



Fabricación y diseño de un detector de H₂S para tanques de almacenamiento y líneas de hidrocarburo

Juan Jesús Pérez Arteaga^{1}, Juan Carlos Ramírez Vázquez¹, Elizabeth Pérez Arteaga¹*

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

* juan.perez@itspanuco.edu.mx

RESUMEN

El presente trabajo realiza la arquitectura de un detector de HS₂ (Ácido Sulfhídrico), el cual, mediante la ejecución de una aplicación móvil, se puede dar seguimiento desde un teléfono móvil a la ppm (partes por millón), que están presentes en tanques de almacenamiento, ductos y fugas en la conducción del hidrocarburo donde el detector haya sido colocado.

Por otra parte, el detector envía una señal sonora y visual a través de led's que se activan debido a una acumulación de gas con lecturas de un 33% (10 ppm) del límite mínimo de exposición al personal en ambiente compartido con el gas H₂S.

El enlace de comunicación entre la aplicación móvil del smartphone y el detector de H₂S se consigue mediante bluetooth y/o Wi-Fi, y con el uso de una plataforma de desarrollo conocida como Arduino logrando una conexión desde el microcontrolador a los diferentes sensores y actuadores con sencillez.

Con esta labor se pretende prevenir y disminuir prácticamente en su totalidad el número de accidentes eventuales, enfermedad profesional acorde a la LFT (Ley Federal del Trabajo) en su artículo 475 o muerte por alta exposición sin equipo de seguridad.

Palabras claves: H₂S, ppm, ducto, Arduino, detector

ABSTRACT

The present work carries out the architecture of an H₂S detector, which, through the execution of a mobile application, can monitor from a mobile phone the ppm that are present in storage tanks, pipeline and leaks in the conduction of the hydrocarbon where or detector has been placed.

On the other hand, the detector sends an audible and visual signal through LEDs that are activated due to an accumulation of gas with readings of 33% (10 ppm) of the minimum exposure limit of personnel in a shared environment with the gas H₂S.

The communication link between the mobile application of the smartphone and the H₂S detector is achieved through wi-fi, and with the use of a development platform known as Arduino, achieving a connection from the microcontroller to the different sensors and actuators with simplicity.

With this work, the aim is to prevent and reduce practically the entire number of eventual accidents, occupational disease according to the LFT in its article 475 or death due to high exposure without safety equipment.

Keywords: H₂S, ppm, pipeline, Arduino, detector.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años dentro del sector petrolero han aumentado los accidentes fatales por falta de precaución y omisión de la acumulación de gases en tanques de almacenamiento, ductos y fugas en la conducción del hidrocarburo.

En un principio existían maneras para encontrar gases combustibles en actividades de minería, muy útil para encontrar el “grisu”, así llamaban a los gases inflamables, en singular el metano; presente en carbono muy bituminoso. Estos mecanismos hacían el cálculo de entre 25% y el 50%, acorde al conocimiento, formación, edad y captación de colores por la persona (Allcock, 2020).

De acuerdo con la Real Academia Española (RAE, 2022), un sensor es un instrumento que realiza una actividad de medición externa, temperatura, presión, etc., y la transfiere correctamente, para una unidad de medida. El sensor realiza la conversión de una señal

física de prueba a una señal eléctrica. De acuerdo con unas revisiones existe un equipo que mide el H₂S bajo principios de sensores piezoeléctricos que analizan la halitosis. Aplicado a personas enfermas y sanas (Escalona, Mejias, Vega, Manganiello, 2016).
llamado GasAlert

Mientras que en Colombia en una investigación se encontró biogás en granjas porcícolas con lecturas de H₂S de 3000-5000 ppm, medir este gas sirve para evitar la corrosión y toxicidad, debido al peligro de su manipulación en las granjas porcícolas (Gonzalez Tous, 2020).

Con el avance tecnológico apareció el Sulfilogger con capacidad de lectura continua de H₂S ante la exposición de aguas residuales y el aire, con una resistencia en ambientes riesgosos en alcantarillas, el dispositivo está en desarrollo. (SULFILOGGER A/S , 2021).

Una de las tareas del prototipo propuesto será evaluar vía remota mediante una aplicación Móvil las concentraciones en ppm del gas antes de acceder a lugares con altos niveles de H₂S (Ácido Sulfhídrico)

METODOLOGÍA

Se plantea la elaboración de un prototipo que permita la detección oportuna de los niveles permitidos o dañinos en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos que acumulan H₂S, mediante un módulo calibrado y configurado para emitir una alarma visual y sonora en zonas de ambientes peligrosos.

Los criterios elementales de los sensores están compuestos por tres: El inicial es el rango (datos que pueden cuantificarse), el secundario es la resolución (escala mínima detectable) y por último es la sensibilidad (cambio en valor de salida acorde a la variante de intensidad medida). (De la Garza Franco, 2023).

En el proceso de la investigación se usa la metodología cuantitativa (Roque Bar, 2010) en la que de una población se recolectan muestras, con las que podría inferirse con éxito respuestas óptimas. Para este trabajo se usa la metodología experimental que comprende e incluye diversas etapas del método científico (figura 1), posterior a la designación de una hipótesis y objetivos en la investigación, debe ser clara refutar las

hipótesis por lo tanto hay que identificar las variables e identificar cómo se medirán para su análisis y así determinar el diseño experimental. (Llopis Castelló, 2023).

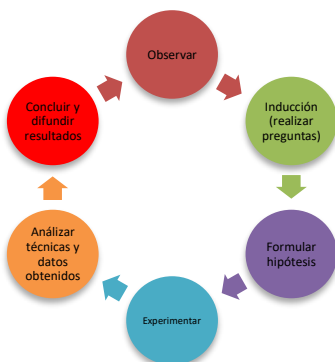


Figura 1. Método Científico.

Los componentes (tabla 1) que se utilizaron para el prototipo de investigación son:

Tabla 1.-Componentes del prototipo diseñado

1. Programa Arduino
2. Tarjeta Arduino nano V3
3. Módulo de Sensor de Gas (Sulfuro de Hidrógeno) H2S
4. Paquete de cables Jumper Dupont
5. Tarjeta Esp32-32 Wifi+Bluetooth
6. Modulo led grove-RGB LED
7. PLA (filamento para impresión en 3D)
8. Placa 5x7
9. Buzzer zumbador

Diagrama de conexión de componentes de prototipo.

Como parte del diseño del prototipo del sensor de H2S, fue necesario el software Fritzing para realizar el diagrama de conexiones (figura 2), la alimentación del circuito es proporcionada por una power bank de 5v en la salida con un puerto usb.

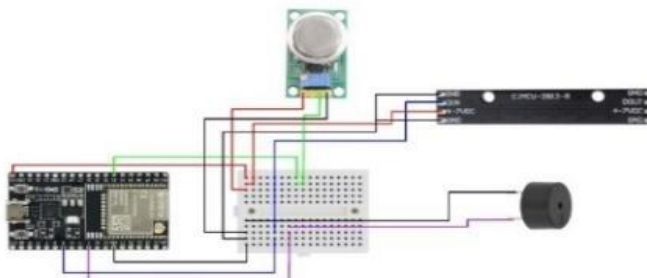


Figura 2. Diseño del circuito y conexiones para el prototipo del sensor.

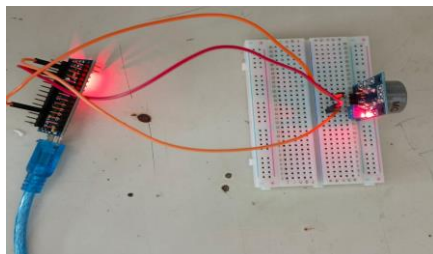


Figura 3. Conexión de componentes y puesta en marcha.

El ensamble del prototipo en protoboard para pruebas es recomendado previo a la actividad mediante el encapsulado en un módulo cuadrado de PLA (Ácido Poliláctico), en las imágenes se corrobora la actividad, (figura 3). Así también, se recomienda la carga del programa en el módulo arduino. Así también, se efectúa la carga del código de programación de Arduino en la tarjeta de desarrollo Esp32 Modulo Wifi+bluetooth tipo C. De esta manera es posible realizar pruebas iniciales de la calibración en el sensor (figura 4).

El valor de resistencia del MQ-136 es distinto para varios tipos y concentraciones de gases, el ajuste de sensibilidad es muy necesario. calibrar el detector para una concentración de H₂S de 10 ppm en el aire se requiere un valor de resistencia de carga aproximadamente de 20 K Ω (10 K Ω a 47 K Ω). (I+D, 2023)



Figura 4. Demostración previa del sensor.

El sensor está compuesto mediante un tubo cerámico AL₂O₃, una capa sensible de dióxido de estaño (SnO₂), el electrodo de medición y el calentador se fijan en una corteza hecha de plástico y red de acero inoxidable. El calentador proporciona las condiciones de trabajo necesarias para el trabajo de componentes sensibles. En la technical data del MQ-136 las condiciones estándar de trabajo son de un voltaje de circuito de 5V \pm 0.1, una tensión de calefacción de 5V \pm 0.1 y las condiciones estándar de detección son de Temp:

20°C ±2 °C Vc:5V±0.1 a Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1 y un preheat time over 24 hour. (I+D, 2023)

La conectividad Wi-Fi y bluetooth son muy usadas para lograr emparejamiento inalámbrico con amplia gama de teléfonos portátiles, laptops y diversos equipos de comunicación personal. (Nova Becerra, 2018). Para el monitoreo de las lecturas del prototipo, se usa una aplicación de Google Play llamada thingview instalada en un Smartphone posteriormente se vincula la tarjeta de desarrollo Esp-32 wifi-bluetooth (alimentada mediante una power bank o conectado a una fuente de 5 V. mediante puerto usb, figura 4) , la pantalla muestra lecturas de concentración de ppm (figura 5) y la tira led indica 3 estados de exposición (baja, media y alta), el buzzer (bocina) se activa al momento de la detección de HS2, acorde a los parámetros de la siguiente tabla 2.



Figura 4.-Prototipo alimentado con powerbank.

Tabla 2. Criterios y valores de exposición de H2S.

Límite de Exposición	Concentración	Límite de L.E.O
8 hrs. Largo plazo	10 ppm	Límite promedio máximo de exposición en una jornada diaria de 8 hrs. Sin uso de protección
15 min (corto plazo) Tope	15 ppm	Límite promedio de exposición con 60 minutos de separación entre cada exposición.
	20 ppm	Ninguna persona podrá estar expuesta a concentraciones iguales o mayores a esta sin equipo de protección respiratoria

Fuente: Proyecto Ombu Campo Capella Sulfuro de Hidrógeno, modificado por: pérez,2023

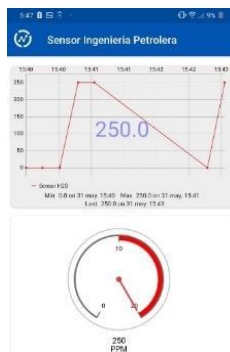
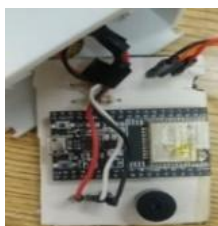


Figura 5. Monitoreo en tiempo real de H2S en ppm.

Se visualizan los componentes conectados con su respectivo cableado conectado el Sensor H2S (figura 6) , ubicado en la parte externa para detección y toma de lectura en ppm del gas, la tarjeta Esp32-32 Modulo Wifi+Bluetooth permite detectar el umbral de ppm del sensor activando una alarma sonora y una señal visual led , la tira led RGB es activada en 3 posiciones (bajas, mediana y alta en ppm), además el monitoreo es remoto mediante un smartphone.



```
const char* ssid = "Antifugaslp"; //Nombre de la red
const char* pass= "123456789"; //Contraseña de la red
unsigned long channelID= 2160766;
const char* WriteAPIKey= "V6D81SGQ5730PDU8";
```

Figura 6 .- Componentes del prototipo y parte de código de conectividad WIFI.

Para la terminación del prototipo se requirió una impresora 3D y filamento PLA para su encapsulado en un módulo cuadrado (figura 7).



Figura 7.- Sensor terminado en un encapsulado de PLA.

Pruebas

Se realizaron pruebas de comparación del prototipo desarrollado contra un equipo de marca reconocida y de venta comercial, como lo es detector Multigas Altair® 4XR, permitiendo constatar que las mediciones tomadas con el dispositivo son idénticas al equipo comercial, en la tabla 2 están los resultados de las lecturas entre los 2 equipos.

Tabla 2. Lecturas de equipos en una muestra de hidrocarburo con H₂S.

Mediciones Efectuadas	Detector Multigas Altair® 4XR	Prototipo detector de H ₂ S
1	180 ppm	179.7 ppm
2	210 ppm	209.6 ppm
3	219 ppm	218.8 ppm
4	214 ppm	213.5 ppm
5	218 ppm	217.7 ppm
6	221.9 ppm	221.5 ppm
7	198 ppm	197.4 ppm
8	205 ppm	204.3 ppm
9	195 ppm	194.5 ppm
10	202 ppm	201.2 ppm

El margen de error de medición entre un equipo y otro es de 0.23 % generando una alta confiabilidad en el uso de este prototipo para mediciones en campo (tabla 2).

Muestra representativa de hidrocarburo obtenida del pozo laguna de la milpa localizado en el campo Pánuco-Ébano, mismo que fue evaluado a través del uso de este prototipo presentando un valor de 171 ppm (figura 8).



Figura 8. Medición de H₂S en muestra de hidrocarburo.

RESULTADOS

Se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo del prototipo para lectura de gases resultantes de hidrocarburos en particular del H₂S cuyas lecturas presentan una alta confiabilidad acorde al margen de error 0.23%; se hace el comentario que el prototipo en

su integración no representa un costo tan elevado en comparación con equipos presentes en el mercado.

DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del proyecto se cuidó la interconexión de los componentes, un mínimo error afectaría la correcta operación. En pruebas preliminares el equipo demostró lecturas instantáneas de H₂S en muestras de hidrocarburo, como mejora se propone anexar una batería de respaldo de 5V en caso de falta de energía eléctrica y realizar las pruebas de laboratorio para validación de su calibración bajo NOM.

CONCLUSIONES

En la realización del proyecto se ajustan etapas de pruebas con el objetivo de verificar la creación de un método para detectar el H₂S con un mínimo costo utilizando software y hardware de uso libre, para monitoreo de datos inalámbricamente, aunque existió la problemática de recolectar muestras de hidrocarburo (De Paz Menendez, 2015).

Este trabajo presenta las actividades preliminares de la necesidad de un equipo que corrobore en campo las lecturas de H₂S detectando las ppm de exposición del personal en la industria de los hidrocarburos y con la combinación de la electrónica, siendo una necesidad cotidiana de inspeccionar las áreas de trabajo con alto índice de exposición en la atmósfera de trabajo diario fundamentado en la experiencia de personal.

LITERATURA CITADA

Allcock, C. (24 de Marzo de 2020). *DSA SUPPLIERS*. Obtenido de PRINCIPIOS DE LA DETECCIÓN DE GASES: SENSORES DE GAS COMBUSTIBLE Y CATALÍTICO: <https://es.dsasuppliers.com/blog/principles-of-gas-detection-combustible-gas-catalytic-sensors/>

I+D. (2023). *didacticaselectronicas*. Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php>

De la Garza Franco, F. (2023). *Fabricación de sensores de CO₂ para medir la calidad de aire basados en Nanomateriales de óxido de estaño y modificados con PB,*

- BA y C3N4. tesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tepejil del río de Ocampo. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/3119/AT26703.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De paz Menendez, A. (Junio de 2015). *Desarrollo de un Sistema de Sensores para la Deteccion de Sustancias Peligrosas*. Madrid: Universidad Autonoma de Madrid. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55668251/Deteccion_de_gases_nocivos_con_arduino-libre.pdf?1517293200=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_AUTONOMA_DE_MADRID_ESCUELA_P.pdf&Expires=1693467425&Signature=ZH2zw2iw1Ghq48uepcP64QZ
- Escalona, M., Mejias, E., Vega, C., & Manganiello, L. (2016). Prototipo para la medición de H2S basado en sensores piezoeléctricos. *Ingeniería UC*, 351-375.
- Gonzalez Tous, J. G. (2020). *Tecnologías de sensores para detectar ácido sulfhídrico aplicable a la producción de biogás en las granjas porcícolas colombianas*. Colombia: Universidad de los Andes
- Llopis Castello, D. (2023). Metodología de la Investigación. Valencia, España. Obtenido de <https://poliformat.upv.es/access/content/user/24389381/Contenido%20abierto%20al%20p%C3%BAblico/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n/3.2%20Metodologi%CC%81a%20experimental.pdf>
- Nova Becerra , J. (2018). *Diseño y Desarrollo de una aplicación para monitorear la concentración de CO y CH4 en dispositivos móviles android*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontifica Bolivariana. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5319/digital_36419.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- RAE. (2022). *Asociación de Academias de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/sensor?m=form>

Roque Bar, A. (04 de Enero de 2010). La Metodología Cuantitativa y su Uso en América Latina. 1.14. Santiago, Chile. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2010000100001>

SULFILOGGER A/S. (19 de Febrero de 2021). *CORDIS*. Obtenido de <https://cordis.europa.eu/article/id/429104-new-hydrogen-sulfide-sensorremoves->