

# Sistema IoT para Monitoreo de Condiciones Ambientales en Plantas Industriales empleando Redes de Sensores Inalámbricos

## IoT System for Monitoring Environmental Conditions in Industrial Plants using Wireless Sensor Networks

José Antonio Chablé-Perez<sup>1</sup>, Manrique Magaña-Suarez<sup>1</sup>,  
Ernesto Alonso Ocaña-Valenzuela<sup>1\*</sup> y Alejandro Arias-Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, Carretera vecinal Comalcalco-Paraíso km. 2, Occidente 3ra. Sección, CP 86651, Comalcalco, Tabasco, México.*

*\*Corresponding author:  
ernesto.ocana@comalcalco.tecnm.mx*

**Resumen.** Los sistemas de monitoreo de condiciones ambientales son necesarios dentro de las instalaciones industriales, debido a los riesgos derivados de fugas o evaporación de químicos que son perjudiciales para la salud y que contaminan el medio ambiente. Este trabajo tiene como objetivo implementar sistemas de monitoreo IoT portátiles equipados con sensores de gas MQ para detección de gases contaminantes. El desarrollo de este trabajo considera el diseño del módulo, la elección de los sensores a utilizar, la programación del microcontrolador ESP32, la simulación, el armado y pruebas llevadas a cabo. El prototipo fue probado en una cocina industrial, utilizando un módulo para gas LP, por las dificultades de conseguir visitas a empresas industriales. Se observaron variaciones en las mediciones realizadas vistas desde la plataforma ThingSpeak cuando los módulos se colocaron cerca del área de trabajo, siendo una herramienta importante que ayude a evitar accidentes debido a fugas de gas.

**Palabras Clave:** Sistema IoT, Sensor MQ, Monitoreo, ESP32 y Plantas Industriales.

**Abstract.** Environmental condition monitoring systems are necessary within industrial plants, due to the risks derived from leaks or evaporation of chemicals that are harmful to health and contaminate

the environment. This work aims to implement portable IoT monitoring systems equipped with MQ gas sensors for detection of polluting gases. The development of this work considers the design of the module, the choice of sensors to use, the programming of the ESP32 microcontroller, the simulation, assembly and tests carried out. The prototype was tested in an industrial kitchen, using a module for LP gas, due to the difficulties of obtaining visits to industrial companies. Variations in the measurements made seen from the ThingSpeak platform were observed when the modules are placed near the work area, being an important tool that helps avoid accidents due to gas leaks.

**Keywords:** IoT System, MQ Sensor, Monitoring, ESP32, and Industrial Plants.

### I. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la calidad del aire en la industria es un proceso crítico para garantizar la seguridad y el bienestar de los empleados, así como para cumplir con los estándares de calidad ambiental. La instalación de equipos de monitoreo en las instalaciones de la empresa permite medir la cantidad de contaminantes en el aire, incluyendo partículas y gases.

Los equipos de monitoreo pueden incluir medidores de partículas, analizadores de gases y equipos de muestreo de aire. Estos dispositivos son fundamentales para evaluar la calidad del aire en diferentes áreas de la industria, como la petroquímica, eléctrica, reciclaje, tratamiento, minera, manufactura y aeropuertos (Tecnométrica, 2023). El monitoreo es especialmente importante en aplicaciones donde se manejan sustancias químicas peligrosas o se generan emisiones de gases de efecto invernadero. En estos casos, es crucial monitorear los niveles de contaminación para tomar medidas preventivas y correctivas para proteger el medio ambiente y la salud de los empleados. Además, el monitoreo de la calidad del aire en la industria es una herramienta fundamental para cumplir con las normas oficiales mexicanas (NOM) de salud ambiental. Estas normas establecen límites máximos para la cantidad de contaminantes permitidos en el aire, y el monitoreo es esencial para evaluar si se están cumpliendo estos límites (INECC, 2019)

Por esta razón, el objetivo de este proyecto es el diseño y la implementación de un sistema IoT para monitorear las condiciones ambientales de las plantas industriales utilizando redes de sensores inalámbricos. La importancia de realizarlo radica en su contribución a la seguridad en entornos industriales mediante la implementación de un sistema de monitoreo de gases en tiempo real basado en el Internet de las Cosas (IoT) (Smith, 2022). Lo cual beneficia a la comunidad científica al proporcionar una solución integral y flexible que puede adaptarse a diferentes entornos industriales, permitiendo la detección y análisis de variables de gases de manera efectiva y segura. Además, su enfoque en la conectividad y la eficiencia en la recopilación de datos lo hace relevante para la investigación y desarrollo en el campo de la monitorización ambiental.

## II. METODOLOGÍA

El procedimiento que se lleva a cabo para la realización del trabajo se muestra en la Figura 1.

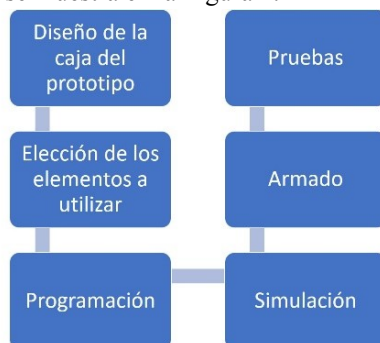


Figura 1. Diagrama de bloques del procedimiento de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

El software AutoCAD se utiliza para diseñar la disposición de los sensores en un plano 3D (Figuras 2 y

3), facilitando la creación de soportes y cajas para proteger los componentes (Autodesk, 2024). En el diseño se incluye una base para el dispositivo con una caja que permite el contacto con el ambiente, protegiendo los componentes cruciales.

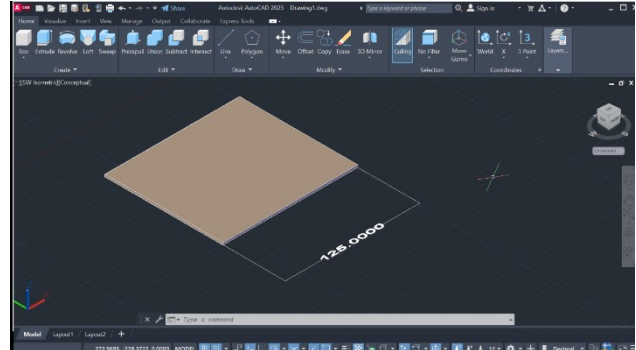


Figura 2. Base para la disposición de sensores. Fuente: Elaboración propia.

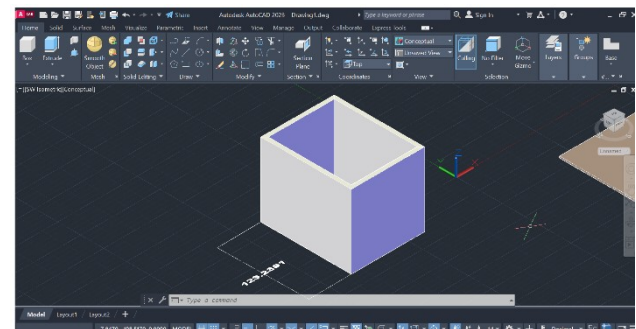


Figura 3. Caja para carcasa del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el diagrama eléctrico en el software Proteus (Proteus, 2024) y se define el sensor MQ para pruebas durante el desarrollo del prototipo, considerando su uso en áreas industriales y simulando el entorno de trabajo para colocar los sensores adecuadamente. El objetivo es obtener lecturas precisas al interactuar con el ambiente y protegerlo con una carcasa (Figura 4).

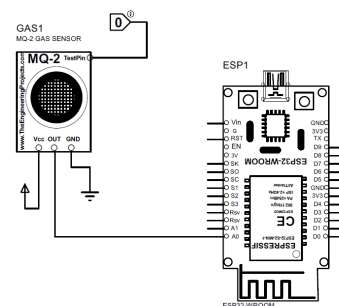


Figura 4. Conexión del circuito de forma virtual. Fuente: Elaboración propia.

La planificación de la distribución de los sensores asegura una recolección precisa de datos, registrados en una base de datos accesible mediante una red IoT la cual fue diseñada en un servidor para un análisis rápido. Se elige programar la tarjeta de desarrollo en lenguaje de programación C++ utilizando el software Arduino (Arduino, 2024), configurándolo para acceder a una red wifi y enviar datos recopilados localmente. Se definen variables para interpretar los datos del sensor MQ y se programa para enviarlos a un servidor en línea con nombre ThingSpeak (ThingSpeak, 2024).

El circuito se arma en un protoboard como prueba con la tarjeta ESP32 y el sensor MQ2, alimentado con 5V desde una laptop.

Para el armado del prototipo final se implementa una base para la tarjeta con conexiones de pines y alimentación por batería para hacerla inalámbrica, compartiendo la alimentación con el sensor MQ. Todo se coloca dentro de la caja diseñada previamente.

En lo que respecta a la forma como va a trabajar el prototipo, se presenta en la figura 5 un diagrama de bloques con el procedimiento de trabajo.

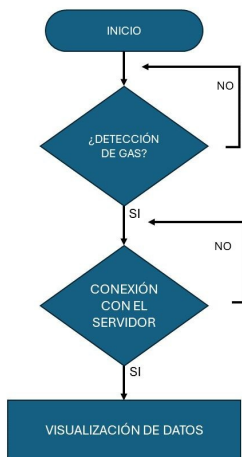


Figura 5. Diagrama de bloques del procedimiento de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

### III. RESULTADOS

En el prototipo final para la conexión de la placa al sensor se utilizan las mismas entradas ya dispuestas en la programación (figura 6). Para la alimentación del circuito se utiliza una batería externa de 9V la cual es regulada a 5V con la placa base la cual cuenta con las resistencias necesarias para proteger el circuito, además se cuenta con un switch de apagado manual el cual ayuda a reiniciar el sistema en caso de necesitarlo.

El diseño de la caja principalmente está realizado para lograr una disposición adecuada del sensor de gas MQ los cuales deberá tomar las muestras de manera fácil y proporcionar protección al circuito.



Figura 6. Armado del circuito interno del primer sensor. Fuente: Elaboración propia.

Terminado el primer prototipo se procede a realizar dos prototipos más con otros sensores del mismo tipo MQ lo cual resulta en la creación de un sistema IOT el cual es una red de sensores de gas tipo MQ que podrá ser distribuida en el entorno industrial en el cual se requiera tener un monitoreo constante (Figura 7).



Figura 7. Red de sensores de Gas. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la instalación de uno de los módulos en una cocina industrial en el que se puede medir gas LP (ver figura 8), para comprobar que el equipo funcionaba correctamente, realizando la detección oportuna en una situación que para las personas que estaban en la zona no era perceptible, esto con la finalidad de determinar el grado de utilidad del dispositivo. Después de la prueba se pudo verificar que en situaciones de riesgo en donde el trabajador puede correr algún peligro, encontrar un equipo que ayude a evitar riesgos en su salud es una herramienta muy interesante.



Figura 8. Instalación del equipo en cocina industrial.  
Fuente: Elaboración propia.

Al recurrir a la toma de muestras en cada uno de los sensores, al consultar la página de ThingSpeak en donde se inicia sesión a la conexión del servidor y se visualiza en cada uno de los canales como cada sensor hace un muestreo y una detección de gas. Se puede visualizar como el canal de envío de datos al servidor del sensor MQ2 hace una detección de tipo gas y se puede corroborar por medio de la gráfica que está haciendo la toma de datos de manera correcta (Figura 9).

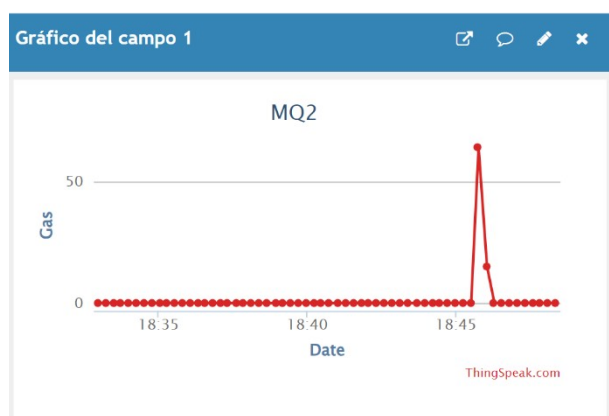


Figura 9. Gráfica de datos de muestra con sensor MQ2.  
Fuente: Elaboración propia.

En relación a los costos, en la Tabla 1 se muestran los costos aproximados en la fecha que se realizó el diseño.

**Tabla 1. Gastos de los componentes utilizados para realizar el módulo. Fuente: Elaboración propia.**

Componente	Costo aproximado
ESP-32	\$120
Zócalo expansor para ESP-32	\$70
Sensor MQ	\$70
Batería Interna (Li-ion)	\$150
Buzzer Pasivo	\$15
Switch	\$15
Cable tipo Jumper (set de 40-50)	\$40
Caja pequeña de MDF	\$60
<b>Total</b>	<b>\$540</b>

#### IV. DISCUSIÓN

El proyecto de monitoreo de gases en tiempo real para entornos industriales representa un avance significativo en la seguridad y eficiencia de las operaciones industriales. Al implementar un sistema basado en IoT con tecnología avanzada como la tarjeta ESP32, se logra una vigilancia continua y precisa de los niveles de contaminantes, lo que reduce considerablemente los riesgos para los trabajadores y el medio ambiente.

En la revisión de la bibliografía se encontró un módulo portátil para monitoreo de gases tóxicos en la cabina de un vehículo. El sistema utiliza un arduino uno como microcontrolador, utilizando conectividad GSM/GPRS, los sensores MQ utilizados detectan benceno y formaldehído (Romero, 2023).

Otro trabajo realizado fue el diseño de un prototipo para monitoreo de gases tóxicos (benceno, monóxido de carbono y metano) durante incendios, el proyecto es realizado utilizando arduino y cuenta con una alarma y la información se muestra en una pantalla LCD. El módulo cuenta con los sensores que se programaron en el mismo módulo, aunque se sigue trabajando en el proyecto (Morales et al., 2022).

Dentro de las ventajas de este proyecto es que los sensores dentro de los módulos pueden ser intercambiables, dependiendo del tipo de gas que se vaya a utilizar, el uso de la tarjeta ESP32 le permite conectarse a internet para envío de dicha información y con esto tener la posibilidad de realizar análisis de los datos a fin de realizar estimaciones y predicciones con la información. Durante las pruebas se concluyó que era necesario colocarle un dispositivo que emitiera una alarma cuando llegue a niveles superiores de los permisibles, siendo esto una ventaja si se desea mantener informado a los presentes de las condiciones seguras. Además, la portabilidad hace atractivo para una futura comercialización.

Sin embargo, es importante tener en cuenta algunos desafíos potenciales asociados con este tipo de proyectos. Por ejemplo, la calibración y mantenimiento de los sensores de gas requiere un cuidado y atención constantes para garantizar la precisión de las mediciones. Además, la seguridad de los datos transmitidos a través de internet es crucial para evitar posibles intrusiones o manipulaciones.

#### V. CONCLUSIONES

El monitoreo de gases tóxicos utilizando los módulos portátiles es un trabajo que promete ser una herramienta importante en la búsqueda de ambientes libres de accidentes en las empresas. Durante las pruebas del sistema en las instalaciones que se tuvo acceso, generó confianza en los trabajadores, debido a que con el uso de

los equipos como este se puede prevenir intoxicaciones por inhalación de gases.

Dentro de las intenciones del trabajo futuro se contempla la visita a empresas industriales, en las cuales, se permita conocer la efectividad del mismo, además de que se estarán realizando algunas pláticas con el personal para mostrar los beneficios. Se están revisando, de igual manera, las normas oficiales mexicana, a fin de validar la información con ellas, así como, estimar los valores de partículas por millón (ppm) aceptables para cada sensor. En el caso del equipo que se probó, se colocó la alarma cuando el valor de gas LP superó las 600 ppm, pero estas pruebas se hicieron en un ambiente controlado que no provocarían un accidente.

La implementación del sistema de monitoreo para gases que utilizan sensores MQ y una tarjeta ESP32 proporciona facilidad a la hora de detectar y analizar las variables de gases en el entorno donde será instalada. En relación a los costos, se considera que para el beneficio que se obtiene, el costo es bajo, para las ventajas que pueden darse por haberlo adquirido ya que los riesgos de trabajar en estos ambientes peligrosos que se generan son altos. Es importante mencionar que el sistema es más eficiente en lugares cerrados ya que la temperatura del ambiente hace cambiar las variables a tomar, además que la concentración de un gas es más perceptible en este medio.

## REFERENCIAS

- Arduino. (2024). What is Arduino. *Recuperado de:* <https://www.arduino.cc/>
- Autodesk (2024). Autodesk AutoCAD: software de diseño y dibujo en el que confían millones de usuarios. *Recuperado de:* <https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview>
- INECC. (2019). Visión nacional: Calidad del Aire. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. *Recuperado de:* <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosmunicipios/Aire.html>
- Morales, J. P. O., Duque, T. M., Campo, D., Enríquez, C. F., Rendón, A. Á., & González-Vargas, A. M. (2022). Construcción de un prototipo Alfa para el monitoreo continuo de gases durante incendios. *Ciencia Transdisciplinaria en la Nueva Era*, 347.
- Proteus. (2024). PCB Design and Circuit Simulator Software. Labcenter Electronics. *Recuperado de:* <https://www.labcenter.com/>
- Romero, O. (2023). Sistema Electrónico Portátil para el Monitoreo de Gases Tóxicos en la Cabina de Vehículos mediante una Aplicación Móvil. *Revista Científica Emprendimiento Científico Tecnológico*. No. 4
- Smith, J. (2022). Internet de las Cosas (IoT): Conceptos y aplicaciones. Editorial Tecnológica.
- Tecnométrica. (2024). Estación de Sistema de monitoreo sobre la calidad del aire en el medio industrial. *Recuperado de:* <https://www.tecnometrica.com.mx/Estacion-Sistema-Monitoreo-Calidad-Aire.html>
- ThingSpeak (2024). Internet of Things. *Recuperado de:* <https://thingspeak.com/>