de una empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez seleccionada y comprobada los diferentes componentes electrónicos se realizó la instalación, ensamblaje y programación de los mismos.</li> <li>• Calibración de los sensores para disminuir el grado de error.</li> <li>• Prueba de funcionamiento del dispositivo de manera preliminar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño, ensamble, programación y calibración del prototipo.</li> </ul>	Investigaciones bibliográficas y experimentación.

<p>Seleccionar los elementos electrónicos del dispositivo para que cumplan los requerimientos y satisfagan el control de variables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La selección de los elementos electrónicos se efectuó después de realizar investigaciones en distintas fuentes acerca de sus funcionamientos y la viabilidad que tienen cada uno de ellos para nuestro proyecto.</li> </ul> <p>Comprobación de los elementos electrónicos de forma física para verificar su estado funcional.</p>	<p>Selección y comprobación de los dispositivos electrónicos.</p>	<p>Investigaciones bibliográficas y experimentación.</p>
<p>Validar el funcionamiento del dispositivo en las pequeñas y medianas empresas del sector san Felipe del cantón Latacunga para la recopilación de datos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de funcionamiento del dispositivo en los diferentes ambientes laborales de las empresas del sector San Felipe del cantón Latacunga.</li> <li>• Obtención y comparación de datos con los valores recomendados por las organizaciones nacionales e internacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de funcionalidad del dispositivo en las empresas.</li> </ul>	<p>Experimentación en las distintas empresas.</p>

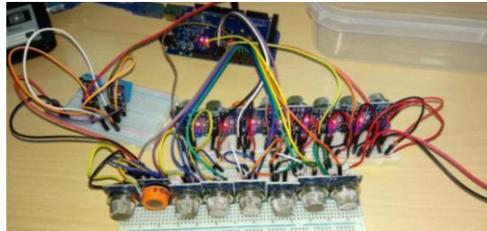
### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

En el presente ítem se detallan las investigaciones que tienen relación a nuestro proyecto. Esta revisión bibliográfica se describirá en el ámbito macro, meso y micro.

En la Universidad Politécnica de Valencia se desarrolló un trabajo de fin de grado en la carrera de ingeniería electrónica industrial y automática con el título “**Sistema de censado mediante Arduino y una matriz de sensores de gases industriales**”, cuyo autor es Alberto Díaz Paredes en donde menciona que el proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema electrónico capaz de detectar sustancias volátiles en el aire compuesta por una matriz de sensores de gases de la familia MQ y dos sensores de temperatura y humedad DHT11, alimentado por un microcontrolador Arduino el mismo que procesa y envía los datos obtenidos de los sensores a un ordenador y un software diseñado con Processing que

permite la visualización en tiempo real de esa información. La simulación del mismo se ha realizado en el software de Proteus en donde se comprueba su funcionalidad para su posterior implementación de la nariz electrónica.



**Figura 3.1.** Prototipo Implementado “matriz de sensores de gases industriales”.  
**Fuente:** [1].

El “**Prototipo portable para medición y recolección de datos de emisiones de gases vehiculares**”, es un trabajo investigativo presentado por Yeimy Paola Borda y Deisy Yisneth Forero previo a la obtención del título de Ingeniera en Telecomunicaciones de la Universidad piloto de Colombia, ubicada en Bogotá, Colombia. El proyecto tiene como objetivo fundamental analizar los principales gases emitidos por un vehículo mediante un dispositivo electrónico y que aquellos datos obtenidos con el prototipo se puedan mostrar o visualizar por el interesado para su análisis con la Normativa Colombiana vigente. El principio de funcionamiento para la innovación tecnológica presentada es la obtención de datos mediante sensores de tipo MQ que envían señales analógicas, que son procesadas por una tarjeta Electrónica ARDUINO UNO y que se visualizan mediante el monitor de Arduino y una interfaz para Android, de acuerdo a los datos obtenidos lograron la calibración correcta alcanzando valores que encajan en los límites de la normativa del país, cabe recalcar que la comunicación se lograba realizar mediante un módulo Bluetooth integrado.



**Figura 3.2.** Prototipo de medición de emisiones vehiculares.  
**Fuente:** [2].

El presente trabajo de titulación denominado “**Diseño e implementación de un sistema para detección y monitoreo de la concentración de gas GLP mediante arreglo de sensores orientado al sector residencial**”, fue presentado en el año 2016 por Ramírez

Patajalo Gustavo Andrés, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en resumen, implementar un prototipo con las herramientas de hardware libre de Arduino para detectar la concentración excesiva de gas combustible casero, manteniendo al usuario al tanto del sistema que se analiza para las respectivas acciones de prevención. Esta investigación se enfoca en la recolección de datos del medio ambiente tomados mediante sensores analógicos de gases que son previamente calibrados de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes para evitar errores, la tarjeta de Arduino es utilizado como unidad de procesamiento de datos configurada para trabajar con Shield Ethernet el mismo que permite comunicar con el mundo exterior mediante el lenguajes para desarrollo de páginas de internet y API's para la conexión de contenidos de la nube. El análisis es realizado mediante pruebas en una maqueta de simulación de un edificio.



**Figura 3.3.** Estructura de la maqueta con los respectivos sensores.

**Fuente:** [3].

### **3.2 Introducción**

En la presente sección está designado a la investigación y descripción de los conceptos técnicos teóricos que será necesario para el desarrollo del prototipo, las normas nacionales e internacionales que regulan la calidad del aire en ambientes laborales y el estudio de los principales gases derivados del carbono que son los fundamentales agentes químicos perjudiciales para la salud de los trabajadores. Tomando en cuenta que estará subdividido por variables independientes y dependientes.

### **3.3 Diseño e implementación de un prototipo electrónico**

El prototipo es, de manera general, un modelo preliminar del producto que se está diseñando; en tal virtud, este prototipo puede comprender la representación del objeto, la demostración de sus características o la simulación de la funcionalidad del producto. De la misma forma, un prototipo puede ser algo tangible como una máquina o una mesa preliminar, pero en otros casos puede ser un elemento virtual como un software [4].

En el presente proyecto ejecutará un prototipo electrónico tangible con características para la identificación y cuantificación de carbono en ambientes laborales de las empresas.

### **3.4. Variables del sistema electrónico de entrada (Alimentación)**

Argumentar teóricamente la manera específica de la alimentación de un circuito eléctrico es fundamental para su correcto funcionamiento, ya que se debe tomar en cuenta varios aspectos que determinará el fabricante de los elementos eléctricos utilizados como: Tipo de voltaje soportado, un nivel de voltaje mínimo y máximo, corriente necesaria para su desempeño, potencia de consumo entre otros.

#### **3.4.1 Elementos fundamentales de un circuito eléctrico de corriente continúa**

En primer lugar, es necesario que la corriente continua se genere en alguna parte, por lo que todo circuito dispone de un generador. En los sistemas de medición y control el generador lo suelen constituir fuentes de alimentación con una diferencia de potencial (ddp) entre bornes de 24 Vcc (Voltios de corriente continua). El segundo elemento que forma el circuito es el receptor, donde se lleva a cabo la utilización de la corriente eléctrica. En los sistemas de control los receptores son los transmisores convertidores controladores, etc. El tercer elemento esencial del circuito son los conductores, los cuales transportan la corriente eléctrica entre generadores y receptor, con lo que deben tener una sección adecuada para el consumo de los receptores. Para que la corriente circule por el circuito eléctrico son necesarios dos hilos o conductores [1].

#### **3.4.2 Fuentes de voltaje y de corriente**

Una fuente de voltaje proporciona energía eléctrica o fuerza electromotriz (fem), más comúnmente conocida como voltaje. El voltaje se produce por medio de energía química, energía luminosa y energía magnética combinadas con movimiento mecánico [5].

Existe una gran diversidad de maneras de alimentar un circuito eléctrico de corriente continua específicamente un prototipo a fin con objetivo propio, por ejemplo, directamente por fuentes reguladas, baterías entre otros. En el presente trabajo de investigación para la alimentación del prototipo se llevará a cabo mediante baterías.

#### **3.4.3 Alimentación de un circuito eléctrico de corriente continua mediante baterías**

Una batería es un tipo de fuente de voltaje que convierte energía química en energía eléctrica. Una batería se compone de una o más celdas electroquímicas conectadas

eléctricamente. Una celda está constituida por cuatro componentes básicos: un electrodo positivo, un electrodo negativo, un electrolito, y un separador poroso [5].

### **Tipos de baterías**

- Pila Alcalina: esta clase de pilas están formadas por cloruro de sodio o de potasio. Cuentan con potencia y corriente de gran estabilidad debido a la amplia movilidad de los iones a través del electrolito.



**Figura 3.4.** Tipos de baterías.

**Fuente:** [2].

Las pilas alcalinas están blindadas con el propósito de que no se viertan los componentes de la misma.

- Baterías de Níquel-Hierro (NI-FE): esta clase de baterías fue desarrollada por Edison a principios del siglo XX. Se conformaba por filas de tubos compuestos por acero niquelado, los cuales contenían hidróxido de níquel. El polo positivo contenía acero niquelado con polvo de óxido ferroso.
- Baterías de Iones de Litio (LI-ION): dispone de un ánodo de grafito, mientras que el cátodo funciona a partir de óxido de cobalto, óxido de manganeso o trifilina. No permiten la descarga y son capaces de alcanzar potencias elevadas. Sin embargo, se ven afectadas por los cambios de temperatura.
- Baterías de Polímero de Litio (Li-Po): cuentan con características análogas a las baterías de iones de litio, aunque su densidad es mayor. Son de tamaño reducido por lo que suelen utilizarse en pequeños equipos [6].

### **3.5 Variables del sistema electrónico para el proceso de información**

Admiten la creación de programas de manera creativa mediante códigos e instrucciones dirigidas al desarrollo de proyectos y aplicaciones en donde se puede plasmar una idea que ayude a la resolución de problemas. Hoy en día existen múltiples herramientas de programación para diversos fines y en todas las áreas del conocimiento, en el presente proyecto las herramientas a utilizar son: Arduino IDE y App Inventor.

### 3.5.1 Generalidades de Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activando un motor, encendiendo un LED, publicando algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring ) y el Software Arduino (IDE) , basado en Processing.

Arduino nació en el Ivrea Interaction Design Institute como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta desde placas simples de 8 bits hasta productos para aplicaciones de IoT, wearable, impresión 3D y entornos integrados. Todas las placas Arduino son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlas de forma independiente y eventualmente adaptarlas a sus necesidades particulares [3].

### 3.5.2 Tipos de Arduino

**Arduino UNO:** Arduino de gama básica, todas las shields están diseñadas para usarse sobre esta placa. Cuenta con 14 pines entrada/salidas digitales de las cuales 6 se pueden usar como PWM, además cuenta con 6 entradas analógicas, además cuenta con I2C, SPI, además de un módulo UART.

**Arduino DUE:** Arduino basado en un microcontrolador de 32 Bits, Tiene 54 entradas/salidas digitales y 12 entradas analógicas, 2 buses TWI, SPI y 4 UARTs. Funcionan todos los módulos basados en 3.3V, no soporta 5V ya que puede dañar la placa. Posee adicionalmente dos puertos USB para poder controlar periféricos.

**Arduino Leonardo:** Arduino básico, con características similares a la Arduino, sin embargo, tiene 12 entradas analógicas y 20 entradas salidas digitales. A diferencia del resto de Arduino con el microcontrolador ATmega32u4 en que no posee un controlador adicional para controlar el USB. Además, tiene más pines de interrupciones externas. Tiene comunicación TWI, SPI y dos UART.

**Arduino Mega 2560:** Arduino basado en un microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales, 16 de ellas pueden usarse como PWM, 16 entradas

analógicas y 4 UART además dos modos PWI y uno SPI. Tiene 6 interrupciones externas. Y es compatible con todos los shields de Arduino.

**Arduino Micro:** Es completamente similar al Leonardo, la única diferencia es el tamaño con el que fue construido. Es compatible con las Shields de Arduino, sin embargo, se debe instalar de forma externa, es decir, cableando, aunque en el caso de que se construya nuestra propia shield no es ningún problema.

**Arduino Nano:** Arduino basado en un microcontrolador ATmega328. Es similar en cuanto a características al Arduino uno. Las diferencias son tanto el tamaño como la forma de conectarlo al ordenador para programarlo. Es compatible con la mayoría de shield, aunque de la misma forma que el Arduino Micro.

**Arduino YUN:** El Arduino YUN se trata de un conjunto que trabaja por separado de forma complementaria, por un lado, se tiene la versatilidad de un Arduino normal. En este caso un ATmega 32u48 a 16Mhz, y por otro lado un dispositivo con micro procesador Atheros AR9331. El cual funciona con Lilino (Linux basado en OpenWrt (OpenWrt - Yun)) a 400 Mhz. Las características del Arduino son similares a la placa Leonardo. Tiene Ethernet, slot SD y WiFi incluidos, controlados por Lilino. Es compatible con todas las Shields y es capaz de trabajar por separado.

**Arduino FIO:** Arduino basado en un microcontrolador ATmega328p. Trabaja a 8 Mhz y 3.3V tiene 14 pines de entrada/salidas digitales (6 PWM), 8 pines de entrada analógicas e integra tanto un conector para la batería y su correspondiente módulo de carga, como un slot para poder instalar un módulo de comunicaciones xBee. [7].



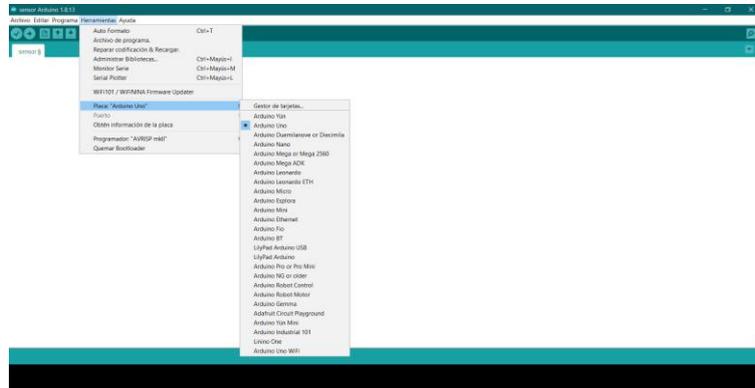
**Figura 3.5.** Tipos de Arduino.

**Fuente:** [7].

### 3.5.3 Entorno de programación de Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado, comúnmente IDE (integrated development environment) para Arduino, es una herramienta desarrollada en Java, por lo que puede utilizarse con distintos sistemas operativos, Windows, Mac OS X y Linux, es software abierto que se puede descargar desde la página principal de Arduino. El IDE

permite la edición y compilación de programas en el lenguaje de Arduino, y cargarlos en la plataforma para que se ejecuten. El entorno incluye multitud de ficheros de programas de ejemplo de utilización [8].



**Figura 3.6.** Entorno de programación IDE de Arduino.

**Fuente:** [8].

### **Estructura básica de un programa**

La estructura básica de programación de Arduino es bastante simple y divide la ejecución en dos partes: setup y loop. Setup() constituye la preparación del programa y loop() es la ejecución. En la función Setup() se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa. Esta función se ejecuta una única vez y es empleada para configurar el pinMode e inicializar la comunicación serie. La función loop() incluye el código a ser ejecutado continuamente.

### **Lenguaje de programación de Arduino**

Los programas que se escriben usando el IDE de Arduino se llaman sketches o bocetos. En su esencia, son archivos de texto escritos en el lenguaje Arduino. Para guardarlos y subirlos a su placa Arduino se necesitará usar la extensión .ino.

Hay tres partes principales que componen el lenguaje de programación Arduino. En primer lugar, tiene funciones que le permiten controlar tu placa. Usando funciones, puedes analizar caracteres, realizar operaciones matemáticas, y realizar otras tareas, por ejemplo, digitalRead() y digitalWrite() le permite leer o escribir un valor en un pin determinado.

Hay dos funciones que contiene cada boceto escrito en el lenguaje Arduino. Estas son setUp() y loop(). Un sketch siempre comienza con setUp(), que se ejecuta una vez después de encender o reiniciar tu placa. Después de crearlo, se utiliza loop() para hacer un bucle del programa repetidamente hasta que se apague o se resetee la placa [9].

### 3.5.4 App inventor

Es un entorno de programación visual e intuitiva que permite a todos, incluso a los niños, crear aplicaciones completamente funcionales para teléfonos inteligentes y tabletas. Aquellos nuevos en MIT App Inventor pueden tener una primera aplicación simple en funcionamiento en menos de 30 minutos. Y, lo que es más, nuestra herramienta basada en bloques facilita la creación de aplicaciones complejas de alto impacto en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales. El proyecto MIT App Inventor busca democratizar el desarrollo de software al empoderar a todas las personas, especialmente a los jóvenes, para pasar del consumo de tecnología a la creación de tecnología [10].

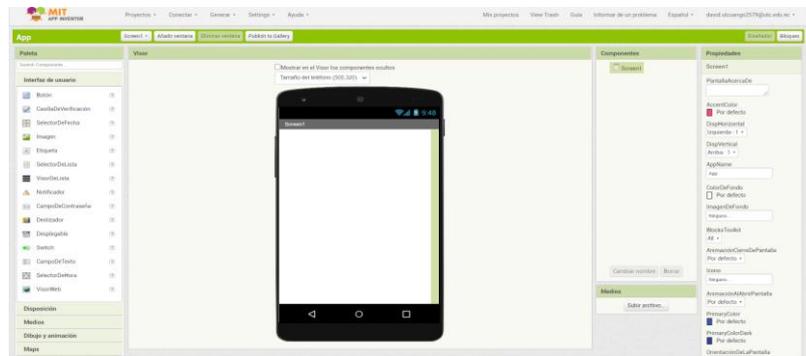


Figura 3.7. Interfaz de usuario para App Inventor.

Fuente: [11].

### Blockly un lenguaje de programación visual

Desde la perspectiva del usuario, Blockly es una forma visual e intuitiva de crear código. Desde la perspectiva de un desarrollador, Blockly es una interfaz de usuario lista para usar para crear un lenguaje visual que emite código generado por el usuario sintácticamente correcto. Blockly puede exportar bloques a muchos lenguajes de programación, incluidas estas opciones populares: JavaScript, Python, PHP, Lua, Dardo.

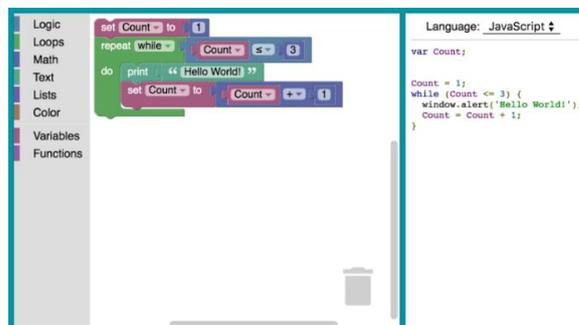


Figura 3.8. Hola mundo mediante Blockly

Fuente: [12].

Blockly es uno de un número creciente de entornos de programación visual. Decidir cuál usar en su aplicación es un paso importante, así que aquí están algunas de las mayores fortalezas de Blockly para ayudarlo a tomar la decisión:

- Código exportable. Los usuarios pueden extraer sus programas basados en bloques a lenguajes de programación comunes y realizar una transición sin problemas a la programación basada en texto.
- Fuente abierta. Todo sobre Blockly está abierto: puede bifurcarse, piratearlo y usarlo en tus propios sitios y aplicaciones de Android.
- Extensible. Modifique Blockly para que se ajuste a sus necesidades agregando bloques personalizados para su API o eliminando bloques y funciones innecesarios.
- Internacional. Blockly se ha traducido a más de 40 idiomas, incluidas versiones de derecha a izquierda para árabe y hebreo [13].

### **Programación visual Blockly integrado a MIT App Inventor**

Los bloques integrados están disponibles independientemente de los componentes de su proyecto. Además de estos bloques de lenguaje, cada componente de su proyecto tiene su propio conjunto de bloques específicos para sus propios eventos, métodos y propiedades. Esta es una descripción general de todos los bloques integrados disponibles en el editor de bloques.

- Bloques de control
- Bloques de diccionarios
- Bloques lógicos
- Bloques de colores
- Bloques de matemáticas
- Bloques de variables
- Bloques de texto
- Bloques de procedimientos
- Lista de bloques [14].

### **Requisitos del sistema app inventor**

Para utilizar App Inventor, su computadora debe cumplir con los siguientes requisitos del sistema:

Computadora y sistema operativo:

- Macintosh (con procesador Intel): Mac OS X 10.5, 10.6+
- Windows: XP, Vista, 7+, 10 y superior
- GNU / Linux: Ubuntu 8+, Debian 5+

Navegador:

- Mozilla Firefox 3.6 o superior
- Apple Safari 5.0 o superior
- Google Chrome 4.0 o superior
- App Inventor no es compatible con Microsoft Internet Explorer. Los usuarios de Windows deben usar Chrome o Firefox.

App Inventor también funciona con muchos otros teléfonos Android, incluidos modelos de HTC, Samsung y Dell, pero en muchos casos deberá descargar e instalar software adicional del fabricante [15].

### Creación de una app con MIT app inventor

El proceso de creación de una app con MIT App Inventor consta de 3 fases:

1. Diseñador de pantallas. Se crean las distintas ventanas o pantallas que contendrá la aplicación. En ellas sitúan sus componentes: imágenes, botones, textos y se configuran sus propiedades.
2. Editor de bloques. Permite programar de forma visual e intuitiva el flujo de funcionamiento del programa utilizando bloques. Cada objeto dispone de unos métodos específicos que es posible invocar personalizando sus parámetros de llamada.
3. Generador de app. Al finalizar las fases de diseño y programación, se genera el instalador APK de la aplicación. Se puede obtener un código QR para su descarga temporal desde el móvil o bien el propio archivo APK para descargar, publicar en la nube y/o enviar a otros usuarios.



**Figura 3.9.** Proceso de creación de una app con MIT App Inventor

**Fuente:** [16].

### 3.6 Variables del sistema electrónico de salida (Comunicación y visualización)

En el presente apartado se detallará de forma teórica la manera en la cual se desarrollará técnicamente la transmisión de los datos que registra el prototipo, el sistema de recepción de datos y la visualización de los mismos, para la investigación e implementación se utilizará una conexión directa para la visualización con pantallas tipo Lcd además de un

módulo Bluetooth que se comunicará con el teléfono celular que tenga instalada la aplicación de usuario.

### 3.6.1 Tecnología Inalámbrica Bluetooth

Bluetooth es un estándar para comunicación inalámbrica de corta distancia para arquitecturas WPAN (Wireless Personal Área Network) basado en una arquitectura de maestro/esclavo que permite el envío y recepción de datos mediante ondas electromagnéticas en UHF, concretamente en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) desde 2,4 a 2,485 GHz.

Las principales características de Bluetooth frente a otros estándares de comunicación son su sencillez en cuanto a configuración, su bajo consumo energético y su amplia compatibilidad [17].

#### Historia y Evolución de Bluetooth

Bluetooth fue nombrado en homenaje al rey danés Harold Blatand (Harold Bluetooth en inglés) Bluetooth fue creado con la intención de comunicar dos tecnologías diferentes, los ordenadores y los teléfonos móviles. A comienzos del año 2000 el Bluetooth SIG lanzó el logo como la fusión de dos letras del alfabeto rúnico, hagall y berkanan que representan la H y la B, las iniciales del rey. Cuando vio en 1994 Ericsson vio la necesidad de una conexión entre dispositivos, con una interfaz vía radio y de bajo coste y consumo, se puso a investigar. Se llegó en un principio a un sistema basado en los principios de la comunicación por radio de corto alcance, llamado Mclink, y en seguida se vio que tenía múltiples aplicaciones.



**Figura 3.10.** Origen del nombre de Bluetooth.  
**Fuente:** [18].

### 3.6.2 Módulos Bluetooth compatibles con Arduino

Es necesario saber que existen diferentes modelos de módulos Bluetooth entre los más populares se encuentran el HC-06 y el HC-05, y entre ellos diferentes modelos. Un módulo Bluetooth HC-06 se comporta como esclavo, esperando peticiones de conexión, Si algún dispositivo se conecta, el HC-06 transmite a éste todos los datos que recibe del Arduino y viceversa.

El módulo HC-06 es prácticamente idéntico a simple vista con los demás módulos que existen en el mercado. Una simple diferencia es que el módulo HC-06 funciona

como Slave y el HC-05 como Master y Slave (lo que podría confundir a algunos). Físicamente se diferencian por el número de pines. En el HC-06 tiene un conector de 4 pines mientras que el HC-05 trae uno de 6 pines [19].

### Modulo Bluetooth HC-05

El módulo bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica para trabajar como maestro o esclavo. En el modo maestro puede conectarse con otros módulos bluetooth, mientras que en el modo esclavo queda a la escucha peticiones de conexión. Con este módulo en un proyecto podrás controlar a distancia desde un celular o una laptop todas las funcionalidades que desees. El módulo Bluetooth HC-05 utiliza el protocolo UART RS 232 serial. Es ideal para aplicaciones inalámbricas, fácil de implementar con PC, microcontrolador o módulos Arduino [20].



**Figura 3.11.** Modulo Bluetooth HC-05.

**Fuente:** [21].

### 3.6.3 Pantallas compatibles con Arduino para visualización de datos

Actualmente encontramos en el mercado tres tipos de pantallas lcd: Lcd de líneas, Lcd por puntos, Display OLED, Display LED, Display TFT.

El lcd por puntos funciona casi igual que el anterior tipo de lcd, pero a diferencia del anterior, en el lcd por puntos tenemos una matriz de puntos. Así, en este tipo de lcd podemos situar el texto e incluso imágenes en cualquier parte de la pantalla lcd. Además, podemos tener varios tamaños de letra dentro de la misma pantalla lcd, algo que no ocurre en el display lcd de líneas, cuyo tamaño debe de ser siempre el mismo. El Display OLED es para muchos un tipo de display propio mientras que para otros está dentro de los tipos de lcd. El Display OLED es una pantalla que nos muestra información, los displays OLED ofrecen una mayor resolución, color y un menor consumo energético. Al igual que los monitores de ordenador o los lcd por puntos, las pantallas OLED utilizan la matriz de puntos o pixeles (ya que podemos utilizar varios colores en el mismo display) para mostrar el contenido [22].

### **Pantalla LCD de 128x64**

Pantalla LCD gráfica monocromo de 128x64 píxeles con interfaz serie. Permite controlar todas las funcionalidades de la pantalla de un modo muy sencillo utilizando comandos serie.

Además de escribir texto, esta pantalla LCD gráfica serie permite dibujar líneas, círculos, rectángulos y establecer los píxeles individuales, borrar bloques específicos de la pantalla, control de la luz de fondo y ajustar la velocidad de transmisión. Además, todo el código fuente para el procesador ATmega168 se compila utilizando el compilador WinRAR libre y es gratuito para descargar.



**Figura 3.12.** Pantalla LCD 128x64.

**Fuente:** [23].

### **3.7 Tipificación y cuantificación de Carbono**

La identificación de los tipos de gases derivados del carbono causantes de la contaminación del aire en las áreas de trabajo es de gran importancia para la obtención de información acerca del origen de las emisiones y composición del mismo. Los gases a identificar y cuantificar en el presente proyecto son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) mismos que son los contaminantes más habituales en las empresas, estos contaminantes tienen diferentes efectos nocivos sobre la salud de los seres humano.

La inhalación es la principal ruta de exposición a los contaminantes originado por diversos medios y factores. Existen asimismo otras vías de exposición, como la contaminación del agua potable, la contaminación de los alimentos y la absorción por la piel. La exposición por inhalación afecta directamente los sistemas respiratorio, nervioso y cardiovascular de los seres humanos, provocando deficiencias pulmonares, distintas enfermedades e incluso la muerte [24].

### 3.7.1 Organizaciones nacionales e internacionales que regulan la calidad del aire, seguridad y salud ocupacional

#### Organizaciones internacionales:

- La Organización Mundial de la Salud (**OMS**), desarrolla y elabora directrices sobre la calidad del aire en las que recomienda límites máximos de exposición a los principales contaminantes del aire. La OMS es el organismo encargado de custodiar tres indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la contaminación del aire:
  - ✓ Mortalidad por contaminación del aire
  - ✓ Acceso a combustibles y tecnologías limpias
  - ✓ Calidad del aire en las ciudades [25].
- **OSHA** (Occupational Safety and Health Administration) este Congreso se creó para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables para los hombres y mujeres trabajadores estableciendo y haciendo cumplir estándares y proporcionando capacitación, divulgación, educación y asistencia [26].
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (**NIOSH**), su misión es generar nuevos conocimientos en el campo de la salud y seguridad ocupacional y adaptar esos conocimientos a la práctica para la mejora de la situación de los trabajadores. Para cumplir esta misión, NIOSH realiza investigaciones científicas, elabora directrices y recomendaciones de obligatoriedad, difunde información y responde a solicitudes para la realización de evaluación de riesgos de salud en el lugar de trabajo [27].
- La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, o **ACGIH**, es una organización sin fines de lucro establecida en 1938. Su lema es “Definición de la ciencia de la salud ocupacional y ambiental”. Compuesta por un núcleo de trabajadores de higiene industrial, recopilan y comparten información para apoyar esta meta [28].

#### Organizaciones nacionales

NECA (Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire), La presente norma tiene como objeto principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general.

Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo.

La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente [29].

### **3.8 Variables derivados del carbono**

#### **3.8.1 Monóxido de carbono (CO)**

Es un gas incoloro, inodoro y no irritante para las vías respiratorias, que atraviesa con facilidad los alvéolos pulmonares y que, en función de su concentración en el aire ambiente y del tiempo de exposición, puede inducir una rápida conjunción de efectos nocivos para la salud que podrían llegar a causar la muerte en pocos minutos o generar secuelas neurológicas irreversibles. Por sus características físico-químicas y capacidad tóxica, se ha denominado al CO como homicida invisible y silencioso [30].

#### **Fuentes principales**

Se produce por combustión incompleta de hidrocarburos y sustancias que contienen carbón, tales como la gasolina, el Diesel, etc. Otras fuentes importantes de formación del monóxido de carbono son los incendios.

#### **Efectos principales**

**Salud humana:** produce la carboxihemoglobina que afecta al sistema nervioso central provocando cambios funcionales cardíacos y pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, fallos respiratorios y hasta la muerte [31].

#### **Rangos permisibles del monóxido de carbono (CO)**

Las organizaciones fijan normas o hacen recomendaciones con respecto a la exposición a sustancias peligrosas según supuestos inherentes a sus actividades de vigilancia o autoridad reglamentarias. Las diferencias en los valores indicados reflejan variaciones en el lugar, la duración, las características de la población o el uso propuesto.

- El límite de exposición permisible (PEL en inglés) actual de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA) para el CO es de 50 ppm como un promedio ponderado de tiempo de 8 horas.
- El límite de exposición recomendada (REL en inglés) de NIOSH para el CO es de 35 ppm como un TWA de 8 horas y un límite máximo (CL en inglés) de 200 ppm.
- La concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (IDLH) que recomienda NIOSH para el CO es de 1,200 ppm.

- La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ha adoptado un valor límite umbral (TLV en inglés) para el CO de 25 ppm como un TWA de 8 horas [32].

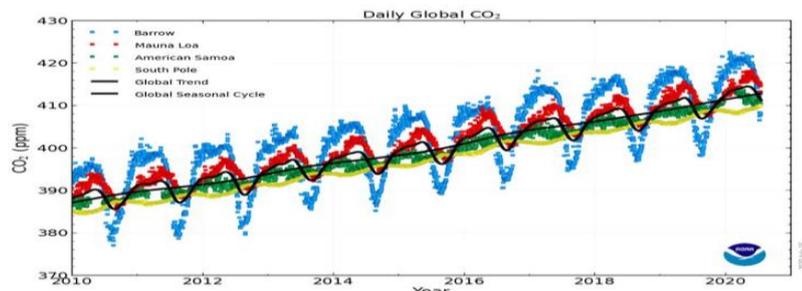
### 3.8.2 Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas incoloro e inodoro compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno en enlaces covalentes. Realmente el CO<sub>2</sub> forma parte de la naturaleza y es indispensable para la vida en la Tierra. De no existir el CO<sub>2</sub> las plantas no existirían, ya que éstas lo necesitan para realizar la fotosíntesis. Se encuentra de forma natural en el aire ambiente en concentraciones que varían entre 300 ppm a 550 ppm dependiendo de si medimos en entornos rurales o urbanos.

El CO<sub>2</sub> produce el desplazamiento del oxígeno y en concentraciones altas, de más de 30.000 ppm, puede producir asfixia. En el aire interior el CO<sub>2</sub> es un gran indicador de la calidad de aire ya que actúa como chivato de la renovación de aire. Es sabido que, a partir de concentraciones de más de 800 ppm en entornos laborales, se comienzan a producir quejas debidas a olores [33].

#### Fuentes de emisión del dióxido de carbono CO<sub>2</sub>

En la naturaleza, una fuente de emisión importante son los procesos fotosintéticos, concretamente el proceso de respiración, en el que los componentes alimentarios de animales y plantas se oxidan para la obtención de energía, desprendiéndose en la reacción, dióxido de carbono y agua. Los incendios forestales también constituyen un foco de liberación significativa, ya que se produce la quema de combustibles fósiles (madera y biomasa fundamentalmente) [34].



**Figura 3.13.** El CO<sub>2</sub> en la atmósfera no para de subir.

**Fuente:** [35].

### **El dióxido de Carbono como contaminante**

El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones (>30.000ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición. Es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm, pudiendo alcanzar en zonas urbanas valores de hasta 550 ppm. El valor límite de exposición profesional (LEP-VLA) del INSHT para exposiciones diarias de 8 horas es de 5.000ppm con un valor límite para exposiciones cortas de 15 minutos de 15.000 ppm. Estos valores son difíciles de encontrar en ambientes interiores no industriales como son oficinas, escuelas y servicios en general. En la práctica, en estos recintos se encuentran valores de 2.000 y hasta 3.000 ppm [36].

### **Efectos a la salud humana producidas por el CO<sub>2</sub>**

El principal efecto que produce el CO<sub>2</sub> es la asfixia por desplazamiento del oxígeno, pero esto se produce por concentraciones muy altas capaces de desplazar el oxígeno y reducir su concentración por debajo del 20%. En concentraciones altas, cercanas a la 30.000 ppm, puede causar dolores de cabeza, falta de concentración, somnolencia, mareos y problemas respiratorios. En entornos laborales, como oficinas, se comienzan a tener quejas de olores a partir de las 800-1000 ppm [33].

### **3.8.3 Metano CH<sub>4</sub>**

El metano es un gas incoloro, inflamable, no tóxico, cuya fórmula química es CH<sub>4</sub>. Este gas se produce de forma natural por la descomposición de la materia orgánica. Los humedales, el ganado y la energía son las principales fuentes que emiten metano a la atmósfera, donde actúa como gas de efecto invernadero. El metano es además uno de los principales componentes del gas natural. Se extrae fundamentalmente de yacimientos y se utiliza como combustible y con fines industriales [37].

### **Metano como un contaminante**

El metano es además un potente y abundante “gas de efecto invernadero” (o GHG) el cual lo convierte en un importante contribuyente al cambio climático, especialmente a corto plazo (es decir, 10-15 años). El metano ocupa el segundo GHG más abundante después del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), es responsable del 14 por ciento de las emisiones a nivel mundial. Aunque el metano es emitido en la atmósfera

en cantidades más pequeñas que el CO<sub>2</sub>, su potencial para el calentamiento global (por ejemplo, la capacidad del gas para atrapar el calor en la atmósfera) es 25 veces mayor. Por consiguiente, las emisiones de metano actualmente contribuyen en más de un tercio del calentamiento antropogénico actual [38].

#### **Afecciones producidas por Metano CH<sub>4</sub> hacia el ser humano**

El metano es un gas incoloro e inodoro o un líquido bajo presión. Se utiliza como fuente de luz y combustión. También se utiliza en la elaboración de muchas sustancias químicas, como acetileno y metanol.

El metano disminuye la cantidad de oxígeno disponible, mida de forma periódica el contenido de oxígeno para verificar que se mantenga en al menos 19.5% por volumen [39].

#### **3.8.4 Benceno C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>**

A temperatura ambiente, el Benceno es un líquido incoloro o amarillo claro con olor dulce y aromático. Es altamente inflamable. Se volatiliza muy rápido en el aire y se disuelve poco en agua por sus características no polares, aunque es muy soluble en la mayoría de solventes orgánicos. Debido a su volatilidad, puede esparcirse por el aire hasta cualquier fuente de ignición distante. La mayoría de las personas pueden percibir el olor del Benceno en el aire a concentraciones de 1.5 – 4.7 ppm y percibir su sabor en el agua a 0.5 – 4.5 ppm.

#### **Efectos sobre la salud**

Frases de Riesgo

- ✓ R45: Puede causar cáncer.
- ✓ R11: Fácilmente inflamable.
- ✓ R48/23/24/25: Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

Respirar niveles de Benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles moderados pueden causar somnolencia, mareo, aceleración del ritmo cardiaco, dolor de cabeza, temblor, confusión y pérdida del conocimiento. Comer o tomar altos niveles de benceno puede causar vómitos o irritación del estómago, mareo, somnolencia o convulsiones; en casos severos se presenta aceleración del ritmo cardíaco y la muerte [40].

#### **Rangos permisibles del benceno**

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) tiene fijado un valor promedio máximo permisible en aire para 8h/día y 40 h/semana (TLV TWA) de 0,5 ppm (1,6 mg/m<sup>3</sup>); un valor para exposiciones de corta duración (TLV STEL) de 2,5 ppm (8 mg/m<sup>3</sup>), y un índice biológico de exposición (BEI) de 25 mg/g de creatinina de ácido S-fenilmercaptúrico (SPMA) en orina al final del turno. Asimismo, lo clasifica como una sustancia con un elevado poder de penetración a través de la piel [41].

### **3.9 Sensores de gases basados en semiconductores**

Los sensores de gases más utilizados se basan en óxidos metálicos semiconductores cuya conductividad eléctrica se ve modulada como consecuencia de la reacción producida entre el semiconductor y los gases presentes en la atmósfera.

Los sensores, pueden detectar una gran gama de gases en rangos de ppm o combustibles. Se pueden conseguir diferentes características de respuesta variando los materiales, las técnicas del proceso y la temperatura de trabajo. Su simplicidad de construcción resulta en una vida de 10 a 25 años libre de problemas.

Los sensores de gases semiconductores, ya sean de películas gruesas, películas delgadas de metal-óxido-semiconductores requieren ser calefactables de manera localizada y uniforme entre 200 y 450 °C (para mantenerlo a una temperatura óptima para la detección de gas). Debido a que su sensibilidad depende fuertemente de la temperatura de operación, es necesario controlar cuidadosamente dicha temperatura [42].

#### **3.9.1 Sensores de Gases tipo MQ para la obtención de datos (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**

Los sensores de gas de la serie MQ son sensores analógicos por lo que son fáciles de implementar con cualquier microcontrolador. Estos sensores son electroquímicos y varían su resistencia cuando se exponen a determinados gases, internamente posee un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y con esto el sensor pueda reaccionar con los gases provocando un cambio en el valor de la resistencia. El calentador dependiendo del modelo puede necesitar un voltaje entre 5 y 2 voltios, el sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga (RL) para cerrar el circuito y con este hacer un divisor de tensión y poder leerlo desde un microcontrolador.

Debido al calentador es necesario esperar un tiempo de calentamiento para que la salida sea estable y tenga las características que el fabricante muestra en sus datasheet, dicho tiempo dependiendo del modelo puede ser entre 12 y 48 horas. La diferencia entre los distintos tipos de sensores MQ es la sensibilidad a cierta gama de gases, más sensibles a algunos gases que a otros, pero siempre detectan a más de un gas, por lo que es necesario revisar los datasheet para escoger el sensor adecuado para nuestra aplicación [43].

#### **Sensor para la detección de monóxido de carbono (MQ-9)**

El módulo MQ-9 Sensor de Gas es un dispositivo semiconductor, sensible para detectar cuando existe una cantidad de Monóxido de Carbono en concentraciones de 10 hasta 1000 ppm y gas combustible desde 100 hasta 10000 ppm, en cuanto el sensor detecta alguna de estas señales emitirá una señal analógica variable dependiendo la concentración de gas detectada. El sensor MQ-9 consta de únicamente tres terminales, dos para alimentación, y la tercera entregará una salida analógica de voltaje, únicamente requerirán un microcontrolador para que pueda leer dicha señal y manipularla de acuerdo a las necesidades de tu proyecto. La temperatura a la que debe trabajar el sensor de forma óptima es de -10 hasta 50°C y su consumo de corriente ronda por debajo de los 150 mA a 5V [44].

#### **Sensor para la detección de Dióxido de Carbono (MG-811)**

Este sensor está basado en el chip MG-811 y es capaz de medir la concentración de CO<sub>2</sub> en el ambiente. Devuelve un voltaje analógico que desciende cuanta más concentración de CO<sub>2</sub> exista. Dispone también de un potenciómetro para establecer el punto de corte o alarma en la detección que será emitido por un pin. También puede recuperar la medición mediante su salida analógica.

Este sensor es muy sensible al CO<sub>2</sub> y mucho menos sensible al alcohol y el CO. Está diseñado para funcionar en sistemas de 5V. Ten en cuenta que estos sensores son lentos y cada lectura puede tomar hasta 30 segundos. No intentes que apurarlos o las mediciones no serán correctas. Como todos los sensores, para una correcta y precisa medición, necesitarás calibrar en un entorno controlado [45].

### **Sensor para la detección de Gas Metano MQ-4**

Este es un sensor para detectar Gas Metano (Gas Natural) en el aire, el MQ-4 puede detectar concentraciones desde las 300 hasta las 10000 ppm. Este sensor tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. La salida del sensor tiene una resistencia analógica [46].

### **Sensor para la detección de Benceno (MQ-135)**

Este sensor se encarga de la detección de concentración de gas en diversos porcentajes, tal y como los son sus análogos MQ-3/4/5. La señal de salida que proporciona el MQ-135 es dual, de carácter analógico y digital. Respecto a la señal analógica proporcionada, esta viene a ser directamente proporcional al incremento de voltaje. La señal digital, esta presenta niveles TTL por lo que esta señal puede ser procesada por un microcontrolador [47].

### **3.9.2 DHT11 sensor para la temperatura y humedad**

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica).

## **3.10 Analizadores de Gases en espacios confinados**

### **3.10.1 Espacios confinados**

Se entiende por espacio confinado el recinto con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que se pueden acumular contaminantes tóxicos o inflamables o puede existir una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no esté concebido para su ocupación continua por los trabajadores [49].

### **3.10.2 Monitorización precisa del aire en trabajos de acceso a espacios confinados**

Existe una amplia variedad de gases y vapores peligrosos y cada uno tiene sus correspondientes características. Cualquier gas o vapor puede ser potencialmente peligroso, ya sea por estar licuado, comprimido o incluso en su estado normal. El factor más importante para dictaminar la peligrosidad de estos es conocer su concentración.

Básicamente hay cuatro categorías de riesgo:

- Ex – Riesgo de explosión por gases inflamables.

- Ox- Riesgo de asfixia por desplazamiento de oxígeno.
- Ox- Riesgo de aumento de la inflamabilidad por enriquecimiento en oxígeno.
- Tox – Riesgo de intoxicación por gases tóxicos.

Sin dispositivos auxiliares especializados, a los seres humanos nos es casi imposible reconocer estos peligros con la suficiente antelación para poder adoptar las medidas preventivas oportunas. Por eso es esencial poder detectar de manera fiable y los más anticipadamente posible los peligros de los gases o vapores (Ex – Ox – Tox) y de esta forma tratar de proteger la vida humana, bienes y el medio ambiente mediante la adecuación, adaptación y puesta en marcha de las medidas necesarias en cada caso para que se pueda minimizar el riesgo y la peligrosidad [50].

### **3.10.3 Detectores de Gases existente en el mercado**

A continuación detallaremos los analizadores de gases que existen en el mercado, que sobresalen de acuerdo al gas que pueden detectar y sus características que resaltan de cada uno de estos equipos.

#### **Detector gases DRAGER PAC 6000 CO**

El equipo Drager pac 6000 es un detector de un solo gas, en este caso detecta y mide las concentraciones de CO tiene una monitorización personal del aire con una vida útil de 2 años, el ambiente de trabajo en el cual se desempeña sin ninguna novedad en un rango de temperatura de -40 °C a 55 °C y una humedad del aire relativa del 10% a 90% cuenta con una pantalla de tamaño moderado con retroiluminación donde se indica claramente la concentración del gas respectivo

#### **Detector TANGO TX1-1 CO**

El equipo Tango Tx1 es un monitor de gas personal, portátil y liviano, su principio de funcionamiento se basa en la utilización de dos sensores para la detección del mismo gas en este caso el Monóxido de carbono que puede trabajar en condiciones ambientales de -40 °C a 50 °C y una humedad del aire relativa del 15% a 95 con un rango de medición de 0 a 1000ppm en incremento de 1 ppm, con un sistema de alarma audibles hasta 110dB cuenta con una pantalla de cristal líquido (LCD segmentada)

## **Detector MULTIGAS BOSEAN BH-4S**

El equipo para la detección de gases cuenta con un microprocesador de 32 bits con una pantalla de tipo LCD de 2.4 pulgadas y una resolución de 320 x 204 tiene la capacidad de mostrar niveles explosivos de entre 0 100%, niveles de oxígeno, monóxido de carbono y gas sulfhídrico, además de la capacidad de graficación de los valores obtenidos en tiempo real y con un sistema de alarma audibles es claro recordar que la vida útil de los sensores es alrededor de 2 años para luego ser reemplazados.

### **4. METODOLOGÍA**

El diseño del dispositivo electrónico se fundamentó en metodologías, métodos, instrumentos y materiales que permitieron un diseño pleno de ingeniería electromecánica, en base a herramientas computacionales de programación, simulación e implementación. El sustento del diseño e implantación del dispositivo se ve reflejado en la investigación de trabajos antecedentes, libros y softwares computacionales.

#### **4.1 Métodos**

##### **4.1.1 Método bibliográfico**

Previo a la implementación del dispositivo electrónico se investigaron antecedentes, dispositivos similares existentes en el mercado, normas y políticas públicas que son necesarios a ser tomados en cuenta ya que los mismos orientan y contribuyen para determinar la permisibilidad de gases en partes por millón (ppm) que una persona puede soportar sin dañar su salud.

##### **4.1.2 Método de campo**

En este estudio se realizó una investigación del sector San Felipe para determinar el tipo de empresas existentes y las características que lo rigen tales como: actividades, temperatura, los tipos de gases derivados del carbono al que están expuestos los trabajadores de tal manera permita determinar el rendimiento del dispositivo.

##### **4.1.3 Método experimental**

Este método se constituyó como uno de los más relevantes ya que para la obtención de cada uno de los datos de gases derivados del carbono y temperatura se efectuó en base a la experimentación práctica con el dispositivo en cada una de las empresas, estos datos posteriormente fueron comparados con la tabla de permisibilidad y socializados con los propietarios de las empresas.

#### **4.1.4 Método inductivo**

El presente método ha sido también de gran utilidad ya que es indispensable la observación de los datos de los gases proporcionados por los sensores que permita llevar un registro de las causas y efectos que lo producen.

#### **4.1.5 Método cuantitativo**

Este método cuantitativo también es utilizado en el proyecto ya que influye principalmente en las variables eléctricas como el voltaje y corriente para las entradas analógicas y digitales del Arduino debido a que su voltaje es de 5V y corriente máxima de 20mA.

### **4.2 Técnicas de investigación**

#### **4.2.1 Observación**

Mediante esta técnica se pudo visualizar el comportamiento de los componentes electrónicos análogos.

#### **4.2.2 Medición**

Con esta técnica de medición se tomó los datos de los valores reales de los sensores del nivel de los gases en partes por millón (ppm) y de la temperatura en centígrados (°C).

#### **4.2.3 Simulación**

Mediante esta técnica de simulación se visualiza el funcionamiento de la aplicación que será instalada en un teléfono celular Android y posteriormente vinculada con el dispositivo electrónico mediante Bluetooth el mismo que es ejecutada en el software de libre uso App Inventor y posteriormente el ensamble de los componentes electrónicos en su respectiva carcasa previamente seleccionada y diseñada.

### **4.3 Instrumentos de medición**

#### **4.3.1 Multímetro**

La utilización de este dispositivo es para la identificación y agrupación de los elementos electrónicos con las mismas características ya sea voltaje o corriente de tal manera permita obtener datos reales de los gases y la temperatura.

#### **4.3.2 Software de simulación**

El software App Inventor es uno de los más utilizados en nuestro proyecto en cuanto a la simulación, ya que él mismo nos permite la visualización del funcionamiento de la aplicación una vez vinculada con el dispositivo electrónico

mediante Bluetooth. Así mismo el ID de Arduino nos permite visualizar en tiempo real mediante el monitor serie los datos de los gases y temperatura proporcionados por los sensores.

### 4.3.3 Sensores

Los sensores de los gases y de la temperatura previamente programada nos proporcionan datos en ppm y grados centígrados respectivamente, estos datos nos permiten medir el grado de contaminación que tiene el ambiente en donde se ejecutó la medición y realizar una comparación de permisibilidad que los trabajadores pueden soportar sin afectar su salud.

## 4.4 Tablas de Operacionalización de variables

**Tabla 4.1.** Variable Independiente.

VARIABLES DE ENTRADA					
Relacionadas con el Diseño e implementación de un prototipo electrónico					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Sistema electrónico para la identificación y cuantificación de carbono en ambientes cerrados de pequeñas y medianas empresas	Variables del sistema electrónico de entrada	Alimentación	Voltaje (V)	Cálculo Ficha de Datos	Voltímetro
			Corriente (A)	Cálculo Ficha de datos	Amperímetro
			Consumo total mAh	Medición	Multímetro
	Variables del sistema electrónico para el proceso de información	Señales de Sensores (Programación)	Int CO Int CO4 Int CH4 Int C6H6	C++ Diseño Lógico	Arduino IDE
				Blockly Diseño Lógico	AppInventor
	Variables del sistema electrónico de salida	Comunicación	MBps	Ficha de datos	Módulo Bluetooth
		Visualización	Números de formularios	Diseño Lógico Ficha de datos	Pantalla OLED Aplicación

**Tabla 4.2.** Variable Dependiente.

VARIABLES DE SALIDA					
Relacionadas con la Tipificación y Cuantificación de gases derivados del Carbono					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Obtención de datos necesarios para la determinación de la calidad del aire para ambientes cerrados en pequeñas y medianas empresas	Variables derivadas del carbono	CO	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases
		CO2	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases
		CH4	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases
		C6H6	Partes por millón (ppm)	Medición Observación	Sensor Analizador de Gases
	Variables Ambientales de la zona de análisis	Temperatura	Grados centígrados (°C)	Medición Observación	Sensor Termómetro
		Humedad	Porcentaje (%)	Medición Observación	Sensor Termómetro

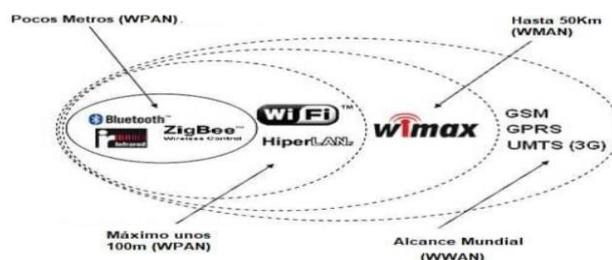
## 4.5 Materiales

### 4.5.1 Alimentación

Nuestro dispositivo al ser una herramienta de medición de gases que en ocasiones debe estar trabajando en lugares donde no se pueda energizar directamente de una fuente eléctrica, necesitamos de una fuente de energía externa y en el mercado encontramos diversas alternativas entre ellas las pilas y baterías que son más afines a nuestro proyecto, para la determinación del mismo se ha analizado las diferencias de estos tipos de fuentes de energía.

### 4.5.2 Módulo de conexión

Para la conexión del dispositivo detector de gases y mostrar los datos en tiempo real en el teléfono celular necesitamos una conexión inalámbrica y una de las opciones es el Bluetooth, aunque existe otros tipos de conexiones inalámbricas que se muestra a continuación con sus distintos límites de alcance en conectividad.



**Figura 4.1.** Tipos de conexiones inalámbricas y su alcance.

**Fuente:** [51].

### 4.5.3 Tarjetas electrónicas

En el presente proyecto se utilizará una tarjeta Arduino cuya función es recibir, procesar y enviar datos que son arrojados por los sensores, dicho de otra manera, sería como el cerebro del dispositivo. Para lo cual se analizaron las siguientes tarjetas más comunes que a continuación presentamos las características técnicas de los mismos.

**Tabla 4.3.** Comparación de datos técnicos de Arduino.

Característica de Arduino	UNO	Mega 2560	Leonardo	DUE
Tipo de microcontrolador	Atmega 328	Atmega 2560	Atmega 32U4	AT91SAM 3X8E
Velocidad de reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz
Pines digitales de E/S	14	54	20	54
Entradas analógicas	6	16	12	12
Salidas analógicas	0	0	0	2 (DAC)
Memoria de programa (Flash)	32 kb	256 kb	32 kb	512 kb
Memoria de datos (SRAM)	2 kb	8 kb	2.5 Kb	96 kb
Memoria auxiliar (EEPROM)	1 kb	4 kb	1 kb	0 kb

### 4.5.4 Softwares de programación

Para la programación del Arduino, sensores y modulo Bluetooth necesariamente se necesita una herramienta que realice la ejecución, edición, compilación y envío del programa en lenguaje de Arduino a los distintos dispositivos.

Para la ejecución de las aplicaciones móviles Android existen diversos softwares tanto en la web o mediante la adquisición de licencias, en la siguiente tabla se describe alguna de ella con sus características, lenguaje de programación, ventajas y desventajas.

**Tabla 4.4.** Softwares de programación de aplicaciones móviles.

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	LENGUAJE
Android Creator	Permite crear fácilmente y sin conocimientos de programación una aplicación nativa para móviles y tables Android	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestra información sobre los productos o servicios.</li> <li>Se podrá publicar en Google Play</li> </ul>	Lenguaje Web
Android Studio	Entorno de desarrollo integrado para el sistema operativo Android	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herramientas para el desarrollo de aplicaciones y alternativas al entorno eclipse</li> <li>Permite ver los cambios visuales en tiempo real</li> </ul>	Java

<b>App Inventor</b>	Es una aplicación de Google labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene editor de bloques.</li> <li>• Utiliza la librería Open block</li> <li>• El compilador traduce el lenguaje visual</li> </ul>	Lenguaje Web y programación por bloques
---------------------	--	---	---

#### 4.5.5 Módulos de visualización

Para la visualización de los datos proporcionados por los sensores y procesado por el Arduino de nuestro dispositivo existen varios tipos, modelos, tamaños, etc. Y para elección del mismo se analizó las características de algunas de ellas que son más afines a nuestro proyecto.

**Tabla 4.5.** Modelos y características de pantallas para Arduino.

MODELOS	CARACTERÍSTICAS
<b>Lcd de líneas</b>	El LCD de líneas es un tipo de pantalla que muestra la información a través de líneas. La información se sitúa en líneas y no podemos salirnos de ese marco.
<b>Lcd por puntos</b>	Este tipo de lcd podemos situar el texto e incluso imágenes en cualquier parte de la pantalla lcd. Además, podemos tener varios tamaños de letra dentro de la misma pantalla lcd, algo que no ocurre en el display lcd de líneas, cuyo tamaño debe de ser siempre el mismo.
<b>Display OLED</b>	El Display OLED es una pantalla que nos muestra información, pero su construcción es diferente al de la pantalla LCD ya que utiliza diodos led con componentes orgánicos para su creación
<b>Display LED</b>	El display LED o LCD Led es similar al Display OLED, pero los diodos led no contienen elementos orgánicos.
<b>Display TFT</b>	El display TFT es el tipo de lcd más reciente que existe en el mercado. Podemos decir que el display TFT utiliza píxeles como los monitores de los ordenadores o los televisores y que podemos emitir cualquier tipo de información a través de estas pantallas.

**Fuente:** [52].

#### 4.5.6 Módulos de detección y medición de gases

Para la detección y medición de distintos tipos de gases existen diferentes sensores compatibles con Arduino, para nuestro dispositivo se analizaron los modelos de sensores de la familia MQ, tomando en cuenta sus características disponibilidad en el mercado local y el precio.

**Tabla 4.6.** Tipos de sensores MQ para diferentes gases.

MODELO	SUSTANCIAS DETECTADAS	CALENTADOR
<b>MQ-2</b>	Metano, butano, GLP, humo	5V
<b>MQ-3</b>	Alcohol, Etanol, humo	5V
<b>MQ-303A</b>	Alcohol, etanol, humo	0.9V
<b>MQ-4</b>	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
<b>MQ-5</b>	Gas natural, GLP	5V
<b>MQ-6</b>	Butano, GLP	5V

<i>MQ-306A</i>	Butano, GLP	0.9V
<i>MQ-7</i>	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
<i>MQ-307A</i>	Monóxido de carbono	Alternado 0.2 y 0.9V
<i>MQ-8</i>	Hidrógeno	5V
<i>MQ-9</i>	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
<i>MQ-309A</i>	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 0.2 y 0.9V
<i>MQ-131</i>	Ozono	6V
<i>MQ-135</i>	Benceno, alcohol, humo, calidad del aire	5V
<i>MQ-136</i>	Ácido sulfhídrico	5V
<i>MQ-137</i>	Amoniac	5V
<i>MQ-138</i>	Benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldehído, hidrógeno	5V
<i>MQ-214</i>	Metano, gas natural	5V
<i>MQ-216</i>	Gas natural, gas carbón	6V
<i>MG-811</i>	Dióxido de carbono	6V
<i>AQ-104</i>	Calidad del aire *	

Fuente: [53].

#### 4.5.7 Módulo de temperatura

En el presente proyecto es indispensable la verificación de la temperatura al momento de la medición de los gases ya que la peligrosidad de los mismos tiene relación directa con la temperatura, por ende, se buscó en el mercado estos dispositivos y se analizaron las características para una posterior elección.

**Tabla 4.7.** Tipos y características de sensores para temperatura.

MODELO	Protocolo de comunicación	Rango de suministro de energía	Rango de temperatura	Rango de humedad	Periodo de muestreo
<i>DHT11</i>	un hilo	3 a 5.5 V	0 a 50 °C	20 a 90%	1 seg
<i>DHT22</i>	un hilo	3 a 6 V	-40 a 80 °C	0 a 100%	2 seg
<i>LM35DZ</i>	salida analógica	4 a 30 V	-55 a 150°C	-	-
<i>BMP180</i>	I2C	1.8 a 3.6V	0 a 65°C	-	-
<i>TMP36</i>	salida analógica	2.7 V a 5.5 V	-40 ° Ca +125 ° C	-	-
<i>LM75</i>	I2C	3.0 a 5.5V	-55 a 125°C	-	-
<i>BME280</i>	I2C o SPI	1.7 a 3.6V	-40 a 85°C	-	-

Fuente: [54].

## 4.7 Ecuaciones

### 4.7.1 Calibración de los sensores

Para la calibración de los sensores se debe basar en el punto máximo y mínimo de la curva de sensibilidad de cada gas que el sensor pueda detectar.

### Puntos de referencia para la calibración de los sensores

$$(x_1, y_1); (x_2, y_2)$$

Donde:

**(x1, y1):** punto máximo en el eje de las *X* y *Y* de la curva de sensibilidad del gas en la tabla de la datasheet del sensor.

**(x2, y2):** punto mínimo en el eje de las *X* y *Y* de la curva de sensibilidad del gas en la tabla de la datasheet del sensor que se puede observar en el anexo 4.

### Fórmula para calcular la pendiente

$$M = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Donde:

X1: log(X1)

Y1: log (Y1)

X2: log(X2)

Y2: log (Y2)

### Fórmula para calcular la intersección con el eje Y

$$\log (y) = m * \log (x) + b$$

*Despejamos*

$$b = \log (y) - m * \log (x)$$

Donde:

**m:** Pendiente

**(x1, y1):** punto máximo en el eje de las *X* y *Y* de la curva de sensibilidad del gas en la tabla de la datasheet del sensor.

**(x2, y2):** punto mínimo en el eje de las *X* y *Y* de la curva de sensibilidad del gas en la tabla de la datasheet del sensor.

### Fórmula para calcular el margen de error

$$\epsilon \% = \frac{|Approx - Exact|}{Exact} * 100$$

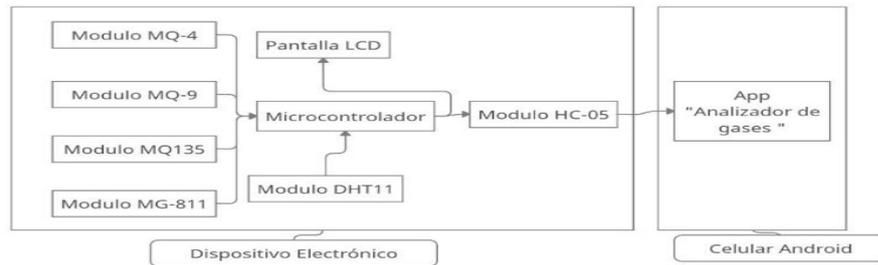
Donde:

**Approx:** valor aproximado (dato de nuestro dispositivo).

**Exact:** valor exacto (dato del dispositivo referente).

## 4.8 Diseño del dispositivo

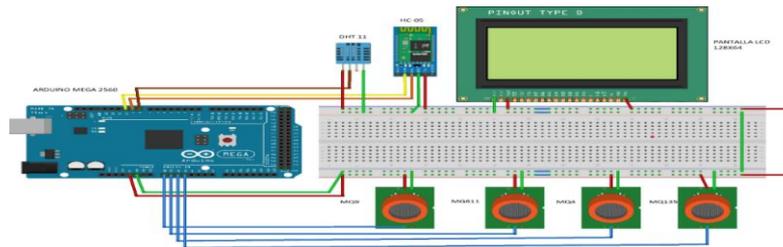
### 4.8.1 Diagrama general



**Figura 4.2.** Diagrama general del dispositivo.

El Arduino se encarga de recibir los datos proporcionados por los sensores de gases y temperatura y a su vez es procesada y visualizada en la pantalla LCD además mediante la conexión Bluetooth es transmitida todos los datos hacia el celular que será visualizada en una App por el usuario.

### 4.8.2 Esquema de conexión



**Figura 4.3.** Esquema de conexión de los componentes del dispositivo.

La conexión de cada uno de los componentes se efectuó de manera preliminar en un protoboard, mismo que nos sirvió para comprobar la funcionalidad de cada uno de los sensores de gases, módulo Bluetooth, dth-11 y pantalla LCD. De la misma forma se comprobó la conexión con el teléfono celular y se pudo visualizar todos los datos obtenidos por dispositivo.

#### **Distribución de pines:**

##### **Sensores de gases**

Los cuatro sensores de gases están alimentados con 5v desde los pines Vcc y GND del Arduino, para la lectura analógica el mq-9 con A0; mg 811 con A1; mq-4 con A2; mq-135 con A3.

##### **Sensor de temperatura**

El sensor dth11 es alimentado con 5v desde los pines Vcc y GND del Arduino, y el pin data del sensor al pin 8 del Arduino.

### Módulo Bluetooth

Alimentado con 5v desde los pines Vcc y GND del Arduino, txd en el pin 9 y rxd con el pin 10.

### Pantalla LCD

Para la instalación de la pantalla se realizó la siguiente distribución de los pines pantalla y Arduino respectivamente: VCC con VCC, GND con GND, RS con 53, RW con 5, E con 52, RST con 45.

#### 4.8.3 Programación del dispositivo

De acuerdo a los requerimientos del diseño se realizó el programa para el Arduino mega 2560, este programa fue elaborado en el software de IDE de Arduino el mismo que trabaja en el lenguaje C++. Este programa permite adquirir, procesar, guardar y enviar información de los datos obtenidos por los sensores por lo tanto se debe configurar parámetros, incluir librerías y declarar variables, una vez realizada la lectura de los gases los valores se visualizan en la pantalla LCD y en la App móvil que es conectada a través de Bluetooth con el Arduino. En el anexo I se detalla la programación de cada uno de los componentes del dispositivo, a continuación, se representa el diagrama de flujo del microcontrolador “Arduino”.

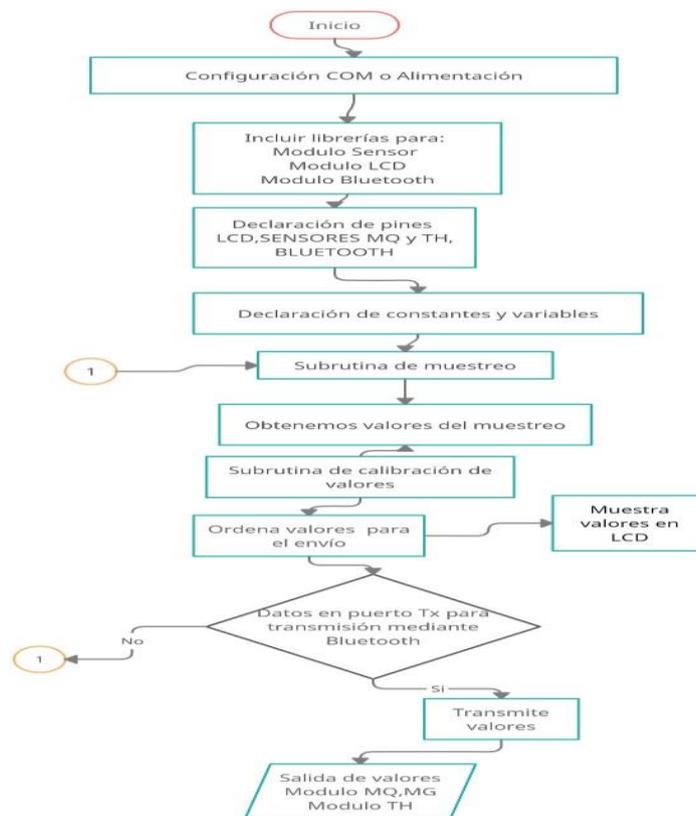


Figura 4.4. Diagrama de flujo del microcontrolador

#### 4.8.4 Calibración de los sensores electroquímicos

**Tabla 4.8** Proceso matemático para la calibración de los sensores de gases.

PASOS	VARIABLE	FÓRMULA	MÉTODO	RESPUESTA
1	Rs/Ro	-	MQ4= datasheet	4.45
			MQ9= datasheet	9.9
			MQ135= datasheet	3.70
2	RL	-	MQ4= módulo	1 [kΩ]
			MQ9= módulo	1 [kΩ]
			MQ135= modulo	1 [kΩ]
3	Ro (para aire limpio)	$\frac{RS}{RL} = \frac{V - VS}{VS}$ Rs/Ro=	MQ4=(programación)	1.06
			MQ9=(programación)	1.57
			MQ135= (programación)	3.15
4	Pendiente (M)	$M = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$	$M_{MQ4} = \frac{\log(0.45) - \log(1.8)}{\log(10000) - \log(200)}$	-0.35
			$M_{MQ9} = \frac{\log(0.78) - \log(1.8)}{\log(10000) - \log(200)}$	-0.54
			$M_{MQ135} = \frac{\log(0.80) - \log(2.3)}{\log(200) - \log(10)}$	-0.30
5	Intersección con el eje Y	$\log(y) = m * \log(x) + b$ $b = \log(y) - m * \log(x)$	$b_{MQ4} = \log(1.8) - (-0.35) * \log(200)$	1.06
			$b_{MQ9} = \log(1.8) - (-0.54) * \log(200)$	1.49
			$b_{MQ135} = \log(2.3) - (-0.30) * \log(10)$	1.50

Para la programación del sensor Mg811 no necesita los datos como los demás sensores ya que es un sensor netamente para el dióxido de carbono.

Todos estos datos y cálculos matemáticos son ingresados al programa como variables, mismo que se ejecuta de forma automática con fórmulas que se encuentran implementados en la programación y nos arroja los datos en ppm de cada gas, estos procesos se pueden evidenciar en el Anexo I.

La calibración y validación de los datos que está arrojando los sensores del dispositivo se lo realizó mediante un dispositivo patrón modelo **EVM de 3M**, el cual se encuentra calibrado y certificado (ver certificado en el anexo VI) para el monitoreo de los gases como el monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO2). Esta calibración se realizó conjuntamente con la ayuda del Ing. Carlos

Rosales propietario del dicho dispositivo, el cual nos certifica la información de los datos obtenidos por parte del dispositivo implementado, ver anexo VII.

Las mediciones para la calibración se lo realizaron conjuntamente con el dispositivo patrón en lugares donde se genera mayormente el monóxido de carbono y dióxido de carbono como parqueaderos cerrados y las pequeñas empresas que utilizan hornos a gas para elaborar sus productos. Estas mediciones se lo pueden observar en el anexo VIII tanto del dispositivo patrón como del dispositivo implementado, con base al mismo se determinó el margen de error.

En la siguiente tabla se muestra los valores promedios de la medición tanto del dispositivo patrón como del dispositivo implementado.

**Tabla 4.9.** Promedio de las mediciones para la calibración.

Gases	Dispositivo patrón	Dispositivo Implementado
<b>CO (ppm)</b>	20,17	16,83
<b>CO2 (ppm)</b>	9573,74	8869,39

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} * 100$$

$$\epsilon \%_{CO} = \frac{|16.83 - 20.17|}{20.17} * 100 \quad \epsilon \%_{CO2} = \frac{|8869.39 - 9573.74|}{9573.74} * 100$$

$$\epsilon \%_{CO} = 16.55\%$$

$$\epsilon \%_{CO2} = 7.35\%$$

Luego de haber obtenido estos márgenes de error se procedió a realizar algunas pequeñas modificaciones en la programación de los sensores para reducir el margen de error. Teniendo como resultado en la segunda medición los siguientes datos que se muestran a continuación.

**Tabla 4.10.** Promedio de la segunda medición.

Gases	Dispositivo Patrón	Dispositivo Implementado
<b>CO (ppm)</b>	20,17	19,22
<b>CO2 (ppm)</b>	9573,74	8934,52

$$\epsilon \% = \frac{|Aprox - Exact|}{Exact} * 100$$

$$\epsilon \%_{CO} = \frac{|19.22 - 20.17|}{20.17} * 100 \quad \epsilon \%_{CO2} = \frac{|8934.52 - 9573.74|}{9573.74} * 100$$

$$\epsilon \%_{CO} = 4.70\%$$

$$\epsilon \%_{CO2} = 6.67\%$$

Luego de modificar algunos parámetros en la programación se logró la reducción del margen de error con referencia al dispositivo patrón, mismos que son considerables teniendo en cuenta que los sensores electroquímicos de Arduino son menos costosos con referente a los sensores que cuenta el dispositivo patrón.

## 4.9 Diseño de la app móvil

### 4.9.1 Programación de la app móvil

La App para el teléfono móvil se realizó en el software de App inventor, esta herramienta trabaja con el lenguaje de bloques para su programación, un lenguaje de fácil manejo y entender. Esta App permite visualizar en tiempo real los datos que está arrojando el dispositivo, de la misma forma se puede ver una gráfica en tiempo real de los niveles de gases con relación al tiempo. En el anexo II se detalla la programación de la app móvil.

A continuación, se representa el diagrama de flujo de la app móvil.

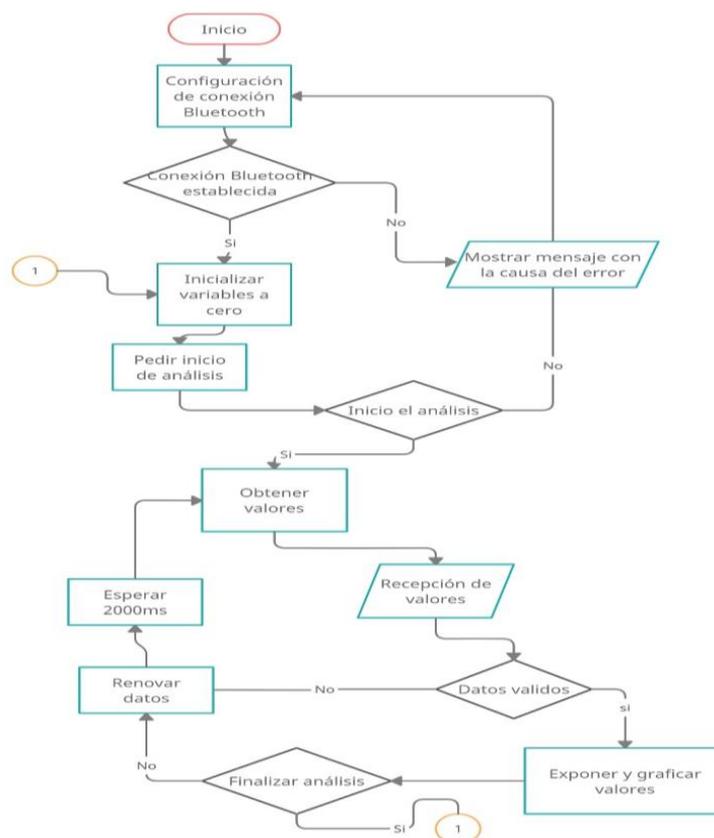


Figura 4.5. Diagrama de flujo para el teléfono móvil

### 4.9.2 Instalación de la app en el celular

Luego de realizar la aplicación en el software app inventor se efectuó la instalación del mismo en el teléfono móvil Android, primero se descarga la app con el lector qr,

este código qr genera el software cuando se elabora un programa y posteriormente se realiza la instalación.



Figura 4.6. Interfaz de la App móvil instalada en el teléfono celular.

#### 4.10 Diseño de la carcasa

Una vez diseñada el circuito y programada cada uno de los componentes electrónicos se procedió al diseño de la carcasa el cual deberá cumplir las siguientes características y funciones:

- Protección del circuito y sus componentes correspondientes de daños físicos y químicos.
- Fácil movilización del dispositivo.
- Facilidad de cambio de cada uno de los componentes en caso de sufrir algún daño.
- Mantener estable los componentes y conexiones del circuito.

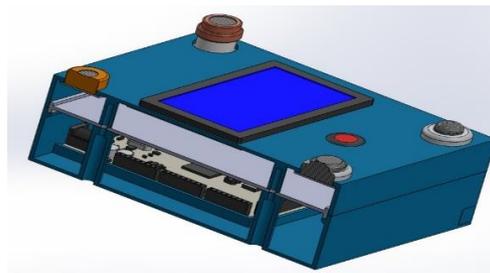


Figura 4.7. Diseño de la carcasa.

##### 4.10.1 Ensamble del circuito en la carcasa

Una vez diseñada la carcasa con todos los requerimientos del circuito y sus respectivos componentes se realiza la impresión en 3D, esta impresión es realizada con el material de fibra de carbono mismo que cumple con las características y requerimientos antes mencionados, además nos garantiza la resistencia a temperaturas elevadas. Posteriormente se realiza el ensamble del circuito y sus

componentes en la carcasa para luego realizar la respectiva prueba de funcionamiento en las empresas.



**Figura 4.8.** Ensamble del circuito en la carcasa.

#### **4.11 Descripción del funcionamiento del dispositivo**

Es un dispositivo que permite detectar los niveles de gases contaminantes en las áreas de trabajo de las empresas, se basa en la utilización de sensores de gases como del monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), además posee un sensor de temperatura DHT11, una pantalla LCD de 128x64 y un módulo Bluetooth HC-05 y todos esto conectado y programado en una placa de Arduino mega 2560.

Los datos que adquiere el dispositivo son visualizados en la pantalla LCD y a su vez es transmitida mediante conexión Bluetooth a un teléfono celular Android que previamente será instalada la App que permitirá visualizar dichos datos.

#### **4.12 Prueba de funcionamiento del dispositivo**

##### **4.12.1 Encendido y saludo del dispositivo**

El dispositivo es encendido por medio de un interruptor on/off al realizar esta acción en la pantalla nos muestra un saludo de aproximadamente tres segundos posteriores a eso automáticamente empieza analizar los gases.



**Figura 4.9.** Encendido y saludo del dispositivo

#### 4.12.2 Vinculación del dispositivo con el teléfono

Una vez encendido el dispositivo se podrá vincular con el teléfono móvil Android para la visualización de los datos, esta conexión mediante Bluetooth se lo puede realizar sin ninguna acción en el dispositivo ya que el Bluetooth del mismo siempre permanecerá encendido, desde la app “analizador de gases” presionamos el botón “conectar Bluetooth” y seleccionamos “analizador de gases” y ya estaremos conectados.



Figura 4.10 Conexión con el dispositivo desde la app móvil.

#### 4.13 Recolección de datos (campo y experimental)

La recolección de los datos de gases derivados del carbono en las distintas empresas del sector San Felipe se llevó a cabo primeramente con todos los protocolos de bioseguridad por la situación actual de la pandemia para precautelar nuestra salud, de los trabajadores y propietarios de las empresas.

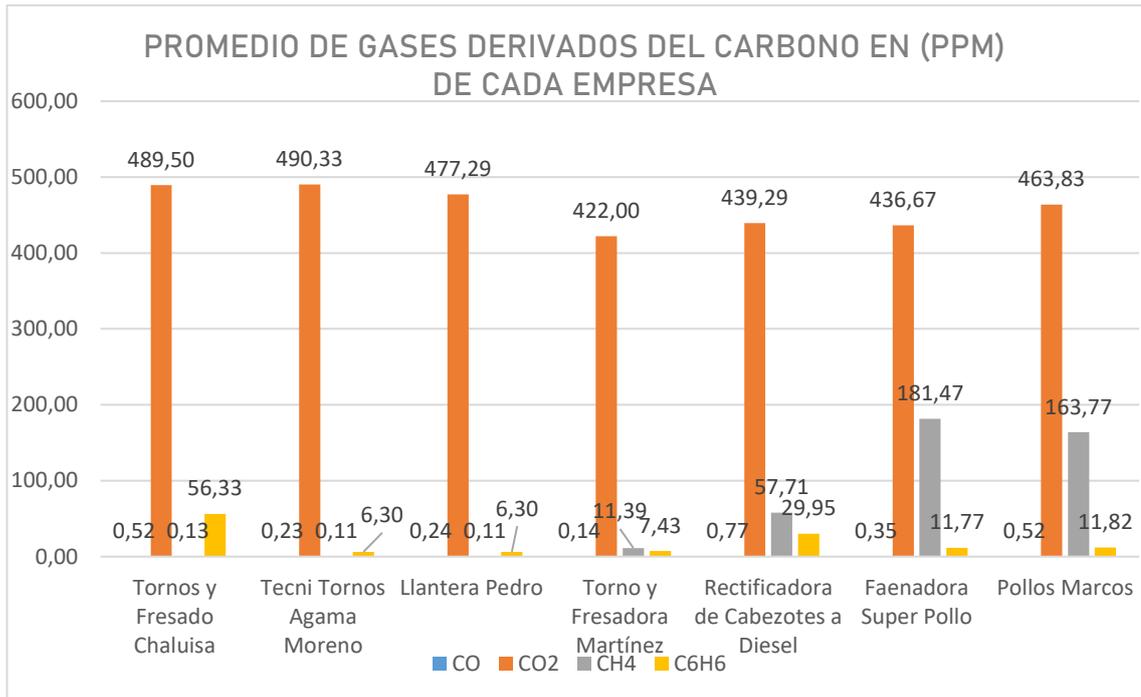
Es importante indicar que se tomaron muestras en pequeñas y medianas empresas cuyos trabajadores realizan sus actividades en espacios confinados y no en espacios abiertos. Debido a los problemas de la pandemia por el coronavirus se limitó el ingreso a varias empresas; sin embargo, se trabajó con un total de siete empresas quienes brindaron las facilidades necesarias para la toma de datos con el dispositivo.

En la tabla 4.9 se detalla el nombre de las pequeñas y medianas empresas donde se realizó la toma de datos.

Tabla 4.11. Pequeñas y medianas empresas donde se tomaron los datos.

EMPRESA	ACTIVIDAD	PROPIETARIO	DIRECCIÓN
Tornos y Fresado Chiluisa	Taller de tornos y fresadoras	Geovany Chaluisa	Av. Iberoamericana y Paraguay
Tecni Tornos Agama Moreno	Servicio de torno	Joel Agama	Av. Iberoamericana y Paraguay





**Figura 4.11.** Promedio de los gases derivados del carbono de cada empresa.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente ítem se realizó los análisis del comportamiento práctico del dispositivo detector de gases derivados del carbono en ambientes laborales de las pequeñas y medianas empresas del sector San Felipe. A continuación, se presenta las calibraciones realizadas a cada uno de los sensores, funcionamiento general del dispositivo y pruebas realizadas en las empresas.

### 5.1 Selección de materiales

Luego de estudiar y analizar los materiales afines a nuestro proyecto se efectuó la selección de cada uno de los elementos que conformaran el dispositivo, esta selección se realizó tomando en cuenta las características que mejor se adapte a cumplir nuestro objetivo de la propuesta tecnológica. En el anexo V se puede observar cada uno de los elementos seleccionados, sus características y la función que cumple cada uno. En la tabla 5.1 se muestra los resultados de la selección.

**Tabla 5.1.** Selección de materiales.

REFERENCIA	NOMBRE
Microprocesador	Arduino Mega 2560
Conexión inalámbrica Bluetooth	Módulo HC-05
Visualización	Pantalla LCD 128X68

Sensor de temperatura	DHT-11
Sensor de CO	MQ-9
Sensor de CO2	MG-811
Sensor de CH4	MQ-4
Sensor de C6H6	MQ-135
Alimentación externa	Batería Li-po de 1000mA
Conexiones	Cables número 18

Con respecto al microprocesador se eligió el Arduino Mega 2560, debido a que este dispositivo cuenta con una memoria de programa (flash) de 256 kb y por los pines tx y rx que son requerimientos fundamentales del proyecto.

Para la conexión inalámbrica se optó por el módulo HC-05, ya que él mismo nos permite configurar tanto como patrón o esclavo.

En cuanto a la visualización de datos en el dispositivo se eligió la pantalla Lcd de 128x64 (Lcd por puntos), ya que esta pantalla nos permite agregar imágenes y varios datos.

El sensor para la temperatura y humedad fue elegido el DHT-11 que cumple con las características de compatibilidad necesarias para el dispositivo.

Para la toma de datos de los gases derivados del carbono como el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y benceno (C6H6) se optó por sensores de la familia MQ denominados como electroquímicos por su compatibilidad con el microcontrolador como son: MQ9, MG811, MQ4 y MQ135 estos sensores luego de ser calibrados para la lectura de cada gas cumplen el requerimiento del proyecto.

Para alimentar el dispositivo en lugares donde no se pueda conectar a una fuente de energía directa, se eligió la batería de Li-po de 1000mAh y 7.4V esta característica alimentara y mantendrá al dispositivo encendido durante una hora aproximadamente.

Finalmente, para la conexión de cada uno de los componentes se utilizó el cable número 18 propiamente diseñado para el uso en conexiones de Arduino.

## 5.2. Medición de gases en las empresas

La prueba de funcionamiento del dispositivo se realizó en las pequeñas y medianas empresas del sector de San Felipe, el comportamiento de cada uno de los sensores fue muy acertados y se pudo verificar que los gases varían en cada una de las empresas y a su entorno de trabajo, los datos de cada medición en distintas empresas se registraron en tablas como también se realizó la curva del comportamiento de cada gas mismos que se muestran en el anexo IX.

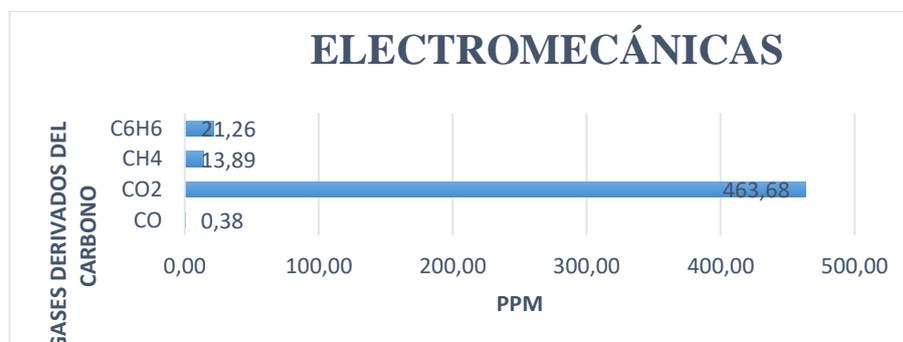


**Figura 5.1.** Medición de gases en las empresas.

### 5.2.1 Análisis y comparación de datos medidos con datos permisibles de cada gas.

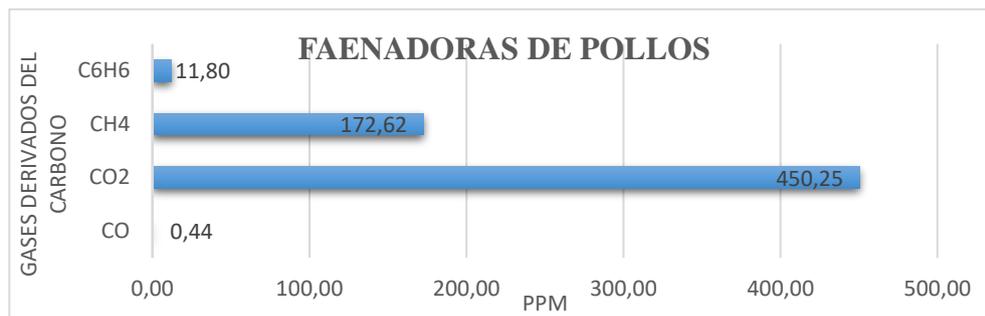
Para este análisis nos basamos en la tabla de permisibilidad de cada gas que una persona puede soportar sin afectar su salud, esta tabla se puede ver en el anexo III. En las empresas electromecánicas los gases más relevantes son el CO<sub>2</sub> y C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ya que la mayoría trabaja con soldaduras, con materiales pétreos, productos químicos y los entornos de trabajo en una gran mayoría almacenan residuos de material y productos químicos que fueron utilizados en distintas actividades de trabajo.

En el siguiente grafico se muestra los promedios de gases derivados del carbono en las empresas electromecánicas.

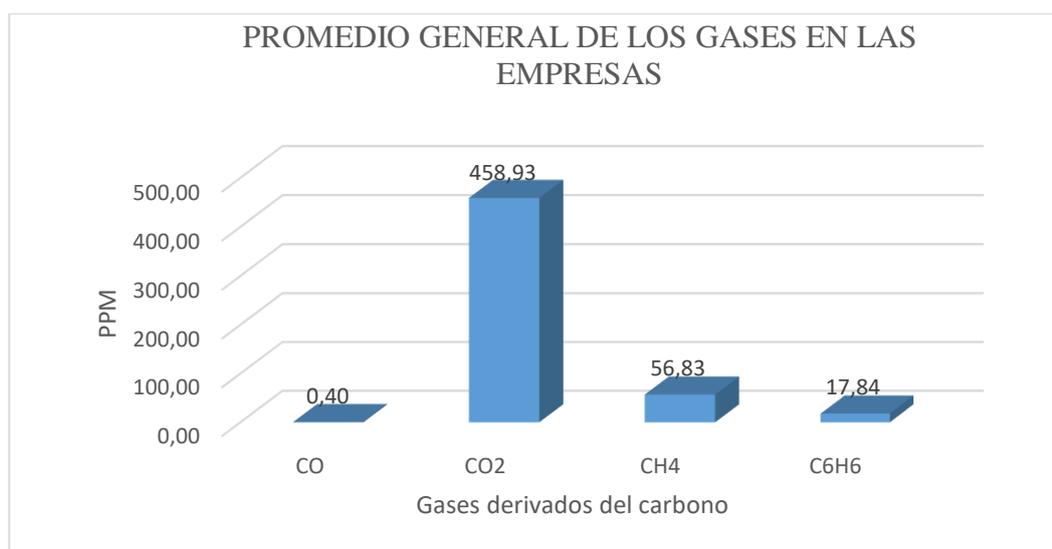


**Figura 5.2.** Promedio de gases derivados del carbono en las empresas electromecánicas.

En las empresas faenadoras de pollos el gas predominante es el dióxido de carbono y el metano ya que su actividad diaria es la matanza de pollos que son traídos de granjas o criaderos. Las heces de estos animales suelen ser muy fuertes y producen estos tipos de gases que a diferentes condiciones pueden causar graves complicaciones a la salud y en condiciones de oxigenación ambientales desfavorables puede provocar la ignición. En el siguiente grafico se muestra los promedios de gases derivados del carbono en las empresas faenadoras de pollos.



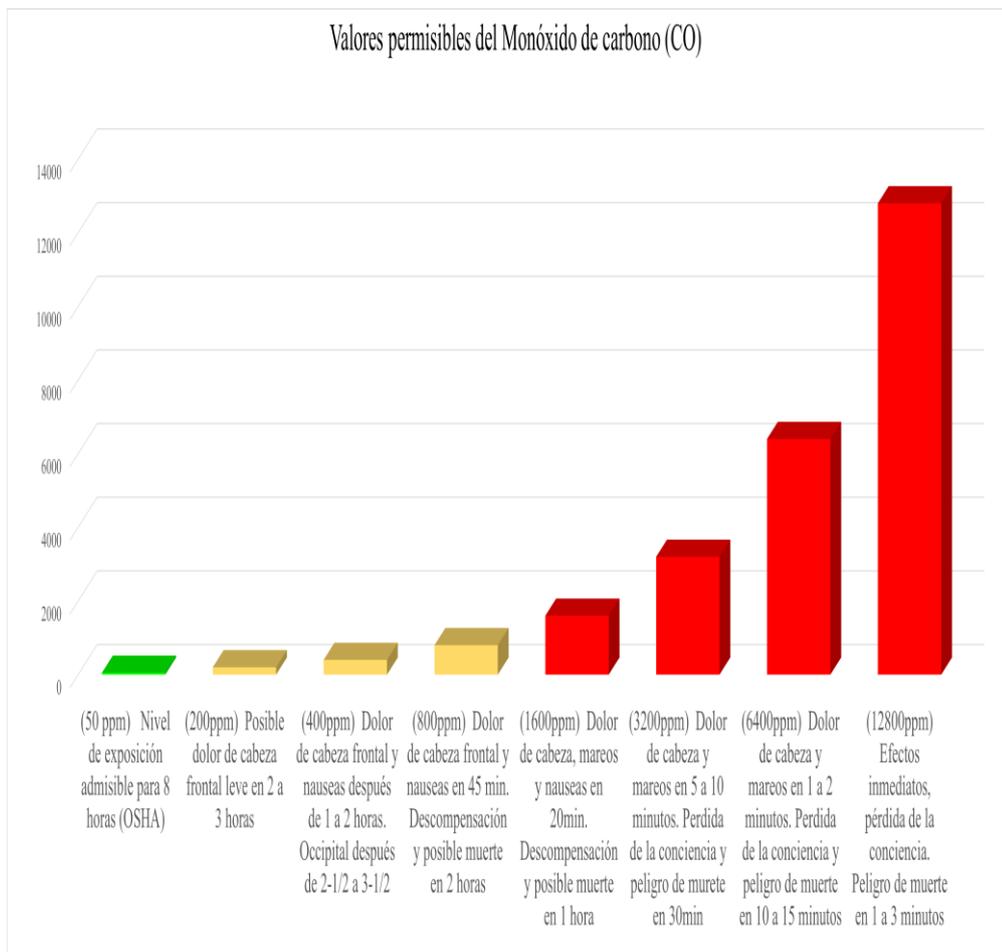
**Figura 5.3.** Promedio de gases derivados del carbono en las empresas faenadoras de pollos. De manera general los gases derivados del carbono predominantes en las empresas de San Felipe donde se realizaron las mediciones son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>), pero todos estos gases no representan peligro para la salud de los trabajadores ya que no superan los rangos permisibles de cada gas. En la figura 5.4 se muestra el promedio general de gases derivados del carbono en todas las empresas donde se efectuó las mediciones.



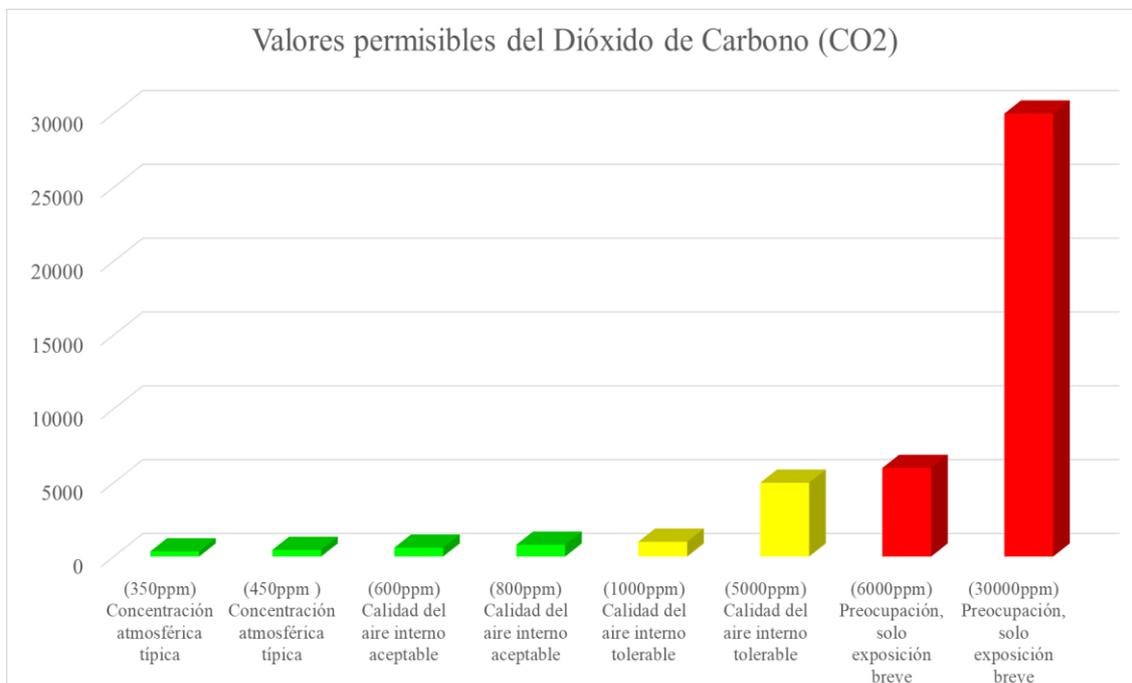
**Figura 5.4.** Promedio general de gases derivados del carbono en todas las empresas donde se efectuó las mediciones.

Cabe recalcar que el dióxido de carbono en el aire siempre oscila entre los 300 a 500 ppm, por ende, los datos en las empresas siempre serán altos, pero no representan peligro para la salud ya que al superar las 800 ppm se debería tomar precauciones.

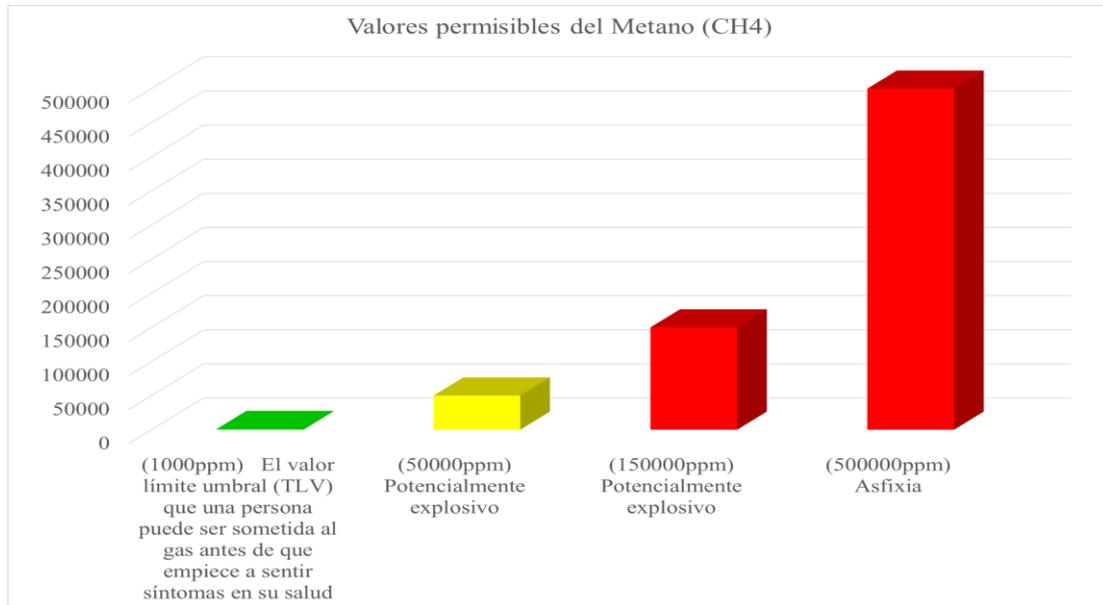
A continuación se muestra las tablas 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8 que muestran los valores de permisibilidad y de peligrosidad de los gases en estudio a diferentes niveles de concentración en (ppm) representando de color verde los niveles aceptables, de color amarillo los niveles de alarma y de color rojo los niveles de emergencia adicionalmente los efectos que causaría en la salud de las personas que se expongan a dichos valores.



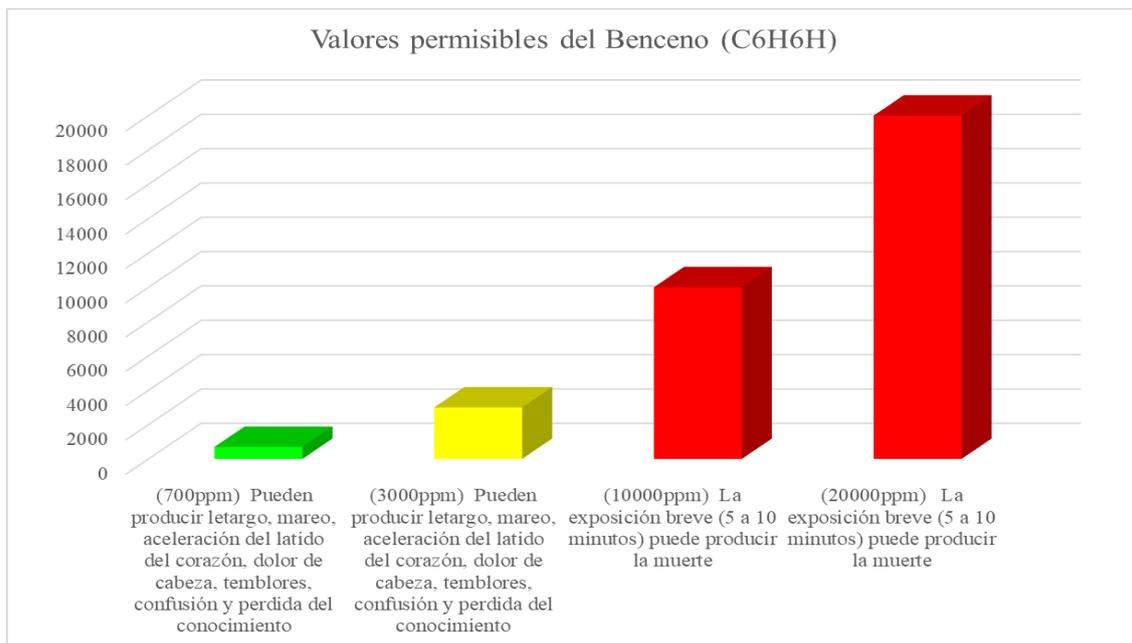
**Figura 5.5.** Valores permisibles del Monóxido de carbono (CO).



**Figura 5.6.** Valores permisibles del Dióxido de Carbono (CO2).



**Figura 5.7.** Valores permisibles del Metano (CH4).



**Figura 5.8.** Valores permisibles del Benceno (C6H6).

### 5.3 Validación de la Hipótesis

Con la implementación del dispositivo electrónico que identifica y cuantifica gases derivados del carbono se supleno la inexistencia del mismo y se constató la importancia de contar con este tipo de dispositivos con capacidad de medición de gases como el Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Benceno

(C6H6), esto se pudo evidenciar mediante los análisis de campos de las concentraciones de los gases realizados a empresas denominadas como electromecánicas y plantas faenadoras de pollos existentes en el sector de San Felipe de la ciudad de Latacunga, esto permitió a los propietarios de las empresas tener un registro del comportamiento de estos gases en su entorno de trabajo previniendo daños en la salud que puede ocasionar en caso de superar los rangos permisibles.

## 6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1 Presupuesto

Para el desarrollo del dispositivo electrónico que tipifica y cuantifica gases derivados del carbono se considera los gastos realizados tanto en diseño, materiales construcción y ensamble, que se clasificara como gastos directos, mano de obra y gastos indirectos de acuerdo a su procedencia y finalidad. En el anexo X se puede observar la tabulación de los gastos correspondientes en una manera más detallada de acuerdo a lo desarrollado.

**Tabla 6.1.** Inversión para el desarrollo del dispositivo.

<b>Inversión Total</b>	
Costos directos	\$222,03
Mano de obra	\$416.75
Costos indirectos	\$67
<b>Total</b>	<b>\$705.78</b>

### 6.2 Análisis de impactos

#### 6.2.1 Impacto práctico

El dispositivo electrónico tiene la capacidad de tipificar y cuantificar 4 gases derivados del carbono que son (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) que comúnmente están presentes en espacios confinados para su consecuente observación, que puede ser realizada directamente desde el dispositivo en una pantalla LCD y con una posibilidad diferente mediante el uso de una aplicación en un dispositivo móvil con sistema operativo Android, mediante la conexión Bluetooth, cada uno de los valores obtenidos por los sensores integrados serán evaluados para la activación de una señal visual y auditiva en el caso de encontrarse con valores anormales en el lugar de análisis, cabe recalcar que la aplicación de uso tiene la capacidad de graficar los valores en tiempo real según va obteniendo valores el dispositivo, la utilización del

dispositivo es fundamental en el caso de que una persona vaya a ingresar si desea permanecer un tiempo determinara en dicho lugar ya que el dispositivo determinara si puede ingresar sin ningún problema, si debe tomar medidas tanto del tiempo de permanencia o la utilización de equipos de protección individual y de ser el caso no ingresar definitivamente.

### **6.2.2 Impacto tecnológico**

El desarrollo del dispositivo conjunto a su aplicación para móviles Android fue posible desarrollarla con la tecnología existente como microprocesadores, sensores electroquímicos, módulos para conexiones inalámbricas y desarrolladores de software, conjuntamente es necesario tener conocimiento de temáticas como Circuitos Eléctricos, Electrónica y Programación Avanzada, Diseño de Elementos, Seguridad Industrial simultáneamente de Métodos y Técnicas de Investigación. El dispositivo electrónico reemplazaría a equipos dedicados a la medición de los gases derivados del carbono como él (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

### **6.2.3 Impacto ambiental**

La implementación del dispositivo desarrollado ayuda a determinar si en un lugar categórico de una empresa existen altos valores de contaminación producidos por gases derivados del carbono (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), ya que el Dióxido de carbono y el Metano son los principales gases de efecto invernadero, que pueden ser producidos por fuentes existentes en dichos lugares, de esta manera el usuario tendría la posibilidad de observar y determinar si las fuentes de contaminación por ejemplo, motores de combustión, hornos o cocinas que utilizan combustibles fósiles, entre otros. Necesitan entrar en mantenimiento o cambio definitivo buscando la preservación y equilibrio ambiental.

### **6.2.4 Impacto epistemológico**

El dispositivo electrónico cuestiona la utilización de métodos de comunicación alámbricas o la manipulación del equipo de medición de gases en el lugar de análisis directamente, dejando abierta la posibilidad de buscar otro método de comunicación inalámbrica que tenga la menor intervención en lugares de espacios que sea necesario determinar la calidad del aire con peligros de exposiciones químicas, e incentivando a la utilización del software libre y tarjetas electrónicas Arduino para proyectos de ingeniería.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

- El análisis de los gases derivados del carbono es de gran importancia especialmente el CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ya que son los principales gases causantes del efecto invernadero con valores porcentuales del 9-26% en el caso del dióxido de carbono y el metano con 4-9% es decir el CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> son denominados como el primer y segundo gas de efecto invernadero respectivamente responsable del cambio climático. Es determinante el estudio de dichos gases para evaluar los riesgos como la explosión por gases inflamables, riesgo de asfixia por desplazamiento de oxígeno o por el aumento de la inflamabilidad por enriquecimiento en oxígeno y por último el riesgo de intoxicación por gases tóxicos respectivamente.
- El dispositivo electrónico se diseñó mediante la evaluación de 3 variables principales que son de entrada, de procesamiento de información y de salida que determinaron el correcto funcionamiento del dispositivo. En primera instancia se diseñó el esquema de conexión de manera preliminar en un protoboard esto permitió la programación de cada uno de los componentes del dispositivo y la prueba de la funcionalidad de los mismos para posteriormente ensamblar en la carcasa.
- La selección de los materiales se lo realizó de la siguiente manera: para la alimentación principal se integró una batería de tipo Li-Po, para el procesamiento de información se integró un microcontrolador denominado Arduino Mega 2560, para lectura de los gases se integró sensores electroquímicos de la familia MQ y para la visualización se determinó dos opciones, directamente desde una pantalla LCD integrada en el dispositivo y mediante la utilización de una aplicación instalada en un teléfono celular Android que se comunicame mediante una conexión inalámbrica Bluetooth (HC05) que nos permite observar los valores obtenidos por los sensores correspondiente en tiempo real.
- La validación del funcionamiento se determinó de acuerdo a los análisis realizados en empresas denominadas como electromecánicas y plantas de faenamiento de pollos en el sector de San Felipe, el CO<sub>2</sub> es predominante con su presencia ya que en cada análisis realizado oscila entre valores de 400 ppm a 550 ppm, la concentración atmosférica típica es de 350 a 450 ppm, es decir, los valores obtenidos no superan los valores de peligrosidad que son de 1000 ppm en adelante. El metano tuvo mayor presencia en las plantas de faenamiento de pollos con valores promedio de 172.62 ppm a consideración

de valores obtenidos en las Electromecánicas con valores bajos en promedio de 13.89 que determinaría que la calidad del aire es aceptable ya que el valor umbral de peligrosidad es mayor a 1000 ppm, la presencia del CO y C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> no fue tan significativa se obtuvo valores bajos a comparación de los otros gases analizados con promedios de 0,38 ppm y 26,27ppm respectivamente en las empresas denominadas electromecánicas, mientras que en las plantas de faenamiento de pollos se encontró un promedio de 0.44 ppm de CO y 11,88 de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> valores de concentración bastante bajos.

## 7.2 Recomendaciones

- Para la correcta calibración de cada uno de los sensores en el caso de un cambio de uno de los módulos o sensores electroquímicos es necesario tomar en cuenta la revisión de la ficha técnica correspondiente ya que se lograra obtener valores necesario de las gráficas para la determinación de la sensibilidad y la dependencia de la temperatura y humedad de acuerdo al sector de análisis, sobre todo el fabricante recomienda que cada uno de los sensores sea precalentado durante 12 a 24 horas para un equilibrio y estabilidad de las mediciones este procedimiento solo se lo debe realizar la primera vez a partir de su compra.
- La altura correcta para la utilización del dispositivo está determinada desde la zona del tronco hasta la cabeza ya que es una zona determinante y vital para prevenir la entrada de los gases presentes en determinados lugares en el organismo, de la misma forma hay que recordar que puede existir la impregnación cutánea de la piel cuando se ha estado en ambientes altamente contaminados.
- Se recomienda la implementación de otros sensores electroquímicos para la medición de otro tipo de gases por ejemplo el amoníaco, sulfuro de hidrógeno, GLP, O<sub>2</sub> entre otros ya que en el presente proyecto se concentró directamente a los gases contaminantes derivados del carbono.
- En el caso de ser necesario el uso continuo que sobrepase las 5 horas de estudio realizar el cambio de la alimentación a una batería de tipo Li-Po de 3000 mAh, o adicionalmente desactivar la pantalla del dispositivo mediante el pulsador integrado en la parte superior.
- Se recomienda la implementación en el dispositivo electrónico, un sistema denominado “Data Logger” ya que facilitara la toma de datos para el análisis del mismo.

## 8. REFERENCIAS

- [1] A. Díaz, «Sistema de sensado mediante Arduino y una matriz de sensores de gases industriales», *Univ. Politec. Val.*, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/123654/Díaz - Sistema de sensado mediante Arduino y matriz de sensores de gases industriales.pdf?sequence=1>.
- [2] S. Horizons *et al.*, «DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PORTABLE PARA MEDICIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS DE EMISIONES DE GASES VEHICULARES», *J. Bus. Ethics*, vol. 14, n.º 3, pp. 37-45, 2018, [En línea].  
Disponible en: <https://www.jstor.org/libproxy.boisestate.edu/stable/25176555?Search=yes&resultItemClick=true&searchText=%28Choosing&searchText=the&searchText=best&searchText=research&searchText=design&searchText=for&searchText=each&searchText=question.%29&searchText=AND>.
- [3] R. P. G. ANDRÉS, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA DETECCIÓN Y MONITOREO DE LA CONCENTRACIÓN DE GAS GLP MEDIANTE ARREGLO DE SENSORES ORIENTADO AL SECTOR RESIDENCIAL», 2016, [En línea].  
Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/12454/T-ESPE-053578.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [4] A. D. Ruales, «Una mirada futurista al posible trabajo del diseñador», 2017, [En línea].  
Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6542/1/131408.pdf>.
- [5] C. Edici, *Principios de circuitos eléctricos*, Octava edi. .
- [6] V. G. Gutiérrez, «Circuitos Eléctricos», 2017.  
[https://www.academia.edu/34476317/Tipos\\_de\\_baterias](https://www.academia.edu/34476317/Tipos_de_baterias).
- [7] D. Bolaños, «Tipos de Arduinos», *Movil-Arduino*, p. 3, 2019, [En línea]. Disponible en: <http://www.bolanosdj.com.ar/MOVI/ARDUINO2/tiposarduino.pdf>.
- [8] J. C. Herrero y J. S. Allende, «UN NA MIRA DA AL MUNDO ARDUINO», n.º July 2015, 2015, [En línea]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11833/1/arduino.pdf>.
- [9] J. P. Baeza y J. Pomares, «Manual de arduino», [En línea]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11833/1/arduino.pdf>.
- [10] «Sobre nosotros». <https://appinventor.mit.edu/about-us> (accedido ene. 22, 2021).
- [11] «MIT App Inventor 2». [http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es\\_ES](http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES) (accedido ene. 22, 2021).
- [12] «Blockly | Google Developers». <https://developers.google.com/blockly> (accedido ene. 22, 2021).
- [13] «Introducción a Blockly | Desarrolladores de Google». <https://developers.google.com/blockly/guides/overview> (accedido ene. 22, 2021).
- [14] «Bloques integrados de MIT App Inventor». <http://ai2.appinventor.mit.edu/reference/blocks/>

- (accedido ene. 22, 2021).
- [15] «Requisitos del sistema». <https://appinventor.mit.edu/explore/content/system-requirements.html> (accedido ene. 22, 2021).
- [16] M. I. of Technology, «Mit App Inventor 2», 2012, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://intef.es/wp-content/uploads/2019/03/MIT-App-Inventor-2.pdf>.
- [17] J. G. Pariente, «Análisis de vulnerabilidades en dispositivos Bluetooth», 2019, [En línea]. Disponible en: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30479/TFG\\_Josue\\_Gonzalez\\_Pariente.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30479/TFG_Josue_Gonzalez_Pariente.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [18] A. R. Castellano, «Bluetooth Introduccion a su funcionamiento», pp. 1-16, 2012, [En línea]. Disponible en: <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/619/640/641/3792.pdf>.
- [19] naylampmechatronics, «Uso del Módulo Bluetooth HC-06 y HC-05». [https://www.naylampmechatronics.com/blog/12\\_Tutorial-Básico-de-Uso-del-Módulo-Bluetooth-H.html](https://www.naylampmechatronics.com/blog/12_Tutorial-Básico-de-Uso-del-Módulo-Bluetooth-H.html) (accedido ene. 22, 2021).
- [20] S. del C. B. Pérez, M. A. R. Aycardi, A. L. P. Castañeda, y E. Vásquez, «Diseño de un Prototipo de Dispositivo con Tecnología Bluetooth (D.A.B) para la Transferencia de Datos - Fase Modulo Comunicación.», *I+D En Tic*, pp. 1-12, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identic/article/view/2481>.
- [21] Amazon.in, «Módulo transceptor Bluetooth Robocraze HC05 con salidas TTL». <https://www.amazon.in/HC-05-Bluetooth-Module-10g/dp/B00X86U4RW> (accedido ene. 22, 2021).
- [22] J. G. Cobo, «Las mejores pantallas LCD para Arduino | Hardware libre». <https://www.hwlibre.com/pantallas-lcd-arduino/> (accedido ene. 25, 2021).
- [23] BricoGeek, «Pantalla Serial LCD 128x64 Sparkfun LCD-09351». <https://tienda.bricogeek.com/descatalogado/334-pantalla-serial-lcd-128x64.html> (accedido feb. 10, 2021).
- [24] B. Onursal y S. P. Gautam, «Contaminantes del aire y sus efectos», *Banco Mund.*, n.º x, p. 43, 1997, [En línea]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/001083/Course2/Lecturas/Vehiculos/chapter2.pdf>.
- [25] OMS, «Calidad del aire ambiente (exterior) y salud». [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accedido ene. 25, 2021).
- [26] OSHA, «About OSHA | Occupational Safety and Health Administration». <https://www.osha.gov/aboutosha> (accedido ene. 25, 2021).
- [27] I. N. para la S. y S. O. (NIOSH), «CDC - Acerca de NIOSH». <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/ab-sp.html> (accedido ene. 25, 2021).

- [28] ACGIH, «ACGIH - Association Advancing Occupational and Environmental Health». <https://www.acgih.org/> (accedido ene. 25, 2021).
- [29] NACA, «Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire». <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire> (accedido ene. 25, 2021).
- [30] G. E. Oliu, S. A. Nogué, y Ò. S. Miró, «Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento», pp. 451-459, 2010, [En línea]. Disponible en: [http://ssibe.cat/documents/doc\\_1066.pdf](http://ssibe.cat/documents/doc_1066.pdf).
- [31] FAO, «Norma ambiental de calidad de aire- NA-AI-00 1 -03», *Estado Medio Ambient. y Recur. Nat.*, vol. 3, p. 20, 2006.
- [32] I. N. para la S. y S. O. (NIOSH), «CDC - Publicaciones de NIOSH - Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina (96-118)». [https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-118\\_sp/default.html](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-118_sp/default.html) (accedido ene. 22, 2021).
- [33] Instituto para la Salud Geoambiental, «Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>». <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2> (accedido ene. 25, 2021).
- [34] Prtr, «CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono)». <http://www.prtr-es.es/CO2-Dioxido-de-carbono,15590,11,2007.html> (accedido ene. 25, 2021).
- [35] «el-co2-de-la-atmosfera-se-acerca-a-niveles-de-hace-15-millones-de-anos-265971-2\_768.jpg». [https://services.meteored.com/img/article/el-co2-de-la-atmosfera-se-acerca-a-niveles-de-hace-15-millones-de-anos-265971-2\\_768.jpg](https://services.meteored.com/img/article/el-co2-de-la-atmosfera-se-acerca-a-niveles-de-hace-15-millones-de-anos-265971-2_768.jpg) (accedido ene. 25, 2021).
- [36] R. Ferris y J. Conroy, «Outcomes of Involvement in an Individually Designed Support Program for Youth in Pennsylvania», *Best Pract. Ment. Health*, vol. 12, n.º 1, p. 61, 2016.
- [37] Greenfacts, «Glosario: Metano». <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metano.htm> (accedido ene. 25, 2021).
- [38] GMI, «Emisiones Mundiales de Metano y Oportunidades de Atenuación», pp. 1-4, 2010, [En línea]. Disponible en: [www.globalmethane.org](http://www.globalmethane.org).
- [39] J. L. Semblantes, «“ESTUDIO DE LA CANTIDAD DE GAS METANO EMANADO AL AMBIENTE PRODUCTO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LA CELDA EMERGENTE DE LA MANCOMUNIDAD PUJILÍ/SAQUISILÍ, EN EL SECTOR INCHAPO DEL CANTÓN PUJILÍ”», 2019, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5261/6/PC-000633.pdf>.
- [40] Instituto de Hidrología y Meteorología, «Guia Benceno», pp. 129-140, 2005, [En línea]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia7.pdf>.
- [41] C. Santolaya Martínez, X. Guardino Solá, y M. G. Rosell Farrás, «NTP 486 : Evaluación de la

- exposición a benceno : control ambiental y biológico», *Inst. Nac. Segur. e Hig. en el Trab.*, p. 7, 1995, [En línea]. Disponible en:  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_486.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_486.pdf).
- [42] L. Castañeda-Aviña, «Sensores de gases basados en semiconductores», n.º 33, pp. 1-16, 2018.
- [43] «kit, sensores, gas, MQ». <https://altronics.cl/kit-9-sensores-gas-mq> (accedido ene. 25, 2021).
- [44] «MQ-9 Sensor de Gas - Geek Factory». <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/mq-9-sensor-de-gas/> (accedido ene. 25, 2021).
- [45] «Módulo sensor CO2 (MG-811) DFRobot SEN0159». <https://tienda.bricogeek.com/sensores-gas/1494-modulo-sensor-co2-mg-811.html> (accedido ene. 25, 2021).
- [46] Electronilab, «Sensor de Gas Metano (Gas Natural) - MQ-4». <https://electronilab.co/tienda/mq-4-sensor-de-gas-metano-gas-natural/> (accedido ene. 26, 2021).
- [47] naylampmechatronics, «Sensor Calidad Aire MQ135». <https://www.naylampmechatronics.com/sensores-gas/73-sensor-calidad-aire-mq135.html> (accedido ene. 26, 2021).
- [48] «Cómo utilizar el DHT11 para medir la temperatura y humedad con Arduino». <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/> (accedido ene. 25, 2021).
- [49] B. T. R. Centro, «XORNADA TÉCNICA ASPECTOS CRÍTICOS EN TRABALLOS EN ESPAZOS CONFINADOS», 2013.
- [50] TACS, «Detección de gases - Tecnología Avanzada en Seguridad y Control, S.L.» <https://tasc.es/deteccion-de-gases/> (accedido feb. 17, 2021).
- [51] Redesinalambricas, «Conexiones Inalámbricas». <https://www.redesinalambricas.es/conexiones-inalambricas/> (accedido feb. 10, 2021).
- [52] Hwlibre, «pantallas LCD para Arduino | Hardware libre». <https://www.hwlibre.com/pantallas-lcd-arduino/> (accedido feb. 10, 2021).
- [53] L. Llamas, «Detector de gases con Arduino y la familia de sensores MQ». <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/> (accedido feb. 10, 2021).
- [54] Kolwidi, «sensores de temperatura para Arduino». <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/9-increibles-sensores-de-temperatura-para-arduino> (accedido feb. 10, 2021).

# **ANEXOS**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO I | Programación del microcontrolador

1/11

```
//////Declaracion de variables y librerias ////

//Pantalla LCD//
#include "U8glib.h" // Esta libreria es para la pantalla LCD 128X64//
U8GLIB_ST7920_128X64_1X u8g(52, 51, 53, U8G_PIN_NONE); //Enable, RW, RS, RESET
int display = 1;

//Bluetooth//
#include <SoftwareSerial.h> // Esta libreria es para el Bluetooth//

SoftwareSerial MEDIDOR_DE_GASES(9, 10); // pines para la conexion del Bluetooth: 9= txd ; 10= rxd //

//temperatura//
#include <dht.h> // Libreria para el sensor de temperatura DTH-11//
dht DHT;
#define DHT11_PIN 8 // pin para la conexion analogica del DTH-11//

//Pines para los sensores//
int gas_sensor1 = A0;
int CO2= A1;
int gas_sensor3 = A2;
int gas_sensor4 = A3;

//Datos para la calibracion de los sensores MQ//

//MQ9 CO//
float m1 = -0.54; //pendiente //
float b1 = 1.70; //interseccion en Y//
float R0_1 = 0.334; //Valor de R0//

//MG 811 CO2//

int p= 5; //Variable para el mg811//

//MQ4 CH4//
float m3 = -0.350; //pendiente //
float b3 = 1.75; //interseccion en Y//
float R0_3 = 1.66; //Valor de R0//

//MQ135 C6H6//
float m4 = -0.30; //pendiente //
float b4 = 1.50; //interseccion en Y//
float R0_4 = 3.15; //Valor de R0//

////// VARIABLES PARA LA PANTALLA////
unsigned long t;
int i = 1;
int j = 0;
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA  
 ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

2/11

```
const uint8_t utc[] U8G_PROGMEM = {
  0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0,
  0x01, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0,
  0x01, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0xc1, 0x01, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0,
  0x3d, 0x00, 0x08, 0x09, 0x52, 0xd0, 0xe7, 0xc3, 0x91, 0x07, 0xc2, 0x03,
  0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x07, 0x00, 0x08, 0x19, 0x92, 0x48, 0x20, 0x24,
  0x92, 0x08, 0x45, 0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x08, 0x29,
  0x92, 0x48, 0x20, 0x24, 0x90, 0x10, 0x45, 0x08, 0x00, 0x00, 0x00, 0x78,
  0x00, 0x00, 0x08, 0x29, 0x92, 0x48, 0x20, 0x24, 0x90, 0x10, 0x45, 0x08,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x7e, 0x00, 0x00, 0x08, 0x49, 0x12, 0xc5, 0xe3, 0xc3,
  0x91, 0x90, 0x48, 0x08, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x7f, 0x00, 0x00, 0x08, 0x89,
  0x12, 0x45, 0x20, 0x01, 0x92, 0x90, 0x4f, 0x08, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x39,
  0x00, 0x00, 0x08, 0x89, 0x12, 0x45, 0x20, 0x02, 0x92, 0x90, 0x48, 0x08,
  0x00, 0x00, 0xf8, 0x38, 0x00, 0x00, 0x08, 0x09, 0x13, 0x42, 0x20, 0x22,
  0x92, 0x48, 0x50, 0x04, 0x00, 0x00, 0x3c, 0x38, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x08,
  0x12, 0xc2, 0x27, 0xc4, 0x91, 0x47, 0xd0, 0x03, 0x00, 0x00, 0x1e, 0x1c,
  0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x0f, 0x1c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x07, 0x1c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x07, 0x0e,
  0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x07, 0x0e, 0xf0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0e, 0xf8, 0x00, 0x00, 0x80,
  0x01, 0x00, 0x00,
  0xf8, 0x00, 0x00, 0x40, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x07, 0xfe, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x03, 0xe7, 0x00, 0xe0, 0xf3,
  0xf1, 0x08, 0x12, 0x0f, 0x02, 0x1e, 0x3e, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x83,
  0xe3, 0x00, 0x80, 0x10, 0x08, 0x19, 0x92, 0x10, 0x05, 0x22, 0x02, 0x00,
  0x00, 0x00, 0x80, 0xc3, 0xe1, 0x00, 0x80, 0x10, 0x08, 0x29, 0x92, 0x10,
  0x05, 0x42, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc0, 0xc1, 0xe0, 0x00, 0x80, 0x10,
  0x08, 0x28, 0x92, 0x00, 0x05, 0x42, 0x02, 0x00, 0x00, 0x80, 0xc1, 0xe1,
  0x00, 0x00, 0x80, 0xf0, 0x08, 0x48, 0x92, 0x80, 0x08, 0x42, 0x1e, 0x00,
  0x00, 0x80, 0xc1, 0x60, 0x00, 0x00, 0x80, 0x10, 0x08, 0x88, 0x92, 0x80,
  0x0f, 0x42, 0x02, 0x00, 0x00, 0x80, 0xe1, 0x30, 0x00, 0x00, 0x80, 0x10,
  0x08, 0x89, 0x92, 0x90, 0x08, 0x42, 0x02, 0x00, 0x80, 0x81, 0xe1, 0x30,
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I	Programación del microcontrolador	4/11
---------	-----------------------------------	------

```

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0xff, 0xff, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xff, 0xff,
0x1f, 0x00, 0x00,
0x00, 0xf8, 0xff, 0xff, 0x3f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfc, 0x7f, 0xfc, 0x7f, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0x07, 0xc0,
0xff, 0x00, 0x00,
0x00, 0xff, 0x01, 0x00, 0xff, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xff, 0x00, 0x00, 0xfe, 0x03, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x7f, 0x00, 0x00,
0xfc, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xc0, 0x3f, 0x10, 0x00, 0xf8, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x02,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x1f, 0x10, 0x00, 0xf0, 0x07, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x0f, 0x11, 0x01,
0xe0, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xe0, 0x07, 0x9b, 0x01, 0xc0, 0x0f, 0x28, 0x72, 0xbe, 0xa8, 0x77, 0x22,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x07, 0xff, 0x00, 0xc0, 0x1f, 0x68, 0x8a,
0x82, 0xa9, 0x90, 0x22, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x03, 0xe7, 0x00,
0x80, 0x1f, 0x68, 0x8a, 0x82, 0xa9, 0x90, 0x22, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xf8, 0xe3, 0x81, 0x05, 0x80, 0x3f, 0xa8, 0x0a, 0x82, 0xaa, 0x90, 0x52,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0xc1, 0x80, 0x07, 0x00, 0x3f, 0xa8, 0x0a,
0x82, 0xaa, 0x90, 0x52, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0xc1, 0x00, 0x03,
0x01, 0x3f, 0xa8, 0x0a, 0x82, 0xaa, 0x90, 0x52, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xf8, 0x40, 0x50, 0x03, 0x00, 0x3e, 0xa8, 0xca, 0x8e, 0xaa, 0x73, 0x52,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfc, 0x60, 0x10, 0x82, 0x00, 0x7e, 0x28, 0x8b,
0x82, 0xac, 0x50, 0x72, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfc, 0x78, 0x24, 0xc6,
0x00, 0x7e, 0x28, 0x8b, 0x82, 0xac, 0x50, 0x8a, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x7c, 0x60, 0x10, 0x4e, 0x00, 0x7c, 0x28, 0xf2, 0xbe, 0xa8, 0x97, 0x8a,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7c, 0x40, 0x14, 0x62, 0x00, 0x7c, 0x28, 0xf2,
0xbe, 0xa8, 0x97, 0x8a, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7c, 0x40, 0x00, 0x22,
0x00, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x7c, 0xe0, 0x08, 0x30, 0x00, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7e, 0xe0, 0x01, 0x30, 0x00, 0xfc, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7e, 0x80, 0x01, 0xb8,
0x01, 0xfc, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x7e, 0x00, 0x03, 0x9c, 0x01, 0xfc, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7e, 0xf0, 0x03, 0x9c, 0x1f, 0xfc, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7e, 0xf0, 0x03, 0x8c,
0x1f, 0xfc, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x04, 0x00, 0x00,
0x7e, 0xe0, 0x01, 0x0c, 0x07, 0xfc, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x04, 0x00, 0x00, 0x7e, 0x80, 0x01, 0x06, 0x03, 0xfc, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x02, 0x00, 0x00, 0x7e, 0x80, 0x01, 0x06,
0x03, 0xfc, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x02, 0x00, 0x00,
0x7e, 0x80, 0x01, 0x07, 0x03, 0x7c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7c, 0x80, 0x01, 0x07, 0x03, 0x7c, 0x00, 0xf1,
0x8c, 0x3b, 0x4e, 0xe8, 0x19, 0x22, 0xca, 0x10, 0x7c, 0xc0, 0x81, 0x03,
0x07, 0x7c, 0x78, 0xf1, 0x8c, 0x3b, 0x4e, 0xe8, 0x19, 0x22, 0xca, 0x10,
0x7c, 0xf0, 0x81, 0x81, 0x0f, 0x7c, 0x08, 0x11, 0x32, 0x49, 0xd1, 0x2c,
0x24, 0x62, 0x2a, 0x11, 0xfc, 0xf0, 0xc3, 0x81, 0x1f, 0x7e, 0x08, 0x11,
0x32, 0x49, 0xd1, 0x2c, 0x24, 0x62, 0x2a, 0x11, 0xfc, 0x00, 0xc3, 0x80,

```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

5/11

```

0x01, 0x7e, 0x08, 0x11, 0x02, 0x49, 0xd1, 0x2c, 0x04, 0xa5, 0x2a, 0x28,
0xf8, 0x00, 0x87, 0xc0, 0x01, 0x3e, 0x38, 0x71, 0x02, 0x39, 0xd1, 0xea,
0x04, 0xa5, 0x2a, 0x28, 0xf8, 0x01, 0x4f, 0xe0, 0x00, 0x3f, 0x08, 0x11,
0x02, 0x29, 0x51, 0x2b, 0x04, 0x27, 0x2b, 0x38, 0xf8, 0x01, 0x5e, 0xf0,
0x00, 0x3f, 0x08, 0x11, 0x32, 0x29, 0x51, 0x29, 0xa4, 0x38, 0x2b, 0x45,
0xf8, 0x03, 0x3f, 0xf8, 0x81, 0x3f, 0x08, 0x11, 0x32, 0x29, 0x51, 0x29,
0xa4, 0x38, 0x2b, 0x45, 0xf0, 0x03, 0xff, 0xff, 0x81, 0x1f, 0x08, 0x11,
0x32, 0x29, 0x51, 0x29, 0xa4, 0x38, 0x2b, 0x45, 0xf0, 0x87, 0xf1, 0x9f,
0xc3, 0x1f, 0x78, 0xf7, 0x0c, 0x49, 0x4e, 0xe9, 0x99, 0x38, 0xca, 0x44,
0xe0, 0x87, 0xf0, 0x0f, 0xc2, 0x0f, 0x78, 0xf7, 0x0c, 0x49, 0x4e, 0xe9,
0x99, 0x38, 0xca, 0x44, 0xe0, 0x0f, 0x60, 0x0c, 0xe0, 0x0f, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x1f, 0x60, 0x0c,
0xf0, 0x07, 0x00, 0x00,
0xc0, 0x3f, 0x20, 0x08, 0xf8, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x7f, 0x20, 0x08, 0xfc, 0x03, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xff, 0x00, 0x00,
0xfe, 0x03, 0x00, 0x00,
0x00, 0xff, 0x01, 0x00, 0xff, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0x07, 0xc0, 0xff, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfc, 0x7f, 0xfe,
0x7f, 0x00, 0x00,
0x00, 0xfc, 0xff, 0xff, 0x3f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0xff, 0xff, 0x1f, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0xff, 0xff,
0x0f, 0x00, 0x00,
0x00, 0xc0, 0xff, 0xff, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfc, 0x7f,
0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0xc0, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };

```

```

void electro(void) {
  u8g.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, electromecanica);
}

```

```

void universidad(void) {
  u8g.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, utc);
}

```

```

void clearLCD(){
  u8g.firstPage();
  do {
  } while(u8g.nextPage() );
}

```

```

void u8g_prepare() {
  u8g.setFont(u8g_font_6x10);
  u8g.setFontRefHeightExtendedText();
  u8g.setDefaultForegroundColor();
  u8g.setFontPosTop();
}

```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

6/11

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);  /// baudios de comunicacion//

  t = millis();

  Serial.println("VINCULADO"); /// mensaje de conexion del Bluetooth//

  MEDIDOR_DE_GASES.begin(38400); ///

  pinMode(gas_sensor1, INPUT); /// modo de trabajo de los pines///
  pinMode(gas_sensor3, INPUT);
  pinMode(gas_sensor4, INPUT);

  /// condiciones para la pantalla LCD//

  if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_R3G3B2 ) {
    u8g.setColorIndex(255);  // white
  }
  else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_GRAY2BIT ) {
    u8g.setColorIndex(3);    // max intensity
  }
  else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_BW ) {
    u8g.setColorIndex(1);    // pixel on
  }
  else if ( u8g.getMode() == U8G_MODE_HICOLOR ) {
    u8g.setHiColorByRGB(255,255,255);
  }
  }

  u8g.firstPage();
  do {
    universidad();
  } while( u8g.nextPage() );
  delay(1000);
  clearLCD();

  u8g.firstPage();
  do {
    electro();
  } while( u8g.nextPage() );
  delay(1000);
  clearLCD();
}
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

7/11

```

void loop() {

  //TEMPERATURA//
  DHT.read11(DHT11_PIN); //Lee datos de la temperatura//
  Serial.print(DHT.temperature); //imprime en el puerto serial//
  Serial.print(" °C");
  Serial.println(" ");

  ////////////////////////////////////MQ9////////////////////////////////////
  //calibracion y lectura de gas CO en ppm del sensor MQ-9//
  float sensor_volt1;
  float RS_gas1;
  float ratio1;
  float sensorValue1 = analogRead(gas_sensor1);
  sensor_volt1 = sensorValue1*(5.0/1024.0);
  RS_gas1 = ((5.0*10.0)/sensor_volt1)-10.0;
  ratio1 = RS_gas1/R0_1;

  double ppm_log1 = (log10(ratio1)-b1)/m1;
  double ppm1 = pow(10, ppm_log1);
  Serial.print("ppm de CO : ");
  Serial.println(ppm1);
  double percentage1 = ppm1/10000;

  ////////////////////////////////////MG811////////////////////////////////////
  //lectura de gas CO2 en ppm del sensor MG811//
  Serial.print(analogRead(A1)*(p));
  Serial.print(" ppm de CO2");
  Serial.println(" ");

  ////////////////////////////////////MQ4////////////////////////////////////
  //calibracion y lectura de gas CH6 en ppm del sensor MQ-4//

  float sensor_volt3;
  float RS_gas3;
  float ratio3;
  float sensorValue3 = analogRead(gas_sensor3);
  sensor_volt3 = sensorValue3*(5.0/1024.0);
  RS_gas3 = ((5.0*10.0)/sensor_volt3)-10.0;
  ratio3 = RS_gas3/R0_3;

  double ppm_log3 = (log10(ratio3)-b3)/m3;
  double ppm3 = pow(10, ppm_log3);
  Serial.print("ppm de CH4: ");
  Serial.println(ppm3);
  double percentage3 = ppm3/10000;

```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

8/11

```

//////////////////////////////////MQ135//////////////////////////////////
//calibracion y lectura de gas C6H6 en ppm del sensor MQ-135//
float sensor_volt4;
float RS_gas4;
float ratio4;
float sensorValue4 = analogRead(gas_sensor4);
sensor_volt4 = sensorValue4*(5.0/1024.0);
RS_gas4 = ((5.0*10.0)/sensor_volt4)-10.0;
ratio4 = RS_gas4/R0_4;

double ppm_log4 = (log10(ratio4)-b4)/m4;
double ppm4 = pow(10, ppm_log4);
Serial.print("ppm de C6H6: ");
Serial.println(ppm4);
Serial.println(" ");

double percentage4 = ppm4/10000;

//comunicacion mediante Bluetooth con el celular//
//Envia mediante bluetooth los datos leidos //

MEDIDOR_DE_GASES.print(DHT.temperature);
MEDIDOR_DE_GASES.print("");
MEDIDOR_DE_GASES.print(ppm1);
MEDIDOR_DE_GASES.print("");
MEDIDOR_DE_GASES.print(analogRead(A1)*(p));
MEDIDOR_DE_GASES.print("");
MEDIDOR_DE_GASES.print(ppm3);
MEDIDOR_DE_GASES.print("");
MEDIDOR_DE_GASES.print(ppm4);
MEDIDOR_DE_GASES.print("");
MEDIDOR_DE_GASES.print(DHT.humidity);
MEDIDOR_DE_GASES.print("");

delay (700);
//configuracion del tiempo de cambio de pantalla//
if ( millis() >= t + 2000 ) {
  // Cambiamos el estado del led.
  if ( i==HIGH ){
    j = 0;
    i=LOW;}
  else{
    j = 1;
    i = HIGH;}

  t = millis();
}

```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

9/11

```
//condicones de visualizacion de la pantalla//
if(j == HIGH){
  u8g.firstPage();
  do {
    u8g_sensores();
  } while( u8g.nextPage() );
  u8g_prepare();
}
else{
  u8g.firstPage();
  do {
    u8g_temperatura();
  } while( u8g.nextPage() );
  u8g_prepare();
}

}
// declaracion de variables y visualizacion de los datos en la pantalla LCD//
void u8g_sensores() {

  //CO//
  float sensor_volt1;
  float RS_gas1;
  float ratio1;
  float sensorValue1 = analogRead(gas_sensor1);
  sensor_volt1 = sensorValue1*(5.0/1024.0);
  RS_gas1 = ((5.0*10.0)/sensor_volt1)-10.0;
  ratio1 = RS_gas1/R0_1;
  double ppm_log1 = (log10(ratio1)-b1)/m1;
  double ppm1 = pow(10, ppm_log1);

  //CH3//
  float sensor_volt3;
  float RS_gas3;
  float ratio3;
  float sensorValue3 = analogRead(gas_sensor3);
  sensor_volt3 = sensorValue3*(5.0/1024.0);
  RS_gas3 = ((5.0*10.0)/sensor_volt3)-10.0;
  ratio3 = RS_gas3/R0_3;
  double ppm_log3 = (log10(ratio3)-b3)/m3;
  double ppm3 = pow(10, ppm_log3);
}
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

10/11

```
//C6H6//
float sensor_volt4;
float RS_gas4;
float ratio4;
float sensorValue4 = analogRead(gas_sensor4);
sensor_volt4 = sensorValue4*(5.0/1024.0);
RS_gas4 = ((5.0*10.0)/sensor_volt4)-10.0;
ratio4 = RS_gas4/R0_4;
double ppm_log4 = (log10(ratio4)-b4)/m4;
double ppm4 = pow(10, ppm_log4);

//VISUALIZACION DE DATOS ARROGADOS POR LOS SENSORES DE GASES//

//u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawFrame(0,0,63,31);
u8g.drawFrame(64,0,64,31);
u8g.drawFrame(0,32,63,31);
u8g.drawFrame(64,32,64,31);
//u8g.drawRect(10+a,15,30,7);

u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawStr(15, 13, "CO");
u8g.setPrintPos(18, 28);
u8g.print(ppm1);

u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawStr(72, 13, "CO2");
u8g.setPrintPos(80, 28);
u8g.print(analogRead(A1)*(p));

u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawStr(10, 45, "CH4");
u8g.setPrintPos(18, 60);
u8g.print(ppm3);
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Programación del microcontrolador

11/11

```
u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawStr(80, 45, "C6H6");
u8g.setPrintPos(80, 60);
u8g.print(ppm4);

    delay(100);
}

void u8g_temperatura() { // visualizacion de datos del DTH11//

//u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawFrame(0,0,128,31);
u8g.drawFrame(0,32,128,31);
//u8g.drawBox(10+a,15,30,7);

u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawStr(20, 13, "TEMPERATURA");
u8g.setPrintPos(50, 28);
u8g.print(DHT.temperature);

u8g.setFont(u8g_font_unifont);
u8g.drawStr(35, 45, "HUMEDAD");
u8g.setPrintPos(50, 60);
u8g.print(DHT.humidity);

}
```

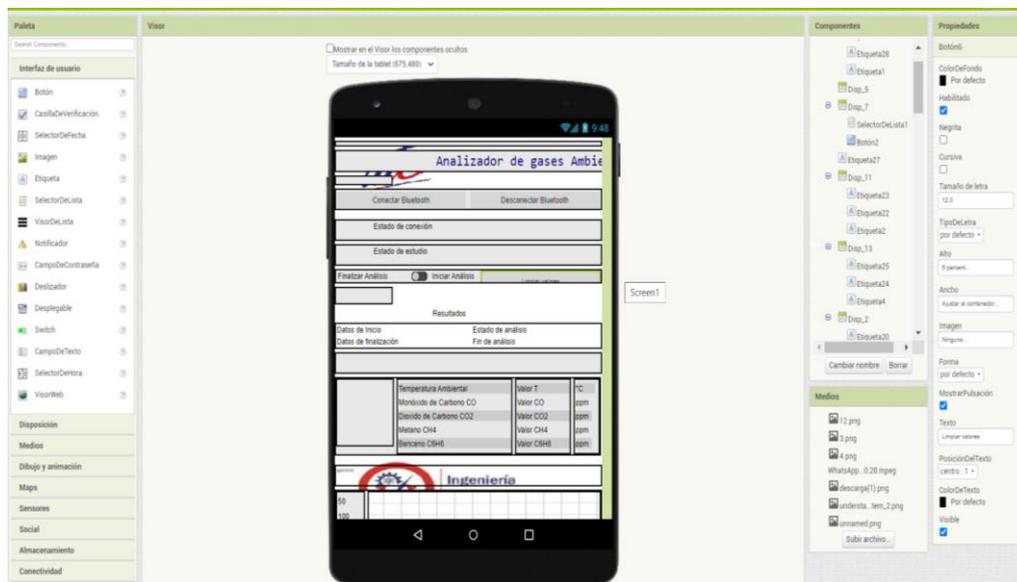


Figura II.1. Diseño de la interfaz principal pestaña “diseñador”.

```

cuando Screen1 .Inicializar
ejecutar
    poner Etiqueta2 . Texto como " Bluetooth desconectado "
    poner Etiqueta4 . Texto como " Estado de análisis "
    poner Etiqueta19 . Texto como " Análisis no iniciado "
    poner Etiqueta18 . Texto como " Análisis no finalizado "
    poner Etiqueta7 . Texto como " Valor T "
    poner Etiqueta8 . Texto como " Valor CO "
    poner Etiqueta9 . Texto como " Valor CO2 "
    poner Etiqueta10 . Texto como " Valor CH4 "
    poner Etiqueta11 . Texto como " Valor C3H3 "
    poner Etiqueta22 . ColorDeFondo como #FF0000
    poner Etiqueta40 . Visible como falso
    poner Botón8 . Visible como falso
    poner Lienzo1 . Visible como falso
    poner DisposiciónHorizontal1 . Visible como falso
    poner DisposiciónHorizontal2 . Visible como falso
    poner DisposiciónVertical3 . Visible como falso
    
```

Figura II.2. Programación del estado de inicio.

```

cuando SelectorDeLista1 .Presionar
ejecutar
    si ClienteBluetooth1 . Habilitado
    entonces poner SelectorDeLista1 . Elementos como ClienteBluetooth1 . DireccionesYNombres
    sino poner Etiqueta2 . Texto como " Encender Bluetooth "
    
```

Figura II.3. Subrutina para establecer una conexión Bluetooth.

```

cuando SelectorDeLista1 .DespuésDeSelección
ejecutar
    evaluar pero ignorar el resultado
        llamar ClienteBluetooth1 .Conectar
            dirección SelectorDeLista1 . Selección
    si
        entonces
            poner Etiqueta2 . Texto como " Conectado "
            poner Etiqueta22 . ColorDeFondo como #00FF00
        sino
            poner Etiqueta2 . Texto como " Error de Conexion Bluetooth "
            poner Etiqueta22 . ColorDeFondo como #FF0000
            poner Etiqueta4 . Texto como " Estado de análisis "
            poner Etiqueta19 . Texto como " Análisis no iniciado "
            poner Etiqueta18 . Texto como " Análisis no finalizado "
            poner Etiqueta7 . Texto como " Valor T "
            poner Etiqueta8 . Texto como " Valor CO "
            poner Etiqueta9 . Texto como " Valor CO2 "
            poner Etiqueta10 . Texto como " Valor CH4 "
            poner Etiqueta11 . Texto como " Valor C3H3 "
            poner Switch1 . On como falso
    
```

**Figura II.4.** P Subrutina para la evaluación de una conexión establecida.

```

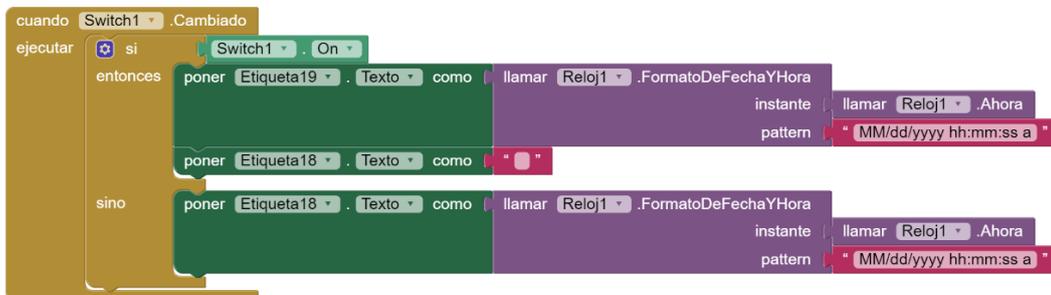
cuando Botón2 .Clic
ejecutar
    llamar ClienteBluetooth1 .Desconectar
    poner Etiqueta2 . Texto como " Bluetooth Desconectado "
    poner Etiqueta22 . ColorDeFondo como #FF0000
    poner Switch1 . On como falso
    
```

**Figura II.5.**Subrutina de desconexión de Bluetooth al presionar el botón2.

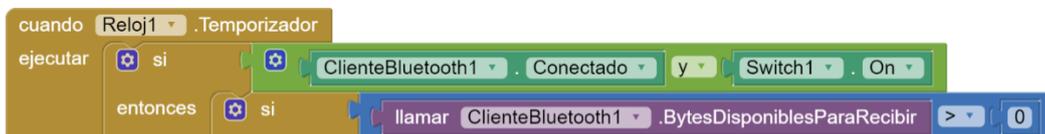
```

cuando Botón6 .Clic
ejecutar
    poner Etiqueta4 . Texto como " Estado de análisis "
    poner Etiqueta19 . Texto como " Análisis no iniciado "
    poner Etiqueta18 . Texto como " Análisis no finalizado "
    poner Etiqueta7 . Texto como " Valor T "
    poner Etiqueta8 . Texto como " Valor CO "
    poner Etiqueta9 . Texto como " Valor CO2 "
    poner Etiqueta10 . Texto como " Valor CH4 "
    poner Etiqueta11 . Texto como " Valor C3H3 "
    poner Switch1 . On como falso
    poner Etiqueta8 . ColorDeFondo como #FFFFFF
    poner Etiqueta9 . ColorDeFondo como #FFFFFF
    poner Etiqueta10 . ColorDeFondo como #FFFFFF
    poner Etiqueta11 . ColorDeFondo como #FFFFFF
    
```

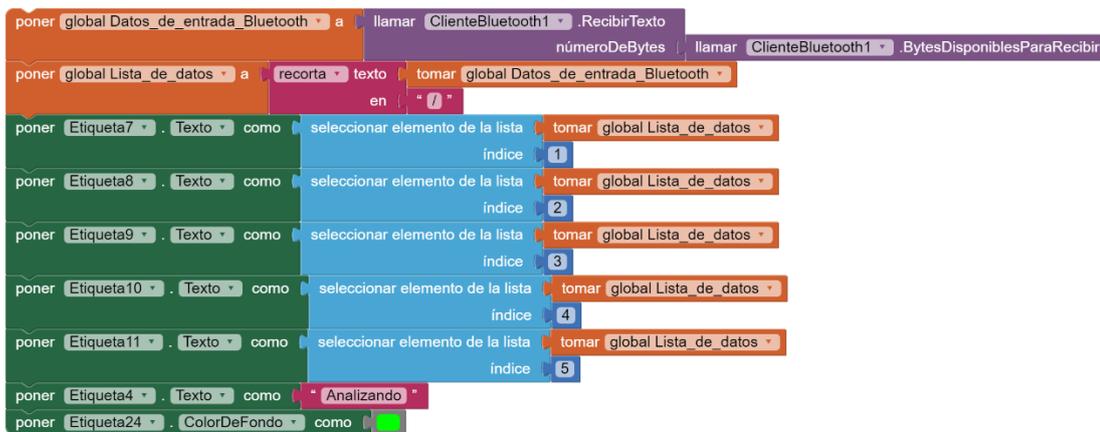
**Figura II.6.** Subrutina para la limpieza de valores en la pantalla el presionar el botón6.



**Figura II.7.** Subrutina para el inicio del análisis mediante un selector denominado switch1.



**Figura II.8.** Subrutina para determinar las condiciones necesarias para iniciar el análisis.



**Figura II.9.** Subrutina para la recepción de datos, seccionamiento y visualización.



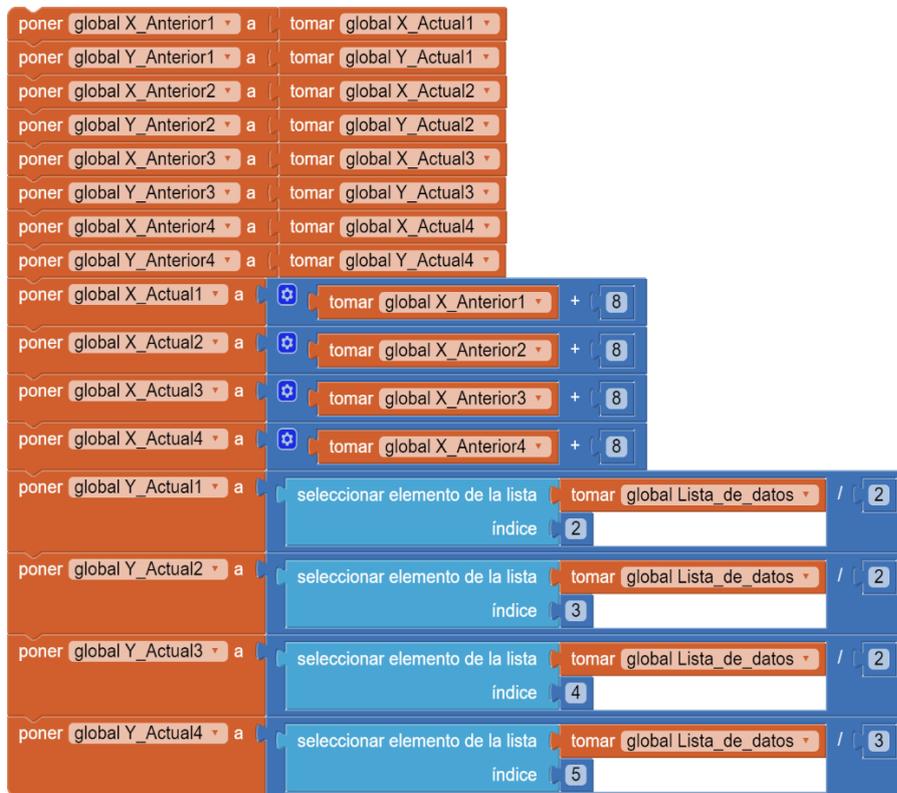
**Figura II.10.** Creación de una base de datos para las variables recibidas y para su ordenamiento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

Programación Blockly implementada en App Inventor

4/7



**Figura II.11.** Subrutina para seleccionar y preparar los valores recibidos para la graficación.



**Figura II.12.** Creación de valores de referencia 0 para comenzar la graficación.

```

    llamar Lienzo1 .DibujarLinea
        x1 tomar global X_Anterior1
        y1 tomar global Y_Anterior1
        x2 tomar global X_Actual1
        y2 tomar global Y_Actual1

    llamar Lienzo1 .DibujarLinea
        x1 tomar global X_Anterior2
        y1 tomar global Y_Anterior2
        x2 tomar global X_Actual2
        y2 tomar global Y_Actual2

    llamar Lienzo1 .DibujarLinea
        x1 tomar global X_Anterior3
        y1 tomar global Y_Anterior3
        x2 tomar global X_Actual3
        y2 tomar global Y_Actual3

    llamar Lienzo1 .DibujarLinea
        x1 tomar global X_Anterior4
        y1 tomar global Y_Anterior4
        x2 tomar global X_Actual4
        y2 tomar global Y_Actual4
    
```

**Figura II.13.** Subrutina para realizar la graficación en el lienzo1.

```

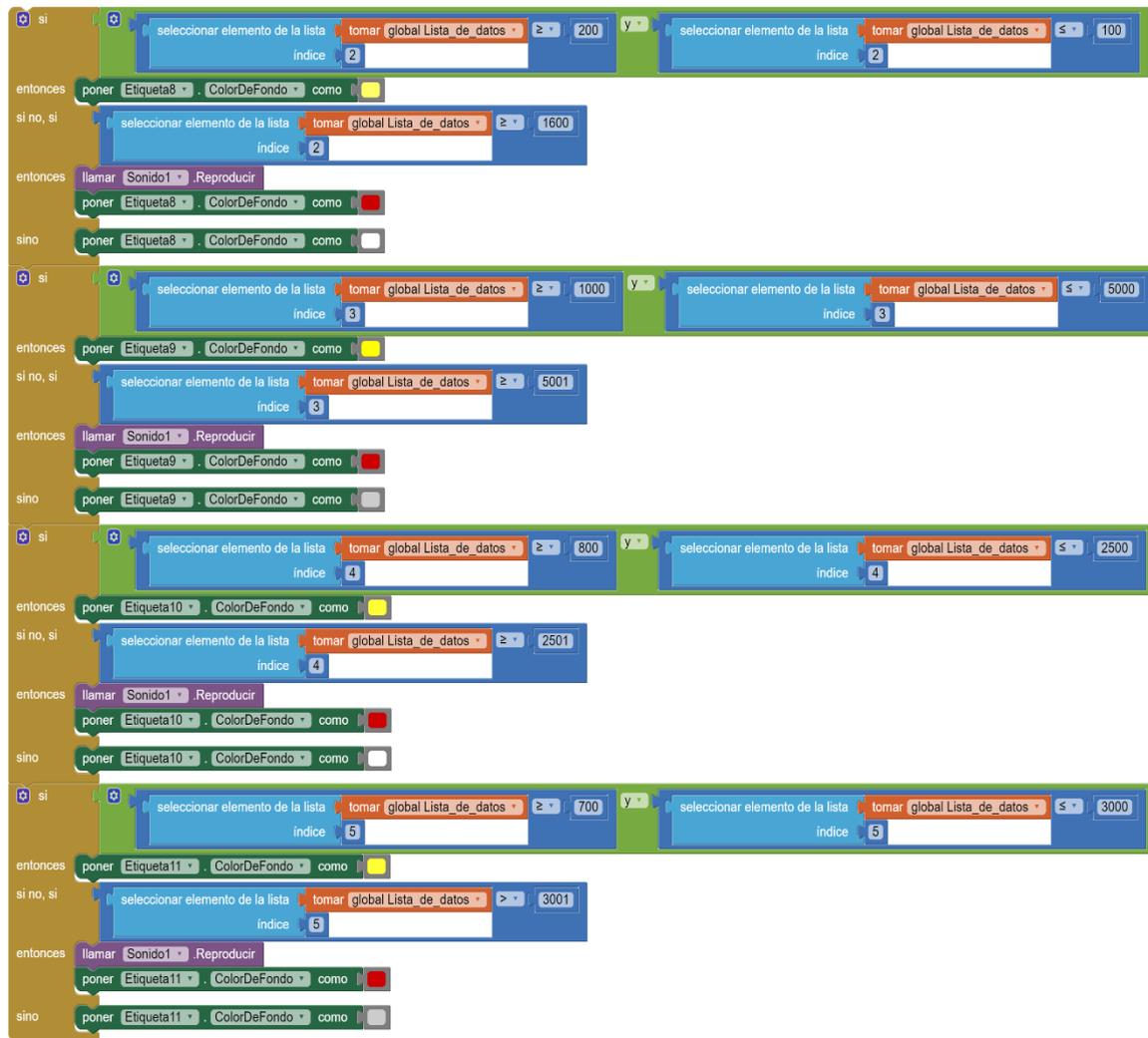
    si tomar global X_Actual1 >= Lienzo1 . Ancho
    entonces
        llamar Lienzo1 .Limpiar
        poner global X_Anterior1 a 0
        poner global X_Actual1 a 0

    si tomar global X_Actual2 >= Lienzo1 . Ancho
    entonces
        llamar Lienzo1 .Limpiar
        poner global X_Anterior2 a 0
        poner global X_Actual2 a 0

    si tomar global X_Actual3 >= Lienzo1 . Ancho
    entonces
        llamar Lienzo1 .Limpiar
        poner global X_Anterior3 a 0
        poner global X_Actual3 a 0

    si tomar global X_Actual4 >= Lienzo1 . Ancho
    entonces
        llamar Lienzo1 .Limpiar
        poner global X_Anterior4 a 0
        poner global X_Actual4 a 0
    
```

**Figura II.14.** Subrutina para la limpieza del lienzo1.



**Figura II.15.** Subrutina para determinar si los valores recibidos se encuentran en rangos permisibles, en precaución o peligrosos.



**Figura II.16.** Subrutina para enviar el mensaje correspondiente en caso de que el dispositivo pierda su conexión.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

Programación Blockly implementada en App Inventor

7/7

```

poner Etiqueta4 . Texto como " Estado de análisis "
poner Etiqueta24 . ColorDeFondo como 
poner Switch1 . On como falso
    
```

**Figura II.17.** Subrutina que se ejecutara en el caso de que no cumpla con las condiciones necesarias para iniciar el análisis.

```

cuando Botón5 . Clic
ejecutar
poner Disp_1 . Visible como falso
poner Disp_2 . Visible como falso
poner Disp_5 . Visible como falso
poner Disp_6 . Visible como falso
poner Disp_7 . Visible como falso
poner Disp_9 . Visible como falso
poner Disp_11 . Visible como falso
poner Disp_12 . Visible como falso
poner Disp_13 . Visible como falso
poner Disp_14 . Visible como cierto
poner Disp_18 . Visible como falso
poner Disp_19 . Visible como cierto
poner Disp_Tab1 . Visible como falso
poner Etiqueta17 . Visible como falso
poner Botón8 . Visible como cierto
poner Botón5 . Visible como falso
poner Etiqueta27 . Visible como falso
poner Etiqueta40 . Visible como cierto
poner Lienzo1 . Visible como cierto
poner DisposiciónHorizontal1 . Visible como cierto
poner DisposiciónHorizontal2 . Visible como falso
poner DisposiciónVertical3 . Visible como cierto
    
```

**Figura II.18.** Subrutina para ingresar a la sub pantalla de graficación presionando el botón5.

```

cuando Botón8 . Clic
ejecutar
poner Disp_1 . Visible como cierto
poner Disp_2 . Visible como cierto
poner Disp_5 . Visible como cierto
poner Disp_6 . Visible como cierto
poner Disp_7 . Visible como cierto
poner Disp_9 . Visible como cierto
poner Disp_11 . Visible como cierto
poner Disp_12 . Visible como cierto
poner Disp_13 . Visible como cierto
poner Disp_14 . Visible como cierto
poner Disp_18 . Visible como cierto
poner Disp_19 . Visible como cierto
poner Botón5 . Visible como cierto
poner Botón8 . Visible como falso
poner Etiqueta40 . Visible como falso
poner Etiqueta17 . Visible como cierto
poner Disp_Tab1 . Visible como cierto
poner Lienzo1 . Visible como falso
poner DisposiciónHorizontal1 . Visible como falso
poner DisposiciónHorizontal2 . Visible como falso
poner DisposiciónVertical3 . Visible como falso
    
```

**Figura II.19.** Subrutina para regresar a la pantalla principal presionando el botón8.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO III	Datos de permisibilidad para los gases analizados(CO,CO <sub>2</sub> ,CH <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	1/1
-----------	---	-----

**Tabla III.1.** Datos de permisibilidad de acuerdo a la concentración de los gases.

NIVEL DEL CONTAMINANTE (PPM)	AFECCIONES A LA SALUD DE ACUERDO AL NIVEL DE EXPOSICIÓN
<b>Monóxido de Carbono CO</b>	
<b>0 a 50</b>	Nivel de exposición admisible para 8 horas (OSHA)
<b>50 a 200</b>	Pasible dolor de cabeza frontal leve en 2 a 3 horas
<b>200 a 400</b>	Dolor de cabeza frontal y nauseas después de 1 a 2 horas. Occipital después de 2-1/2 a 3-1/2
<b>400 a 800</b>	Dolor de cabeza frontal y nauseas en 45 min Descompensación y posible muerte en 2 horas
<b>800 a 1600</b>	Dolor de cabeza, mareos y nauseas en 20min Descompensación y posible muerte en 1 hora
<b>1600 a 3200</b>	Dolor de cabeza y mareos en 5 a 10 minutos. Perdida de la conciencia y peligro de muerte en 30min
<b>3200 a 6400</b>	Dolor de cabeza y mareos en 1 a 2 minutos. Perdida de la conciencia y peligro de muerte en 10 a 15 minutos
<b>6400 a 12800</b>	Efectos inmediatos, pérdida de la conciencia. Peligro de muerte en 1 a 3 minutos
<b>Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub></b>	
<b>350 a 450</b>	Concentración atmosférica típica
<b>600 a 800</b>	Calidad del aire interno aceptable
<b>800 a 1000</b>	Calidad del aire interno tolerable
<b>1000 a 5000</b>	Limite promedio de exposición de ocho horas
<b>6000 a 30000</b>	Preocupación, solo exposición breve
<b>3-8%</b>	Incremento de la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza
<b>&gt;10</b>	Náuseas, Vómitos, pérdida de conocimiento
<b>&gt;20%</b>	Pérdida de conocimiento repentina, muerte
<b>Metano CH<sub>4</sub></b>	
<b>1000</b>	El valor límite umbral (TLV) que una persona puede ser sometida al gas antes de que empiece a sentir síntomas en su salud
<b>50000-150000</b>	Potencialmente explosivo
<b>500000</b>	Asfixia
<b>Benceno C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	
<b>700-3000</b>	Pueden producir letargo, mareo, aceleración del latido del corazón, dolor de cabeza, temblores, confusión y perdida del conocimiento
<b>10000-20000</b>	La exposición breve (5 a 10 minutos) puede producir la muerte

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO IV | Hoja Técnica del sensor MQ-4

1/9

## TECHNICAL DATA MQ-4 GAS SENSOR

### FEATURES

- \* High sensitivity to CH<sub>4</sub>, Natural gas.
- \* Small sensitivity to alcohol, smoke.
- \* Fast response .      \* Stable and long life      \* Simple drive circuit

### APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of CH<sub>4</sub>, Natural gas. LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

### SPECIFICATIONS

#### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P <sub>L</sub>	Load resistance	20K Ω	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33 Ω ±5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 750mw	

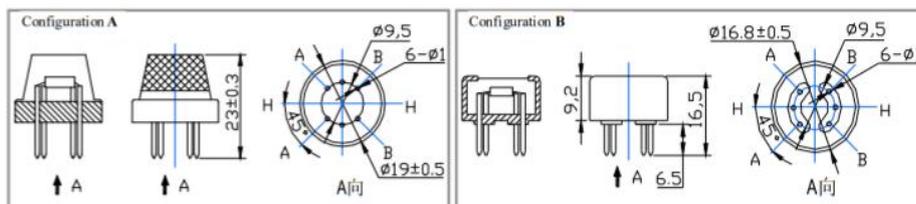
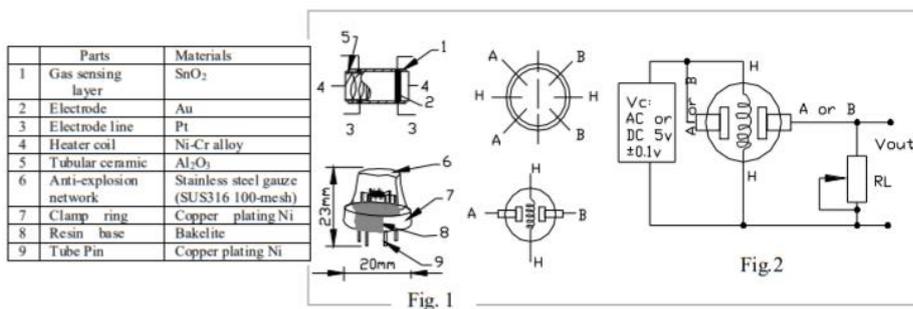
#### B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10°C-50°C	
Tas	Storage Tem	-20°C-70°C	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

#### C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH <sub>4</sub> )	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH <sub>4</sub> , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH <sub>4</sub> )	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65%±5%	V <sub>c</sub> : 5V±0.1 V <sub>H</sub> : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

#### D. Structure and configuration, basic measuring circuit



TEL: 86-371-67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV | Hoja Técnica del sensor MQ-4

2/9

HANWEI ELECTRONICS

MQ-4

[www.hwsensor.com](http://www.hwsensor.com)

Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro  $Al_2O_3$  ceramic tube, Tin Dioxide ( $SnO_2$ ) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-4 have 6 pin ,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

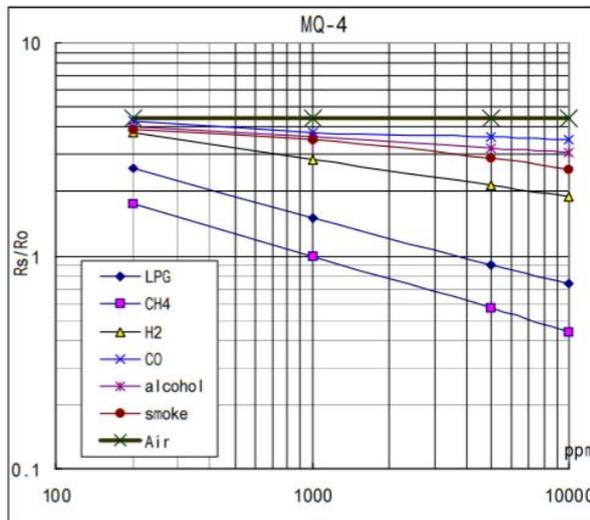


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4 for several gases.

in their: Temp: 20°C,  
 Humidity: 65%,  
 $O_2$  concentration 21%,  
 $R_L=20k \Omega$

$R_o$ : sensor resistance at 1000ppm of  $CH_4$  in the clean air.

$R_s$ : sensor resistance at various concentrations of gases.

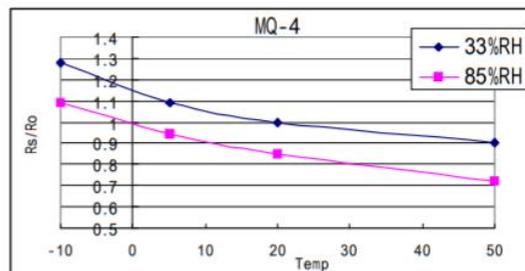


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-4 on temperature and humidity.

$R_o$ : sensor resistance at 1000ppm of  $CH_4$  in air at 33%RH and 20 degree.

$R_s$ : sensor resistance at 1000ppm of  $CH_4$  in air at different temperatures and humidities.

**SENSITIVITY ADJUSTMENT**

Resistance value of MQ-4 is different 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 5000ppm of  $CH_4$  concentration in air and use value of Load resistance ( $R_L$ ) about  $20K \Omega$  ( $10K \Omega$  to  $47K \Omega$ ).

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

TEL:86-371-67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: [sales@hwsensor.com](mailto:sales@hwsensor.com)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV | Hoja Técnica del sensor MQ-9

3/9

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd

www.hwsensor.com

**MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas**

Sensitive material of MQ-9 gas sensor is SnO<sub>2</sub> which with lower conductivity in clean air. It make detection by method of cycle high and low temperature, and detect CO when low temperature (heated by 1.5V). The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. When high temperature (heated by 5.0V), it detects Methane, Propane etc combustible gas and cleans the other gases adsorbed under low temperature. Please use simple electrocircuit, Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration.

MQ-9 gas sensor has high sensitivity to Carbon Monoxide, Methane and LPG. The sensor could be used to detect different gases contains CO and combustible gases, it is with low cost and suitable for different application.

**Character**

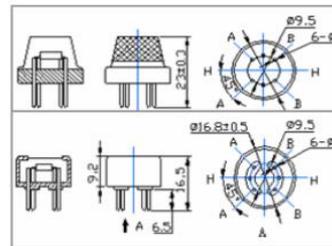
- \* Good sensitivity to CO/Combustible gas
- \* High sensitivity to Methane, Propane and CO
- \* Long life and low cost
- \* Simple drive circuit

**Application**

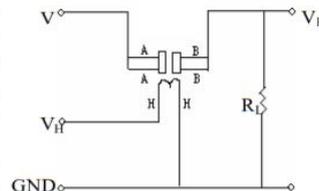
- \* Domestic gas leakage detector
- \* Industrial gas detector
- \* Portable gas detector

**Technical Data**

**Configuration**



**Basic test loop**



The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage (VH) and test voltage (VC). VH used to supply certified working temperature to the sensor, while VC used to detect voltage (VRL) on load resistance (RL) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity, Vc need DC power. VC and VH could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better

Model No.		MQ-9	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite	
Detection Gas		CO and combustible gas	
Concentration		10-1000ppm CO 100-10000ppm combustible gas	
Circuit	Loop Voltage	Vc	≤10V DC
	Heater Voltage	VH	5.0V±0.2V AC or DC (High) 1.5V±0.1V AC or DC (Low)
	Heater Time	TL	60±1S (High) 90±1S (Low)
	Load Resistance	RL	Adjustable
Character	Heater Resistance	RH	31Ω±3Ω (Room Tem.)
	Heater consumption	PH	≤350mW
	Sensing Resistance	RS	2KΩ-20KΩ (in 100ppm CO)
	Sensitivity	S	RS(in air)/RS(100ppm CO)≥5
	Slope	α	≤0.6(R300ppm/R100ppm CO)
Condition	Tem. Humidity	20°C±2°C; 65%±5%RH	
	Standard test circuit	Vc: 5.0V±0.1V; VH (High): 5.0V±0.1V; VH (Low): 1.5V±0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

performance, suitable RL value is needed:

Power of Sensitivity body (Ps):  $Ps = Vc^2 \times Rs / (Rs + RL)^2$

Tel: 86-371-67169070/80 Fax: 86-371-67169090

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

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd

www.hwsensor.com

Resistance of sensor( $R_s$ ):  $R_s=(V_c/V_{RL}-1)\times R_L$

**Sensitivity Characteristics**

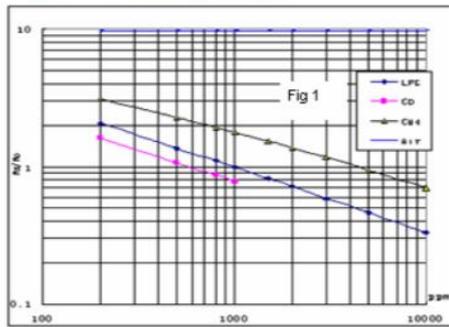


Fig.1 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-9, ordinate means resistance ratio of the sensor ( $R_s/R_o$ ), abscissa is concentration of gases.  $R_s$  means resistance in different gases,  $R_o$  means resistance of sensor in 1000ppm LPG. All test are under standard test conditions.

**Influence of Temperature/Humidity**

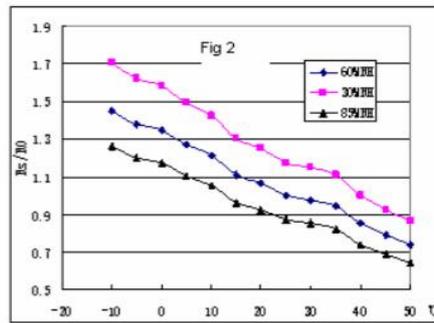
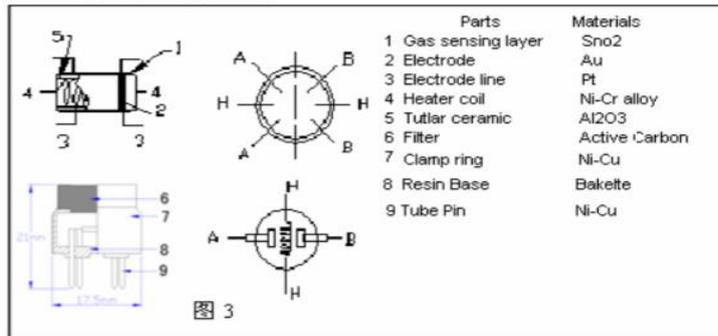


Fig.2 shows the typical temperature and humidity characteristics. Ordinate means resistance ratio of the sensor ( $R_s/R_o$ ),  $R_s$  means resistance of sensor in 1000ppm Propane under different tem. and humidity.  $R_o$  means resistance of the sensor in environment of 1000ppm Propane, 20°C/65%RH

**Structure and configuration**



Structure and configuration of MQ-9 gas sensor is shown as Fig. 3, sensor composed by micro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Tel: 86-371-67169070/80

Fax: 86-371-67169090

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

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV | Hoja Técnica del sensor MQ-9

5/9

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd

www.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, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

**1.2 High Corrosive gas**

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as  $H_2S$ ,  $SO_x$ ,  $Cl_2$ , 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 fluorin.

**1.4 Touch water**

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

**1.5 Freezing**

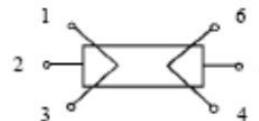
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

**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' 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 electrify, 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 electrify, they need long aging time for stbilty 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 repture. 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:  $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature:  $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

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

Tel: 86-371-67169070/80

Fax: 86-371-67169090

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

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV | Hoja Técnica del sensor MQ-135

6/9

**TECHNICAL DATA**

**MQ-135 GAS SENSOR**

**FEATURES**

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

**APPLICATION**

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcohol, Benzene, smoke, CO<sub>2</sub>, etc.

**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V <sub>c</sub>	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V <sub>H</sub>	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R <sub>L</sub>	Load resistance	can adjust	
R <sub>H</sub>	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P <sub>H</sub>	Heating consumption	less than 800mw	

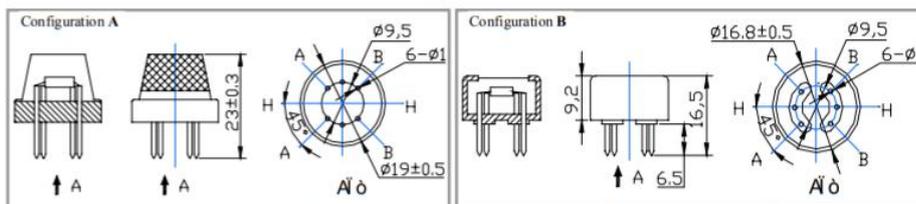
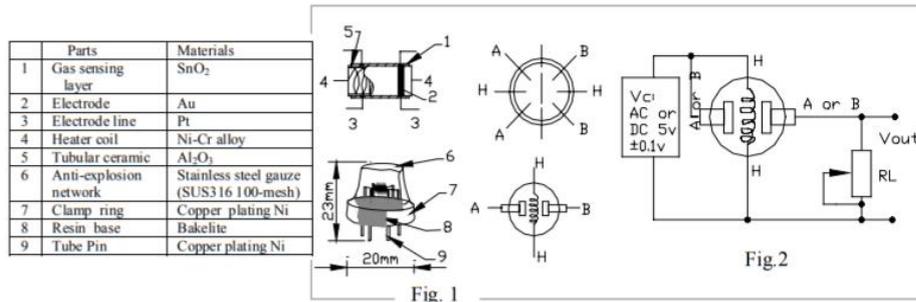
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T <sub>ao</sub>	Using Tem	-10 -45	
T <sub>as</sub>	Storage Tem	-20 -70	
R <sub>H</sub>	Related humidity	less than 95%Rh	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R <sub>s</sub>	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH <sub>3</sub> )	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH <sub>3</sub> 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH <sub>3</sub>	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20 ±2    V <sub>c</sub> : 5V±0.1 Humidity: 65%±5%    V <sub>H</sub> : 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive

components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,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.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

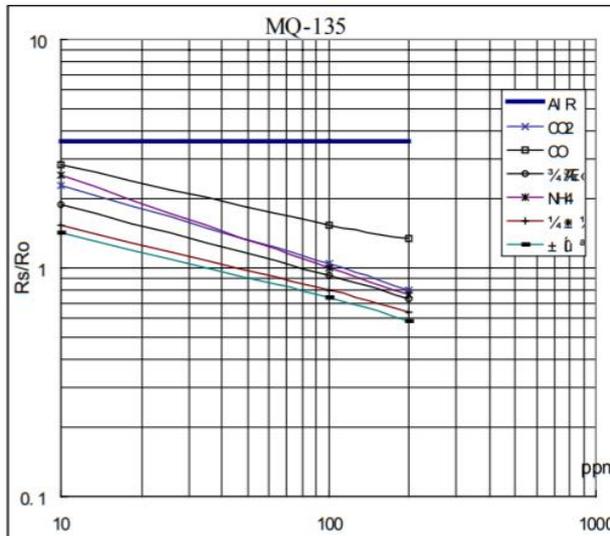


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20 Humidity: 65% O<sub>2</sub> concentration 21% RL=20kΩ  
 Ro: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> in the clean air.  
 Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

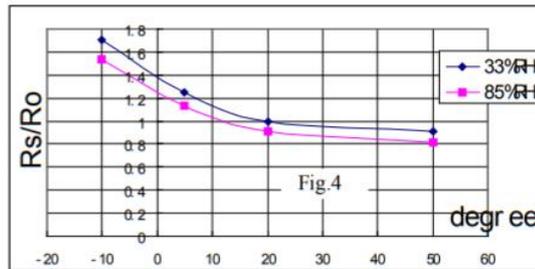
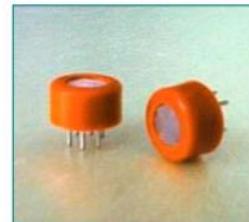


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> in air at 33%RH and 20 degree.  
 Rs: sensor resistance at 100ppm of NH<sub>3</sub> at different temperatures and humidities.

**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 NH<sub>3</sub> or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that ( R<sub>L</sub>) about 20 KΩ(10KΩ to 47 KΩ).

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



HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MG-811

<http://www.hwsensor.com>

## MG811 CO2 Sensor

### Features

- Good sensitivity and selectivity to CO2
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

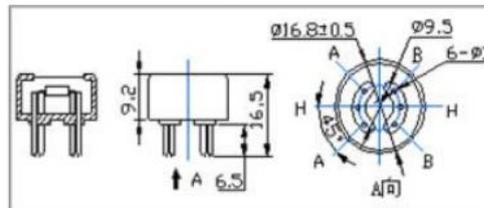
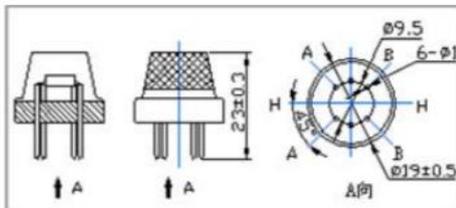
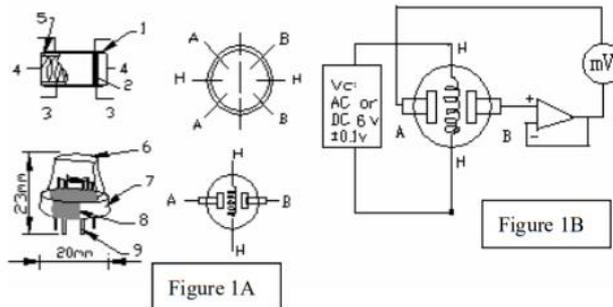
### Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO2 concentration Detection



### Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



### Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle, It is composed by the following solid cells :

Air, Au|NASICON|| carbonate|Au, air, CO2

When the sensor exposed to CO2, the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction :  $2Li + + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- = Li_2CO_3$

Anodic reaction :  $2Na + + 1/2O_2 + 2e^- = Na_2O$

Overall chemical reaction :  $Li_2CO_3 + 2Na + = Na_2O + 2Li + + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation :

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO2--- partial Pressure  $E_c$ —Constant Volume  $R$ —Gas Constant volume

$T$ — Absolute Temperature (K)  $F$ —Faraday constant

From Figure 1B, Sensor Heating voltage supplied from other circuit , When its surface temperature is high enough , the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal ,and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ, Its testing

Tel: 86 371 67169070 67169080

Fax: 86 371 67169090

E-mail: [sensor@371.net](mailto:sensor@371.net)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IV | Hoja Técnica del sensor MG811

9/9

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MG-811

http://www.hwsensor.com

current should be control below 1pA.

**Specifications :**

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
V <sub>H</sub>	Heating Voltage	6.0±0.1 V	AC or DC
R <sub>H</sub>	Heating Resistor	30.0±5%Ω	Room Temperature
I <sub>H</sub>	Heating Current	@200mA	
P <sub>H</sub>	Heating Power	@1200mW	
Tao	Operating Temperature	-20...+50°C	
Tas	Storage Temperature	-20...+70°C	
EM F	Output	30—50mV	350—10000ppm CO2

**Sensitivity :**

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

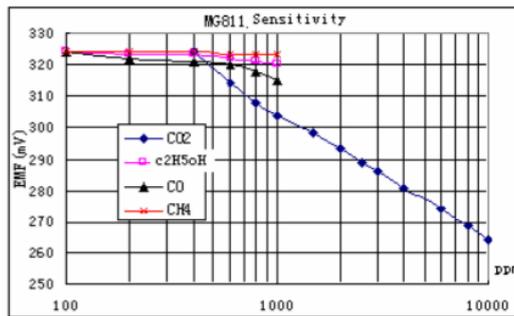
Conditions:

Tem : 28 °C

RH : 65%

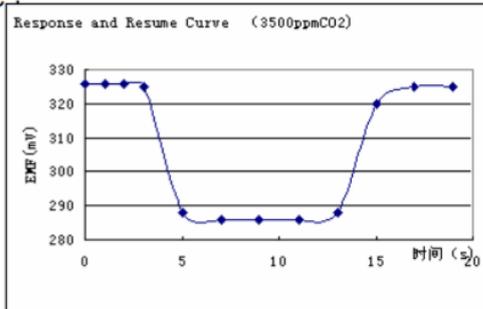
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration.

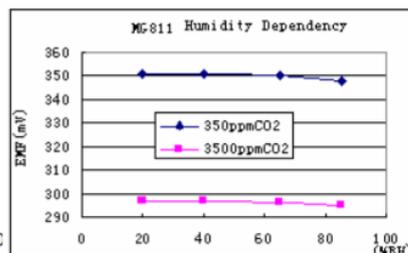
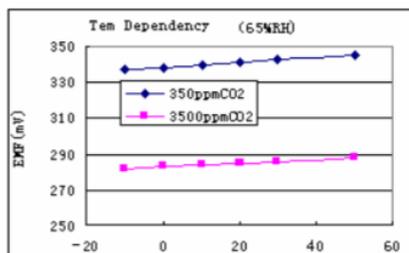


**Response and Resume Characteristic :**

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



**Temperature and Humidity Dependency :**



6716909C

et

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V

Lista de materiales

1/4

**Tabla V.1.** Selección de materiales y softwares.

<b>COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL DISPOSITIVO</b>			
<b>Referencia</b>	<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Imagen del componente</b>
Microprocesador	<b>Arduino Mega 2560</b>	<p>Microcontrolador ATmega2560 Tensión de funcionamiento 5V Voltaje de entrada 7-12 V Voltaje de entrada 6-20 V Pines de E / S digitales 54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM) Pines de entrada analógica dieciséis Corriente CC por pin de E / S 20 mA Corriente CC para pin de 3.3V 50 mA Memoria flash 256 KB de los cuales 8 KB utiliza el gestor de arranque SRAM 8 KB EEPROM 4 KB Velocidad de reloj 16 MHz LED_BUILTIN 13 Largo 101,52 milímetros Ancho 53,3 milímetros Peso 37 g</p>	
Conexión inalámbrica Bluetooth	<b>Módulo HC-05</b>	<p>Voltaje de operación: 3.6V - 6V DC Consumo corriente: 50mA Bluetooth: V2.0+EDR Frecuencia: Banda ISM 2.4GHz Potencia de transmisión: 4dBm, Sensibilidad: -84dBm a 0.1% BER Alcance 10 metros Interface comunicación: Serial TTL Velocidad de transmisión: 1200bps hasta 1.3Mbps Baudrate por defecto: 38400,8,1, n. Seguridad: Autenticación y encriptación Temperatura de trabajo: -20C a +75C Compatible con Android Dimensiones: 37*16 mm Peso: 3.6 gramos</p>	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V

Lista de materiales

2/4

**Tabla V.2.** Selección de materiales y softwares.

<p>Detección de concentraciones de Monóxido de carbono CO</p>	<p><b>Sensor MQ-9</b></p>	<p>Voltaje de operación: 5V          Temperatura de operación: -10°C hasta 50°C          Tipo de interfaz: Analógica          Definición de pines: 1-Output 2-GND 3-VCC          Tipo de Sensor: Semiconductor          Concentración:          10-1000 ppm de CO          100-10000 ppm gas combustible          Excelente para detectar concentraciones de CO y gas combustible          Larga vida útil          Es un producto eficiente y de baja inversión          Tamaño: 40 x 20mm</p>	
<p>Detección de concentraciones de dióxido de carbono de CO2</p>	<p><b>Sensor Mg-811</b></p>	<p>Alimentación: 5V          Salida: Analógica (2.7 a 4.1V)          Un pin digital de salida (Alarma)          Rango: 0 a 10000ppm          Precisión: ±100ppm@400ppm          Circuito de precalentamiento integrado          Dimensiones: 32x42 mm          Principio de medida: Electroquímico          Tiempo de captura: inferior a 20 segundos</p>	
<p>Detección de concentraciones de Metano CH4</p>	<p><b>Sensor MQ-4</b></p>	<p>Alimentación 5V DC          Temperatura de funcionamiento: -10 a 50 °C          Consumo de potencia: menos de 900 mW          Concentración: 300 hasta las 10000 ppm          Sensibilidad: <math>R_s(\text{aire}) / R_s(1000\text{ppm C4H10}) &gt; 5</math>          Integrado comparador de tensión LM393 y potenciómetro para calibrar la salida digital.          Condiciones de trabajo: Temperatura ambiente: -10°C to 65°C, Humedad: ≤95% RH          Alta sensibilidad al Gas Metano (Gas Natural), Gas Carbónico (CO), etc.          Respuesta rápida          Amplio rango de detección          Funcionamiento estable, larga vida, bajo costo</p>	

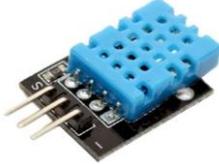
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V

Lista de materiales

3/4

**Tabla V.3.** Selección de materiales y softwares.

<p>Detección de concentraciones de Benceno C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></p>	<p><b>Sensor MQ-135</b></p>	<p>Voltaje de operación: 5V DC Corriente de operación: 150mA Potencia de consumo: 800mW Tiempo de precalentamiento: 20 segundos Resistencia de carga: Potenciómetro (Ajustable) Detección de partes por millón: 10ppm~1000ppm Concentración detectable: Amoníaco, sulfuro, benceno, humo Concentración de oxígeno: 2%~21% Humedad de operación: &lt;95% RH Temperatura de operación: - 20°C~70°C</p>	
<p>Sensor para medir la temperatura ambiental</p>	<p><b>DHT11</b></p>	<p>Alimentación de 3,5 V a 5 V Consumo 2,5 mA Señal de salida Digital Temperatura Rango de 0°C a 50°C Precisión a 25°C ± 2°C Resolución 1°C (8-bit)</p>	
<p>Visualización</p>	<p><b>Pantalla LCD de 128X64</b></p>	<p>LCD monocromo, gráfico 128x64 pixeles. Luz de fondo verde ajustable por software. Contraste ajustable por potenciómetro incluido en placa. Alimentación 6-7v (se puede alimentar perfectamente con el pin de 5v del Arduino). Consumo 220mA con la luz de fondo al 100%. Entrada de datos: 0-5v 115200bps (velocidad por defecto, ajustable por software).</p>	
<p>Alimentación</p>	<p><b>Batería de Li-Po</b></p>	<p>Corriente 1000mAh Voltaje de salida 3.7V Soporta picos de corriente hasta 20 Amp. Tecnología LIPO Peso: 27g Medidas: 30 x 60 x 11 mm</p>	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V | Lista de materiales

4/4

**Tabla V.4.** Selección de materiales y softwares.

<b>ENTORNO DE DESARROLLO DE SOFTWARE</b>			
Programación del microcontrolador	<b>Arduino IDE</b>	El software Arduino (IDE) de código abierto facilita la escritura de código y su carga en la placa. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino.	
Diseño de la App	<b>App Inventor</b>	Es software libre, no es necesario la adquisición de licencias por parte del profesor y los alumnos Es multiplataforma: requiere sólo de un navegador y la máquina virtual de Java instalada, con “java web start”. Es programación para dispositivos móviles	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO VI

Certificado de calibración del dispositivo patrón

1/2



**TSI INCORPORATED - OCONOMOWOC**

1060 Corporate Center Drive, Oconomowoc, WI 53066 USA  
 tel 608 490 2811 • toll free 800 245 0779 • web www.tsi.com

Page 1 of 2

As ISO 9001  
 Registered Company

**Certificate of Calibration**

Certificate No: 824216 ENK050002

Submitted By: ING. CARLOS ROSALES  
 QUITO, ECUADOR

Serial Number:	ENK050002	Date Received:	10/09/2019
Customer ID:	N/A	Date Issued:	10/29/2019
Model:	EVM-7 ENVIRONMENTAL MONITOR	Valid Until:	10/29/2021

21

**Test Conditions:**

Temperature: 18°C to 29°C  
 Humidity: 20% ± 80%  
 Barometric Pressure: 890 mbar to 1050 mbar

**Model Conditions:**

As Found: OUT TOLERANCE  
 As Left: IN TOLERANCE

**SubAssemblies:**

<b>Description:</b>	<b>Serial Number:</b>
SENSOR CO2/±12%	05.19087675111
SENSOR PID/±6%	220110496
SENSOR CO2/±29%	13619

Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

Calibrated per Procedure: 074V705

**Reference Standard(s):**

I.D. Number	Device	Last Calibration	Date Calibration Due
1063203	CO2 CALIBRATION GAS	08/01/2019	08/01/2024
1089659	CO CALIBRATION GAS	08/01/2019	08/01/2024
MF000245	DUST ISO 12103-1 A2 FINE		

Calibrated By: *Brian A. Bayer* 10/29/2019  
 BRIAN BAYER Service Technician

Reviewed/Approved By: *Paul H. Wagnon* 10/29/2019  
 Technical Manager/Deputy

This report certifies that all calibration equipment used in the test is traceable to NIST, and applies only to the unit identified under equipment above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of TSI Incorporated.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO VI

Certificado de calibración del dispositivo patrón

2/2



TSI INCORPORATED - OCONOMOWOC

1060 Corporate Center Drive, Oconomowoc, WI 53066 USA  
tel 608 450 2811 • toll free 800 245 0779 • web www.tsi.com

Page 2 of 2

An ISO 9001  
Registered Company

**Certificate of Calibration**

Certificate No: 824216 ENK050002

(A) indicates out of tolerance condition

<u>Test Type</u>		<u>As Found</u>	<u>As Left</u>	<u>Tolerance</u>
Particulate Cal.		Pass	Pass	N/A
CO2 Zero	A	Fail	Pass	N/A
CO2 Span	A	Fail	Pass	N/A
Toxic CO		Pass	Pass	N/A
Toxic Span		Pass	Pass	N/A

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VII

Certificado de monitoreo de elementos que inciden  
en la calidad del aire

1/1

**CERTIFICADO**

A quién interese

Yo Carlos Rosales Medina certifico que colaboré con el equipo EVM QUEST de 3M, el cual se encuentra calibrado y con su certificado actualizado, realizando los monitoreos de elementos que inciden en la calidad del aire (Monóxido de carbono y Dioxido de Carbono) a los señores Saca Morocho Inti Pacari, y Ulcuango Chicaiza David Sebastián, quienes se encuentran realizando la propuesta Tecnológica "IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CUNATIFICACIÓN DE TIPOS DE CARBONO EN AMBIENTES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AIRE EN PEQUENAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SAN FELIPEDE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DEL COTOPAXI", a fin de validar la información obtenida con el prototipo desarrollado por los mencionadas estudiantes.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Los mencionados señores pueden hacer uso del Presente como a bien tuviere en sus intereses.

Atentamente



Ing. Carlos Rosales M.B.A. Msc, PhD (c)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO VIII	Promedio de las mediciones de gases (CO, CO <sub>2</sub> ) realizadas por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado	1/2
------------	---	-----

**Tabla VIII.1.** Tabla comparativa de los valores obtenidos por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado.

FECHA	PRIMERA MEDICIÓN				SEGUNDA MEDICIÓN			
	Dispositivo patrón		Dispositivo Implementado		Dispositivo patrón		Dispositivo Implementado	
	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
6/3/2021	19	9154	9	7900	19	9154	17	8923
6/3/2021	19	9226	9	8303	19	9226	18	8960
6/3/2021	19	9273	11	8653	19	9273	17	8998
6/3/2021	20	9340	13	8790	20	9340	18	9101
6/3/2021	20	9694	13	8886	20	9694	19	9065
6/3/2021	21	9958	15	8889	21	9958	20	9223
6/3/2021	22	10036	18	9002	22	10036	19	8765
6/3/2021	23	10008	16	8980	23	10008	18	8763
6/3/2021	22	9916	17	8860	22	9916	20	8821
6/3/2021	21	9782	19	8866	21	9782	19	8760
6/3/2021	21	9727	21	8871	21	9727	19	8773
6/3/2021	21	9621	20	8973	21	9621	22	8653
6/3/2021	20	9549	19	8979	20	9549	21	9589
6/3/2021	20	9366	18	8993	20	9366	20	9590
6/3/2021	20	9428	18	8997	20	9428	19	9411
6/3/2021	20	9434	19	8997	20	9434	19	8562
6/3/2021	20	9324	18	9016	20	9324	20	8402
6/3/2021	19	9234	17	9025	19	9234	21	8385
6/3/2021	19	9272	19	9030	19	9272	19	8396
6/3/2021	19	9332	19	9012	19	9332	20	9098
6/3/2021	20	9884	20	8989	20	9884	19	8623
6/3/2021	20	9859	20	8989	20	9859	18	9110
6/3/2021	19	9779	19	8996	19	9779	20	9523
<b>Promedio</b>	<b>20,17</b>	<b>9573,74</b>	<b>16,83</b>	<b>8869,39</b>	<b>20,17</b>	<b>9573,74</b>	<b>19,22</b>	<b>8934,52</b>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Promedio de las mediciones de gases (CO, CO<sub>2</sub>) realizadas por el dispositivo patrón y el dispositivo implementado

2/2



**Figura VIII.1.** Datos arrojados por el dispositivo al finalizar el análisis.



**Figura VIII.1.** Dispositivo patrón realizando los análisis de los gases (CO, CO<sub>2</sub>).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

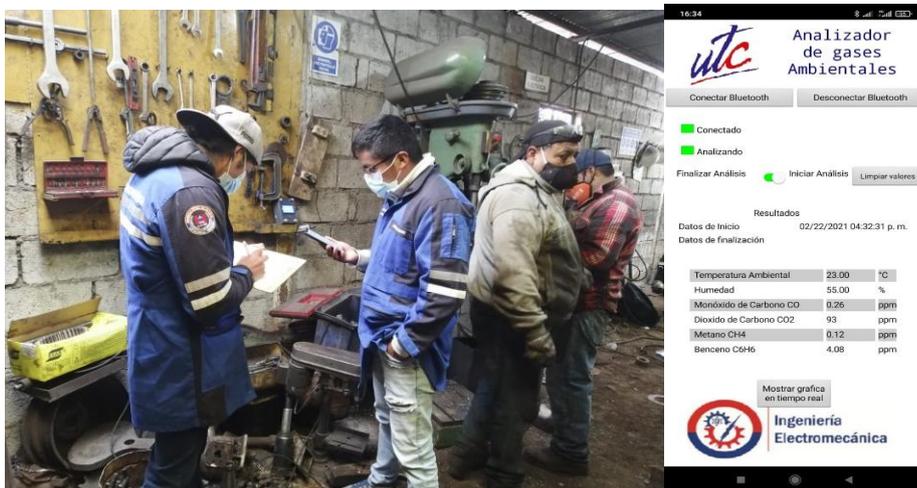
1/14

**Tabla IX.1.** Registro de datos de la empresa Tornos y Fresados Chiliuisa.

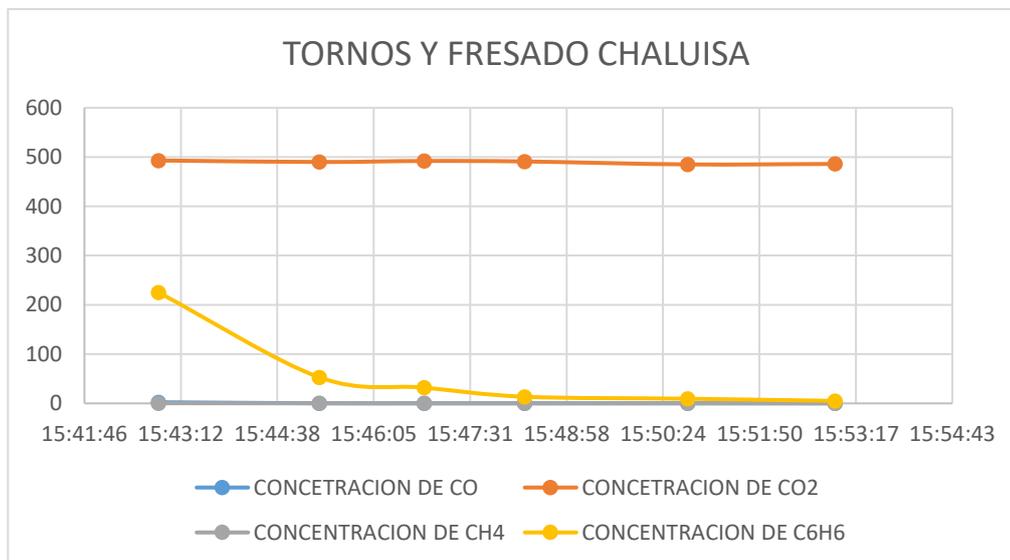


ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN LAS EMPRESAS										
NOMBRE DE LA EMPRESA		TORNOS Y FRESDADO CHILUISA								
UBICACIÓN DE LA EMPRESA		Av. Iberoamericana y Av. Paraguay								
PROPIETARIO		TECNARIY CHILUISA								
ESTUDIO REALIZADO POR		JULIAN SACA / DAVID ULCOANGO								
FECHA DE ANÁLISIS		22/02/2021								
HORA DE INICIO		15:42 pm								
HORA DE FINALIZACIÓN		15:58 pm								
HORA DE LA TOMA DE DATOS (h, mi, s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MONÓXIDO CO ppm	DIÓXIDO DE CARBONO CO2 ppm	METANO CH4 ppm	BENCENO C6H6 ppm	OBSERVACIONES			
15:42:52	22	58	0,24	443	0,31	22,5	El COH6 está alto pero no supera el los límites.			
15:45:16	22	58	0,24	440	0,43	53				
15:46:50	22	58	0,18	442	0,11	32				
15:48:20	22	58	0,16	441	0,10	13,51				
15:50:46	22	58	0,13	485	0,07	0,36				
15:52:58	22	58	0,14	486	0,07	5,10				

  
 FIRMA DEL PROPIETARIO



**Figura IX.1.** Registro de datos con el dispositivo implementado.



**Figura IX.2.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 1.** Este análisis se realizó en la empresa “TORNOS Y FRESADO CHALUISA” ubicado en la avenida Iberoamericana y Paraguay del propietario Geovany Chaluisa, los análisis empezaron a las 15:45pm y culminó a las 15:52pm con fecha 22/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.60m aproximadamente en el área de máquinas y trabajo diario.

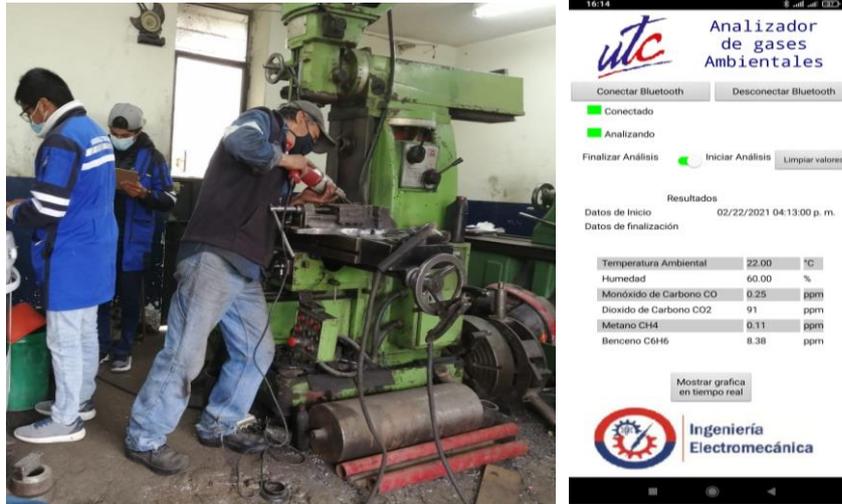


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

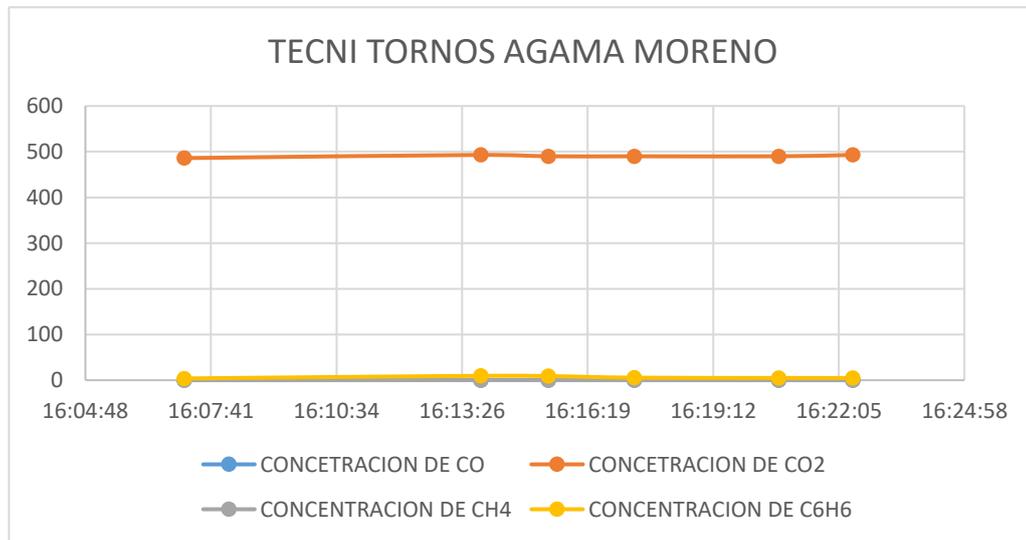
ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

4/14



**Figura IX.3.** Registro de datos con el dispositivo.



**Figura IX.4.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 2.** Este análisis se realizó en la empresa “TECNI TORNOS AGAMA MORENO” ubicado en la avenida Iberoamericana y Paraguay del propietario Joel Agama, los análisis empezaron a las 16:07pm y culminó a las 16:22pm con fecha 22/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores ya que el taller contaba con ventilación, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.50m aproximadamente en el área de máquinas y trabajo diario.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

5/14

**Tabla IX.3.** Registro de datos de la empresa Llantera Pedro.

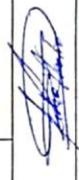


UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



Ingeniería  
Electromecánica

ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN LAS EMPRESAS									
NOMBRE DE LA EMPRESA	LLANTERA PEDRO								
UBICACIÓN DE LA EMPRESA	Av. Universidad y Av. Parangaray								
PROPIETARIO	PEDRO RASCHIA								
ESTUDIO REALIZADO POR	JOSÉ SACA / DAVID ULGUANGO								
FECHA DE ANÁLISIS	22/02/2021								
HORA DE INICIO	16:32:51 pm								
HORA DE FINALIZACIÓN	16:42:36 pm								
HORA DE LA TOMA DE DATOS (h, m, s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MONÓXIDO CO ppm	DIÓXIDO DE CARBONO CO2 ppm	METANO CH4 ppm	BENCENO C6H6 ppm	OBSERVACIONES		
16:35	21	55	0,31	400	0,42	4,81			
16:36	21	55	0,25	491	0,31	3,45			
16:38	21	55	0,24	489	0,31	3,32			
16:40	21	55	0,21	489	0,11	3,31			
16:41	21	55	0,22	490	0,10	4,89			
16:42	21	55	0,23	492	0,11	2,79			
						2,84			



FIRMA DEL PROPIETARIO

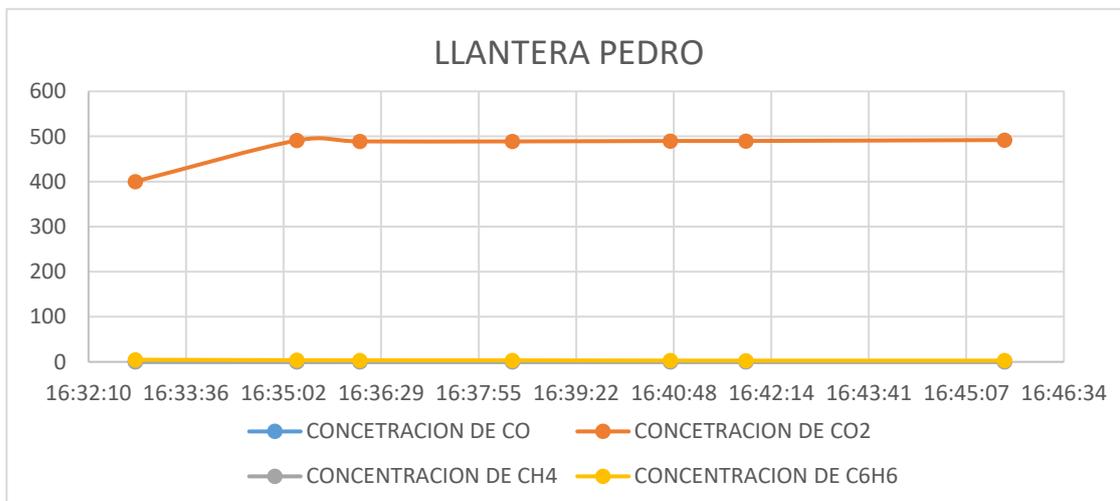
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO IX | Registro de datos y resultados obtenidos

6/14



**Figura IX.5.** Registro de datos con el dispositivo.



**Figura IX.6.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 3.** Este análisis se realizó en la empresa “LLANTERA PEDRO” ubicado en la avenida Iberoamericana del propietario Pedro Llasha, los análisis empezaron a las 16:32pm y culminó a las 16:42pm con fecha 22/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.50m aproximadamente en el área de trabajo diario.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

7/14

**Tabla IX.4.** Registro de datos de la empresa Tornos y Fresado Martínez.



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN LAS EMPRESAS									
NOMBRE DE LA EMPRESA		TORNOS Y FRESADERA MARTÍNEZ							
UBICACIÓN DE LA EMPRESA		Av. Iberoamericano y Bogotá							
PROPIETARIO		Luis Martínez							
ESTUDIO REALIZADO POR		JUAN SACA / DAVID ULLANESCO							
FECHA DE ANÁLISIS		23/02/2021							
HORA DE INICIO		10:24:29 am							
HORA DE FINALIZACIÓN		10:38:22 am							
HORA DE LA TOMA DE DATOS (h, mi, s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MONÓXIDO CO ppm	DIÓXIDO DE CARBONO CO2 ppm	METANO CH4 ppm	BENCENO C6H6 ppm	OBSERVACIONES		
10:30	22	53	0,114	435	19,17	6,97			
10:32	22	53	0,10	435	2,75	5,82			
10:33	21	55	0,10	420	10,91	5,52			
10:34	21	55	0,10	420	10,91	5,97			
10:35	21	56	0,10	425	8,99	5,82			
10:37	21	56	0,20	410	8,02	5,0			
10:38	21	56	0,25	40	9,01	10,93			

  
 FIRMA DEL PROPIETARIO

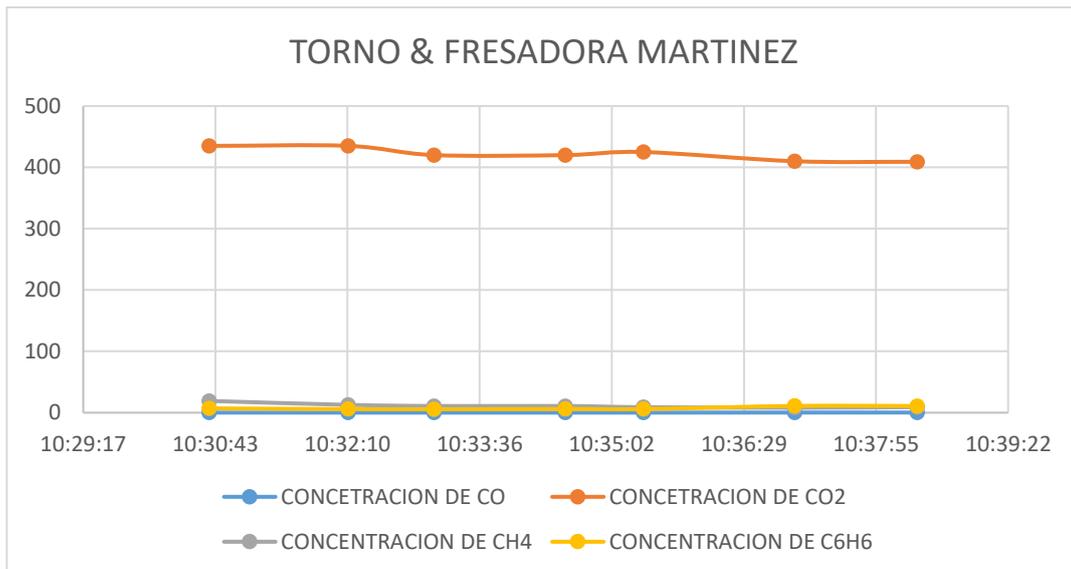
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO IX | Registro de datos y resultados obtenidos

8/14



**Figura IX.7.** Registro de datos con el dispositivo.



**Figura IX.8.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 4.** Este análisis se realizó en la empresa “TORNO Y FRESADORA MARTÍNEZ” ubicado en la avenida Iberoamericana y Bogotá del propietario Luis Martínez, los análisis empezaron a las 10:30am y culminó a las 10:38am con fecha 23/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores ya que la empresa cuenta con un buen mantenimiento de las máquinas y una buena ventilación, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.60m aproximadamente en el área de máquinas y trabajo diario.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

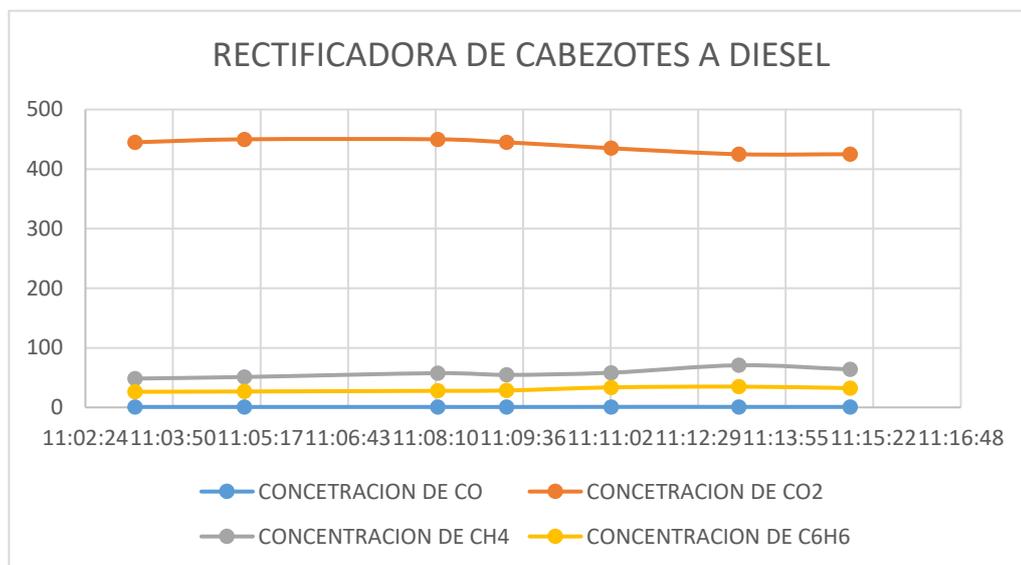
ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

10/14



**Figura IX.9.** Registro de datos con el dispositivo.



**Figura IX.10.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 5.** Este análisis se realizó en la empresa “RECTIFICADORA DE CABEZOTES A DIESEL” ubicado en la avenida Iberoamericana del propietario Klever Reinoso, los análisis empezaron a las 11:03am y culminó a las 11:14am con fecha 23/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores ya que la empresa cuenta con una buena ventilación, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.10m aproximadamente en el área de trabajo diario.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

11/14

**Tabla IX.6.** Registro de datos de la empresa Faenadora Súper Pollo.



ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN LAS EMPRESAS										
NOMBRE DE LA EMPRESA	FAENADORA SUPER POLLO									
UBICACIÓN DE LA EMPRESA	Av. Independencia									
PROPIETARIO	Kleber Osorio									
ESTUDIO REALIZADO POR	Jhon Saca / DAVID VICUASO									
FECHA DE ANÁLISIS	23/02/2024									
HORA DE INICIO	11:38:12 am									
HORA DE FINALIZACIÓN	11:48:50 am									
HORA DE LA TOMA DE DATOS (h. mi. s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MONÓXIDO CO ppm	DIÓXIDO DE CARBONO CO2 ppm	METANO CH4 ppm	BENCENO C6H6 ppm	OBSERVACIONES			
11:38	24	56	0,50	440	144,58	14,08				
11:39	24	56	0,38	430	139,25	14,36				
11:40	24	56	0,40	440	134,35	13,00				
11:41	24	56	0,32	430	228,40	10,03				
11:42	24	56	0,28	445	224,85	9,80				
11:48	24	56	0,23	435	223,44	9,34				

  
 FIRMA DEL PROPIETARIO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

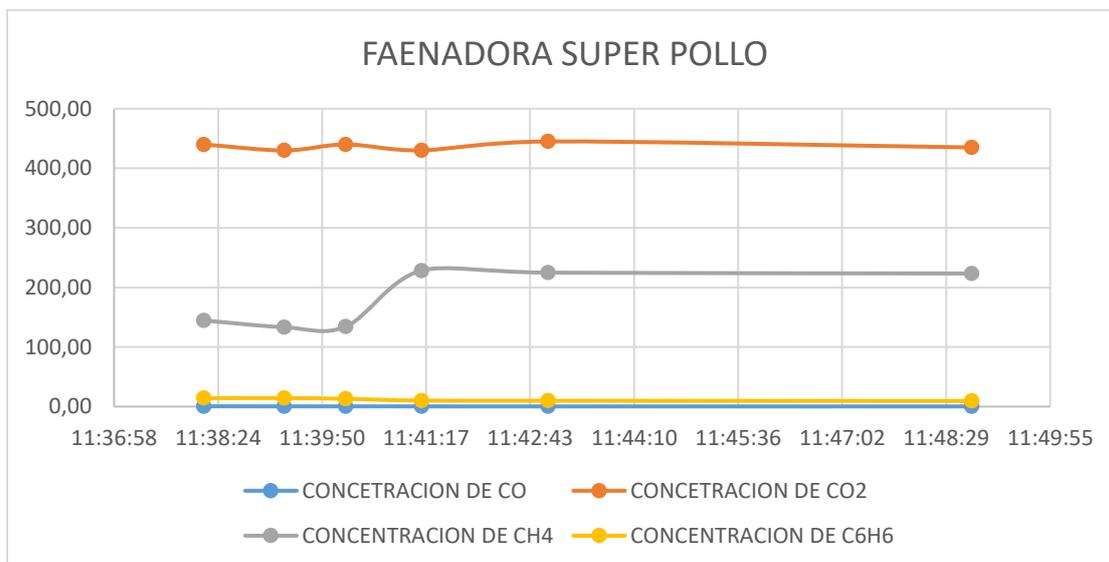
ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

12/14



**Figura IX.11.** Registro de datos con el dispositivo.



**Figura IX.12.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 6.** Este análisis se realizó en la empresa “FAENADORA SUPER POLLOS” ubicado en la avenida Iberoamericana del propietario Klever Osorio, los análisis empezaron a las 11:38am y culminó a las 11:48am con fecha 23/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores, aunque cabe mencionar que en las pollerías el gas metano tiene una mayor presencia, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.60m aproximadamente en el área de trabajo diario.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

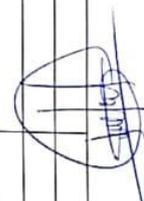
ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

13/14

**Tabla IX.7.** Registro de datos de la empresa Pollos Marcos.

ANÁLISIS DE GASES DERIVADOS DEL CARBONO EN LAS EMPRESAS									
NOMBRE DE LA EMPRESA		Pollos MARCOS							
UBICACIÓN DE LA EMPRESA		As. Iberoamericana							
PROPIETARIO		Encargado							
ESTUDIO REALIZADO POR		INTI SACA / ULCAJANGO Dávalos							
FECHA DE ANÁLISIS		23/02/2021							
HORA DE INICIO		11:55:30 am							
HORA DE FINALIZACIÓN		12:08:46 pm							
HORA DE LA TOMA DE DATOS (h, m, s)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MONÓXIDO CO ppm	DIÓXIDO DE CARBONO CO2 ppm	METANO CH4 ppm	BENCENO C6H6 ppm	OBSERVACIONES		
11:55	24	56	0,60	470	160,06	13,40			
11:57	24	56	0,58	467	146,25	14,03			
12:04	24	56	0,54	467	138,40	9,80			
12:03	24	56	0,57	458	180,06	10,02			
12:05	24	56	0,40	461	179,58	11,35			
12:08	24	56	0,45	460	178,46	12,34			



FIRMA DEL PROPIETARIO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

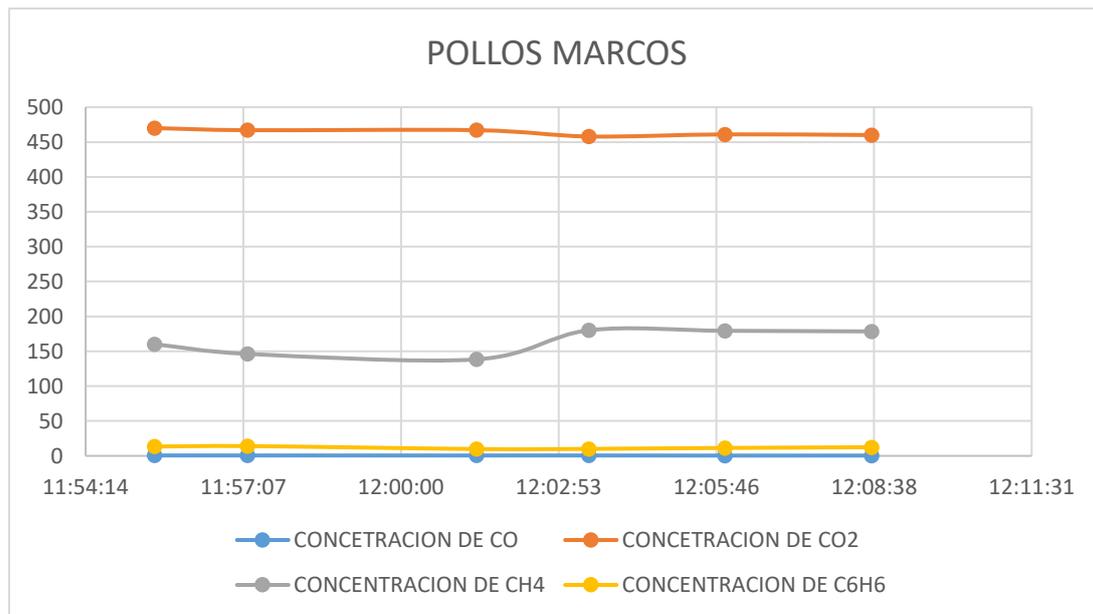
ANEXO IX

Registro de datos y resultados obtenidos

14/14



**Figura IX.13.** Registro de datos con el dispositivo.



**Figura IX.14.** Grafica de los valores obtenidos.

**Análisis 6.** Este análisis se realizó en la empresa “FAENADORA DE POLLOS MARCOS” ubicado en la avenida Iberoamericana los análisis empezaron a las 11:55am y culminó a las 12:08pm con fecha 23/02/2021, en esta empresa los valores de cada gas fueron permisibles mismos que no representa peligro para la salud de los trabajadores, aunque cabe mencionar que en las pollerías el gas metano tiene una mayor presencia, la ubicación del dispositivo fue a una altura de 1.60m aproximadamente en el área de trabajo diario.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO X | Descripción de gastos | 1/2

**Tabla X.1.** Descripción de gastos directos.

<b>Gastos directos</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
1	Arduino Mega 2560	1	Ud.	\$23,00	\$23,00
2	Módulo HC-05	1	Ud.	\$6,80	\$6,80
3	Módulo MQ-9	1	Ud.	\$6,00	\$6,00
4	Módulo MQ-135	1	Ud.	\$6,00	\$6,00
5	Módulo MQ-4	1	Ud.	\$4,50	\$4,50
6	Modulo MG-811	1	Ud.	\$85,00	\$85,00
8	Módulo DhT11	1	Ud.	\$4,00	\$4,00
9	Batería de Li-Po	1	Ud.	\$20,00	\$20,00
10	Cargador de batería Li-Po	1	Ud.	\$18,00	\$18,00
11	Pantalla LCD 128 x 64	1	Ud.	\$29,00	\$29,00
12	Cable DuPont macho hembra	1	Ud.	\$2,00	\$2,00
14	Baqelita fibra de vidrio 10x15cm.	1	Ud.	\$4,99	\$4,99
15	Estaño	1	m	\$1,00	\$1,00
16	Botón On-Off rojo	1	Ud.	\$0,75	\$0,75
17	Pulsador interruptor normalmente abierto	1	Ud.	\$0,75	\$0,75
18	Filamento para impresora en 3D (Fibra de carbono)	0,320	kg	\$0,32	\$10,24
<b>Total</b>					<b>\$222,03</b>

**Tabla X.2.** Descripción de gastos de mano de obra.

<b>Mano de obra</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
1	Impresión 3D Carcasa	27	h	\$2,25	\$60,75
2	Impresión de circuitos	2	h	\$3,00	\$6,00
3	Mano de Obra (Programador y Electrónico)	2	pers	\$175,00	\$350,00
<b>Total</b>					<b>\$416,75</b>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO X

Descripción de gastos

2/2

**Tabla X.3.** Descripción de gastos indirectos.

<b>Gastos Indirectos</b>				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
1	Transporte (Quito)	2	\$6,00	\$12,00
2	Viáticos	2	\$10,00	\$20,00
3	Imprevistos	1	\$15,00	\$15,00
4	Materiales Indirectos	1	\$20,00	\$20,00
<b>Total</b>				\$67,00

**Tabla X.4.** Descripción de la inversión total.

<b>Inversión Total</b>	
Costos directos	\$222,03
Mano de obra	\$416,75
Costos indirectos	67
<b>Total</b>	\$705,78