



Instituto Tecnológico de las Américas (ITLA)

Centro de Excelencia Mecatrónica

Título:

SGLC: Detector de gas inteligente y sistema de control de fuga

Autores:

Annel Isaías Zorrilla Domínguez 2021-2153

Bryan Jiménez De La Rosa 2021-1108

Joan Fermín Valdez Alcántara 2020-10359

Kevyn David Fernández Cornielle 2021-1955

Pedro Moisés Mota Pimentel 2017-4649

Trabajo de Fin de Grado Para la Obtención del Título:

Tecnólogo en Mecatrónica

Asesor:

Ing. Pedro Castro

Santo Domingo, República Dominicana

04 de diciembre de 2024

Tabla de contenido

Agradecimientos.....	1
Dedicatoria	2
Resumen	7
Capítulo 1 Introducción.....	8
Planteamiento del problema.....	8
Justificación	10
Alcance y limitaciones.....	11
Entregable	11
Características del proyecto:	11
Limitaciones.....	12
Objetivos	12
Marco Metodológico	13
Método de investigación	13
Investigación de mercado	14
Capítulo 2: Marco teórico	17
Sobre los gases inflamables	17
Sobre los sensores de gases	18
Sobre la detección inteligente	21
Antecedentes.....	22
Marco conceptual	24
Capítulo 3: Diseño y construcción	26
Concepto.....	26
Maestro	26
Circuito y componentes	27
Diseño de PCB y diseño de CAD	32
Esclavo	33
Circuito y componentes	33
Página Web	35
Capítulo 4: Prototipo	36
Maestro	36
Esclavo	38
Bill of Materials	39

Capítulo 5: Resultados y Conclusiones.....	40
Perspectivas Futuras	41
Bibliografía	42

Agradecimientos

Antes que todo, queremos agradecer a Dios por habernos permitido llegar a esta etapa de manera exitosa, guiándonos en cada paso del camino, brindándonos sabiduría y fortaleza en los momentos de angustia. A él le debemos cada logro alcanzado y cada obstáculo superado.

A nuestra institución, el Instituto Tecnológico De Las Américas (ITLA), por brindarnos una plataforma en la cual poder desarrollar una amplia gama de habilidades que serán nuestro respaldo en nuestra vida profesional.

Agradecemos a cada uno de los maestros por su dedicación, gracias por su paciencia y sabiduría. Su guía ha sido clave en nuestro crecimiento personal y profesional. Nos han inspirado a ser mejores cada día y a enfrentar los desafíos con determinación. ¡Gracias por ser faros de conocimiento y ejemplo para todos nosotros!

A nuestros queridos familiares, queremos expresarles nuestro más profundo agradecimiento. Su apoyo incondicional, amor, paciencia y aliento constante nos han dado la fuerza para seguir adelante en este camino. Gracias por estar a nuestro lado en los momentos de esfuerzo y sacrificio, y por celebrar con nosotros cada pequeño avance. Su confianza en nosotros ha sido una fuente de motivación invaluable. Este logro también es suyo, y no podríamos haberlo alcanzado sin ustedes.

Dedicatoria

~ Annel Zorrilla

A mi madre, Carmen Domínguez, cuya presencia incondicional ha sido un pilar fundamental a lo largo de mi carrera. Estuvo siempre a mi lado brindándome apoyo, enfrentando juntos los desafíos y llenándome de la alegría y positividad necesaria para superar cualquier adversidad.

A mi padre, Aníbal Zorrilla, un hombre lleno de entusiasmo y bondad, quien no escatimó esfuerzos para apoyarme en este largo camino. Su ejemplo de dedicación y entrega ha sido una fuente constante de inspiración, y su respaldo incondicional siempre me ha alentado a seguir adelante.

A mis hermanas, Patrick y Aneliz Zorrilla, quienes, cada una a su manera, aportaron un apoyo invaluable en este viaje. Su presencia y cariño han sido un refugio y una motivación constante. Sin todos ellos, este recorrido no habría sido fácil; su contribución fue clave para que hoy esté aquí. A todos ellos, les expreso mi más profundo agradecimiento.

~ **Bryan Jiménez**

A mi madre, Carmen Delia de la Rosa, la persona más importante en mi vida, quien me ha brindado su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera. No limitándose al aspecto monetario, ha estado ahí para mí en todos los sentidos; para darme consuelo, ensuciarse las manos cuando la situación lo haya requerido y, como no, para estar ahí brindándome la alegría y positividad necesaria para poder sobrellevar cualquier contratiempo.

A mi querida abuela Susana Rosado de la Rosa, una persona llena de gozo y alegría que siempre ha hecho hasta lo imposible para apoyar a los suyos. Su presencia en mi vida ha sido un faro de amor y fortaleza, recordándome siempre la importancia de la unión familiar, el esfuerzo y la gratitud.

A mis primos, Josué Ramon de la Rosa, Raysa Paniagua de la Rosa y Rosemary García de la Rosa. Cada uno de ellos representó a su manera un gran aporte en mi paso por esta carrera. Sin ellos, esta travesía hubiera sido más escabrosa y quizás no estaría aquí el día de hoy. Por todo lo que han hecho por mí en estos últimos años les estoy enormemente agradecido.

~ Joan Valdez

A mi Padre Ruben Valdez y mi Madre Odalisa Alcántara, quienes han sido mi mayor fuente de amor y fortaleza. Gracias por enseñarme, con su ejemplo, que el esfuerzo y la dedicación siempre rinden frutos. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su fe en mí me han dado el impulso necesario para superar cada desafío en este camino. Esta meta alcanzada es tanto mía como de ustedes.

A mi Tía Belgica Valdez y mi Prima Catherine Valdez, por estar siempre presentes, brindándome su cariño y respaldo en los momentos que más lo necesité. Su confianza en mis capacidades me motivó a seguir adelante, y sus consejos y gestos amables fueron una luz en los días más difíciles. Su apoyo ha sido invaluable.

A mi Padrino Luis Romero, quien no solo creyó en mí, sino que también se tomó el tiempo de guiarme en los temas más complejos de mi carrera. Su paciencia para enseñarme, su sabiduría y su dedicación han sido un pilar importante en mi formación. Le debo mucho de lo que he aprendido y del profesional que aspiro a ser.

A mis profesores, por compartir su conocimiento con tanta generosidad y pasión. Cada clase, cada consejo y cada lección me han ayudado a crecer, no solo como estudiante, sino también como persona. Su labor trasciende las aulas, y estoy profundamente agradecido por todo lo que han hecho por mí.

A mis compañeros de tesis, por su esfuerzo, compromiso y perseverancia durante este proceso. Trabajar junto a ustedes me ha enseñado el valor del trabajo en equipo y la importancia de nunca rendirse. A mis amigos de toda la carrera, gracias por las risas, el apoyo y los momentos compartidos. Su amistad ha sido un motor para seguir adelante, incluso en los días más complicados.

~ **Kevyn Fernández**

A mis padres, este logro es tanto mío como suyo. Gracias por ser mi apoyo incondicional, por cada palabra de aliento en los momentos difíciles y por cada sacrificio que hicieron para que yo pudiera alcanzar este sueño. Su amor y dedicación han sido el impulso para seguir adelante. Les estaré eternamente agradecido por creer en mí, incluso cuando yo mismo dudaba.

~ Pedro Mota

Esta Tesis se la dedico a mis padres por el apoyo brindado, a mis tías Kirsis y Maritza por siempre estar ahí apoyándome en todo lo que necesite durante el transcurso de esta carrera, sin ellas esto no hubiera sido posible.

A mis amigos: Lenny, Karla, Mia, Juan Carlos, Melissa y Smerlin por todo su apoyo brindado incondicionalmente y sus palabras de aliento en cada momento y siempre apostar a mi este logro es tanto mío como de ustedes. También mis amigos que son como hermanos que me dejó el ITLA, Rolkeny y Rancel, gracias por todas las orientaciones que me brindaron en cada momento de dificultad.

Gracias a cada uno de los que formaron parte de este proceso sin ustedes llegar a este momento tan especial para mi hubiera sido muy difícil de llevar, gracias por tanto.

Resumen

En el presente documento se recoge el proceso que se llevó a cabo para idear y elaborar un sistema de seguridad para la prevención de incendios causados por fugas de gas. Decidimos desarrollar este proyecto para poder brindarle a la sociedad dominicana una barrera extra de defensa para la protección de hogares, locales e industrias. Para lograr nuestro objetivo desarrollamos un sistema dividido en dos partes. La primera consiste en un dispositivo dedicado a la detección de gases en ambientes cerrados, la cual en nuestro sistema jugara el papel de maestro, capaz de notificar mediante Wifi al propietario de la fuga y generar indicaciones sonoras. La segunda reciba la señal de fuga del dispositivo de detección y se encarga de controlar una electroválvula con la finalidad de cortar el flujo de gas o algún otro actuador como lo puede ser un ventilador industrial para airear el gas y así poder evitar las consecuencias de la fuga, además contara con la posibilidad de un cierre manual controlado desde una aplicación móvil.

Palabras clave: Alerta inteligente, Control de electroválvula, Detector de gas, Fuga de gas, Gas licuado.

Capítulo 1 Introducción

Planteamiento del problema

La problemática de las fugas de gas inflamable constituye una preocupación significativa a nivel global y, particularmente, en la República Dominicana. Los gases inflamables, como el propano y el butano, son ampliamente utilizados en entornos residenciales, comerciales e industriales debido a su accesibilidad y eficiencia como fuente de energía. Sin embargo, su manejo inadecuado y la ausencia de mecanismos efectivos de detección y control pueden derivar en situaciones de alto riesgo, incluyendo explosiones, incendios y envenenamientos por inhalación.

En el contexto dominicano, esta situación se agrava por diversos factores. En primer lugar, una proporción considerable de la población utiliza cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) en sus hogares y negocios, según la oficina nacional de estadísticas el GLP representa el 35.66% del total de combustibles consumidos en el país (En el 2016, la demanda del GLP superó los 470 millones de galones, 2017). El alto consumo de este combustible en conjunto con la falta de cumplimiento de los estándares de seguridad necesarios para el manejo de este da como resultado un aumento en los incidentes relacionados con fugas de gas en zonas urbanas y rurales.

(Mejía, 2016)

La falta de concienciación general sobre la importancia del mantenimiento preventivo de las instalaciones de gas y la ausencia de normativas estrictas para supervisar la calidad de los equipos utilizados, han incrementado la vulnerabilidad de la población ante eventos catastróficos.

En este escenario, surge la necesidad de implementar tecnologías innovadoras que sean capaces de crear una línea de defensa para la protección de los ciudadanos. En este contexto es que presentamos un detector de gas inflamable con capacidad para identificar fugas de manera temprana y activar mecanismos de control automatizados. Este dispositivo no solo contribuiría a salvaguardar vidas y propiedades, sino que también reduciría costos asociados con daños materiales y gastos médicos derivados de accidentes por gas. Además, podría servir como una herramienta educativa para fomentar una cultura de seguridad en el manejo de gases inflamables.

Justificación

En República Dominicana las fugas de gas han sido el agente causante de gran cantidad de explosiones las cuales han afectado tanto a personas como a infraestructuras (N Digital, 2022). Este es un problema que puede afectar desde los hogares más sencillos hasta las industrias más grandes. La falta de detección rápida de la fuga y de una manera de controlarla de forma inmediata son factores que pueden determinar si ocurrirá o no una tragedia. Por tanto, nuestro equipo decidió enfocar el proyecto en esta problemática para, además de crear un producto comercializable, hacer un aporte a la sociedad dominicana.

La forma en la que decidimos enfocar el problema representa un punto de vista innovador que puede permitir la comercialización a gran escala de un producto asequible y capaz de salvar incontables vidas.

Cabe destacar el impacto que tiene el proyecto en la protección ambiental al prevenir la liberación de gases inflamables en la atmósfera, los cuales contribuyen al calentamiento global y la contaminación del aire.

Con este método de control de fuga esperamos poder impactar en gran medida la población dominicana brindándoles una herramienta que sirva como corta fuegos y brinde una capa extra de seguridad para corporaciones y familias.

Alcance y limitaciones

Presentar un dispositivo inteligente y practico capaz de controlar y gestionar las fugas de gases, esto incluye gases como el gas licuado (GLP), el metano o el monóxido de carbono. Se pretende cubrir cualquier ambiente relacionado a estos gases mediante el uso de microcontroladores y conexión wifi.

Entregable

Se entregará un dispositivo simple y amigable de fácil instalación para el usuario del tamaño aproximado de una palma capaz de detectar fugas de gas. Además, un segundo dispositivo encargado de la conexión con cualquier electroválvula o sistema de control y una aplicación móvil capaz de conocer el estado de ambos dispositivos.

Características del proyecto:

- ✓ Conectividad wifi.
- ✓ Aplicación móvil.
- ✓ Sistema de control para métodos de seguridad (electroválvula, ventiladores...).
- ✓ Modulo detector de gases.

Limitaciones

Este proyecto se vio limitado por los plazos de entrega de los componentes comprados por internet, estos vienen en su mayoría de china dando como resultados pausas de hasta un mes debido a la espera de los materiales. Otra limitante importante fue el tiempo, el proyecto pudo haber sido presentado con mayores capacidades y funciones más avanzadas, sin embargo, entre la corta duración del cuatrimestre y el conflicto con las otras responsabilidades de los integrantes del grupo no se pudo entregar un producto tan completo como se hubiese planteado al comienzo.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un mecanismo capaz de detectar las fugas de gas en una etapa temprana y ejecutar medidas de protección como cortar el flujo de gas de forma automática.

Objetivos específicos

- Detectar eficientemente las fugas de gas de manera temprana
- Controlar el flujo de gas de manera remota
- Supervisar el estado del flujo de gas en todo momento
- Crear un sistema de seguridad autónomo

Marco Metodológico

Método de investigación

Para llevar a cabo este proyecto se hicieron varias investigaciones sobre el efecto de las explosiones e incendios causados por fugas de gas en el país con la finalidad de determinar el impacto del producto en la población dominicana.

Además, se revisaron una gran variedad de productos en el mercado de la detección de gases con el objetivo de tomar lo mejor de cada idea y aplicarlo al proyecto. Se realizó una documentación completa sobre la tecnología de detección de gases para seleccionar los mejores componentes.

Método experimental

Se llevaron a cabo una serie de pruebas de conexión tanto físicas como inalámbrica para determinar el correcto funcionamiento de los componentes que componen el dispositivo.

Investigación de mercado

La realización de esta investigación de mercado nos ayuda a evaluar las diferentes compañías con las que competiremos destacando las mejoras tecnológicas que tenemos en comparación a sus productos, así como la facilidad de tener el control de abrir o cerrar el flujo del gas y que el mismo sistema pueda tomar decisión al detectar presencia de gas permitiendo el cierre automático del suministro de gas. Con este método se llega a comprender mejor a los posibles clientes buscando defectos en los productos de otras marcas para así tomar decisiones para la mejora de la calidad de nuestro producto.

Techamor Y401

El Techamor Y401 destaca entre los detectores de gas gracias a su capacidad de monitoreo continuo para múltiples tipos de gases, como LPG, gas natural, metano y gas de carbón, lo que lo convierte en una opción versátil para hogares, cocinas y campers. Este cuenta con una pantalla LED que muestra los niveles de gas en tiempo real y una alarma

auditiva de 85 dB, ofreciendo alertas claras y visibles ante cualquier fuga. Su diseño compacto permite un fácil enchufe sin obstruir otros tomacorrientes, y está fabricado con materiales ignífugos certificados bajo la norma UL1484, lo cual garantiza seguridad adicional en caso de emergencias.



Kidde KN-COEG-3 Nighthawk

El detector de monóxido de carbono y gas explosivo Kidde KN-COEG-3 Nighthawk se distingue por su diseño plug-and-play, lo que permite instalarlo fácilmente en cualquier enchufe.

Este dispositivo cuenta con una pantalla digital continua que muestra niveles de CO en partes por millón y detecta gases

como metano y propano mediante un sensor de óxido metálico. Además, incluye una alarma sonora de 85 dB que notifica tanto la presencia de CO como de gases explosivos.

Un sistema de respaldo con batería de 9V le permite operar durante cortes eléctricos, aumentando la protección continua en el hogar. Su función de memoria de niveles máximos permite a los usuarios revisar las concentraciones peligrosas registradas, lo que añade un nivel extra de tranquilidad.



GA21 Detector

El detector de gas GA21 de Tork destaca en el mercado por su diseño resistente y alta precisión en entornos industriales. Equipado con un sensor semiconductor, detecta metano y gases LP (LPG) con una rápida respuesta de menos de 10 segundos y un nivel de alarma audible de 85 dB, asegurando una advertencia eficaz ante posibles fugas. Su carcasa de aluminio con certificación ATEX le brinda una protección robusta contra explosiones y condiciones difíciles, ideal para áreas de alto riesgo como cocinas industriales, salas de calderas y estaciones de gasolina. También cuenta con un amplio rango de operación de -10 °C a 50 °C y una vida útil estimada de cinco años, haciéndolo confiable y adecuado para usos continuos en entornos exigentes.



De los productos vistos anteriormente podemos tomar variedad de referencias tanto en sus diseños, como en el valor añadido de sus productos. Por ejemplo, de Kidde KN-COEG-3 podemos tomar la idea de contar con un respaldo de baterías en caso de corte eléctrico o de GA21 Detector la implementación de sus componentes.

Capítulo 2: Marco teórico

Sobre los gases inflamables

Un gas inflamable se caracteriza por su capacidad de formar mezclas explosivas o inflamables con el oxígeno del aire, que pueden encenderse con una fuente de ignición como chispas, llamas o calor.

De manera similar, en cualquier recipiente o espacio cerrado, incluso una pequeña fuga de gas combustible puede generar una mezcla explosiva bajo ciertas condiciones. Asimismo, existe un riesgo, aunque mínimo, de que los gases combustibles alcancen el límite del umbral inferior en áreas abiertas o extensos lugares de trabajo con ventilación natural. (Academia Gasex, n.d.)

A pesar del alto riesgo que pueden representar los gases inflamables son ampliamente utilizados debido a sus propiedades químicas y energéticas. Los gases inflamables más comunes tienen usos diversos tanto en el hogar como en la industria. Uno de los más utilizados es el metano (CH_4), que es el principal componente del gas natural. En los hogares, se emplea en estufas, hornos y calentadores de agua, mientras que en la industria se utiliza para generar energía eléctrica en plantas termoeléctricas y como materia prima para producir productos químicos como amoníaco y metanol.

El propano (C_3H_8) y el butano (C_4H_{10}) son también muy comunes y suelen encontrarse en forma de gas licuado de petróleo (GLP). En los hogares el GLP es utilizado al igual que el gas natural, para cocinar, calentar agua, sistemas de calefacción... especialmente en áreas donde no hay acceso al gas natural que es el normalmente usado. En la industria, el propano sirve como combustible en hornos industriales y motores de montacargas, mientras que el butano se emplea en la producción de plásticos y combustibles.

Debido a la amplia utilización de los gases inflamables los riesgos de incendio y explosión por fuga de gas son cosa seria. Por esto se han hecho grandes avances e investigaciones en métodos de detección temprana de estos gases para poder tomar medidas preventivas y evitar una tragedia.

Sobre los sensores de gases

Los avances en los sensores de gases inflamables han sido esenciales para prevenir explosiones en entornos industriales, residenciales y de transporte. Detectar fugas de gases es crucial debido a los riesgos asociados a concentraciones peligrosas entre los límites inferior y superior de explosividad.

Los sensores más comunes para la detección de gas son los de tipo semiconductor, catalítico y óptico, cada uno con características específicas en términos de sensibilidad, selectividad y aplicaciones.

Los sensores de semiconductores destacan por su alta sensibilidad, tamaño compacto y bajo costo, aunque presentan desafíos como baja selectividad y consumo energético elevado. Se han implementado materiales avanzados, como óxidos de indio y galio, y técnicas de miniaturización para reducir el consumo de energía. Sin embargo, requieren operar a altas temperaturas y necesitan mejoras en su capacidad para distinguir entre diferentes gases.

Por otro lado, los sensores ópticos se basan en la absorción de radiación infrarroja, lo que permite una alta sensibilidad y resistencia a entornos agresivos. Su diseño sin contacto directo con los gases los hace duraderos, pero su costo es relativamente alto y no son efectivos para gases que no absorben en el espectro infrarrojo. Los avances recientes incluyen el desarrollo de fuentes de radiación más eficientes, como Leds y láseres ajustables, además de la incorporación de tecnologías de fibra óptica.

Los sensores catalíticos, que utilizan la oxidación de gases inflamables para detectar concentraciones peligrosas, son adecuados para medir mezclas de gases independientemente de su composición. Sin embargo, su selectividad limitada, el consumo energético alto y la susceptibilidad al envenenamiento del catalizador son áreas críticas que requieren mejoras. Entre los avances recientes destacan el uso de nanopartículas de platino y el análisis de datos mediante inteligencia artificial para distinguir mezclas complejas de gases.

Las tendencias futuras incluyen el desarrollo de sensores más eficientes energéticamente, capaces de operar de forma autónoma y conectados a redes inalámbricas. También se explora el uso de algoritmos de aprendizaje automático e inteligencia artificial para mejorar la precisión y el análisis de los datos. Se están implementando tecnologías de semiconductores hetero estructurados para lograr dispositivos más pequeños, sensibles y selectivos, aptos para aplicaciones en seguridad industrial, ecológica y doméstica. (Baranov & Osipova, 2022)

Sobre la detección inteligente

Como vimos anteriormente el uso de sensores especializados permite medir con precisión la concentración de gases en el aire. Estos sensores se integran en sistemas electrónicos que procesan la información y responden de manera automática cuando los niveles detectados superan los umbrales de seguridad establecidos. Las acciones inmediatas pueden incluir la activación de alarmas sonoras y la puesta en marcha de ventiladores o extractores para dispersar los gases acumulados.

La combinación de estas herramientas con plataformas digitales y tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) mejora significativamente la efectividad del monitoreo. Por ejemplo, las aplicaciones móviles permiten a los usuarios recibir alertas en tiempo real sobre posibles fugas, mientras que las plataformas en la nube registran datos históricos para análisis posteriores. Esta integración facilita el acceso remoto a la información, lo que permite tomar decisiones rápidas y precisas, incluso en ausencia de supervisión física directa.

Además, la incorporación de componentes económicos y ampliamente disponibles hace que este tipo de sistemas sean accesibles para una amplia gama de usuarios. Desde una perspectiva técnica, el diseño modular de estas soluciones permite adaptarlas a diferentes escenarios, desde hogares pequeños hasta instalaciones industriales complejas. Así, se optimiza no solo la seguridad, sino también la eficiencia energética y la reducción de costos asociados con posibles accidentes.

Actualmente contamos con sistemas capaces de análisis de datos y métodos de alerta inteligentes, como llamadas telefónicas, mensajes de texto y correos electrónicos, para prevenir accidentes asociados con fugas de gas. Esto incluye alarmas sonoras locales y desconexión automática de la electricidad para mitigar riesgos. La tecnología también permite la monitorización en tiempo real a través de plataformas en la nube, proporcionando datos útiles para la prevención de desastres. (SINGH, TIWAR, SINGH, & SUMAN, 2021)

Antecedentes

La detección de fugas de gases inflamables es una prioridad para la seguridad industrial en la República Dominicana, especialmente en sectores como la petroquímica, la manufactura, la minería y la construcción. Sin embargo, aunque en la actualidad contamos con avanzadas tecnológicas, uno de los retos más significativos en el país es la falta de una regulación estricta y la aplicación inconsistente de normas que garanticen la instalación adecuada de sistemas de detección.

En la República Dominicana, las regulaciones relacionadas con la gestión de sustancias peligrosas, incluidas las inflamables, están enmarcadas principalmente en las leyes ambientales y los reglamentos técnicos emitidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Uno de los documentos clave en este contexto es el **Reglamento Técnico Ambiental para la Gestión de Sustancias y Desechos Químicos Peligrosos**, que establece directrices claras sobre la manipulación, almacenamiento y

disposición de sustancias peligrosas. (Reglamento Técnico Ambiental para la Gestión de Sustancias y Desechos Químicos Peligrosos de la República Dominicana., 2023).

Aunque en el país hay reglamentos que regulan la utilización de gases inflamables, estos no son específicos en el ámbito de la instalación de tuberías, la regulación de materiales utilizados o las medidas de seguridad necesarias. Por esto en la Republica Dominicana las empresas que hacen uso de gases inflamables suelen utilizar normativas internacionales como la NFPA 54, NFPA 70, ISO 45001 entre otros.

Algunos de los mayores problemas que enfrenta el país respecto al control de las fugas de gas son:

- **La falta de capacitación y conciencia por parte de las empresas.** Estas no suelen contar con las capacitadas para instalar, mantener y calibrar los sistemas de detección de gases ni con el personal especializado en seguridad industrial.
- **La implementación fragmentada de las normativas.** Mientras que las grandes empresas siguen los lineamientos establecidos por las normativas internacionales las medianas y pequeñas empresas aún carecen de los sistemas de detección adecuados.
- **Supervisión ineficiente.** Las instituciones encargadas de dar seguimiento al cumplimiento de los reglamentos de seguridad, como pueden ser el ministerio de trabajo o el ministerio de medio ambiente, no cuentan con la infraestructura, el personal y el presupuesto necesarios para hacer cumplir las normativas.

Marco conceptual

- ❖ **Sensor:** Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.
- ❖ **Gas inflamable:** Un gas inflamable es un gas que se inflama con el aire a 20 °c y a una presión de referencia de 101,3 kPa. La combustión de los gases inflamables en el aire está sujeta a las mismas condiciones que los vapores de los líquidos inflamables; es decir, cualquier gas inflamable, entrará en combustión sólo dentro de ciertos límites de composición de la mezcla de Gas-Aire (límites de inflamabilidad o combustibilidad) y a una cierta temperatura necesaria para iniciar la reacción (temperatura de ignición).
- ❖ **Incendio:** Fuego no controlado de grandes proporciones al que le siguen daños materiales y que puede causar lesiones o pérdidas humanas y deterioro al ambiente.
- ❖ **Fuga:** Salida accidental De gas o de líquido por un orificio o una abertura producidos en su contenedor.
- ❖ **Buzzer:** Un zumbador o mejor conocido como buzzer (en inglés) es un pequeño transductor capaz de convertir la energía eléctrica en sonido. Para hacerlos funcionar solo basta conectar el positivo con el + y la tierra o negativo con el – de una batería o cualquier fuente de corriente directa.
- ❖ **PCB:** sus siglas en inglés corresponden a placa de circuito impreso ("printed circuit board" en inglés), y se define como un circuito cuyos componentes y conductores están contenidos dentro de una estructura mecánica.

- ❖ **Relé:** Un relé (o relevador) es un dispositivo electromagnético que actúa como un interruptor accionado eléctricamente. Es decir, un relé sirve para abrir o cerrar un circuito eléctrico y funciona mediante un electroimán.
- ❖ **Microcontrolador:** Un microcontrolador es un componente electrónico que a simple vista parece un circuito integrado como cualquier otro, pero en realidad este tiene algunas características especiales que lo hacen ser diferente. En términos generales, los microcontroladores fueron diseñados para poder programar su interior y poder cambiar su funcionamiento dependiendo de la tarea que va a desempeñar. Es decir que, son circuitos integrados programables.

Capítulo 3: Diseño y construcción

Concepto

El producto se puede resumir como un sistema maestros-esclavos capaz de incluir varios elementos de ambas denominaciones en una red destinada a garantizar la seguridad del lugar en el que sea instalada. Para lograr la conexión entre los diversos dispositivos incluidos en el sistema se decidió utilizar la red wifi, permitiendo así una gran versatilidad en la ubicación de los componentes, una reducción de costos en su instalación y estar a disposición de técnicas de IoT, como el control y monitoreo remoto o el análisis de datos.

Como se mencionó anteriormente se desarrollaron dos dispositivos. El maestro, encargado de detectar la fuga de gas; y el esclavo, un módulo controlador cuyo fin es activar o desactivar los sistemas de seguridad elegidos por el usuario.

Maestro

Es un sistema este compuesto por un sensor de gas, un microcontrolador, un buzzer y una fuente ac/dc con salida de 5 y 3 V. Dentro del dispositivo el microcontrolador recibirá la señal emitida por el sensor indicando la presencia o no de gases, en el caso de que el sensor indique un positivo el microcontrolador enviará una señal de activación al buzzer y enviará esta misma señal por internet, iniciando así el estado de alerta.

Circuito y componentes

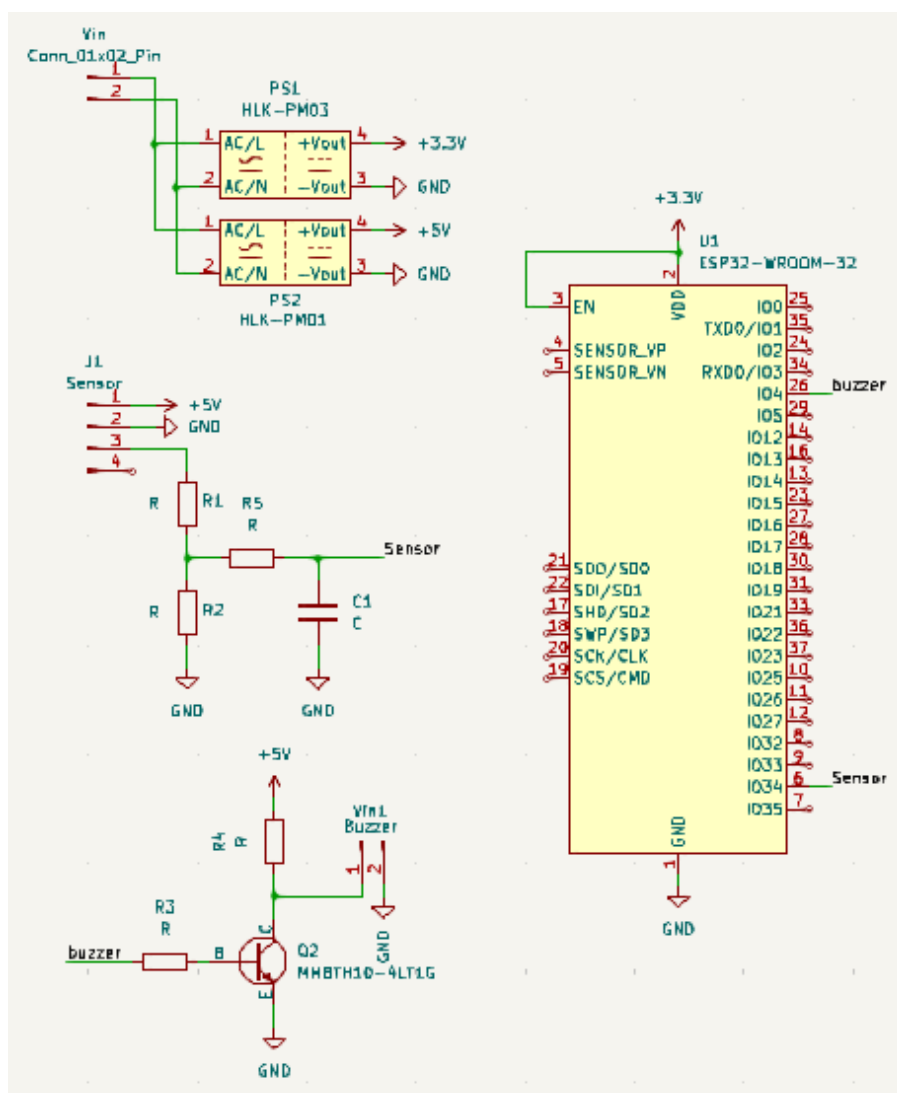


Figura 1: Circuito eléctrico

Módulo de alimentación

Se eligieron los módulos HLK para la alimentación del proyecto por ser compactos, confiables y de fácil integración. Estos módulos tienen una salida de 3w lo cual es más que suficiente para la aplicación.

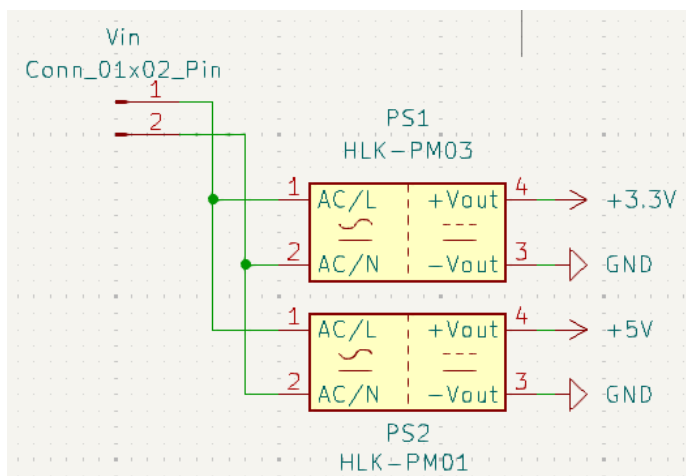


Figura 2: Circuito HLK



Figura 3: Imagen HLK

Sensor

El sensor elegido es un dispositivo de detección de gases diseñado para identificar concentraciones de monóxido de carbono y gases combustibles, como el metano y el propano, en el aire. Este tiene un rango de 100 ppm hasta 10,000 ppm siendo útil en aplicaciones domésticas e industriales. (ELETRONICS) El sensor viene en un módulo que cuenta con una salida analógica y una digital, en nuestro caso usaremos la salida analógica para tener un mayor control de la calibración del sensor.

El circuito asociado al sensor es un circuito de muestreo, el cual permite tomar la medida en un rango de voltajes inferior al rango en el que se generan, este es necesario ya que la salida del sensor va de 0.5V a 5V y el microcontrolador solo es capaz de aceptar voltajes hasta los 3.3V.



Figura 4: Modulo mq9

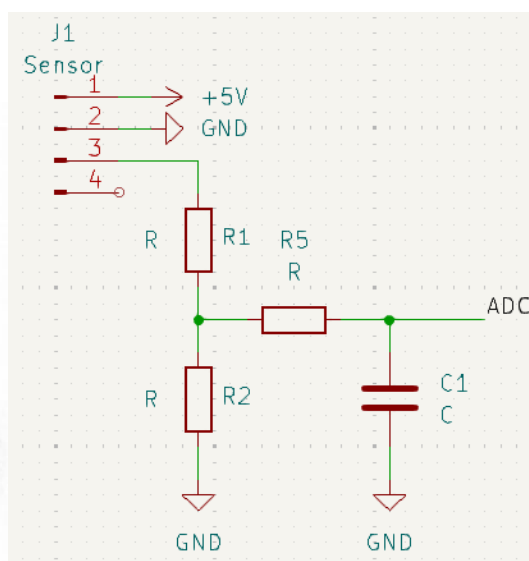


Figura 5: Circuito eléctrico

Buzzer

Además de la señal de detección que el microcontrolador envíe por internet habrá un indicador auditivo de la detección del gas. Para esto se utilizará el buzzer, capaz de generar sonidos de hasta 85 dB.

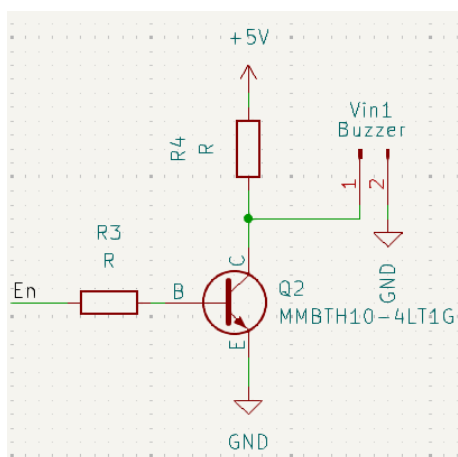


Figura 6: Circuito eléctrico



Figura 7: Buzzer eléctrico

Microcontrolador

El microcontrolador es un chip encargado de realizar el procesamiento necesario en el dispositivo, esto incluye analizar el output emitido por el sensor, realizar la conexión mediante internet y tomar la decisión de activar o no los esclavos. Para este fin seleccionamos un esp32, este fue elegido por su versatilidad, fácil aplicación y su conectividad wifi, esencial en esta aplicación.

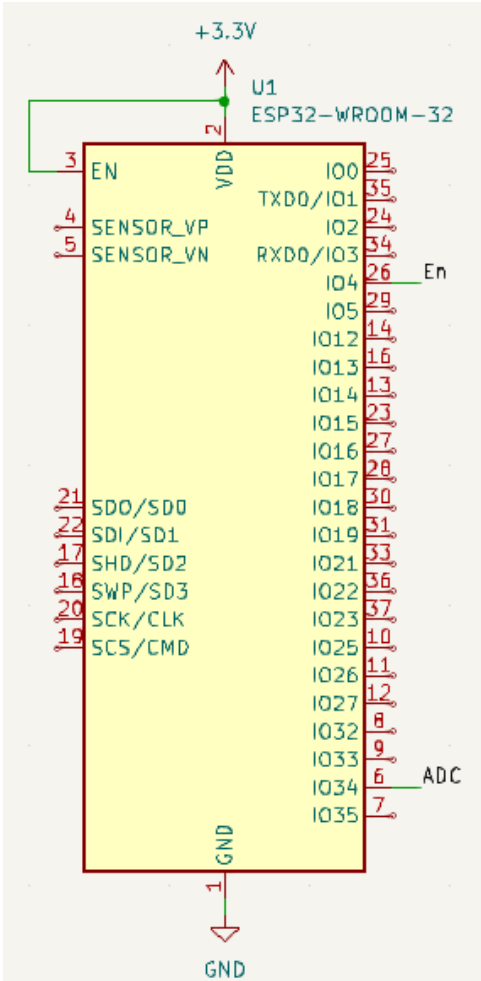


Figura 8: Circuito eléctrico Esp32



Figura 9: Esp32

Diseño de PCB y diseño de CAD

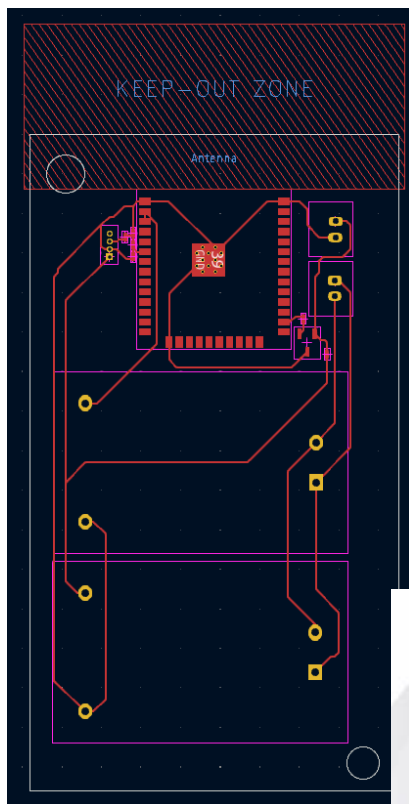


Figura 10: Enrutado

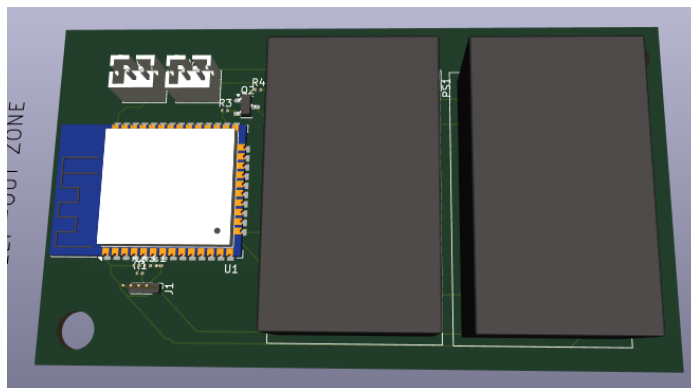


Figura 11: Vista 3D del PCB



Figura 12: Diseño 3D del maestro

Esclavo

El dispositivo esclavo no es más que un controlador eléctrico. En su interior contará con una fuente ac/dc, para la alimentación de sus componentes; un microcontrolador, para recibir la señal wifi y decidir entre dos estados “abierto y cerrado”; por último, un relé, que permitirá convertir las señales emitida por el microcontrolador a una compatible a la deseada.

El esclavo está pensado para activar cualquier sistema de seguridad instalado por el usuario, estos pueden se:

- Una válvula que corte el fuljo del gas, esta puede ser eléctrica o hidráulica (en este caso se necesitaría un sistema un poco más complejo)
- Un sistema de ventilación destinado a airear la zona y dispersar el gas
- Un sistema de alarmas para alertar a las personas presentes en la zona

Circuito y componentes

En cuanto al módulo de alimentación y al microcontrolador en este dispositivo se eligieron los mismos que en el maestro (el HLK y el Esp32) por las propiedades ya antes mencionadas.

Relé

El relé es un componente electrónico que cumple la función de unificar un circuito de control y uno de potencia. En nuestro caso el circuito de control es el del microcontrolador, el cual funciona a 3 voltios. El circuito de potencia, a su vez, puede estar conformado por diversos componentes, por lo que es bueno contar con un componente capaz de funcionar bajo diversas situaciones. Tomando todo esto en cuenta se eligió el relé srd 03vdc sl c.



Figura 13: Diseño 3D del maestro

Este componente se activa con un voltaje a partir de los 3 voltios en el circuito de control y es capaz de manejar voltajes de 38/120/240 en el circuito de potencia.

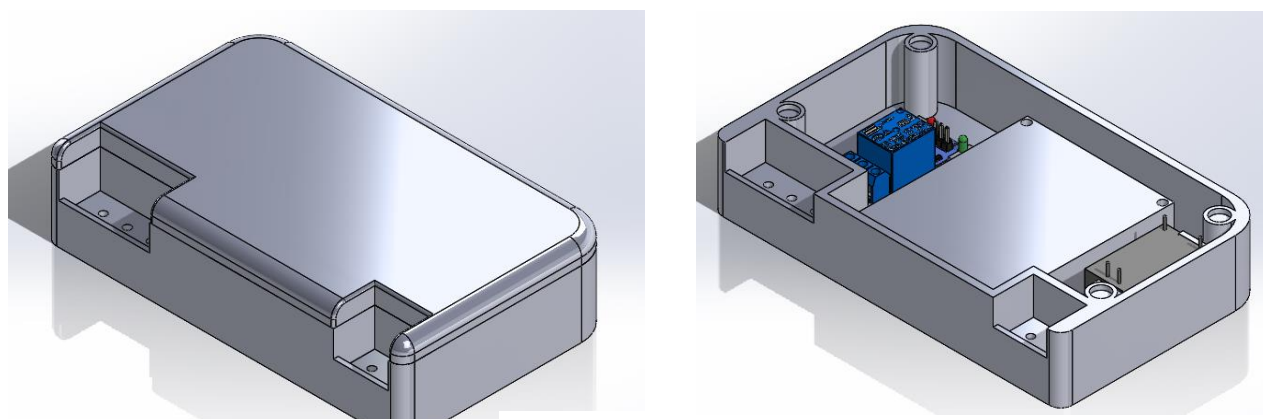


Figura 14: Diseño 3D del maestro

Página Web

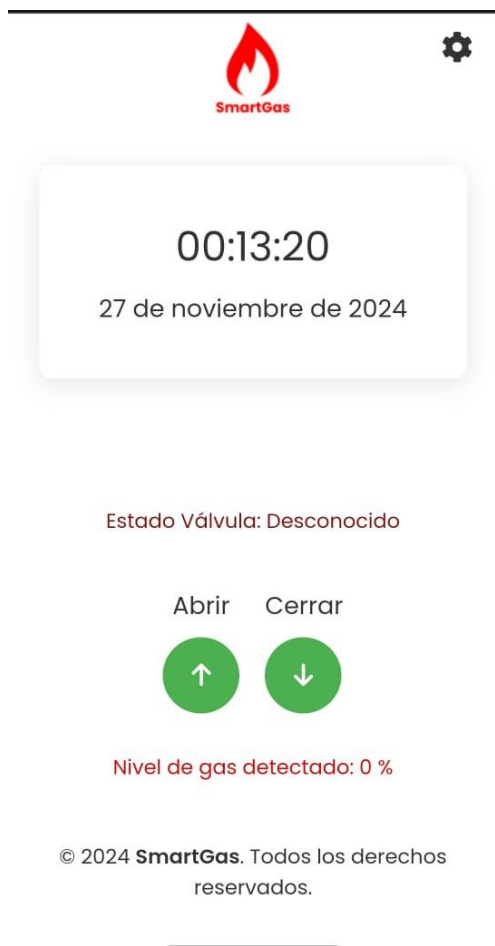


Figura 15: Aplicación móvil

La página está orientada para celulares, por lo que tiene un diseño en vertical. En esta podemos visualizar el estado del actuador que tenemos conectado y el porcentaje de gas que está detectando el dispositivo maestro. Además, podemos de forma manual abrir y cerrar el esclavo o, si así lo deseamos, programar un cierre automático.

La página también cuenta con una función para vincular WhatsApp y poder recibir notificaciones sobre el estado del detector mediante esta aplicación de mensajería



Figura 16: Notificación

Capítulo 4: Prototipo

Al momento de hacer la investigación para elegir los componentes que conforman nuestros dispositivos nos percatamos de que todos ellos son actualmente comercializados en forma de circuito modular, esto significa que la circuitería concerniente al microcontrolador, el sensor, el relé, etc. ya está hecha y probada. Con este enfoque solo habría que realizar la conexión los entre módulos para lograr los resultados deseados.

Como grupo nos juntamos para elegir un camino. Tomando en cuenta los plazos y costos de entrega de componentes y de impresión tanto de pcb como del modelo 3D decidimos realizar un prototipo de nuestro sistema utilizando la circuitería modular.

Para probar el funcionamiento del sistema se realizaron un maestro y un esclavo de forma modular.

Maestro

Los módulos de los que se compone el maestro son:

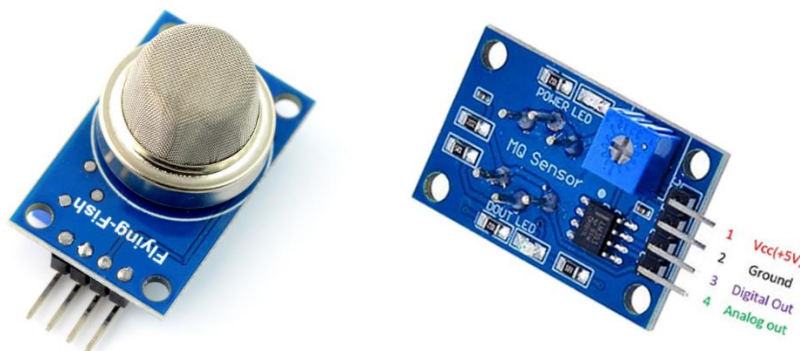


Figura 17: Modulo Sensor

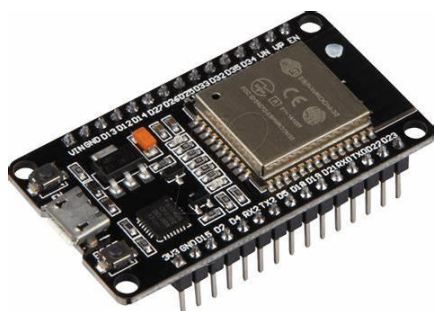
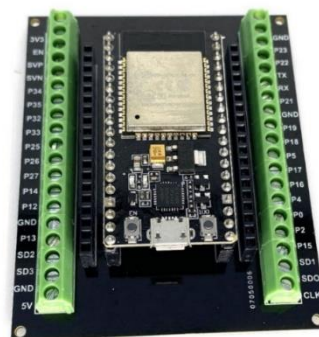


Figura 18: Modulo Esp32



Para una mayor seguridad en las conexiones el módulo esp32 se usó junto con un board



Figura 19: Modulo Esp32

Para contener todos estos componentes se tuvo que diseñar un case de mayor tamaño

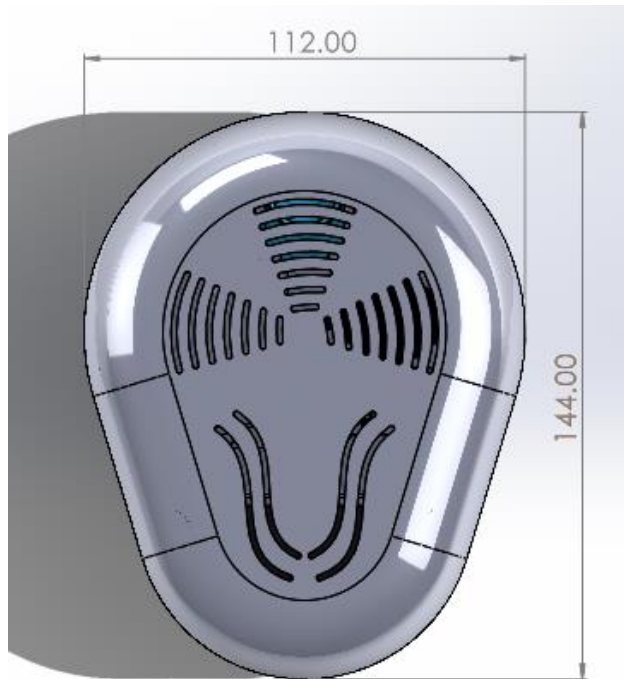
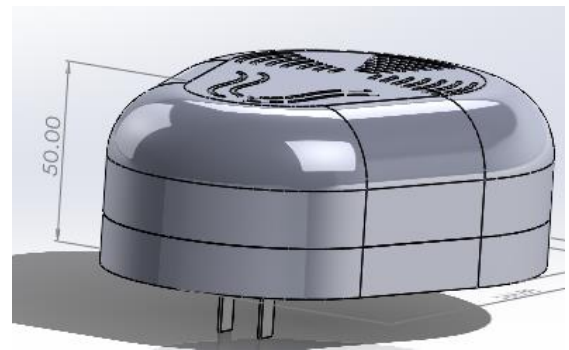


Figura 20: Diseño 3D

Este case además de los módulos de circuitos incluye imanes para la unión de la tapa y una clavija para tomacorriente.



Esclavo

En el caso de los componentes que tiene en común el esclavo con el maestro los módulos utilizados son los mismos. Además de estos el que incluye el esclavo es le modulo relé.



Figura 21: Modulo Rele

Bill of Materials

Producto	Cantidad	Precio
Microcontrolador	2	\$ 3.00
HLK-PM03	3	\$ 3.10
Sensor MQ9	1	\$ 8.00
Imanes	1	\$ 8.98
Clavija	1	\$ 3.00
Buzzer	1	\$ 1.50
Impresión de PCB	1	\$ 2.00
Impresión 3D	1	\$ 31.43
Base para microcontrolador	2	\$ 4.00
Total		\$ 105.15

Capítulo 5: Resultados y Conclusiones

Al comprobar la funcionalidad y fácil aplicación de este proyecto ponemos la vista en un futuro en el que la mayoría de las instituciones y los hogares del país cuenten con esta tecnología. Con ella abordamos la problemática de las fugas de gas con un enfoque innovador y eficaz, permitiéndonos alcanzar grandes resultados en la detección temprana y la ejecución de medidas de seguridad anteriores al desastre. Esperamos que este proyecto genere un impacto positivo y significativo a la sociedad dominicana ayudando en el combate contra los incendios y explosiones generadas por fugas de gas.

Entre los logros más destacados del proyecto, se encuentran:

1. **Implementación tecnológica avanzada:** Se diseñaron y desarrollaron sistemas maestro-esclavo que combinan sensores de alta sensibilidad, microcontroladores versátiles y conectividad mediante IoT logrando así un sistema avanzado de protección.
2. **Impacto en la seguridad doméstica e industrial:** El dispositivo brinda una capa adicional de protección para hogares, locales comerciales e industrias, ayudando a prevenir accidentes catastróficos.
3. **Contribución al medio ambiente:** La prevención de fugas de gas también tiene un efecto positivo en la reducción de emisiones de gases inflamables a la atmósfera.

4. **Prototipo funcional y escalable:** A pesar de las limitaciones en tiempo y recursos, se logró construir un prototipo modular que puede ser refinado y escalado en futuros desarrollos.

Perspectivas Futuras

Para futuros desarrollos del sistema SGLC, se considerarán las siguientes mejoras:

- **Ampliación de capacidades:** Desarrollar una infraestructura modular que permita integrar de forma sencilla más de un maestro o esclavo en el mismo sistema.
- **Optimización el diseño:** Crear un diseño que integre todos los componentes electrónicos en un mismo pcb, permitiendo así una producción en masa.
- **Comercialización y adopción:** Analizar que modificaciones va a requerir el sistema para hacerlo mas amigable a los usuarios y permitir una futura comercialización.
- **Educación y capacitación:** Promover una mayor conciencia sobre la importancia de la toma de medidas de manera preventiva contra las fugas de gas.

Con estos pasos, el sistema SGLC podría consolidarse como una herramienta esencial para la seguridad y sostenibilidad en entornos donde se manejan gases inflamables.

Bibliografía

Academia Gasex. (s.f.). *Gases inflamables ¿Cuáles son y cómo tomar precauciones?*

Obtenido de Gasex: <https://gasex.cl/gases/gases-inflamables-cuales-son-y-como-tomar-precauciones/>

Baranov, A. M., & Osipova, T. V. (2022). *Latest Progress in Sensors for Pre-explosive Detection*. Moscow: Moscow Aviation Institute.

ELETRONICS, H. (s.f.). *TECHNICAL DATA MQ-9 GAS SENSOR*. Obtenido de https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-9_Hanwei.pdf

En el 2016, la demanda del GLP superó los 470 millones de galones. (21 de Junio de 2017).

Obtenido de Oficina Nacional de Estadísticas:
<https://www.one.gob.do/noticias/2017/en-el-2016-la-demanda-del-glp-supero-los-470-millones-de-galones/>

Ingeniería Mecafenix. (15 de Octubre de 2018). *Que es el buzzer y como funciona (zumbador)*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix:
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/componentes/el-buzzer/>

Jumaa, N. K., Abdulkhaleq, Y. M., Nadhim, M. A., & Abbas, T. A. (2022). IoT Based Gas Leakage Detection and Alarming System using Blynkplatforms. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*.

Mejía, M. (16 de Febrero de 2016). *En siete años se han reportado más de 30 grandes accidentes por explosiones.* Obtenido de Diario Libre:

<https://www.diariolibre.com/actualidad/sucesos/en-siete-anos-se-han-reportado-mas-de-30-grandes-accidentes-por-explosiones-FC2756610>

N Digital. (23 de Agosto de 2022). *Peligro Invisible: Explosiones de Gas Propano en hogares que dejan pérdidas y muerte*. Obtenido de N Digital: <https://m.n.com.do/2023/08/19/peligro-invisible-explosiones-de-gas-propano-en-hogares-que-dejan-perdidas-y-muerte/>

National Fire Protection Association. (2018). *National Fuel Gas Code*. Massachusetts.

Peterson, a. (15 de Julio de 2023). *¿Qué es un PCB o Placa de Circuito Impreso?* Obtenido de Altium: <https://resources.altium.com/es/p/what-is-a-pcb>

Real Academia Española. (s.f.). *Fuga*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/fuga?m=form>

Reglamento Técnico Ambiental para la Gestión de Sustancias y Desechos Químicos Peligrosos de la República Dominicana. (3 de Marzo de 2023). Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: https://ambiente.gob.do/wpfd_file/reglamento-tecnico-ambiental-para-la-gestion-de-sustancias-y-desechos-quimicos-peligrosos-de-la-republica-dominicana/

SINGH, R., TIWAR, A., SINGH, R., & SUMAN, S. (2021). *GAS LEAK DETECTION AND SMART ALERTING USING IoT*. Maharashtra: Department of Information Technology.