

*Tipo de Artículo:* Artículo de Investigación Original  
*Área:* Ingeniería y Tecnología: IoT, sensores y seguridad química

# Desarrollo de un Sistema Inteligente para la Detección Temprana de Compuestos Gaseosos Químicamente Peligrosos

*Development of an Intelligent System for the Early Detection of Chemically Hazardous Gaseous Compounds*

Karina Gabriela Salazar Llangari<sup>1</sup>, Jhonn Ismael Hidalgo Chugchilán<sup>1</sup>, David Vinicio Chicaiza Estrella<sup>1</sup>

## Cita:

Salazar Llangari, K. G., Hidalgo Chugchilán, J. I., & Chicaiza Estrella, D. V. (2026). Desarrollo de un Sistema Inteligente para la Detección Temprana de Compuestos Gaseosos Químicamente Peligrosos. TESLA Revista Científica, 6(1), e684.  
<https://doi.org/10.55204/trc.v6i1.e684>

**Recibido:** 2026-02-24

**Revisado:** 2026-03-05 al 2026-03-24

**Corregido:** 2026-04-04

**Aceptado:** 2026-04-12

**Publicado:** 2026-04-15

## Licencia:

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

**Editor:** [Nombre del editor asociado]

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Edificio de Ciencias Básicas. EC 060150. Riobamba – Chimborazo – Ecuador

<sup>1</sup> [gabriela.salazar@esepoch.edu.ec](mailto:gabriela.salazar@esepoch.edu.ec), <sup>1</sup> [jhonn.hidalgo@esepoch.edu.ec](mailto:jhonn.hidalgo@esepoch.edu.ec), <sup>1</sup> [davidv.chicaiza@esepoch.edu.ec](mailto:davidv.chicaiza@esepoch.edu.ec)

<sup>1</sup> ORCID: 0009-0003-9427-5389, <sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-1825-0097, <sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-9875-5432

**Resumen:** En procesos químicos experimentales, como resultado de la combinación de ciertas sustancias, se producen reacciones que liberan gases volátiles y nocivos hacia el ambiente, que requieren un sistema de alerta temprana y prevención de accidentes que cuantifique las partes por millón (ppm) por su nivel de peligro, por medio de señales y sensores dispuestos, active los ventiladores para ventilar el área del gas, y envíe señales de evacuación al personal. Para ello se requiere un sensor MQ8, que al detectar un cambio en la resistencia eléctrica del material, dispara una señal automática que es recibida en el controlador ESP32, el cual, mediante un módulo de Wi-Fi integrado, muestra los datos y las variaciones de concentración del gas en una plataforma IoT, desde la que podemos activar o desactivar el sistema de ventilación del área, a medida que comienza la evacuación según el nivel de peligro del gas para el organismo. Además de ser eficiente, mantiene una constante vigilancia en el trabajo de laboratorio y de los peligros de incendio no intencionales que se producen en ciertos casos. Además de ser beneficioso, es de bajo costo con los modelos de Arduino actuales.

**Palabras clave:** Detección - Sensor - Gases - IoT - Prevención - ESP32.

**Abstract:** In experimental chemical processes, as a result of the combination of certain substances, reactions occur that release volatile and harmful gases into the environment. These situations require an early warning and accident prevention system capable of quantifying parts per million (ppm) according to the level of danger, and through arranged signals and sensors, activating ventilation fans to clear the gas from the area while sending evacuation signals to personnel. For this purpose, an MQ8 sensor is required. When it detects a change in the electrical resistance of the material, it triggers an automatic signal that is received by the ESP32 controller. Through an integrated Wi-Fi module, the controller displays data and gas concentration variations on an IoT platform, from which the ventilation system of the area can be activated or deactivated as evacuation procedures begin according to the gas hazard level for the human body. In addition to being efficient, the system maintains constant monitoring in laboratory work and helps prevent unintentional fire hazards that may occur in certain situations. Furthermore, besides being beneficial, it is low-cost when implemented with current Arduino models.

**Keywords:** Detection - Sensor - Gases - IoT - Prevention - ESP32.

## INTRODUCCIÓN

En los laboratorios de investigación química, la manipulación de sustancias reactivas puede dar lugar a la liberación de gases tóxicos o inflamables, lo que representa un riesgo significativo para la salud del personal y la seguridad de las instalaciones. En este contexto, la implementación de sistemas de alerta temprana se ha vuelto una necesidad prioritaria para prevenir accidentes, garantizar una adecuada ventilación del área afectada y emitir notificaciones en tiempo real a través de plataformas digitales.

Este proyecto propone el desarrollo de un sistema de detección de gases mediante el uso del sensor MQ-8, especializado en la identificación de hidrógeno (H), un gas altamente inflamable. El sistema está controlado por un microcontrolador ESP32, que permite la conexión a redes Wi-Fi y la transmisión de datos hacia una plataforma IoT como Blynk. La lectura del sensor se utiliza para clasificar los niveles de gas en categorías de riesgo (normal, alerta o peligro), lo que a su vez activa automáticamente mecanismos de respuesta como ventiladores, zumbadores y notificaciones por correo electrónico.

La lógica del sistema se implementa en el entorno de desarrollo Arduino IDE, haciendo uso de librerías específicas como WiFi.h, MQUnifiedsensor y ESP32\_MAILCLIENT, que permiten tanto la lectura precisa de datos como la comunicación eficiente entre el hardware y el entorno digital. El uso del sensor MQ-8 se basa en su capacidad de variar la resistencia eléctrica interna según la concentración de gas presente, lo que lo convierte en una opción confiable para este tipo de aplicaciones.

El objetivo principal es proporcionar una herramienta de bajo costo, de fácil implementación y monitoreo constante, que pueda ser utilizada en entornos educativos y de investigación para prevenir riesgos relacionados con la exposición a gases peligrosos o incendios accidentales, mejorando así la seguridad y la respuesta ante emergencias.

## TRABAJO RELACIONADO

Los sistemas de monitoreo ambiental basados en IoT han ganado atención significativa para aplicaciones de seguridad en laboratorios. La investigación reciente en detección y monitoreo de contaminación del aire con interfaces inteligentes de sensores en plataformas IoT ha demostrado la efectividad de los sistemas de monitoreo ambiental en tiempo real [1].

Los sensores de la serie MQ han sido estudiados extensivamente para aplicaciones de detección de gases [7]. El sensor MQ-8 específicamente demuestra alta sensibilidad al

## DISEÑO Y METODOLOGÍA DE SISTEMAS

El siguiente proyecto pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde se llevó a cabo el estudio, las pruebas y las prácticas de sensor que fueron realizados en la misma, con el objetivo de poder ayudar a los laboratorios con la detección de gases y poder enviar una advertencia del estado del aire como un correo electrónico, además de poder ver en tiempo real el estado del aire a través de una aplicación. Con todo esto implementado, observaremos la comunicación que existe entre el módulo wifi ESP32 con el sensor MQ-8; además, entenderemos la funcionalidad del software de ARDUINO IDE y sus respectivas librerías.

### 3.1 Hardware

El microcontrolador implementado en este proyecto nos ayuda a poder tener una comunicación con el sensor para medir la calidad de aire, como el hidrógeno, que es un gas inflamable, además de poder conectar el microcontrolador con una red wifi estable y así hacer más precisas nuestras lecturas obtenidas y enviadas, tanto a nuestro correo como a la aplicación, gracias a las librerías implementadas en la codificación. Los sensores de la línea MQ se los puede implementar para la lectura de diferentes gases y así poder controlar la calidad del aire. Es la característica principal que tiene este componente y, sumado al microcontrolador, podemos hacer una interconexión IoT de manera eficaz. Componentes utilizados:

- ESP32 wifi
- Protoboard
- Cables de conexión
- Ventilador de 12V
- Zumbador
- Relé 5V
- Sensor MQ-8
- Adaptador de corriente de 33W
- Resistencias

### 3.2 Software

Para el proyecto IoT, tenemos que realizar una cierta codificación y subirla al módulo ESP32 para que, así, a través de la conexión en la protoboard, el sensor se conecte, y una vez subido el código al módulo, el sensor pueda leer los niveles de hidrógeno que se liberen en el aire. En este caso, en la codificación se encuentra la siguiente lógica: se leen umbrales. Esto quiere decir que clasifica datos según como lo queramos; pueden ser normalidad, peligro y alerta o riesgo muy alto. Este último permite que, una vez el umbral sobrepase el nivel

más alto, se active un zumbador y el ventilador para purificar el aire, además de enviarnos una notificación por correo dependiendo del estado en el que se encuentre el aire.

Y, obviamente, los niveles los vamos a poder observar por medio de la aplicación Blynk en tiempo real. En el módulo ESP32, con la ayuda de la codificación, podemos emplear una reconexión automática para que el sistema no se inestabilice al momento de enviar las señales de alerta. Toda esta codificación (firmware) la desarrollamos en ARDUINO IDE, implementando librerías, las cuales son: WiFi.h, BlynkSimpleEsp32.h, ESP32\_MAILCLIENT y MQUnifiedsensor. Estas librerías son las más importantes para que el código se pueda subir al módulo y así poder realizar las distintas pruebas.

### 3.3 Sensor MQ-8

El sensor MQ-8 es un componente semiconductor ampliamente utilizado en la detección de hidrógeno (H), especialmente en aplicaciones de monitoreo ambiental, seguridad industrial y automatización de laboratorios. Este sensor se basa en un material sensible que modifica su resistencia interna en función de la concentración del gas presente en el ambiente, generando una señal analógica proporcional a dicha variación. El principio de funcionamiento del MQ-8 radica en la relación entre las resistencias  $R_s$  (resistencia del sensor en presencia del gas) y  $R$  (resistencia en aire limpio), expresada como  $R_s/R$  que permite cuantificar con mayor precisión los niveles de hidrógeno.

Una de las ventajas clave del MQ-8 es su alta sensibilidad específica al H, además de una buena estabilidad a largo plazo. Sin embargo, se debe considerar su tiempo de calentamiento inicial (calibración térmica del elemento sensor) y la sensibilidad cruzada a otros gases como el metano o el butano en altas concentraciones. Esto obliga a calibraciones periódicas y al uso de algoritmos compensatorios cuando se encuentra en ambientes con mezclas gaseosas.

La sensibilidad del sensor varía en función de la temperatura y la humedad ambiental, factores que pueden afectar la exactitud de la medición. Por esta razón, el diseño del sistema incorpora una rutina de inicialización que asegura la estabilización del sensor antes de comenzar la lectura continua de datos. La señal obtenida se procesa mediante el microcontrolador ESP32, que interpreta los niveles de concentración como condiciones normales, de alerta o de peligro, activando de forma automática mecanismos de respuesta como extractores o zumbadores, y enviando notificaciones al usuario.

En este proyecto, el MQ-8 se seleccionó no solo por su alta sensibilidad al hidrógeno, sino también por su compatibilidad con plataformas de desarrollo como Arduino y su integración efectiva en entornos IoT, permitiendo así el monitoreo remoto en tiempo real.

### 3.4 Módulo Sensor

El sensor tiene un voltaje de salida analógica este cambio dependiendo la concentración de gas o humo. Si tenemos una concentración de gas alta, el voltaje de salida es mayor, pero si tenemos la concentración de gas baja, por ende, como resultado, el voltaje es bajo.

### 3.5 Curva Característica de Sensibilidad

En la curva característica de sensibilidad del MQ-8 podemos observar la sensibilidad del sensor, donde se puede ver escalas logarítmicas correspondientes a la variación de la sensibilidad  $R_s/R_o$  correspondiente al gas que el sensor va a detectar, ya que este presenta una respuesta diferenciada dependiendo el gas analizado y como se observa en la imagen es especialmente sensible al hidrógeno (H) el cual muestra la variación  $R_s/R_o$  conforme su concentración va aumentada poco a poco.

Como se mencionó anteriormente, la curva nos indica una mayor preferencia por el hidrógeno haciéndolo apto para este experimento, además podemos ver que con este sensor podemos calcular otros gases, pero el sensor no es tan sensible como lo es para el hidrógeno ya los demás gases los tenemos en este orden: alcohol, metano (CH) y monóxido de carbono (CO). Esta curva también incluye la línea roja correspondiente al aire limpio, lo cual es fundamental para la calibración acertada del sensor y poder tener el menor margen de error.

### 3.6 Sensor ESP32

El ESP32 es un componente muy importante en la electrónica, ya que este ofrece una conectividad wifi, bluetooth, con una frecuencia de 2,4 GHz, además de potencia computacional (CPU + memorias), soporte para poder realizar las operaciones de diversas comunicaciones (SPI, I2C, I2S, etc.), bloques de hardware que se dedican a la seguridad todo eso en un solo chip, facilitando su funcionalidad para proyectos IoT, como la detección de gases.

## IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL

El pseudocódigo realizado para el sistema detector de gases químicos a señal temprana, interactúa con los componentes ya mencionados, (ESP32, sensor MQ8, buzzer, ventilador), garantiza un proceso de medición muy eficaz, puesto que gracias a las librerías de nuestro software utilizado, ARDUINO IDE, podemos hacer posible la conexión del módulo ESP32, con nuestro dispositivo inteligente, enviándonos correos y reflejando la detección de gases en nuestra app, que también gracias al código lo podemos implementar, para que así el sistema de detección sea eficiente y muy completo.

### 4.1 Sistema Propuesto

El sistema que se realizó en este proyecto, se ha desarrollado en su totalidad en ARDUINO IDE, ya que este software cuenta con un monitor serie en donde podemos visualizar, los resultados que nuestro sensor MQ-8 envía al ESP32, la comunicación de ARDUINO IDE, con nuestro ESP32, y este a su vez con el sensor detector de gas, además a esto se incorporó un buzzer o zumbador y un ventilador para que el sistema sea más eficaz debido a su conexión con el ESP32 que es el cerebro de todo.

### 4.2 Funcionamiento del Sensor MQ-8 y su Conexión con el ESP32

En nuestro sistema utilizamos el sensor MQ-8 para detectar la presencia de gas hidrógeno en el ambiente. Este sensor contiene un material sensible (óxido de estaño, SnO), el cual modifica su resistencia interna dependiendo de la concentración del gas. Internamente, cuenta con un pequeño calentador que mantiene la temperatura ideal para su funcionamiento, el cual requiere una alimentación de 5 V con un consumo aproximado de 800 mW.

Para conectarlo con el ESP32, realizamos tres conexiones principales: el pin VCC se conecta a una fuente de 5 V, el pin GND al GND del ESP32, y la salida analógica (A0) se conecta a un pin ADC del ESP32, como el GPIO 33 o GPIO 34. De esta forma, el microcontrolador lee los valores analógicos y los convierte en datos digitales que nos permiten estimar los niveles de hidrógeno en partes por millón (ppm). Cabe destacar que este sensor necesita un tiempo de estabilización (burn-in) que puede durar entre 24 y 48 horas, necesario para obtener mediciones fiables durante las pruebas.

### 4.3 Función del Relé y el Ventilador en el Sistema

Cuando el ESP32 detecta una concentración elevada de hidrógeno que sobrepasa el nivel considerado seguro, automáticamente activa un módulo relé. Este componente actúa como interruptor electrónico que nos permite encender un ventilador de 12 V, el cual ayuda a ventilar el área afectada.

El relé se conecta entre uno de los pines GPIO del ESP32 y la línea de control del ventilador. Una vez que se activa, se cierra el circuito y el ventilador se enciende. Además de este control automático, desde la app móvil también podemos manejar el ventilador manualmente mediante la conexión Wi-Fi del ESP32, lo que permite al usuario decidir cuándo activarlo según la situación.

### 4.4 Integración del Zumbador (Buzzer) con el ESP32

Para reforzar el sistema de alerta, integramos un zumbador que se activa cuando el sensor detecta presencia de hidrógeno. El buzzer se conecta a un pin digital del ESP32, como el GPIO 25. Su funcionamiento es sencillo: si el pin se pone en estado alto (HIGH), el zumbador suena; si está en bajo (LOW), se apaga.

Esta señal sonora nos ayuda a identificar rápidamente una situación de riesgo. Además, al igual que el ventilador, también puede ser activado o desactivado desde la aplicación móvil, ya sea para pruebas de funcionamiento o para confirmar que el aviso fue recibido.

#### 4.5 Descripción General del Flujo de Funcionamiento

El sistema sigue un flujo lógico que inicia con la lectura continua del sensor MQ-8. Si el nivel de hidrógeno detectado sobrepasa el umbral configurado, el ESP32 envía una señal al relé, activando el ventilador, y también al buzzer para emitir la alerta sonora.

Cuando los niveles del gas bajan a valores normales, el sistema permite cambiar a modo manual, donde el usuario puede controlar el ventilador desde la aplicación. Este doble modo (automático y manual) mejora la seguridad y ofrece mayor flexibilidad para la supervisión remota del entorno.

#### 4.6 Consideraciones Técnicas Relevantes

El sensor MQ-8 tiene un rango de detección útil que va desde los 100 hasta los 10,000 ppm, ideal para escenarios donde pueden generarse fugas de hidrógeno significativas. Dado que el ESP32 opera a 3.3 V, utilizamos un relé para aislar eléctricamente el circuito del ventilador, que funciona con 12 V. En el caso del buzzer, su integración es directa al pin digital, lo que facilita su control.

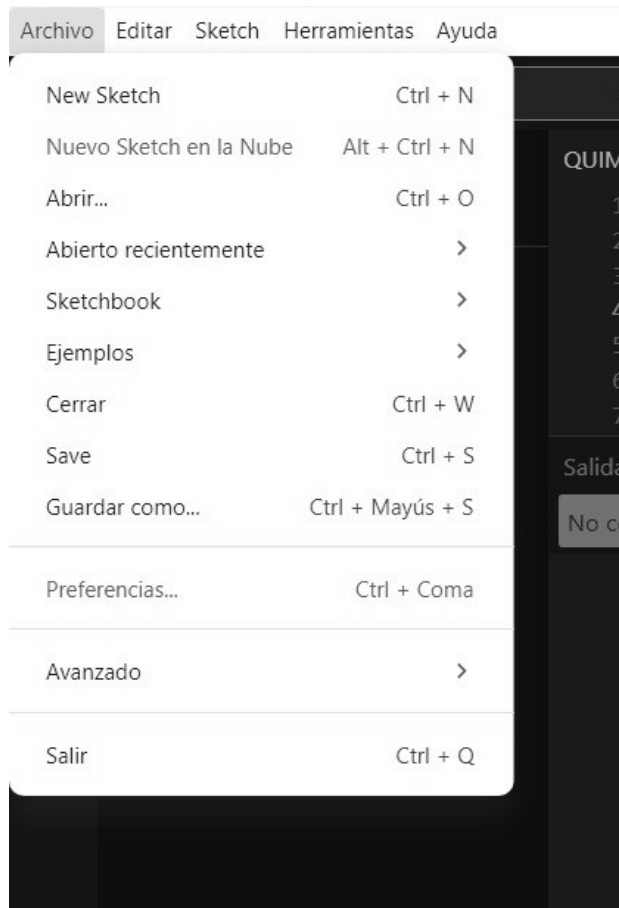
Finalmente, para lograr la comunicación entre el ESP32 y la app, usamos la conexión Wi-Fi incorporada en el módulo, y podemos implementar protocolos como HTTP o MQTT para asegurar el envío y recepción de datos en tiempo real.

#### 4.7 Conexión entre ESP32, Sensor MQ-8 con ARDUINO IDE y sus demás componentes

Para que nuestro sistema pueda funcionar a su totalidad, es necesario saber cómo poder subir el código a nuestro ESP32, si al momento de codificar no tenemos las librerías necesarias la placa no podrá reconocer el código y no lo subirá a la misma, pero antes de eso tenemos que hacer que ARDUINO reconozca el ESP32, para ello debemos instalar archivos necesarios del módulo, ESP32 para que lo pueda reconocer lo podemos agregar haciendo lo siguiente, en el apartado de archivos de ARDUINO, seleccionamos la opción de preferencias.

Figura 1

Configuración de preferencias en Arduino IDE para la integración del ESP32

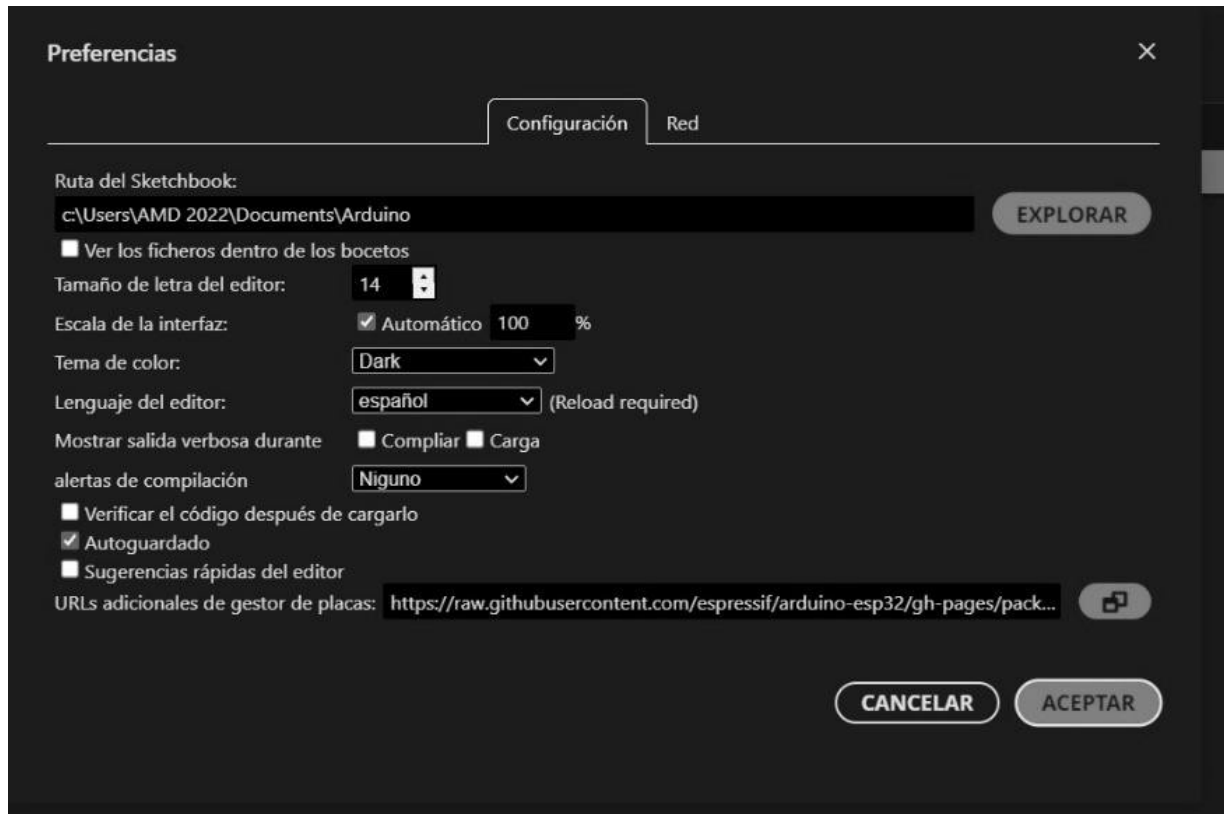


Fuente: Elaboración propia de los autores.

Una vez dentro agregamos el link que contiene los archivos de la placa ESP32, para que la misma se pueda visualizar en el apartado de herramientas, gestor de placas.

**Figura 2**

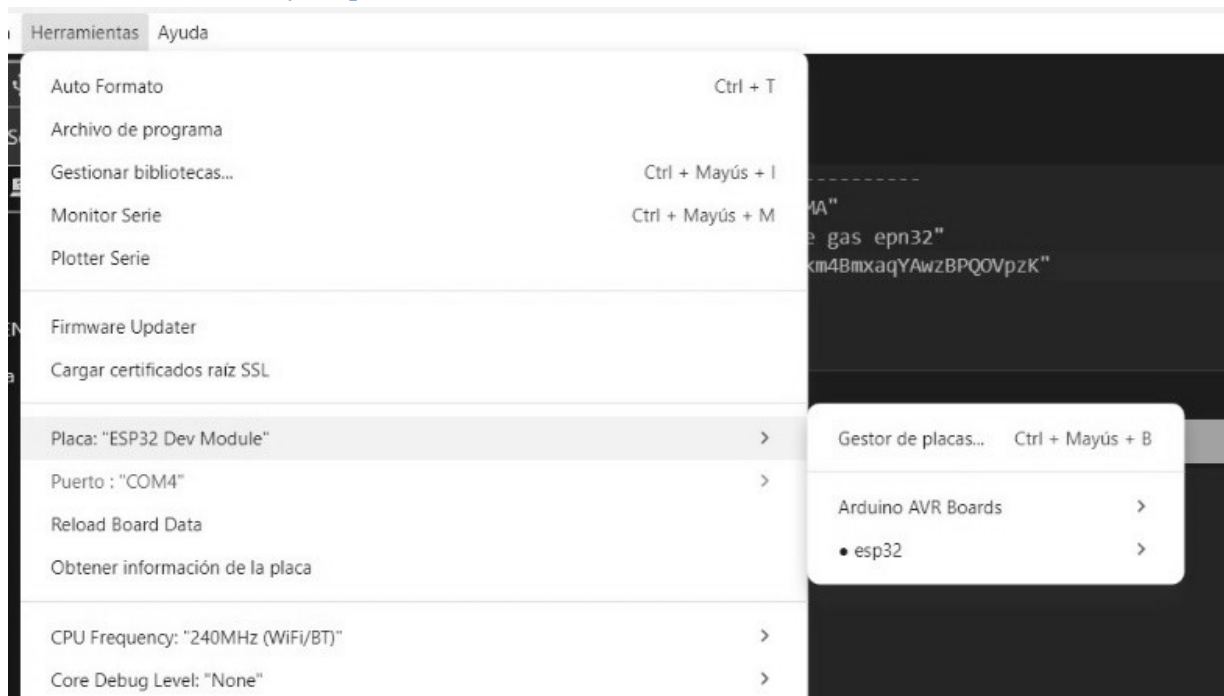
### Conexión del ESP32 en protoboard



Fuente: Elaboración propia de los autores.

**Figura 3**

### Vista del módulo ESP32 y sus puertos



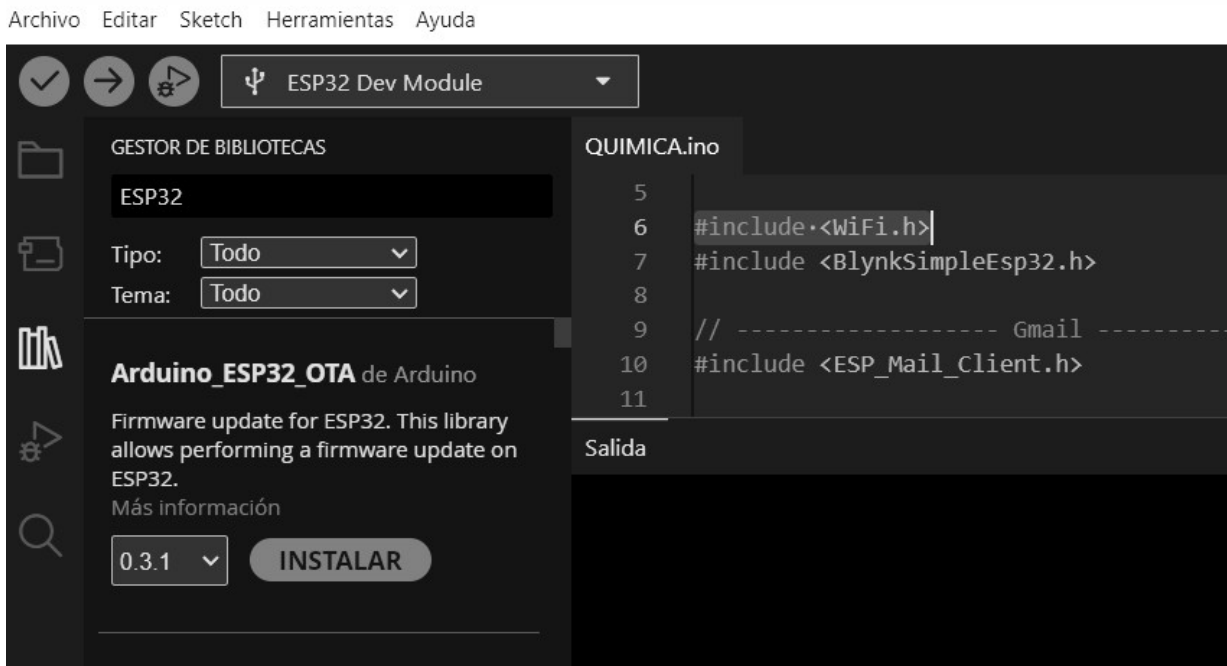
Fuente: Elaboración propia de los autores.

## 4.8 Librerías

Cuando la placa ESP32 y el software de Arduino estén conectados, podemos incluir sus librerías para el correcto funcionamiento de nuestro código, así con las demás librerías tanto para nuestra app, y para el envío

de los correos, esto nos facilita y evita tener errores al momento de compilar y subirlo a nuestra placa.

**Figura 4**  
**Diagrama de conexiones entre sensor MQ-8 y ESP32 Plataforma blynk**



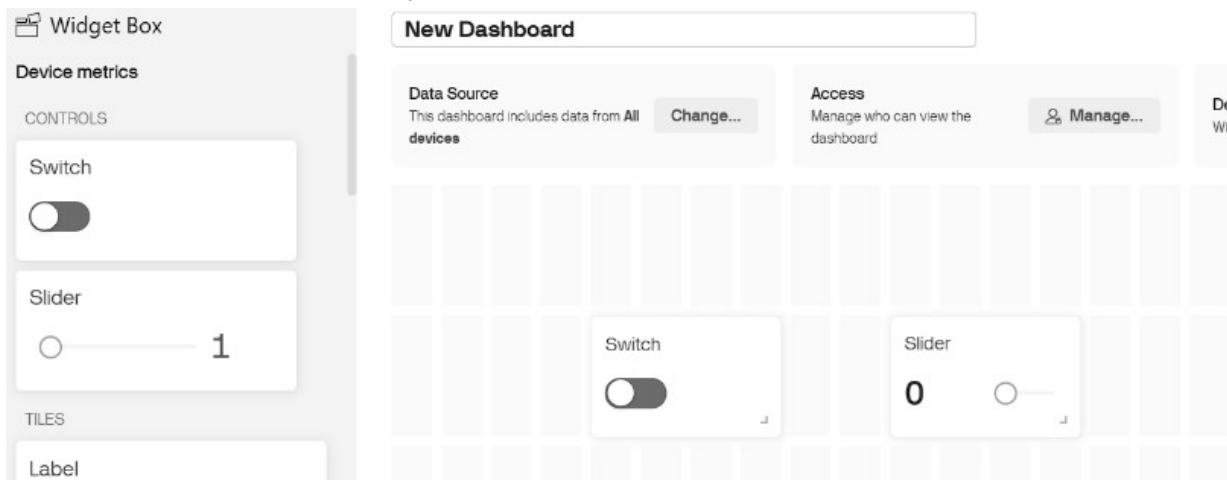
Fuente: Elaboración propia de los autores.

#### 4.9 Plataforma Blynk

Para que el proyecto pueda ser más completo, implementamos la aplicación Blynk, la cual nos permite poder observar el funcionamiento del sensor MQ-8 a través de sus lecturas con el hidrógeno, pues Blynk nos permite controlar y monitorear nuestro hardware ya que los ppm que calcula el sensor MQ-8 los podemos observar mediante Blynk por lo antes mencionado, para poder conectarlo con nuestro sensor MQ-8 debemos seguir los siguientes pasos:

En la página oficial de Blynk en el apartado de Dashboards, crearemos la interfaz de cómo queremos que se vea la interfaz de app al momento de medir el gas y agregamos el nombre en este caso es, monitor de gas ESP32.

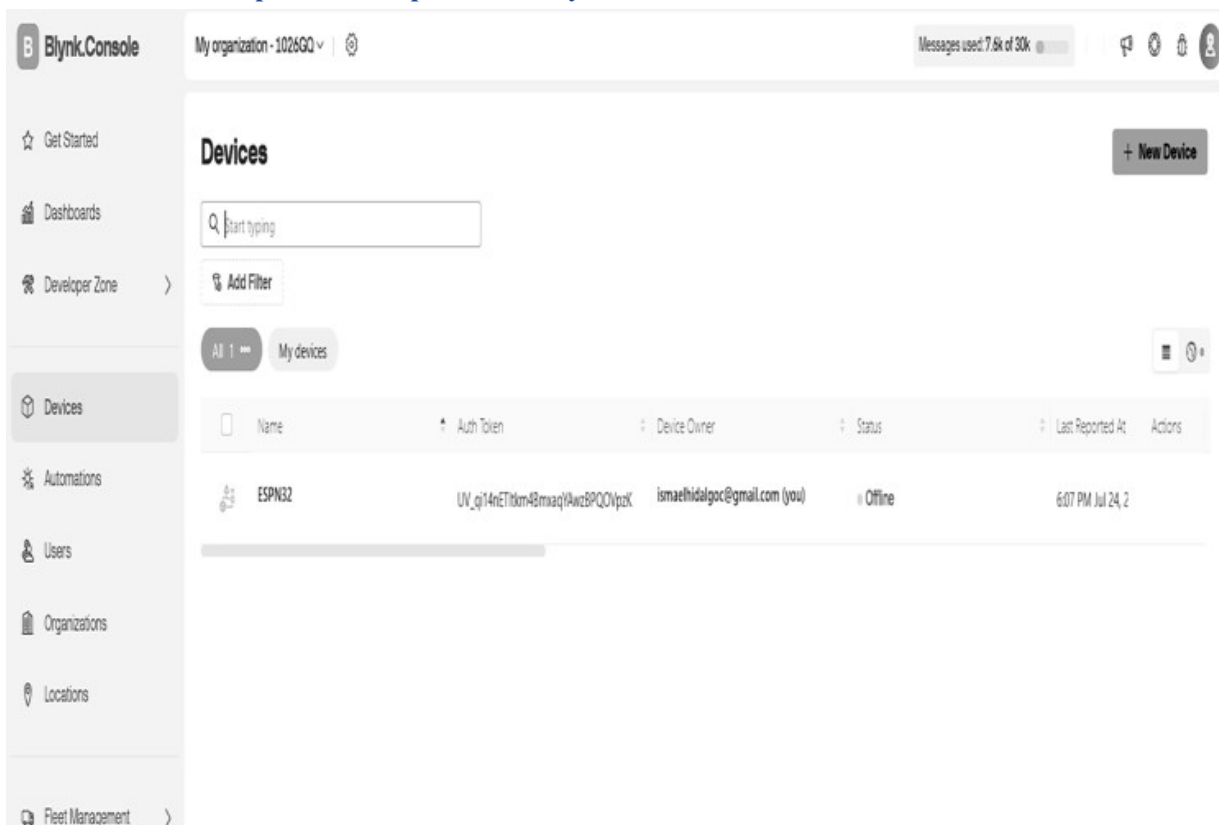
**Figura 5**  
**Interfaz inicial del dashboard en Blynk**



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Para que la interfaz nos refleje en la app de nuestro celular, en la página de Blynk, debemos seleccionar New Device, y cuando se agregue automáticamente se guarda y nos genera una línea de código muy importante, además de indicarnos el estado de app, si esta se conectó a internet o no.

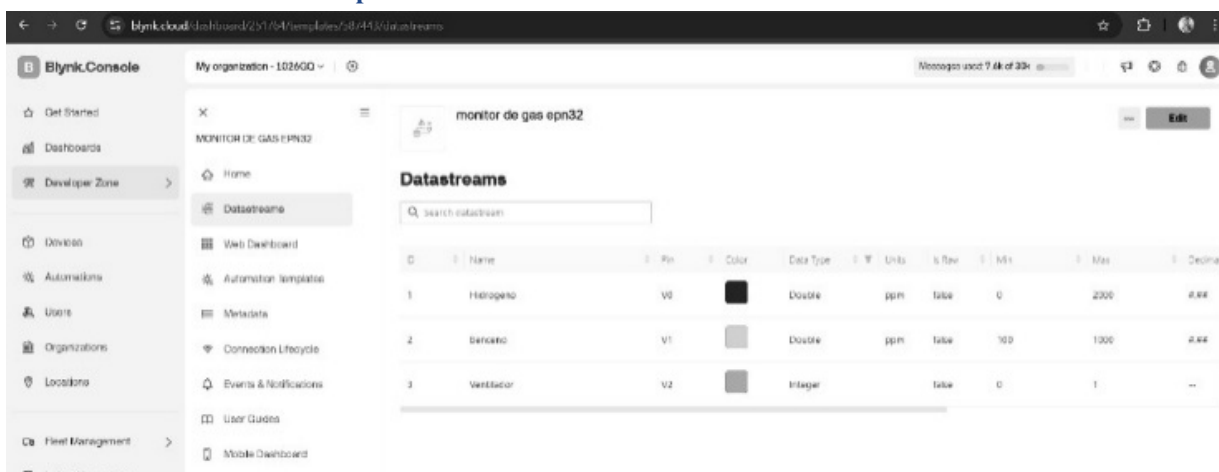
**Figura 6**  
Creación de nuevo dispositivo en la plataforma Blynk



Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la página de Blynk, seleccionamos, Developer Zone, seguido de Datastreams, esta opción nos ayuda a ajustar los switches, que seleccionamos al inicio, ya que vamos a necesitar que cuando el sensor arroje valores, la app nos indique en ppm (partes por millón).

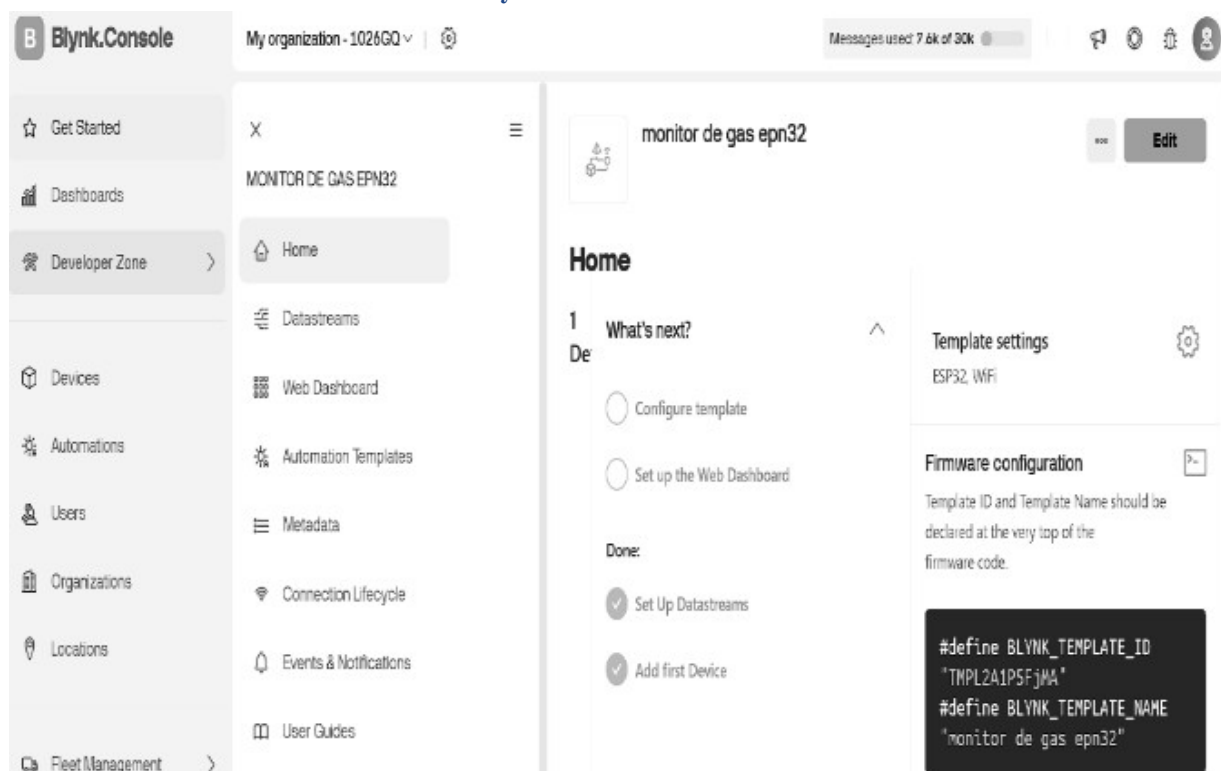
**Figura 7**  
Visualización del estado del dispositivo



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Esta plataforma ya nos habrá generado un auto token que se encuentra en el apartado de Devices y además en el apartado de Developer Zone seguido de MY Templates, damos click en nuestro device creado obtendremos la configuración de firmware, estas dos son muy importantes que nos ayudarán a tener una conexión al ESP32 e internet.

**Figura 8**  
**Generación de token de autenticación en Blynk**



Fuente: Elaboración propia de los autores.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con todos los procedimientos previos realizados correctamente, para que lo que codificamos funcione en el mismo debe estar una red estable para que al momento de conectar el ESP32 a su fuente de poder se conecte a la señal de internet y pueda trabajar internamente, arrojándonos los siguientes resultados en el monitor serie de ARDUINO IDE.

## Figura 9

### Captura del monitor serie de Arduino durante calibración

```

Mensaje (Intro para mandar el mensaje de 'ESP32 Dev Module' a 'COM4')
...
Calibrando sensor... 5/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 6/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 7/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 8/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 9/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 10/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 11/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 12/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
ets Jul 29 2019 12:21:46

rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0030,len:4980
load:0x40078000,len:16612
load:0x40080400,len:3480
entry 0x400805b4

Iniciando Monitor MQ-8 con Curva Característica Real...
Basado en gráfica oficial Rs/Ro vs ppm H2
Error al conectar SMTP
Iniciando calibración MQ-8...
IMPORTANTE: Sensor debe estar en AIRE LIMPIO (sin H2)
Esperando 30 segundos para calibración precisa...

Sistema MQ-8 inicializado con curva característica
Calibrando sensor... 1/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 2/20 - ADC: 0 - Rs: 490.00 kΩ
Calibrando sensor... 3/20 - ADC: 80 - Rs: 490.00 kΩ

```

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Lo cual nos indica su calibración respectiva y con qué se basa el sensor para poder realizar la respectiva medición de presencia de hidrógeno.

### 5.1 Activación de la App

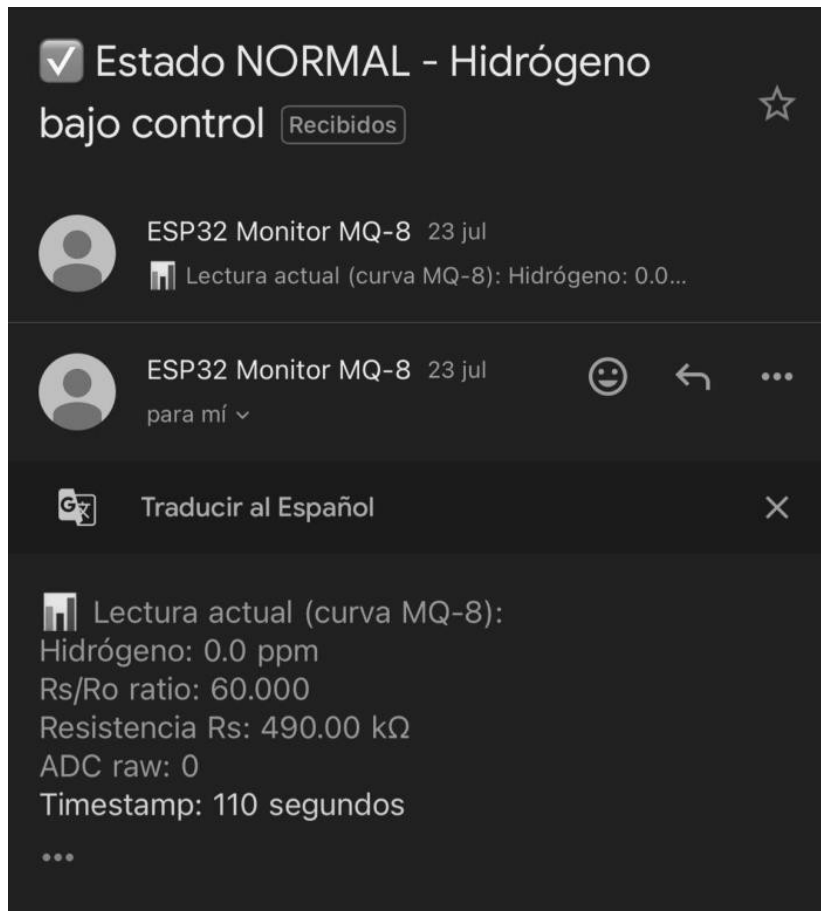
Una vez que el ESP32 esté trabajando con internet podrá trabajar con todo lo que codificamos, pues también está la app. de Blynk, esta trabaja de manera simultánea con el ESP32, o sea si la app. de Blynk nos aparece con conexión a internet eso significa que el ESP32 sí está con la conexión correcta, ya que esta tiene su propósito de indicarnos el nivel del aire, como se lo presenta a continuación, es como actúa la aplicación cuando hay presencia de hidrógeno en aire.

**Figura 10****Visualización del estado del dispositivo (conectado/desconectado)**

*Fuente: Elaboración propia de los autores.*

**5.2 Correos Recibidos**

Además de la correcta recepción de correos que obtuvimos, ya que nosotros en el código designamos ciertos mensajes que se envíen mediante correo, ya sean estos de alerta o de normalidad del estado del aire, cuando el sensor termina de calibrar el estado del aire en 30 segundos podemos obtener cuál es el rango normal del aire sin presencia de hidrógeno tanto en la aplicación como en el mensaje que el correo nos envía, ya que como dijimos recibimos correos tanto de alerta como de normalidad, cumpliendo así con su funcionalidad.

**Figura 11****Lógica de clasificación de umbrales (normal, alerta, peligro)**

Fuente: Elaboración propia de los autores.

### 5.3 Pruebas de Funcionamiento del Proyecto Completado

Dimos por hecho el correcto funcionamiento, una vez que nuestras lecturas del sensor MQ-8 fueron las correctas ya que en los laboratorios de nuestra facultad realizamos las diferentes pruebas con presencia de hidrógeno, que junto con nuestra ingeniera de química lo obtuvimos hidrógeno para nuestras pruebas, dando como resultado lo ya mencionado, la correcta lectura de los ppm del hidrógeno liberados en el aire así como respectiva activación del ventilador y el zumbador ya que estos están programados para que si superan el umbral de peligrosidad se activan automáticamente hasta que el aire se lo considere limpio y ya no peligroso para nuestra salud.

Ya que este gas con el que estamos trabajando además de ser inflamable nos dificulta respirar si lo inhalamos de manera directa por ello es muy riesgoso para las diferentes prácticas que se realizan en laboratorios químicos, en las imágenes de nuestras podemos observar la liberación del gas y cómo actúa, desde la respectiva obtención de hidrógeno desde cero hasta el correcto funcionamiento del Sistema.

**Figura 12**

**Resumen gráfico del funcionamiento completo del sistema**



*Fuente: Elaboración propia de los autores.*

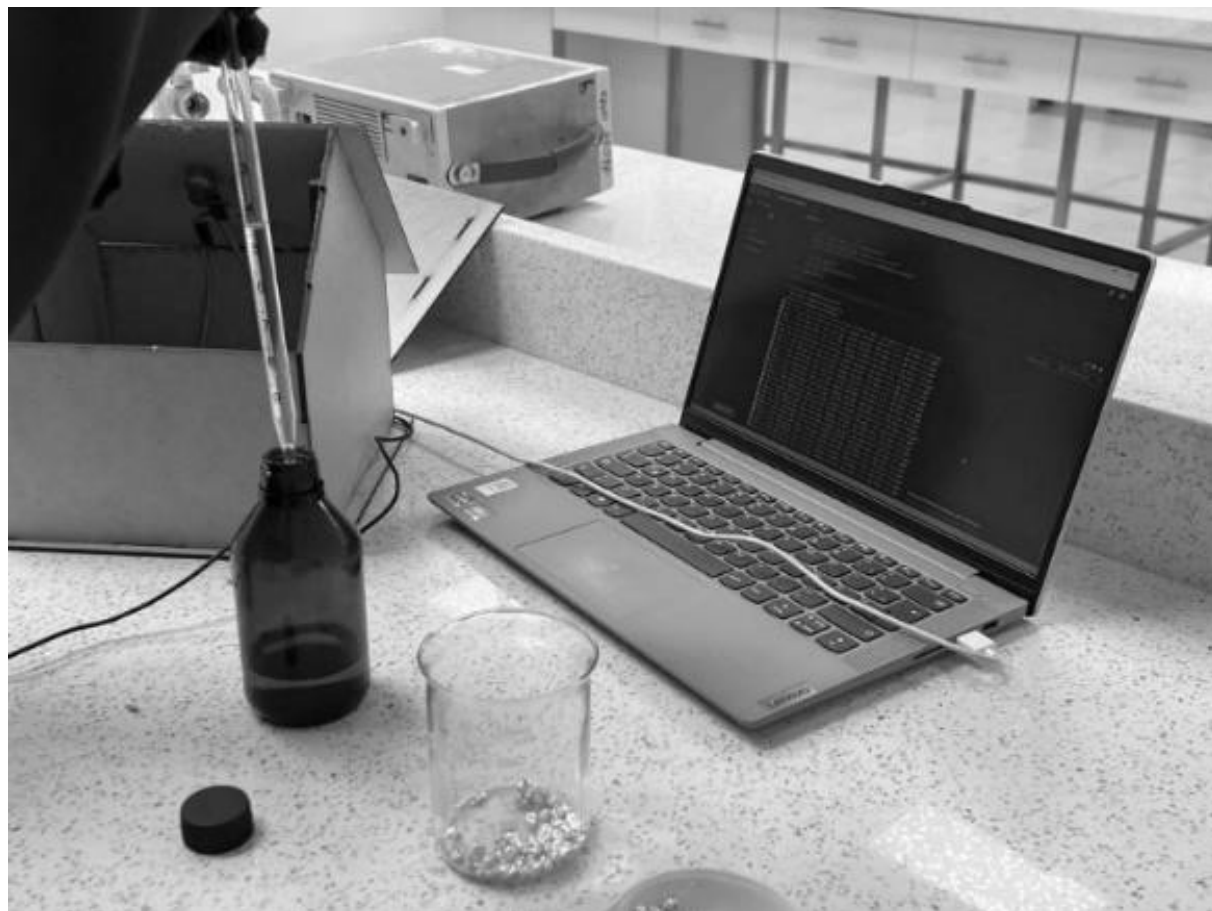
**Figura 13****Vista general del sistema implementado en protoboard**

*Fuente: Elaboración propia de los autores.*

**Figura 14**  
**Activación del buzzer al detectar gas inflamable**



*Fuente: Elaboración propia de los autores.*

**Figura 15****Equipo de laboratorio durante pruebas de campo**

*Fuente: Elaboración propia de los autores.*

**Figura 16**  
**Activación del ventilador al superar umbral crítico**



*Fuente: Elaboración propia de los autores.*

**Figura 17****Resumen gráfico del funcionamiento completo del sistema**

Fuente: Elaboración propia de los autores.

## CONCLUSIÓN

Este proyecto demostró la viabilidad de implementar un sistema de alerta temprana basado en el sensor MQ-8 y el microcontrolador ESP32, logrando la detección eficaz de concentraciones peligrosas de hidrógeno en tiempo real. La sensibilidad del sensor, combinada con una adecuada calibración y procesamiento digital, permitió clasificar el riesgo y activar mecanismos automáticos de respuesta para garantizar la seguridad del entorno.

Además, se evidenció que el uso de tecnologías IoT como la conectividad WiFi y plataformas de visualización remota permiten una supervisión constante y accesible desde cualquier ubicación, lo que representa un avance importante en la gestión de riesgos químicos en laboratorios. La integración del sistema con alertas visuales, sonoras y correo electrónico mejora la capacidad de respuesta ante eventos críticos, reduciendo así el tiempo de exposición y los posibles daños a la salud humana.

Finalmente, se concluye que el sistema propuesto es una solución de bajo costo, escalable y aplicable tanto en contextos académicos como industriales, contribuyendo de manera significativa a la prevención de accidentes por liberación de gases inflamables.

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) por brindar el espacio académico y el acompañamiento docente necesarios para el desarrollo de este proyecto. De igual manera, se reconoce el apoyo del personal del laboratorio de electrónica por facilitar los materiales y equipos indispensables para la implementación del sistema de detección de gases.

## FINANCIACIÓN (Obligatorio)

Información no incluida en el manuscrito original. Los autores deben declarar la fuente de financiación de su investigación o indicar expresamente que la investigación no tuvo financiamiento.

## CONFLICTO DE INTERESES (Obligatorio)

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA (Obligatorio)

Información no incluida en el manuscrito original. En concordancia con la taxonomía CRediT (<https://credit.niso.org/>), los autores deben completar la siguiente matriz.

**Tabla 1**

### Contribución de autoría según taxonomía CRediT

Participar activamente en:	Autor 1	Autor 2	Autor 3
Conceptualización			
Análisis formal			
Adquisición de fondos			
Investigación			
Metodología			
Administración del proyecto			
Recursos			
Redacción – borrador original			
Redacción – revisión y edición			
La discusión de los resultados			
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo			

*Nota: Marque con una X la participación de cada autor según corresponda.*

## REFERENCIAS

- [1]. «Circuito electrónico para sensado de gases asistido mediante Arduino». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/download/3295/3268?inline=1>
- [2]. «MQ-8 Ver1.3 - Manual.pdf». Accedido: 27 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ8%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>
- [3]. «Sensor MQ-8 gas Hidrógeno», Naylamp Mechatronics - Perú. Accedido: 27 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensoresgas/985-sensor-mq-8-gas-hidrogeno.html>
- [4]. xeohacker, «MQ-8 Hydrogen Gas Sensor: Datasheet, Pinout & Working - TheEngineering Projects». Accedido: 27 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.theengineeringprojects.com/2024/03/mq-8-hydrogen-gas-sensor.html>
- [5]. «Microsoft Word - MQ-8.doc». Accedido: 27 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.mouser.com/datasheet/2/830/MQ\\_8-1951103.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/830/MQ_8-1951103.pdf)
- [6]. «MQ-8 Detector de Hidrógeno», UNIT Electronics. Accedido: 24 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/mq-8-detectorde-hidrogeno/>
- [7]. A. S. Nagy et al., «Medición simultánea de gases con sensores MQ», Ing. ElectrónicaAutomática Comun., vol. 41, n.º 1, pp. 34-43, abr. 2020.