

10.30972/eitt.917559

# Determinación de la concentración de gas en un ambiente doméstico o industrial

Puchetta, G. <sup>1</sup>, Candia, M. A. <sup>2</sup> y Provasi, P. F. <sup>3</sup> (\*)

## Resumen

Este trabajo propone una solución al problema del monitoreo y la medida de concentración de gas metano en una habitación, tanto a nivel particular, para el domicilio familiar como también factible de ser utilizado a nivel industrial. La solución se basa en el uso de microcontroladores y sensores de gas, temperatura y humedad relativa y además aprovecha de forma integral el internet de las cosas, para dicho monitoreo. Los resultados son muy precisos, dentro del error y tolerancia de los sensores, y muestran un gran potencial de aplicación.

**Palabras claves:** Monitoreo de gas metano, Microcontroladores, Internet de las cosas (IoT), Monitoreo ambiental.

## Abstract

*This work proposes a solution to the problem of monitoring and measuring the concentration of methane gas in a room, both at a private level, and for the family home, and also feasible to be used at an industrial level. The solution is based on the use of microcontrollers and gas, temperature, and relative humidity sensors and also takes full advantage of the Internet of Things for said monitoring. The results are very precise, within the error and tolerance of the sensors, and show great application potential.*

**Keywords:** Methane gas monitoring, Microcontrollers, Internet of Things (IoT), Environmental monitoring.

---

1. Dpto. de Ingeniería (FaCENA-UNNE).

2. Dpto. de Física (FaCENA- UNNE).

3. Dpto. de Física (FaCENA- UNNE /IMIT-CONICET). E-mail: patricio@unne.edu.ar.

(\*) Cómo citar este artículo: Puchetta, G., Candia, M. A. y Provasi, P. F. (2024). *Determinación de la concentración de gas en un ambiente doméstico o industrial*. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo, 9(1), 17-32. <https://doi.org/10.30972/eitt.917559>

## Introducción

Si bien la denominada internet de las cosas (IoT por sus siglas en Inglés) es un concepto que surgió hace unos 40 años aproximadamente, este se fue consolidando con el tiempo, pero realmente tomó impulso con la popularización de internet, por un lado y por el surgimiento de microcontroladores accesibles a un público más amplio, es decir, recién en la última década (Gillis, 2021; Brown, 2016; Gómez, 2019).

Hoy en día se pueden ver todo tipo de dispositivos, desde pequeños robots/drones, cámaras de video que transmiten a tiempo real en todo el mundo e incluso en las estaciones espaciales y sensores de todo tipo, ya sean como una estación meteorológica “doméstica” hasta casas o granjas inteligentes (Vatari y col., 2016; Suma y col., 2019).

Es por ello que en este trabajo tratamos de atender, en principio, un problema doméstico, pero de importancia también en la industria. Este es el caso del gas, preocupación constante para una familia promedio cuando salen de casa. ¿Quedó la cocina apagada apropiadamente?

Hay una cantidad considerable de bibliografía, reciente que trata de resolver este tipo de problemas, incorporando también el encargo de una nueva compra de gas (Baballe y col. 2021; Baballe & Bello, 2022), o algún tipo de intento de controlar la fuga, o mejor evitar algún tipo de daño material o en vidas incorporando algún sistema de riego (Baballe *et al.*, 2022) o ventilación (Jualayba, 2018; Abdullahi, 2022) hasta algunos que tratan de resolver problemas industriales, como la minería de carbón (Suriyakrishnaan, 2021). También dentro del ambiente doméstico o industrial, y de forma semejante se puede controlar e informar la presencia de algún tipo de alimento en descomposición (Sangam *et al.*, 2022; Yavuzer, 2021).

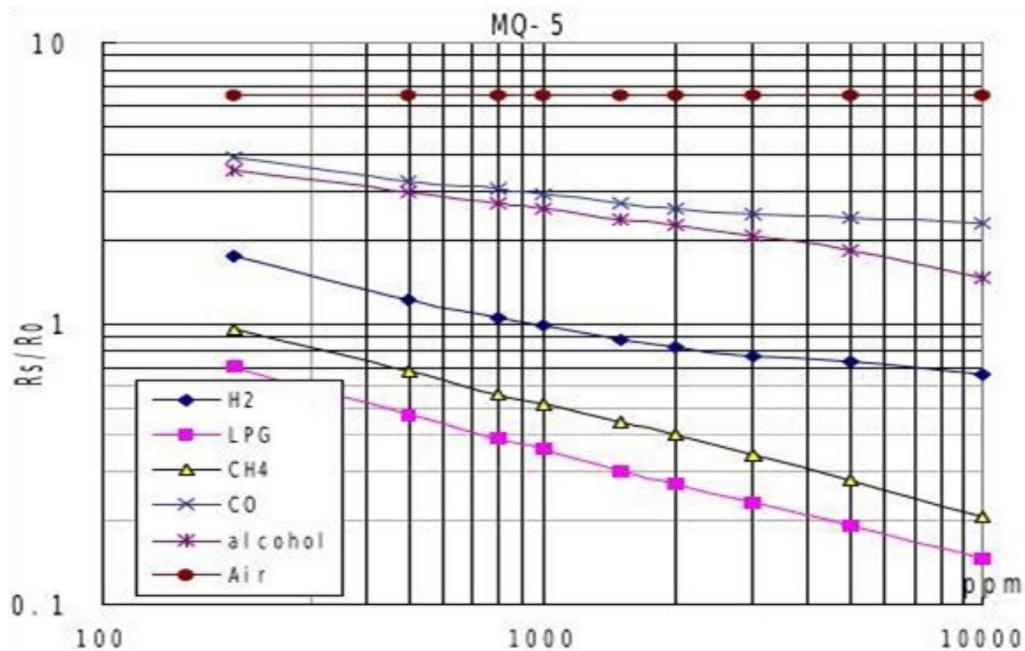
En este trabajo se propone crear un dispositivo que tome datos sobre la concentración de varios tipos de gases orgánicos volátiles (VOC por su sigla en Inglés), entre ellos metano (CH<sub>4</sub>), gas licuado de petróleo, monóxido de carbono (CO) y alcohol. Este dispositivo debe estar manejado por un microcontrolador y conectado al WiFi domiciliario, y debe ser capaz de ser revisado, tanto a través de un sitio web, es decir utilizando una computadora conectada a internet en cualquier parte del planeta o bien, a través del teléfono celular (Patil, 2020).

Algo más técnico, se presenta al considerar el tema de calibrar apropiadamente el dispositivo (Dorcea *et al.*, 2018; Carrillo-Amado *et al.*, 2020), para que exprese la concentración de dichos gases, en particular el metano en sus unidades habituales, partes por millón [ppm]. Y, finalmente, el hecho que cuando exista una concentración que pueda poner en riesgo tanto la salud como también de que pueda poner en juego la integridad de los bienes materiales, el dispositivo de aviso a una dirección particular de email o número de teléfono sobre el peligro inminente.

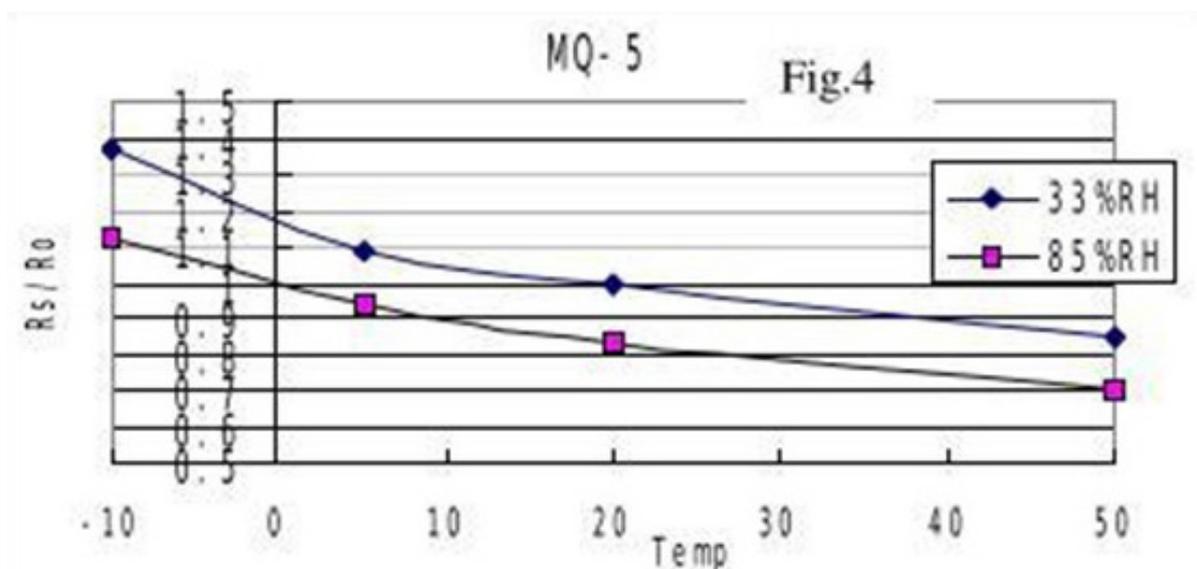
## Materiales y métodos

En este punto damos todos los elementos utilizados, tanto del Hardware como del Software, pero nos concentramos en el tema de la calibración del sensor ya que no es un tema trivial.

El dispositivo elegido para sensar el gas es el MQ-5 en cuya Datasheet se pueden apreciar los siguientes graficos:



**Fig. 1.** Tomada de la Datasheet del fabricante. Muestra las características de sensibilidad típicas del MQ-5 para varios gases a una temperatura de 20°C, una humedad relativa (HR) de 65%, y una concentración de oxígeno ( $O_2$ ) de 21%.  $R_o$ : resistencia del sensor a 1000 ppm de  $H_2$  en aire limpio.  $R_s$ : resistencia del sensor a varias concentraciones de gases. Fuente: Technical data MQ-5 gas sensor <http://www.hwsensor.com>

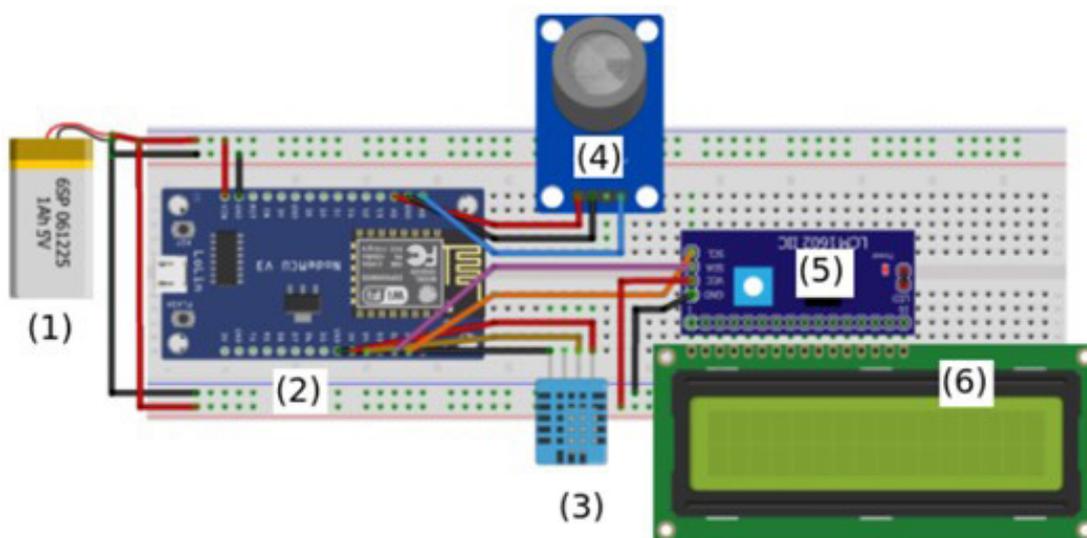


**Fig. 2.** Tomada de la Datasheet del fabricante. Dependencia típica del MQ-5 con la temperatura y la humedad.  $R_o$ : resistencia del sensor a 1000 ppm de  $H_2$  en aire a 33%HR y 20 grados.  $R_s$ : resistencia del sensor a diferentes temperaturas y humedades. Fuente: Technical data MQ-5 gas sensor <http://www.hwsensor.com>

*Lista de materiales empleados:*

1. Fuente de 5V.
  2. Placa Nodemcu Wifi con integrado ESP8266.
  3. Sensor DHT-11.
  4. Sensor MQ-5. [200-10.000ppm]
  5. Adaptador I2C paralelo.
  6. Display LCD 16x2.
- Protoboard, cables de interconexión.

Para identificar cada uno de los componentes ver Figura 3 en donde también se pueden apreciar las conexiones de Hardware.



**Fig. 3.** Circuito utilizado para el dispositivo de medida de la concentración de gas. (1) Fuente de 5V, 1Ah, (2) ESP8266 Wi-Fi, (3) DHT11, (4) MQ-5, (5) módulo del Display LCD, (6) Display LCD.

*Software empleado:* Ver Apéndice 1.

Para monitorear el funcionamiento del dispositivo, se optó por la plataforma Blink IoT, tanto en formato Web, como por medio de la aplicación para celulares, los cuales presentan ciertas ventajas que se describen brevemente en el Apéndice 2.

**Resultados**

El sensor MQ-5 no viene calibrado, a diferencia de otros sensores, como el DHT-11, sensor de temperatura y humedad relativa que se instalan y ya marcan los valores adecuados de temperatura y humedad relativa.

Para este fin, se deben tener en cuenta las Fig. 1 y 2. La Fig. 1 es un gráfico logarítmico tanto en abscisas como en ordenadas. De forma que la función que describe la respuesta del sensor a la presencia del gas es del tipo

$$y=ax^b \quad \text{ó} \quad \log y=b \cdot \log x+a \quad \text{con} \quad b < 0 \quad \text{(1)}$$

siendo que  $y$ , en [ppm], es la cantidad que nos interesa obtener del dispositivo y  $x$  es la razón entre las resistencias del sensor a una concentración variable  $R_s$  y la resistencia del sensor a una concentración de referencia  $R_o$ , es decir  $R_s/R_o$ .

En otras palabras, las ec. (1) se pueden reescribir como:

$$\text{MQ-5 [ppm]} = a (R_s/R_o)^b \quad \text{ó} \quad \log(\text{MQ-5 [ppm]}) = b \log(R_s/R_o) + a \quad \text{con} \quad b < 0 \quad \text{(2)}$$

De la Fig. 1 y con la ayuda de algún software libre o comercial. Los valores obtenidos para el caso del metano se representan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Ordenadas y abscisas de la curva de la Fig. 1 para el metano, con el software WebPlotDigitizer.

	$\log(R_s/R_o)$	[ppm]		$\log(R_s/R_o)$	[ppm]
1	0,94325	198,61103	15	0,42508	1742,90878
2	0,90128	239,53152	16	0,39782	1996,28997
3	0,8254	293,34238	17	0,38312	2273,00772
4	0,79306	344,49073	18	0,36227	2632,29064
5	0,738	396,16451	19	0,33509	3000,8634
6	0,66844	496,16183	20	0,32132	3579,88849
7	0,63399	590,01757	21	0,30142	4003,39019
8	0,58528	683,27869	22	0,29427	4353,58209
9	0,55337	789,14494	23	0,27394	4987,04885
10	0,5403	884,88988	24	0,25483	6046,26394
11	0,50772	1001,49068	25	0,24096	7051,06847
12	0,49088	1154,02569	26	0,22603	7996,19094
13	0,46788	1317,8883	27	0,21544	8879,87141
14	0,43985	1496,04994	28	0,20267	9940,77705

A partir de los puntos obtenidos de la Datasheet del sensor MQ-5 se realiza un ajuste de curva, de acuerdo a la ec. (2) y que permite obtener los parámetros buscados,  $a$  y  $b$ .

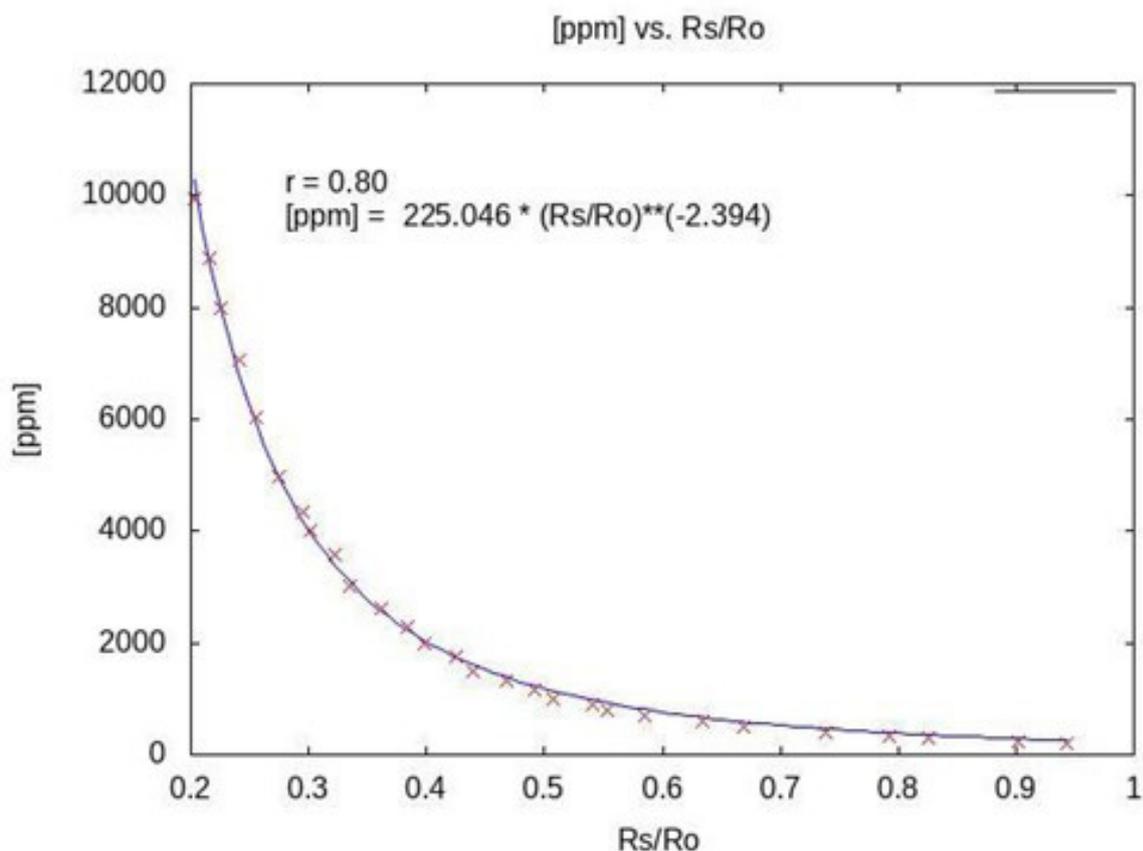


Fig. 4. Ajuste de curva, para hallar los parámetros a y b correspondientes a la ec. (2).

Luego del correspondiente ajuste para una ecuación lineal como es el caso de la ec. (2) se obtiene para a (225.046) y para b (-2.394). Estos valores, están en el orden de los descriptos (Jualayba, 2018; Abdullahi, 2022), aunque en este último caso se usó un MQ-2.

$$\text{MQ-5 [ppm]} = 225.046 * (\text{Rs/Ro})^{-2.394} \tag{3}$$

Como los valores límites del sensor van de 200 a 10.000 ppm los correspondientes límites para el cociente Rs/Rs se obtienen reemplazando estos límites en [ppm] en la ec. (2), lo que produce los límites  $6.98 \times 10^{-4}$  y  $6.0 \times 10^{-8}$ . Con esto, es posible proceder de 2 formas, una, dividir este intervalo en 1024, que es la escala capaz de ser leída por el microcontrolador, y de esta forma estimar la concentración de gas a través de la ec. (2), o bien, dividir la escala de [ppm] en 1024 y en función de ello estimar los saltos en términos de Rs/Ro que será capaz de reportar el microcontrolador. Nosotros optamos por la primera, de forma que la fórmula que aplicamos al código es la siguiente.

$$\text{Rs/Ro} = -6.979 \times 10^{-4} / 1024 * \text{LDS} - 6.98 \times 10^{-4} = -6.82 \times 10^{-7} * \text{LDS} + 6.98 \times 10^{-4} \tag{4}$$

siendo LDS la lectura del sensor.

Sin embargo, suele ser más práctico dividir la escala de sensibilidad del microcontrolador [de 0 a 1023], en cantidades desiguales en el gráfico ppm vs. Rs/Ro, en este caso en forma logarítmica, así la ecuación a resolver es:

$$\begin{aligned} \log(Rs/Ro) &= \{\log[(Rs/Ro)^{\max}] - \log[(Rs/Ro)^{\min}]\} / 1024 * LDS + \log[(Rs/Ro)^{\min}] \\ \log(Rs/Ro) &= -7.23 \times 10^{-4} * LDS + 0.943 \end{aligned} \quad (5)$$

Luego se necesita utilizar la relación entre el cambio en la resistencia y la concentración del gas en [ppm], o bien como figura en la curva de la Fig. 1, entre log[ppm] vs. log Rs/Ro)

$$\begin{aligned} [ppm] &= \{[ppm]^{\max} - [ppm]^{\min}\} / \{\log[(Rs/Ro)^{\max}] - \log[(Rs/Ro)^{\min}]\} * \{\log(Rs/Ro) - \log[(Rs/Ro)^{\min}]\} + [ppm]^{\min} \\ [ppm] &= -13154.78 * \log(Rs/Ro) + 12606.86 \end{aligned} \quad (6)$$

El ajuste necesario para la temperatura y la humedad relativa se consigue centrando la atención en la Fig. 2. Así, se ve que la humedad relativa solo produce un salto vertical. Y para un aumento de 52% en esta, el cociente Rs/Ro disminuye un escalón de 0.2, que es aproximadamente constante a lo largo de todo el rango de temperaturas. Mientras que la temperatura en el rango de 5°C a 50°C se comporta de forma aproximada a una línea recta de pendiente negativa.

Entonces, la variación de Rs/Ro con la temperatura se puede escribir como, Rs/Ro [t] = a<sub>T</sub> + b<sub>T</sub> t o bien, utilizando ya los valores extraídos de la Fig. 2 se tiene que, Rs/Ro [t<sub>1</sub>] = 1.1 para t<sub>1</sub> = 5°C y Rs/Ro [t<sub>2</sub>] = 0.85 para t<sub>2</sub> = 50°C. Entonces la pendiente de esta recta será b<sub>T</sub> = -0.006 y la coordenada al origen será a<sub>T</sub> = 1.128.

El salto vertical, hacia abajo, debido al incremento de humedad relativa es también lineal, Rs/Ro [HR] = a<sub>HR</sub> + b<sub>HR</sub> HR, y se consigue considerando, por ejemplo, los valores de Rs/Ro a 20°C para ambos valores de humedad relativa, es decir Rs/Ro [HR<sub>1</sub>] = 1 para HR<sub>1</sub> = 33% y Rs/Ro [HR<sub>2</sub>] = 0.82 para HR<sub>2</sub> = 85%. Con esto los valores de pendiente y ordenada al origen serán, b<sub>HR</sub> = -0.00346 y a<sub>HR</sub> = 1.114.

Finalmente, las correcciones con la humedad relativa y la temperatura, se escriben de la siguiente forma,

$$Rs/Ro [HR] = 1.114 - 0.00346 * HR \quad (6)$$

$$Rs/Ro [t] = 1.128 - 0.006 * t$$

Estas correcciones se programaron en el código del Apéndice 1, y se señalan apropiadamente para facilitar el entendimiento de dicho código.

Una vez logradas las correcciones se procedió a poner a prueba el dispositivo, que produjo los resultados esperados según se indica en las Figuras del Apéndice 2.

## Conclusiones

El desarrollo del dispositivo para la detección de metano mostró resultados favorables al calibrar el sensor MQ-5 bajo un ajuste de curva logarítmica desde 200 a 10.000 ppm, permitiendo de éste modo, detectar variaciones en la concentración de metano más precisas, de igual modo, que en la calibración del sensor de humedad y temperatura optimizando de esta forma el funcionamiento y los resultados de los mismos. Esto demarca la necesidad de realizar ajustes a los valores obtenidos en los sensores tanto analógicos como digitales, pudiendo de esta forma, realizar una mejora continua en los sistemas de sensado, e incrementando de este modo, la precisión de los mismos.

## Bibliografía

- Abdullahi, A. Y., Dansharif, A. R., Mustapha, M. G., Giwa, I. I., Farouk, U. S., Muhammad, N. A., & Baballe, M. A. (2022) *Simulated GSM Module LPG Detection, Notification, and Control System*.
- Babale, M. A., & Bello, M. I. (2022). *Gas leakage detection system with alarming system*. *Review of Computer Engineering Research*, 9(1), 30-43.
- Baballe, M. A., Bello, M. I., & Mahmoud, A. S. (2022) *Construction of an LPG detection, notification, and control system's water sprinkler and GSM module*.
- Baballe, M. A., Magashi, U. Y., Garko, B. I., Umar, A. A., Magaji, Y. R., & Surajo, M. (2021). *Automatic gas leakage monitoring system using MQ-5 sensor*. *Review of Computer Engineering Research*, 8(2), 64-75.
- Brown, E. (2016). «21 Open Source Projects for IoT» [21 proyectos de código abierto para el IdC]. *Linux.com* (en inglés). Consultado el 23 de octubre de 2016.
- Carrillo-Amado, Y. R., Califa-Urquiza, M. A., & Ramón-Valencia, J. A. (2020). *Calibration and standardization of air quality measurements using MQ sensors*. *Respuestas*, 25(1), 70-77.
- Dorcea, D., Hnatiuc, M., & Lazar, I. (2018, October). *Acquisition and calibration interface for gas sensors*. In 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) (pp. 120-123). IEEE.
- Gillis, A. S. (2021). *What is internet of things (IoT)*. IoT Agenda.

- Gomez Diaz, L. (2019). *Gestión de los recursos domiciliarios desde la utilización de software y hardware libre*.
- Jualayba, M., Regio, K., Quiozon, H., & Destreza, A. (2018, November). *Hazardous gas detection and notification system*. In 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM) (pp. 1-4). IEEE.
- Patil, M. A., Adamuthe, A. C., & Umbarkar, A. J. (2020). *Smartphone and IoT based system for integrated farm monitoring*. In Techno-Societal 2018: Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications-Volume 1 (pp. 471-478). Springer International Publishing.
- Sangam, B. V., Jayashree, G. R., & Attimarad, D. G. V. (2022). *Food Monitoring System Using Iot*.
- Suma, V., Shekar, R. R., & Akshay, K. A. (2019, June). *Gas leakage detection based on IOT*. In 2019 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA) (pp. 1312-1315). IEEE.
- Suriyakrishnaan, K. (2021). *Smart Safety Helmet in Coal Mining Using Arduino*. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT), 12(11), 5481-5486.
- Vatari, S., Bakshi, A., & Thakur, T. (2016, May). *Green house by using IOT and cloud computing*. In 2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT) (pp. 246-250). IEEE.
- Yavuzer, E. (2021). *Determination of fish quality parameters with low cost electronic nose*. Food Bioscience, 41, 100948.

# Apéndice 1

*Código desarrollado en C++ para soporte Arduino.*

```
// Estas 4 líneas se usan para la web y app del sensor.
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "#####" // Colocar los valores del
TOKEN personal
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "TITULO DADO AL PROYECTO"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "#####"
#define BLYNK_PRINT Serial
//
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//
LiquidCrystal_I2C lcd(ox27,16,2);
byte degree_symbol[8] = { ob00111, ob00101, ob00111, ob00000,
                        ob00000, ob00000, ob00000, ob00000 };
//
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "#####"; // Valores de la red utilizada
char pass[] = "#####";
//
BlynkTimer timer;
#define DHTPIN 2 //Connect Out pin to D2 in NODE MCU
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// Define las variables temp. (t), hum. (h) y las muestra, incluyendo la concent. (gas).
void sendSensor() {
// Correcciones aplicadas a la variable Gas (o LDS)
//*****
// Rs/Ro [HR] = 1.114 - 0.346 * HR
float h = 1.114 - 0.00346*dht.readHumidity();
// Rs/Ro [t] = 1.128 - 0.006 * t
float t = 1.128 - 0.006*dht.readTemperature(); // or dht.readTemperature(true)
for Fahrenheit
    if (isnan(h) || isnan(t)) {
```

```

    Serial.println("No se puede leer el sensor DHT !");
    return;
}
// Log(Rs/Ro) = -7.23x10-4 * LDS + 0.943
float g = -0.000723 * analogRead(A0)+ 0.943;
//*****
//Sumamos todas las correcciones
//ppm = -13154.78*log(rs/ro)+12606.86
//Siendo (rs/ro) = log10(h)+log10(t)+g
float Sensor = ((-13154.78*(log10(h)+log10(t)+g))+12606.86);
//*****
    Blynk.virtualWrite(V2, Sensor);
    Serial.print("Gas Value: ");
    Serial.println(Sensor);
// No enviar mas de 10 valores por segundo.
    Blynk.virtualWrite(V0, dht.readTemperature());
    Blynk.virtualWrite(V1, dht.readHumidity());

    Serial.print("Temperature : ");
    Serial.print(dht.readTemperature());
    Serial.print("Humidity : ");
    Serial.println(dht.readHumidity());
}
//
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Blynk.begin(auth, ssid, pass);
    dht.begin();
    timer.setInterval(30000L, sendSensor);
//
    lcd.init();
    lcd.clear();
    lcd.backlight();          // Se asegura que la luz trasera esta encendida

//
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Calidad de Aire");
    lcd.setCursor(0,1);

```

```

    lcd.print("Monitoreando...");
    delay(2000);
    lcd.clear();
  }
//
void loop() {
  Blynk.run();
  timer.run();
  // Correcciones aplicadas a la variable Gas (o LDS)
  //*****
  // Rs/Ro [HR] = 1.114 - 0.00346 * HR
  float h = 1.114 - 0.00346*dht.readHumidity();
  // Rs/Ro [t] = 1.128 - 0.006 * t
  float t = 1.128 - 0.006*dht.readTemperature(); // or dht.readTemperature(true)
for Fahrenheit
  // Log(Rs/Ro) = -7.23x10-4 * LDS + 0.943
  float g = ((-0.000723 * analogRead(A0)) + 0.943 );
  //Sumamos todas las correcciones
  //ppm = -13154.78*log(rs/ro)+12606.86
  //Siendo (rs/ro) = log10(h)+log10(t)+g
  float gValor = ((-13154.78*(log10(h)+log10(t)+ g))+12606.86);
  //*****
  //Impresiones
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temperatura ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(dht.readTemperature());
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.write(1);
  lcd.createChar(1, degree_symbol);
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print("C");
  delay(4000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Humedad ");
  lcd.print(dht.readHumidity());
  lcd.print("%");

```

```

delay(4000);
lcd.clear();
//Si desea imprimir la variable Gas desmarcar lo siguiente:
//lcd.clear();
//lcd.setCursor(0, 0);
//lcd.print("G ");
//lcd.print(analogRead(A0));
//lcd.print("");
//delay(4000);
//lcd.clear();
//
if(gValor<6000) {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("[CO2]PPM: ");
  lcd.print(gValor);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Aire Fresco");
  Serial.println("Aire Fresco");
  delay(4000);
  lcd.clear();
}
else if(gValor>6000) {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("[CO2]PPM: ");
  lcd.print(gValor);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Aire Malo");
  Serial.println("Aire Malo");
  delay(4000);

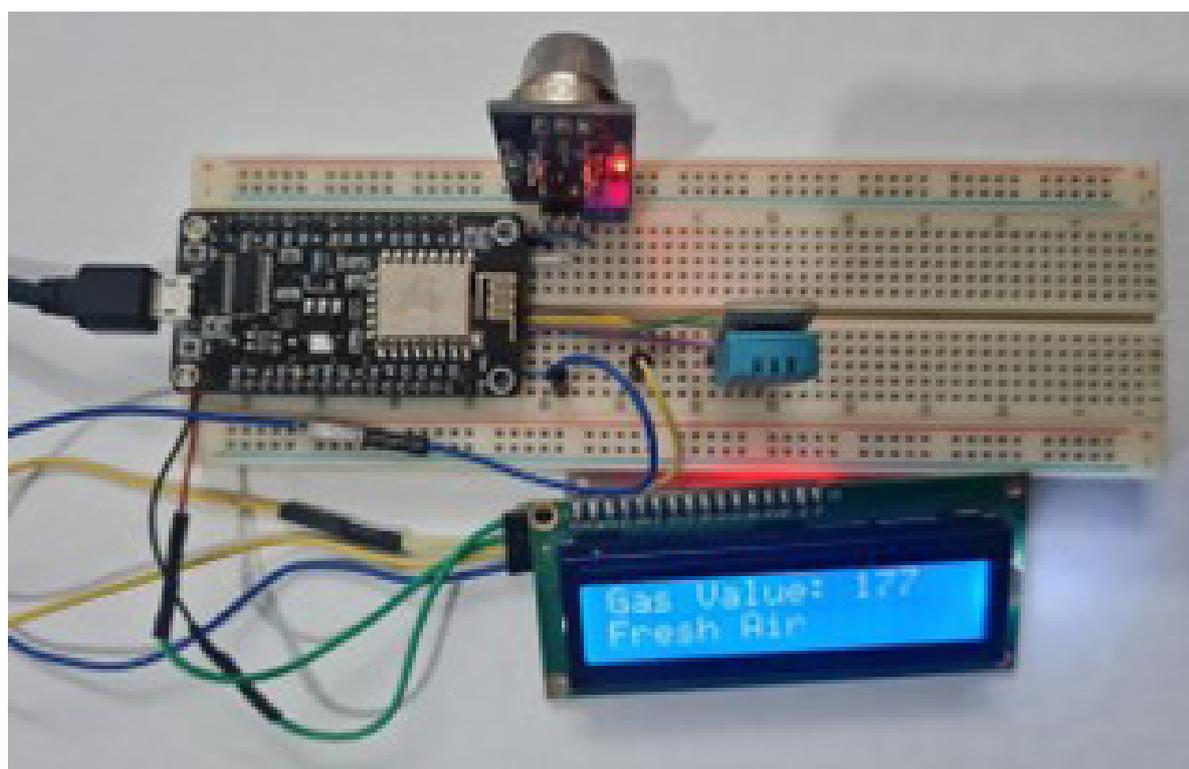
  lcd.clear();
}
//
if(gValor > 6000) {
  //Blynk.email("*****@*****.com", "Alert", "Bad Air!");
  Blynk.logEvent("Alerta_de_Polución","Aire Malo");
} }

```

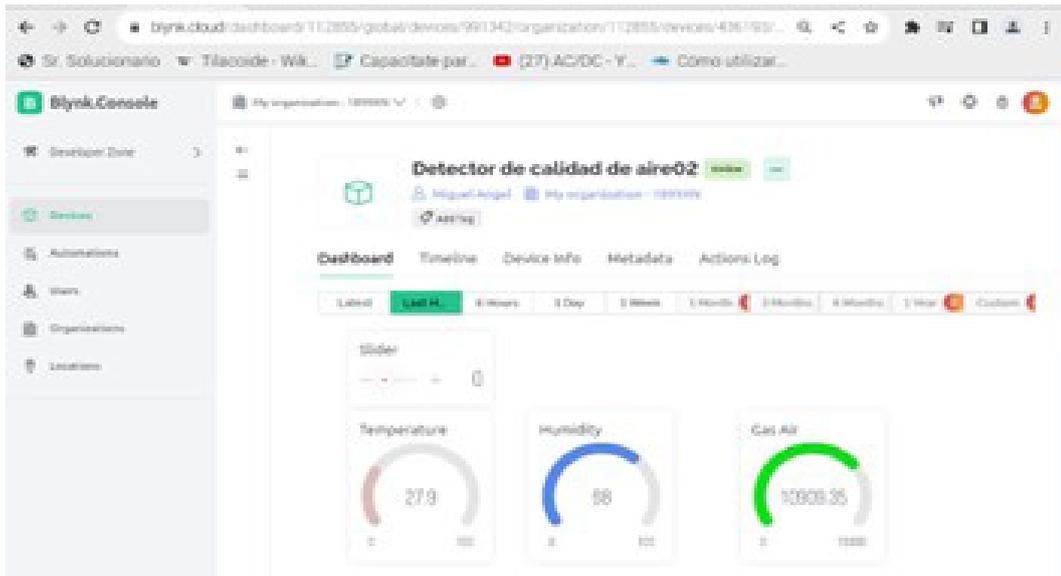
## Apéndice 2

La plataforma virtual elegida para desarrollar el IoT del dispositivo es “Blynk.Console”. Esta es una plataforma y herramienta en línea que brinda a los desarrolladores y usuarios finales la capacidad de monitorear y controlar proyectos de IoT en tiempo real a través de una interfaz web muy intuitiva, la cual se puede visualizar también desde la App en cualquier dispositivo móvil y con cualquier sistema operativo con tan solo crear una cuenta la cual puede ser de uso gratuito o paga, según los requerimientos.

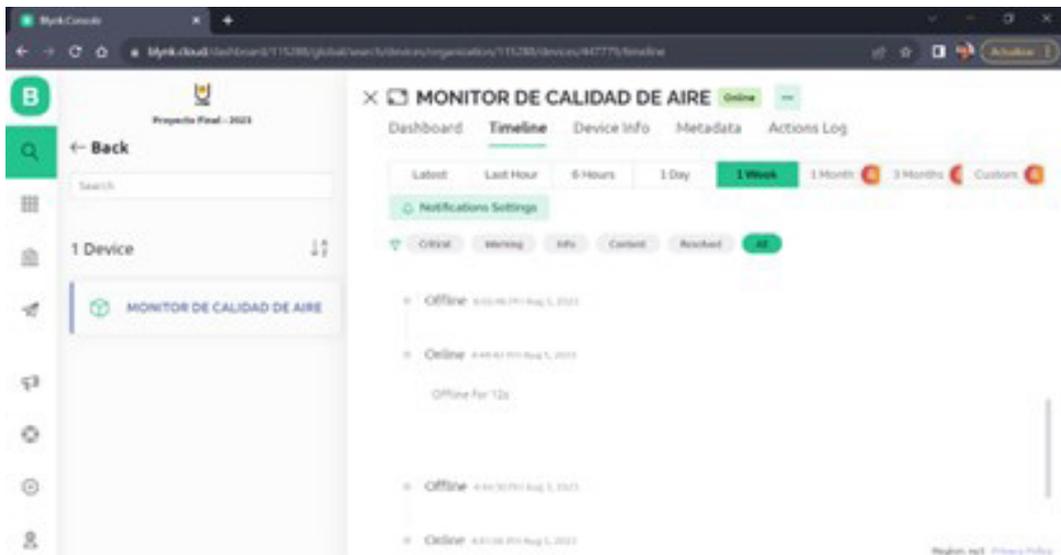
Al superar cierto valor de concentración de gas, nocivo para las personas, se dispara un aviso de alerta vía mail que llega a la casilla de correo del usuario o del responsable de recibir esa información.



*Fig. A1. Dispositivo conectado y funcionando.*



a)



b)



c)

**Fig. A2.** Registro de la interfaz por PC y App en dispositivo móvil.  
 a) Se puede observar los valores de las magnitudes censadas en tiempo real.  
 b) Los eventos detectados por el dispositivo en el tiempo.  
 c) Y la información de la placa utilizada.



**Fig. A3.** En la App móvil