



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ**  
**MATEOS”**

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE PROTOTIPO PARA DETECCIÓN  
DE FUGAS DE GAS L.P. EN UNA CASA HABITACIÓN”**

**SEMINARIO**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

**PRESENTA**

**ALARCÓN MARTÍNEZ JORGE ALBERTO**

**ASESORES**

**ING. DELGADO MENDOZA JOSÉ LUIS**

**ING. VÁZQUEZ DELGADO RAYMUNDO JAVIER**



**CDMX, AGOSTO 2018**

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

**REPORTE TÉCNICO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA  
SEMINARIO DE TITULACIÓN DES/ESIME-ZAC/08.2016-  
08.2018/015/02/17

DEBERÁ (N) DESARROLLAR

C. ALARCON MARTINEZ JORGE ALBERTO

DISEÑO Y DESARROLLO DE PROTOTIPO PARA DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS LP EN UNA CASA  
HABITACIÓN.

**OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y desarrollar un prototipo para detectar fugas de gas lp en casas habitación apoyándose de una aplicación móvil.

**CAPÍTULOS DE LA TESINA**

- INTRODUCCIÓN
- CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO
- CAPÍTULO 2 ESTUDIO TÉCNICO
- CAPÍTULO 3 ESTUDIO ECONÓMICO
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CIUDAD DE MÉXICO A 10 DE AGOSTO DE 2018

**ASESORES**

  
ING. RAYMUNDO JAVIER VÁZQUEZ DELGADO

  
ING. JOSÉ LUIS DELGADO MENDOZA

  
DR. SALVADOR RICARDO MENESES GONZÁLEZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA





## Autorización de uso de obra

**Instituto Politécnico Nacional**

**P r e s e n t e**

Bajo protesta de decir verdad el que suscribe **Alarcón Martínez Jorge Alberto**, manifiesto ser autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada “**Diseño y desarrollo de prototipo para detección de fugas de gas L.P. en una casa habitación**”, en adelante “**La Tesis**” y de la cual se adjunta copia <sup>en</sup> dos cd's, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **El IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de “**La Tesis**” por un periodo de **1 año** contando a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **El IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **El IPN** deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de “**La Tesis**”.

Adicionalmente y en mi calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de “**La Tesis**”, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de “**La Tesis**”, por lo que deslindo de toda responsabilidad a **El IPN** en caso de que el contenido de “**La Tesis**” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, a 27 de Agosto de 2018.

**Atentamente**



**Alarcón Martínez Jorge Alberto**

## RESUMEN

El presente trabajo realiza el diseño de un detector de gas licuado de petróleo, el cual, mediante la implementación de una aplicación móvil desarrollada en App Inventor, se puede monitorear desde un teléfono móvil la cantidad de gas LP que se encuentre en la cocina o en el área de servicio donde el detector haya sido colocado.

A su vez, el detector envía mensajes y llamadas a un número celular si se detecta una concentración de gas que alcance el 50% del límite inferior de explosión.

La comunicación entre la aplicación móvil en el celular y el detector de gas licuado de petróleo es mediante bluetooth; los mensajes y llamadas son hechos usando un módulo SIM; y la programación es en Arduino.

Con este trabajo se busca prevenir y disminuir casi en su totalidad el número de incendios que se generan en casas habitación a partir de fugas de gas licuado de petróleo para evitar accidentes y riesgo de peligro.



## **ABSTRACT**

This work makes the design of a liquefied petroleum gas detector, which, through the implementation of a mobile application developed in App inventor, can be monitored from the cell phone the amount of gas LP that is in the kitchen or service yard where the detector has been place.

Also, the detector sends messages and calls to a cell phone number if the gas concentration reaches 50% of the lower explosi3n limit is detected.

The communication between the mobile application in the cell pone and te liquefied petroleum gas detector is via bluetooth; messages and calls are made using a SIM module; and the programming is in Arduino.

This work seeks to prevent and reduce almost entirely the number of fires that are generated in homes by leaking liquefied petroleum gas to avoid accidents and risk of hazard.

# ÍNDICE

	Págs.
Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice.....	III
Índice de Imágenes.....	V
Índice de Tablas.....	VII
Índice de Ecuaciones.....	VIII
Antecedentes.....	IX
Planteamiento del Problema.....	XI
Objetivo General.....	XII
Objetivos Específicos.....	XII
Justificación.....	XIII
Introducción.....	XIV
Capítulo 1. Marco Teórico.....	1
1.1 Propano.....	2
1.2 Butano.....	2
1.3 Gas LP.....	4
1.3.1 Características del Gas LP.....	4
1.3.2 Mercado Nacional de Gas LP.....	5
1.3.3 Fugas de Gas LP.....	6
1.4 Flamabilidad en gases combustibles.....	7
1.5 Incendios y Explosiones.....	9
1.6 Sensores de gas.....	10
1.6.1 Clasificación de sensores de gas.....	12
1.6.2 Sensor de gas MQ-2.....	14
1.7 Arduino UNO.....	15
1.8 Bluetooth.....	16
1.8.1 ¿Qué es Bluetooth?.....	17
1.8.2 ¿Cómo funciona?.....	17
1.8.3 Bandas de Frecuencia.....	18
1.8.4 Energía.....	18
1.8.5 Redes Bluetooth.....	19
1.8.6 Módulo Bluetooth HC-05.....	20
1.9 Telefonía Móvil.....	21
1.10 GSM.....	23

1.11 Módulo SIM900.....	24
1.12 MIT App Inventor.....	24
1.13 Ingeniería Verde.....	25
Capítulo 2. Análisis y Diseño Técnico.....	26
2.1 Localización del proyecto.....	27
2.2 Programación en la plataforma arduino.....	30
2.3 Uso de SIM900.....	31
2.4 Uso de MQ-2.....	35
2.5 Desarrollo de la aplicación.....	39
2.6 Plano e instalación.....	40
Capítulo 3. Estudio Económico.....	44
3.1 Objetivo General y estructuración del estudio económico.....	45
3.2 Determinación de los costos.....	45
3.2.1 Tendencia de crecimiento anual.....	46
3.2.2 Ingresos.....	46
3.2.3 Costos de Producción.....	46
3.3 Cronograma de inversiones.....	48
3.4 Punto de Equilibrio.....	49
Conclusiones.....	51
Trabajos Futuros.....	52
Referencias.....	53
Anexos.....	61
Anexo A.....	62
Anexo B.....	67



## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1 Distribución de la demanda nacional de combustibles del sector residencial, 2014.....	5
Imagen 1.2 Niveles de concentración de los componentes de gas típicos. Las marcas en estrella indican los estándares de los gases legislados en Japón por (1) Environmental Standard, (2) Ordinance on Health Standards in the Office, (3) Offensive Odor Control Law, (4) Working Environment Measurement Law, y (5) Ordinance by Ministry of Health, Labour and Welfare.....	10
Imagen 1.3 Sensor MQ-2.....	15
Imagen 1.4 Símbolo Bluetooth.....	16
Imagen 1.5 Redes Bluetooth Redes Bluetooth.....	20
Imagen 1.6 Sistema de Secciones.....	22
Imagen 1.7 Evolución de la telefonía móvil celular.....	23
Imagen 2.1 Localización del proyecto.....	27
Imagen 2.2 Diagrama de bloques del prototipo.....	28
Imagen 2.3 Elementos del prototipo.....	29
Imagen 2.4 Diagrama de flujo.....	32
Imagen 2.5 Conexión SIM900.....	33
Imagen 2.6 Llamada y mensaje de SIM900.....	34
Imagen 2.7 Características de sensibilidad del sensor MQ-2.....	37
Imagen 2.8 Conexión del Sensor MQ-2.....	38
Imagen 2.9 Pantalla de la aplicación.....	39
Imagen 2.10 Parte del código para obtener y mostrar los datos.....	40
Imagen 2.11 Plano de instalación.....	41
Imagen 2.12 Colocación del sensor.....	41

Imagen 2.13 Conexión de los componentes.....	43
Imagen 2.14 Dispositivo.....	43
Imagen 3.1 Punto de equilibrio.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Riesgos y síntomas del gas butano y propano y cómo prevenirlos.....	3
Tabla 1.2 Límites de inflamabilidad, límites de temperatura más bajos ( $T_L$ ), y temperaturas mínimas de autoignición ( $AIT$ ) de algunos gases y vapores individuales en el aire a presión atmosférica.....	8
Tabla 1.3 Ejemplos de aplicaciones de sensores de gas.....	12
Tabla 1.4 Clasificación sugerida de los sensores de gas en 1991 por Analytical Chemistry Division of IUPA.....	13
Tabla 1.5 Características del sensor MQ-2.....	14
Tabla 1.6 Clases de Bluetooth.....	19
Tabla 1.7 Configuración de fábrica del módulo HC-05.....	21
Tabla 2.1 Valores del sensor.....	36



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 .....	7
Ecuación 1.2 .....	7
Ecuación 2.1 .....	35
Ecuación 2.2 .....	35
Ecuación 2.3 .....	35
Ecuación 2.4 .....	37
Ecuación 3.1 .....	46
Ecuación 3.2 .....	49

## ANTECEDENTES

La Real Academia de la Lengua Española define sensor como: “Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc. y la transmite adecuadamente” [1].

También se pueden encontrar muchas otras definiciones como en el libro Sensores y Acondicionadores de Señal [2] donde menciona que “un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida”.

De cualquier manera, los sensores son algo que se emplea a diario y muchos de los elementos que existen llevan algún dispositivo que respondería a las definiciones citadas.

El monitoreo de los gases producidos es muy importante. Desde electrodomésticos como aires acondicionados y sistemas de seguridad en industrias, el control de gases es crucial. Los sensores de gas son una parte muy importante de tales sistemas. Estos reaccionan al gas presente, manteniendo así el sistema de control de gases actualizado sobre cualquier alteración que ocurra en la concentración de moléculas en estado gaseoso.

La detección de mezclas combustibles o tóxicas permite prevenir accidentes de personas y bienes, tanto en ambientes industriales como domésticos. En varias construcciones, como instalaciones industriales, institucionales, oficinas, etc., hay sensores de humo que permiten detectar incendios, pero no hay detectores de gas que permitan detectar fugas para prevenir que el incendio ocasionado por estos inicie.

Un grupo de estudiantes de la Universidad Modelo, en México, creó un dispositivo que alerta y controla fugas de gas de manera remota, que funciona con un dispositivo electrónico con tecnología Wifi [3], y otro grupo de estudiantes de la Universidad Tecnológica Metropolitana desarrolló un proyecto que crea una alerta de fuga de gas, donde los dueños de la casa reciben la notificación por correo electrónico [4].

A su vez, alumnos del Instituto Politécnico Nacional desarrollaron un sistema automático de alarmas por detección de fuego y/o atmósferas riesgosas [5], mientras que otro grupo creó un sistema para la determinación remota de fugas de gas y petróleo por medio de cámaras infrarrojas [6].

La mayoría de los sensores inalámbricos de gas LP en el mercado, al detectar gas, emiten una alerta auditiva y/o visual, haciendo que sólo las personas cercanas al lugar donde se encuentre el detector se enteren que existe una fuga. También existen un pequeño número de sensores que permiten vincularse a un Smartphone vía Wi-Fi y sólo se encontró un sensor que mande las notificaciones por SMS.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En México, en la mayoría de las construcciones habitacionales, no se acostumbra tener equipo para la prevención y detección de incendios debido a que, a diferencia de los restaurantes, hoteles y diferentes tipos de negocios, protección civil no cree pertinente hacer obligatorio el uso de éstos en residencias, ni se han regulado normas para éstas.

Esta mala regulación por parte de protección civil en la prevención y detección de incendios en diferentes, lugares como casas habitación y pequeños negocios, llegue a ser tardía, provocando que el daño sea mayor y en ciertos casos irreversible. Además, casi la mitad de cilindros de gas LP de la Ciudad de México se encuentran en mal estado, lo que puede provocar fugas.

Es por eso que el beneficio principal de este proyecto es evitar fugas de gas LP para evitar daños y problemas que éstos puedan crear si no se atienden de manera rápida y eficaz.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y desarrollar un prototipo para detectar fugas de gas L.P. en casas habitación apoyándose de una aplicación móvil.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el sensor para que los valores leídos sean confiables y puedan ser utilizados para hacer la relación de partes por millón (ppm).
- Diseñar aplicación móvil en MIT App Inventor para poder revisar valores de ppm del sensor.
- Desarrollar un circuito electrónico para integrar el sensor, el Arduino, el bluetooth y el módulo SIM con la aplicación.

## JUSTIFICACIÓN

La Asociación Mexicana de Jefes de Bomberos (AMJB) declaró que en el 2016, tan sólo entre la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara se reportaron más de 30,000 incendios y el Consejo Nacional de Protección contra Incendio (CONAPCI) manifestó que el número de incendios en el país aumenta un 10% anualmente. Esta información demuestra el alto número de incendios que se generan en el país además del crecimiento alarmante de este problema.

PEMEX, en su apartado de Seguridad contra Incendios [7], indica que los incendios son una de las principales causas domésticas de muerte para niños de cinco años o menores. De igual manera, menciona que los detectores de humo pueden reducir en un 50% el número de fatalidades en incendios domésticos.

Otro de los problemas a considerar es el deterioro de los cilindros de gas LP, ya que se estima que el 40% no está en condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento ya que nadie se preocupa realmente por éstos.

Es por eso que los detectores de gas no son sólo necesarios para evitar incendios en diferentes construcciones, sino también para detectar fugas en los cilindros y así poder tener un mejor control y prevención.



## INTRODUCCIÓN

El aire que respiran los seres humanos en grandes ciudades contiene numerosos tipos de sustancias químicas, naturales y artificiales, algunas de las cuales son vitales para la vida, mientras que otras son dañinas en mayor o menor medida. En la actualidad, los procesos industriales involucran cada vez más el uso y la fabricación de sustancias altamente peligrosas, particularmente gases tóxicos y combustibles. Inevitablemente, se llega a haber escapes de gas, que crean un peligro potencial para la planta industrial, sus empleados y las personas que viven cerca de ella, al igual que para residencias, restaurantes y diferentes negocios. Los incidentes en todo el mundo que involucran asfixia, explosiones y pérdidas de vidas son un recordatorio constante de este problema. Por lo tanto, los sensores de gas, que ayudan a la prevención de los problemas mencionados anteriormente, juegan un papel importante en varios procesos tecnológicos modernos, donde el control y el análisis de los gases son necesarios.

La ciudad con mayor concentración de población en la República Mexicana es su ciudad capital, la Ciudad de México. La CDMX cuenta con 1,485 km<sup>2</sup> del territorio nacional, más de 8 millones de habitantes y más de 2 millones de hogares. La República Mexicana es considerada con una alta actividad sísmica lo cual ha derivado en muchos casos en daños estructurales en las viviendas, afectando instalaciones de gas LP de uso doméstico, provocando fugas, las cuales pueden tener repercusiones en la salud de los habitantes de la ciudad, incluso en casos más trágicos puede derivar en explosiones, incendios o muertes por asfixia.

Es por eso que se pretende tener en estos casos una herramienta al alcance de la población que permita alertar a los habitantes si se detecta una fuga de gas LP lo cual ayuda a prevenir y salvaguardar vidas y las viviendas de los ciudadanos. Así como ayudar a evitar fugas de gas contaminantes al medio ambiente y la optimización del aire que los habitantes respiran dentro de sus hogares.

# **Capítulo 1**

## **“Marco Teórico”**

## 1.1 Propano

El propano ( $C_3H_8$ ) es un hidrocarburo inodoro a presiones y temperaturas normales y tiene el intervalo de inflamabilidad más bajo de cualquiera de los gases combustibles comúnmente disponibles [8]. Es un subproducto de la refinación de petróleo crudo y del procesamiento de gas natural. El propano se envía desde el punto en el que se produce hasta las terminales de distribución a través de camiones, vías de ferrocarril, gasoductos, barcazas. Posteriormente, quienes comercializan el producto lo adquieren en las terminales y distribuyen el combustible a los clientes [9].

Se utiliza ampliamente como combustible de automóviles, aunque también es muy frecuentado para la calefacción industrial y doméstica. También se utiliza en mezclas para calibrar analizadores de control de procesos en la industria petroquímica, al igual que como refrigerante y como propulsor de aerosoles. Otras aplicaciones incluyen atmósferas controladas en la metalurgia, pruebas de eficiencia de los quemadores de gas y los motores, y en la producción de diversos productos químicos [8].

## 1.2 Butano

El butano ( $C_4H_{10}$ ) es un hidrocarburo perteneciente a la familia de los alcanos [10]. El butano es un componente gaseoso del gas natural. Mientras que los productos derivados del petróleo se refinan, los productos del gas natural como el butano, se extraen. Suele añadirse a la gasolina para aumentar su rendimiento.

La única diferencia que existe entre el butano y el propano comercial es que el butano está destinado principalmente para el interior de la vivienda y para zonas cálidas [11].

Tabla 1.1 Riesgos y síntomas del gas butano y propano y cómo prevenirlos según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos de América [12][13]

Tipos de peligro/ Exposición	Riesgos agudos/ Síntomas	Prevención	Primeros auxilios/ Lucha contra incendios
Fuego	Extremadamente inflamable	No llamas abiertas, no chispas, no fumar	Cerrar el suministro; si no es posible y no hay riesgo para el entorno, deje que el fuego se consuma solo; en otros casos se extingue con polvo, dióxido de carbono
Explosión	Mezclas de gas/aire son explosivas	Sistema cerrado, ventilación, equipos eléctricos a prueba de explosión. Evite la acumulación de cargas electrostáticas si está en estado líquido. Use herramientas manuales que no produzcan chispas.	En caso de incendio: mantenga el cilindro fresco rociando agua. Combate el fuego desde una posición protegida.
Exposición			
Inhalación	Somnolencia. Inconciencia	Sistema cerrado y ventilación.	Aire fresco, descanso. Puede que sea necesaria respiración artificial. Solicite atención médica
Piel	En contacto con líquido: congelación	Guantes aislantes del frío. Ropa protectora	En la congelación: enjuague con abundante agua, no se quite la ropa. Solicite atención médica
Ojos	En contacto con líquido: congelación	Careta	Primero enjuague con abundante agua por varios minutos (quite los lentes de contacto si es posible), luego lleve a un doctor.

## **1.3 Gas LP**

El Gas Licuado de Petróleo, también conocido como gas LP es un combustible compuesto primordialmente por butano y propano [14]. Es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo y su producción se registra desde principios de siglo; sin embargo, es en 1946 cuando se empieza su comercialización como estrategia para sustituir, en las casas habitación de las zonas urbanas, la utilización de combustibles vegetales. En los años sesenta, gracias al desarrollo tecnológico en el proceso productivo, toma gran importancia debido a que se reduce su costo de elaboración, además de un acceso más fácil por la mejora de su transporte y manejo [15].

### **1.3.1 Características del Gas LP**

EL gas LP es un gas combustible más pesado que el aire. Aunque al momento de quemarlo a temperatura y presión atmosférica está en estado gaseoso, se guarda como líquido en cilindros a presión para su manejo y transporte. La mezcla usada en México más común es 80% butano y 20% propano, aunque estos valores pueden variar [16].

Para el proceso de licuefacción de gas LP se usa gas natural. Durante la primera etapa se elimina el azufre mediante una planta endulzadora. Después se alimenta a una planta criogénica, donde con el enfriamiento y las expansiones sucesivas se consiguen dos corrientes: una compuesta básicamente de gas metano y la otra líquida. En el proceso siguiente de fraccionamiento, se separan en diversos componentes la fase líquida: gasolinas naturales, gas LP y etano [15].

### 1.3.2 Mercado Nacional de Gas LP

La producción de gas LP en México se da a partir de la refinación de petróleo que hacía Pemex Refinación (PR) y del procesamiento del gas natural húmedo por parte de Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB). Después de todo el proceso de producción e importación, PGPB le vende el gas LP a los concesionarios que tienen permiso de distribución autorizados por la Secretaría de Energía (SENER).

El gas LP es uno de los energéticos más utilizados en México, al punto que continúa siendo el líder mundial en el consumo per cápita para el sector residencial con un consumo anual de 74 kg per cápita según la Secretaría de Energía de los Estados Unidos Mexicanos [17].

El 52.2% de los hogares en México usan el gas LP como el combustible con el cual cocinan y calientan el agua, seguido por la leña, con un 40.9%, y el gas natural tan sólo obtiene un 6.9% de la participación total del mercado. Aunque en los últimos años ha disminuido el uso del gas LP y la leña en favor del uso del gas natural, éste aún está lejos de ser un sustituto viable debido a la falta de infraestructura en muchas regiones del país.

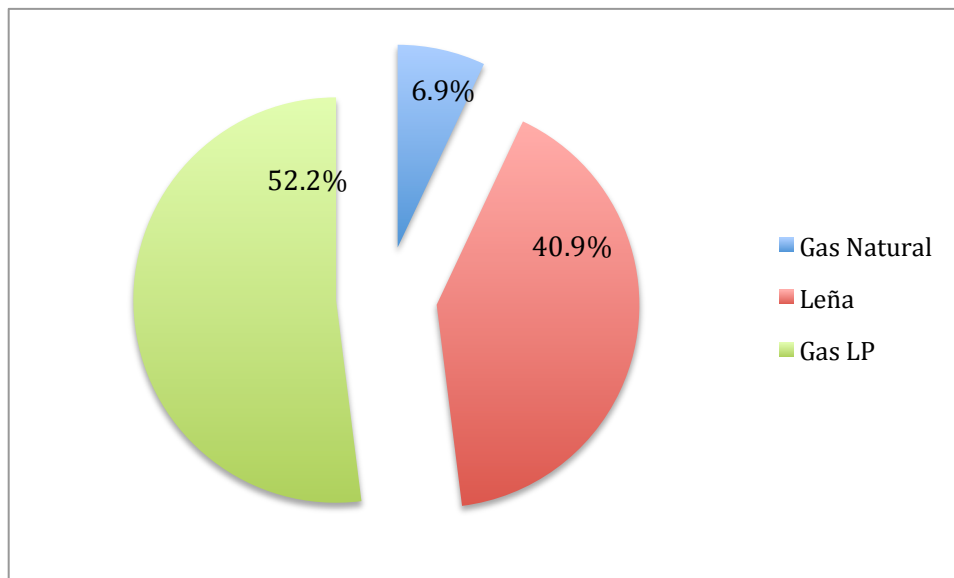


Imagen 1.1 Distribución de la demanda nacional de combustibles del sector residencial, 2014 [18]

Para 2017 se estima que la oferta interna aumente 91.9 miles de barriles diarios (mbd), lo que equivale a un crecimiento anual de 3.5%. Se espera un crecimiento medio anual del 7.8% por parte de PR, aunque el 81.5% de la composición de la oferta nacional de gas LP proviene de PGPB [17].

En 2029 se calcula que la demanda de gas LP alcance los 323.6 mbd, lo que equivale a una tasa de crecimiento anual de 0.8%. El mayor incremento en la demanda en este periodo es entre 2016 y 2018 debido a que Pemex tiene una estrategia para usar este combustible como insumo en una de sus refinerías [19].

### **1.3.3 Fugas de Gas LP**

Un problema asociado al mercado de gas LP de manera continua es la seguridad de las instalaciones y del equipo de transporte del combustible. El número de accidentes producidos por el descuido en la supervisión de las condiciones de seguridad han causado decenas de muertes en México que, con medidas más estrictas y con una regulación de aplicación efectiva, se pudieron haber evitado.

Uno de los principales problemas a considerar es el deterioro de los cilindros de gas LP. En México se da una falta de reposición a tiempo de los recipientes portátiles porque no se ha establecido un régimen de propiedad de éstos. Esto hace que los cilindros sean de todos y de nadie al mismo tiempo, y nadie se preocupe realmente por éstos.

La secretaría de la Comisión de Hacienda y Crédito Público indica que según cifras de las autoridades, en México existen más de 24 millones de cilindros que se ofrecen al público, de los cuales, se estima que el 40% no está en condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento debido a los contenedores[20].

Un gran porcentaje de los cilindros de gas LP presentan perforaciones, abolladuras, protuberancias, corrosión y fugas; pero lo mismo ocurre en pipas y tanques estacionarios, lo que pueden producir incendios o explosiones, lo que ocasiona alta inseguridad para los ciudadanos.

## 1.4 Flamabilidad en gases combustibles

Una mezcla de gas combustible y aire puede quemarse en un amplio rango de concentraciones, cuando se somete a temperaturas elevadas o se expone a una superficie catalítica a temperaturas normales. Sin embargo, las mezclas homogéneas de gas combustible son inflamables, es decir, pueden propagar la llama libremente dentro de un rango limitado de composiciones.

La mezcla más diluida se conoce como límite inferior de explosión (LIE), o mezcla de límite pobre en combustible; la mezcla más concentrada se conoce como límite superior de explosión (LSE) o mezcla de límite rico en combustible. En la práctica, los límites de inflamabilidad de un sistema particular de gases se ven afectados por la temperatura, la presión, la dirección de propagación de la llama, la intensidad del campo gravitacional y el entorno. Los límites se obtienen experimentalmente determinando las composiciones de mezcla limitante entre mezclas inflamables y no inflamables. Esto es,

$$L_{T,P} = 1/2[C_{gn} + C_{1f}], \quad (1.1)$$

y

$$U_{T,P} = 1/2[C_{gf} + C_{1n}], \quad (1.2)$$

donde  $L_{T,P}$  y  $U_{T,P}$  son límites inferior y superior de inflamabilidad, respectivamente, a una temperatura y presión específicas,  $C_{gn}$  y  $C_{1n}$  son las mayores y menores concentraciones de combustible en oxidante que no son inflamables, y  $C_{1f}$  y  $C_{gf}$  son las menores y mayores concentraciones de combustible oxidante que son inflamables.

En la práctica, las mezclas inflamables pueden formarse por accidente o por diseño. Cuando se forman por accidente, generalmente es deseable reducir rápidamente la concentración de combustible mediante la adición de suficiente aire o gas inerte para producir mezclas no inflamables. Bajo ciertas condiciones, puede ser posible aumentar la concentración de combustible para producir una mezcla no inflamable.



Una vez que se enciende una mezcla inflamable, la llama resultante, si no se extingue, se adherirá a la fuente de ignición o se propagará desde allí. Si se propaga desde la fuente, la velocidad de propagación será subsónica (deflagración) o supersónica (detonación) con respecto al gas no quemado. Si es subsónico, la presión se iguala a la velocidad del sonido en todo el recinto en el que se está produciendo la combustión, de modo que la caída de presión a través del frente de la llama (reacción) es relativamente pequeña. Si la velocidad es supersónica, la tasa de equalización de presión es menor que la velocidad de propagación y hay una apreciable caída de presión en el frente de la llama.

Tabla 1.2 Límites de inflamabilidad, límites de temperatura más bajos ( $T_L$ ), y temperaturas mínimas de autoignición ( $AIT$ ) de algunos gases y vapores individuales en el aire a presión atmosférica

Combustible	Límites de inflamabilidad (porcentaje de volumen)		$T_L(^{\circ}C)$	$AIT(^{\circ}C)$
	$L_{25}$	$U_{25}$		
Ácido acético	5.4		40	465
Acetona	2.6	13		465
Anilina	1.2	8.3	140	615
Benzeno	1.3	7.9	100	560
<b>n-Butano</b>	<b>1.8</b>	<b>8.4</b>	<b>-72</b>	<b>405</b>
Monóxido de carbono	12.5	74		
Alcohol etílico	3.3	19	60	365
Hidrógeno	4.0	75		400
Metano	5.0	15.0	-187	540
n-Octano	0.95		13	220
<b>Propano</b>	<b>2.1</b>	<b>9.5</b>	<b>-102</b>	<b>450</b>
Propileno	2.4	11		460
Sulfuro	2.0		247	
Cloruro de vinilo	3.6	33		

## 1.5 Incendios y Explosiones

Un incendio es un fuego de grandes proporciones que se desarrolla sin control, el cual puede presentarse de manera instantánea o gradual, pudiendo provocar daños materiales, interrupción de los procesos de producción, pérdida de vidas humanas y afectación del medio ambiente.

Para que se inicie un fuego es necesario que se den conjuntamente tres componentes: un combustible, un comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y calor o energía de activación, lo que se llama triángulo del fuego o triángulo de combustión. Cuando estos tres factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se desencadena.

Un proceso de combustión es una reacción química de oxidación. En el proceso de oxidación, lento o rápido, se produce la ruptura de enlaces químicos y la formación de otros nuevos, dando lugar a sustancias distintas a las iniciales, y en ese proceso de ruptura y formación de enlaces es en el que se produce la liberación de energía térmica [21].

Como resultado del proceso de combustión, se obtienen los productos de la combustión. Estos dependen de la naturaleza del combustible, pero en general se produce vapor de agua, dióxido de carbono y carbón.

Se entiende por explosión la expansión violenta y rápida, de un determinado sistema de energía acompañada de un cambio de su energía potencial y generalmente seguida de una onda expansiva que actúa de forma destructiva sobre el recipiente o estructura que lo contiene.

Las explosiones químicas son las motivadas por reacciones químicas violentas, por deflagración o detonación de gases, vapores o polvos. Son producidas como consecuencia de la reacción exotérmica que se produce entre los gases o vapores combustibles con el aire o con otro gas o mezcla oxidante, pudiendo dar lugar a deflagración o detonación, cuando su composición coincide con la de inflamabilidad [22].

## 1.6 Sensores de Gas

Las aplicaciones de los sensores de gas se pueden dividir no sólo según el nivel de fiabilidad requerido, que a menudo está directamente relacionado con la selectividad del sistema del sensor, sino también con el resultado del objetivo que se desea obtener. Muchas aplicaciones de seguridad definen un gas específico combinado con un valor límite de umbral para activar la alarma. En otras aplicaciones, no sólo se monitorea el umbral, sino que el sensor debe proporcionar una lectura correcta de la concentración del gas específico, independientemente de los gases que interfieran, para permitir un análisis y reacción correcta de un sistema de nivel superior. Otros dependen de la detección e identificación de mezclas complejas de gases que a menudo no están bien definidas en términos de componentes de gas y concentraciones respectivos [23].

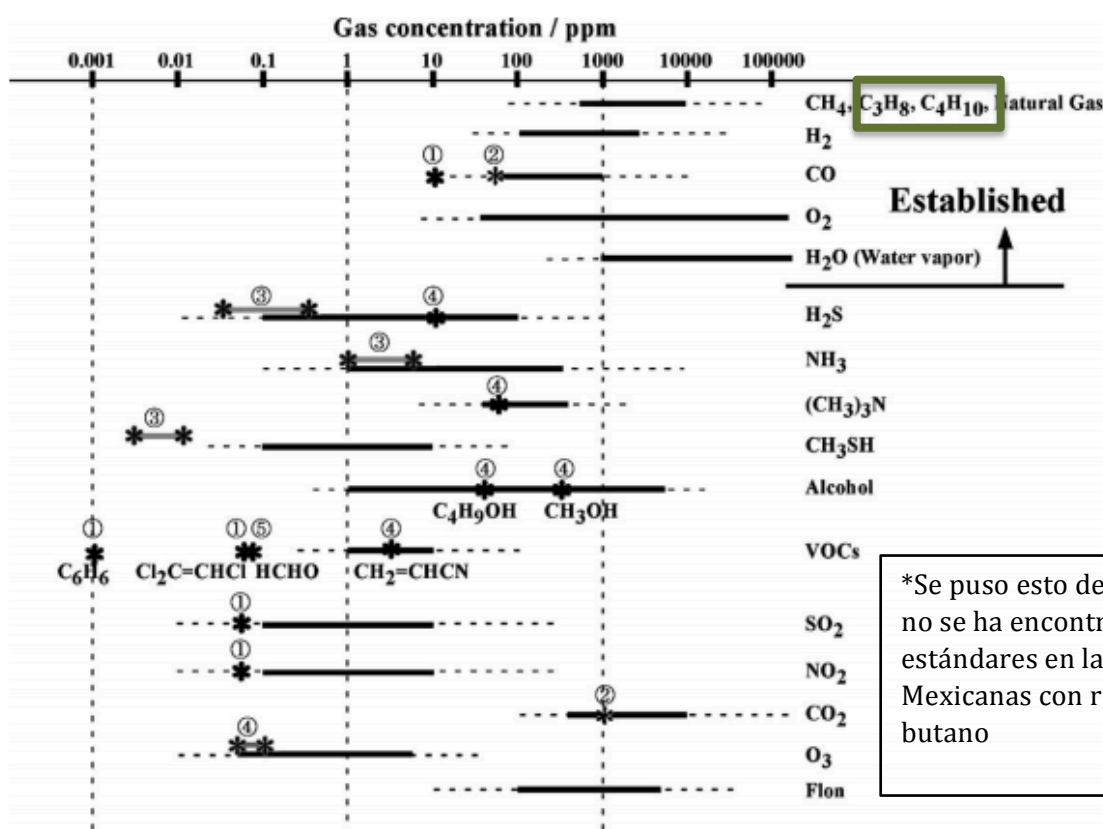


Imagen 1.2 Niveles de concentración de los componentes de gas típicos. Las marcas en estrella indican los estándares de los gases legislados en Japón por (1) Environmental Standard, (2) Ordinance on Health Standards in the Office, (3) Offensive Odor Control Law, (4) Working Environment Measurement Law, y (5) Ordinance by Ministry of Health, Labour and Welfare.[24].

Los sensores de gas se pueden usar para detectar gases tóxicos en sistemas de monitoreo y alarma continuos, como la detección de gases nocivos tanto en el exterior como en el interior, incluso en el lugar de trabajo. Como es bien sabido, incluso a concentraciones muy bajas, los gases tóxicos son muy peligrosos para la salud humana. Tradicionalmente, las alarmas contra incendios han usado un detector de humo o un detector de calor. Sin embargo, en el caso del fuego, también se producen varios gases combustibles y estos gases se difunden más rápidamente que el humo o el calor. En muchos casos, la detección de estos gases es útil para la detección temprana de incendios. Los sensores de gas pueden detectar una fuga de gas y pueden interactuar con un sistema de control para que el proceso pueda cerrarse automáticamente. Un detector de gas también puede sonar una alarma para las personas en el área donde ocurre la fuga, dándoles la oportunidad de abandonar el área. Por lo tanto, el uso de sensores de gas puede evitar accidentes debido a fugas de gas, lo que permite salvar vidas y equipos. Los detectores de gas pueden usarse para detectar gases combustibles e inflamables.

Los sensores de gas se pueden usar para monitorear y controlar las emisiones relacionadas con la combustión. Se sabe que ésta es una de las principales prioridades en muchas industrias. Los sensores de  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ , hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles permiten un mejor control de la combustión, lo que permite la reducción de emisiones tóxicas, el uso eficiente de combustibles y el consiguiente ahorro de energía.

Tabla 1.3 Ejemplos de aplicaciones de sensores de gas[25]

Campo de aplicación	Función	Ejemplo de gases detectados
Ambiente	Monitorear gases tóxicos presentes en la atmósfera, debido a emisiones industriales	<i>CO, CH<sub>4</sub>, humedad, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub>, HCs, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S</i>
Seguridad Pública	Control de la calidad del aire interior, detección de sustancias peligrosas para la seguridad del público en general	<i>Gases tóxicos, gases combustibles, gases flamables, explosivos, O<sub>2</sub></i>
Servicios Públicos, automotor, plantas de energía	Control de la concentración de los gases en el motor y la caldera de gas, para garantizar la mayor eficiencia posible del proceso de combustión. El mismo concepto también se puede aplicar a las centrales eléctricas, ya que la energía se genera mediante la combustión	<i>O<sub>2</sub>, CO, HCs, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub></i>
Industria petroquímica	Monitoreo y control de procesos	<i>HCs, contaminantes convencionales</i>

### 1.6.1 Clasificación de sensores de gas

Las clasificaciones en los sensores de gas pueden variar dependiendo el enfoque. Teniendo en cuenta el mecanismo de transducción es un ejemplo de la forma en la que se pueden clasificar.

Tabla 1.4 Clasificación sugerida de los sensores de gas en 1991 por Analytical Chemistry Division of IUPA [26].

Clase de sensores de gas	Principio de operaciónn
Electroquímico	<p>Cambios en corriente, voltaje, capacitancia/impedancia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltamperometría</li> <li>• Potenciometría</li> <li>• Transistor de efecto de campo químicamente sensibilizado</li> <li>• Potenciometría con electrolitos sólidos para detección de gases</li> </ul>
Eléctrico	<p>Conductividad de óxidos de metal</p> <p>Conductividad orgánica</p> <p>Conductividad electrolítica</p> <p>Conductividad de heterounión (diodo Schottky, FET, MOS)</p> <p>Función del trabajo</p> <p>Permitividad eléctrica</p>
Susceptible a la masa	<p>Cambios en el peso, amplitud, fase o frecuencia, tamaño, forma, o posición:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microbalanza de cristal de cuarzo</li> <li>• Propagación de ondas acústicas superficiales</li> </ul>
Magnético	<p>Cambios de las propiedades del gas paramagnético</p>
Dispositivos ópticos	<p>Cambios en la intensidad de la luz, color o los espectros de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorbancia</li> <li>• Reflectancia</li> <li>• Luminiscencia</li> <li>• Índice de refracción</li> <li>• Efecto optotérmico</li> <li>• Dispersión de la luz</li> </ul>
Termométrico	<p>Efectos de calor de una reacción química específica. Cambios en la temperatura, flujo de calor, contenido de calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Termoeléctrico</li> <li>• Piroeléctrico</li> <li>• Conductividad térmica</li> </ul>

## 1.6.2 Sensor de gas MQ-2

Una de las ventajas que ofrece el sensor de gas MQ-2 es la posibilidad de detectar varios gases que se pueden detectar en casas o industrias. Es adecuado para la detección de i-butano, propano, metano, gas LP, alcohol e hidrógeno. Tiene un tiempo de respuesta rápido y una alta sensibilidad, la cual puede ser ajustada por el potenciómetro. Además, detecta la presencia de humo y gas combustible en concentraciones de 300 a 10,000 ppm e incluye una salida de señal analógica, de la cual se pueden obtener los valores mediante un ADC.

Está compuesto por un sensor semiconductor. Lo cual significa que funciona gracias a la absorción de gas en la superficie de un óxido caliente (óxido de estaño). La absorción de la muestra de gas en la superficie con óxido, y su posterior oxidación catalítica, da como resultado un cambio de la resistencia eléctrica del material con óxido y se puede relacionar con la concentración de la muestra de gas. El sensor de gas MQ-2 presenta la cantidad de gas detectado mediante el nivel de voltaje de salida. Mientras más gas haya, mayor el voltaje.

Tabla 1.5 Características del sensor MQ-2

Símbolo	Nombre del parámetro	Condición/parámetro técnico
$V_C$	Votaje del circuito	$5V \pm 0.1$
$R_L$	Resistencia de carga	Variable
$R_S$	Resistencia de detección	$3K\Omega - 30K\Omega$
Tiempo de precalentado	Más de 24 horas	

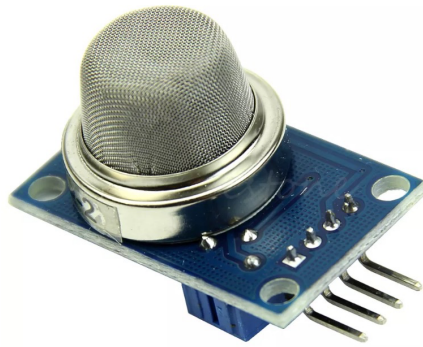


Imagen 1.3 Sensor MQ-2 [27]

## 1.7 Arduino UNO

Arduino UNO es un hardware de código abierto. Puede ser programado con el Arduino Software (IDE). El ATmega38 en el Arduino UNO viene preprogramado con un gestor de arranque que le permite cargar el código nuevo sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo original STK500. También puede omitir el gestor de arranque y programar el microcontrolador a través del encabezado ICSP (Programación serial en circuito) usando Arduino ISP.

El Arduino tiene un fusible reseteable que protege los puertos USB de su computadora contra cortos y sobrecorrientes. Aunque la mayoría de las computadoras proporcionan su propia protección interna, el fusible proporciona una capa adicional de protección. Si se aplica más de 500 mA al puerto USB, el fusible interrumpe automáticamente la conexión hasta que se elimine el cortocircuito o la sobrecarga.

La placa Arduino UNO puede alimentarse a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de poder se selecciona automáticamente. La alimentación externa puede provenir de un adaptador de CA a CC o batería. El adaptador se puede conectar al enchufar un conector positivo de 2.1 mm en el conector de alimentación de la placa. Los cables de una batería se pueden insertar en los conectores GND y Vin pin del conector POWER. La placa puede operar con una alimentación externa de 6 a 20 volts. Sin embargo, si se alimenta con menos de 7 V, el pin de 5 V puede suministrar menos de cinco volts y la placa puede volverse inestable. Si se usa más de 12



V, el regulador puede sobrecalentarse y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 volts.

Cada uno de los 14 pines digitales del Arduino UNO se pueden usar como entrada o salida. Operan a 5 volts. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de operación recomendada y tiene una resistencia interna de pull-up de 20-50k ohm. Un máximo de 40 mA es el valor que no debe excederse en ningún pin de E/S para evitar daños permanentes en el microcontrolador. El Arduino UNO tiene 6 entradas analógicas, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución.

## 1.8 Bluetooth

En el año de 1994, la empresa de telecomunicaciones Ericsson, comienza un estudio para investigar la viabilidad de una interfaz de radio de bajo costo entre teléfonos móviles y los accesorios. El objetivo era eliminar los cables entre los teléfonos móviles y las tarjetas de PCs, auriculares, dispositivos de escritorio, etc. Por eso, en 1998 se forma el Bluetooth SIG (Special Interest Group), un grupo compuesto por cinco compañías: Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel. Este grupo contenía una combinación perfecta para el proyecto a realizar: dos líderes en el mercado de telefonía móvil, dos líderes en el mercado de computadoras portátiles y un líder del mercado en tecnología de procesamiento digital de señales.

La razón del nombre es que en el siglo X el rey de Dinamarca Harald II, apodado "blue tooth" por una enfermedad que le daba esta coloración a su dentadura, unificó bajo su reinado numerosos pequeños reinos que existían en Dinamarca y Noruega que estaban trabajando con diferentes funciones; lo mismo que hizo la tecnología Bluetooth [28].

El símbolo Bluetooth es una fusión de la representación de las runas nórdicas Hagalaz (H) y Berkana (B) en el mismo símbolo. Esto es HB, como Harald "blue tooth", el rey [29].

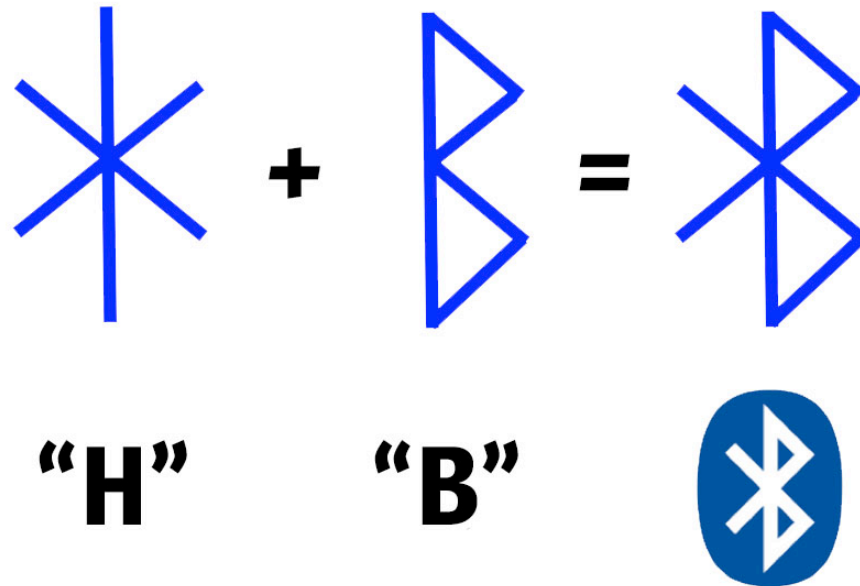


Imagen 1.4 Símbolo Bluetooth [30]

### 1.8.1 ¿Qué es el Bluetooth?

Bluetooth es un estándar utilizado en enlaces de radio de corto alcance, creado para reemplazar conexiones por cable entre dispositivos electrónicos como teléfonos celulares, computadoras, teclados y muchos otros dispositivos. La tecnología Bluetooth puede ser usada en el hogar, el coche, la oficina, etc. Esta tecnología permite al usuario conexiones instantáneas de voz e información entre varios dispositivos en tiempo real. La forma de transmisión utilizada asegura protección contra interferencias y seguridad en el envío de información.

Entre las características principales están su resistencia, la baja complejidad, el bajo consumo y el bajo costo. El Bluetooth es un pequeño microchip que opera en una banda de frecuencia disponible en todo el mundo. Las comunicaciones pueden darse punto a punto y punto multipunto.

### 1.8.2 ¿Cómo funciona?

Cada dispositivo tiene que estar equipado con un microchip que transmite y recibe en la frecuencia de 2.4 GHz que está disponible en todo el mundo (con

pequeñas variaciones de ancho de banda en diferentes países). Además de la información, hay tres canales de datos síncronos, o un canal de datos síncrono y uno asíncrono pueden ser soportados en un solo canal.

La información se puede intercambiar a velocidades de hasta 1Mbps en la primera generación, 2Mbps para la segunda y hasta 24 Mbps en la tercera y cuarta generación. Tiene saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir con un máximo de 1600 saltos/seg en full dúplex. Estos saltos se dan en intervalos de 1MHz entre un total de 79 frecuencias; lo que permite brindar seguridad y robustez.

### **1.8.3 Bandas de Frecuencia**

El Bluetooth estándar opera en la banda de 2.4 GHz. A pesar de que en todo el mundo esta banda está disponible, el ancho de banda puede diferir en diferentes países. La frecuencia de banda media industrial, científica y médica (ISM) es de 2.45 GHz.

El sistema puede usarse en todo el mundo debido a que los transmisores de radio cubren entre 2.4 y 2.5 GHz y es posible seleccionar la frecuencia adecuada. Servicios de radiocomunicaciones que operan dentro de esta banda deben aceptar interferencias perjudiciales que pueden ser causadas por estas aplicaciones [31].

### **1.8.4 Energía**

Los equipos de transmisión están calificados en 3 grupos según el nivel de poder de emisión. El equipo receptor debe poseer una sensibilidad de al menos 70 dBm y la tasa de error admisible debe ser menor o igual al 0.1%

Tabla 1.6 Clases de Bluetooth [32]

Clase de Energía	Nivel de transmisión de energía (mW)	Rango anunciado (m)
1	100	100
2	2.5	10
3	1	1

El chip se incorpora en dispositivos móviles y funciona con baterías, por eso debe tener un consumo de energía muy limitado (hasta un 97% menos que un teléfono móvil). Si los dispositivos Bluetooth no intercambian información, entonces se establecen en el modo “espera” para ahorrar energía, quedándose al alcance de los mensajes.

### 1.8.5 Redes Bluetooth

Una de las mayores ventajas, y donde se puede ver la versatilidad del diseño de la tecnología Bluetooth, es en la fácil elaboración y arreglo de las redes entre diferentes dispositivos de tecnología Bluetooth. Bluetooth ha sido diseñado para operar en un entorno multiusuario. Presenta dos tipos de configuraciones posibles, que se pueden ampliar a un número considerable de elementos para expandir de esta manera las redes y subredes. La estructura que maneja esta tecnología está compuesta por redes que se llaman Piconet, y en una estructura un poco más compleja llamada Scatternet. Hasta ocho usuarios o dispositivos pueden formar una piconet.

En una piconet, un dispositivo debe actuar como “maestro” (*master*), enviando la información del reloj para sincronizarse y la información de los saltos de frecuencia. Los demás dispositivos actúan como “esclavos” (*slaves*).

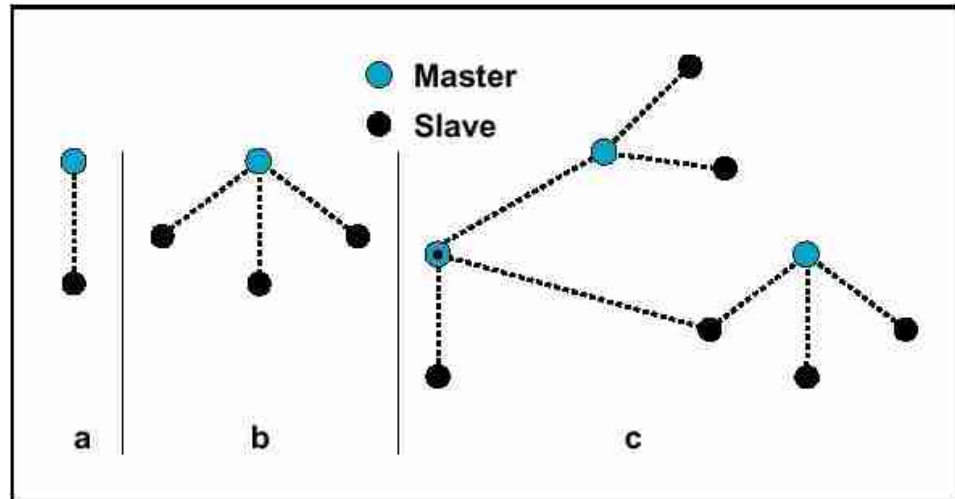


Imagen 1.5 Redes Bluetooth [33]

En la figura anterior, se puede observar que “a” es la más simple piconet que está constituida por dos dispositivos. En “b” se tiene una piconet constituida por cuatro dispositivos. “C” es un ejemplo de scatternet que posee tres piconet, una constituida por tres unidades, la otra por dos y la última por tres unidades.

Los equipos que comparten el mismo canal dividen los recursos y la capacidad de este. Aunque los canales tienen un ancho de banda de 1 MHz, a medida que aumente el número de usuarios que se unen a la piconet, menor recursos tienen para cada uno.

Esta es la razón por la cual se introdujo el scatternet, para resolver el problema del bajo ancho de banda que cada usuario de la piconet si se encuentra una gran cantidad de unidades conectadas.

### 1.8.6 Módulo Bluetooth HC-05

El módulo Bluetooth es un dispositivo de fácil manipulación, de tamaño compacto y su precio es relativamente económico. Este permite recibir de forma inalámbrica desde el smartphone la información de los proyectos que se realizan con placas Arduino o microcontroladores. Permite realizar una comunicación inalámbrica hasta una distancia de 10 metros.

Este es un módulo Maestro-Esclavo, lo que significa que además de recibir conexiones desde una tablet, smartphone, computadora, también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth.

El módulo Bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica con las características mostradas en la siguiente tabla, pero mediante comandos AT, el cual es un estándar abierto universal de comandos para configurar y parametrizar módems [34].

Tabla 1.7 Configuración de fábrica del módulo HC-05

Modo	Esclavo
Nombre	HC-05
Código de emparejamiento	1234
Velocidad (baud rate)	9600

## 1.8 Telefonía Móvil

La telefonía móvil es la tecnología con mayor éxito de la historia de las comunicaciones [35]. Consiste en ofrecer un acceso “vía radio” al usuario de la telefonía, de tal forma que pueda realizar y recibir llamadas dentro del radio de cobertura del sistema.

Un sistema móvil celular tiene una cobertura amplia. Los sistemas celulares incorporan la ventaja de dividir el área de cobertura en secciones, limitando convenientemente la potencia con que se emite cada frecuencia, permitiendo la recuperación de las mismas a distancias bastantes cortas y aumentar la capacidad de los sistemas.

Por lo tanto, un sistema celular consta de una serie de secciones, cubiertas cada una por un sistema de radio que permite la conexión de los terminales móviles al sistema (estación base), y un sistema de conmutación (centro de servicios móviles) que permite la interconexión entre las estaciones base y la conexión del sistema a la red de conmutación pública.

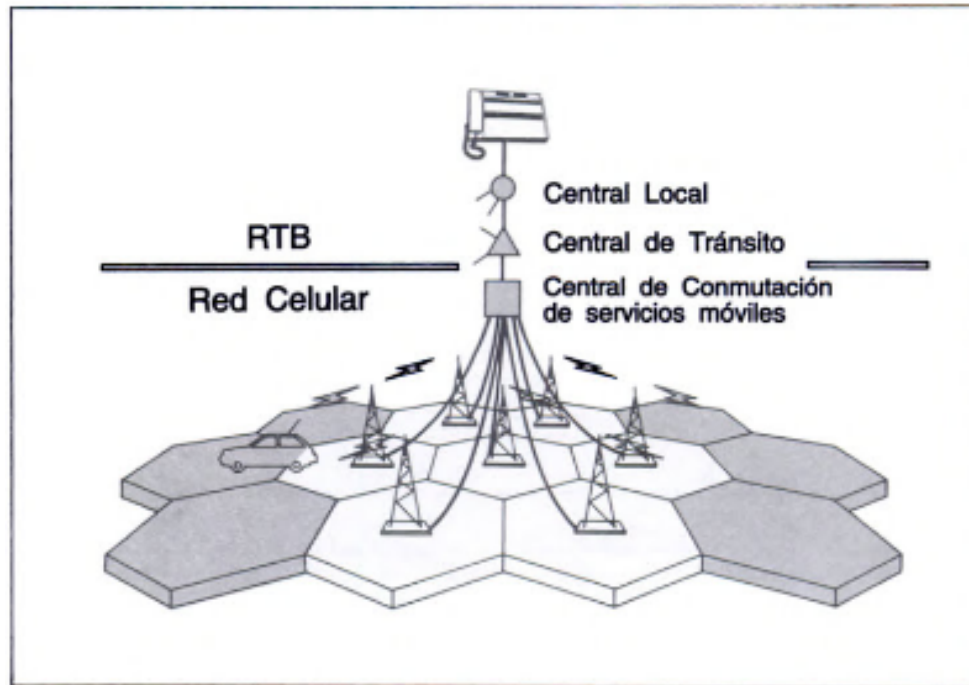


Imagen 1.6 Sistema de Secciones [36]

La central de conmutación de móviles (MSC) realiza la conexión entre los distintos usuarios o entre éstos y la red telefónica fija. Además, es el responsable de las funciones de operación y mantenimiento de tarificación.

Desde que empezó a desarrollarse la telefonía celular han aparecido diversos sistemas. Los primeros sistemas tenían en común que utilizaban una interfaz radioanalógica, y no era posible interconectar sistemas de distintos proveedores. Es por eso que en 1983 en Europa en la CEPT (*Conference Européenne Postes et Telecommunications*) se creó un grupo de trabajo denominado GSM (*Groupe Special Mobile*) con el propósito de especificar un sistema de telefonía móvil celular de gran capacidad, con la capacidad para ir incorporando aplicaciones, servicios y nuevas tecnologías [34].

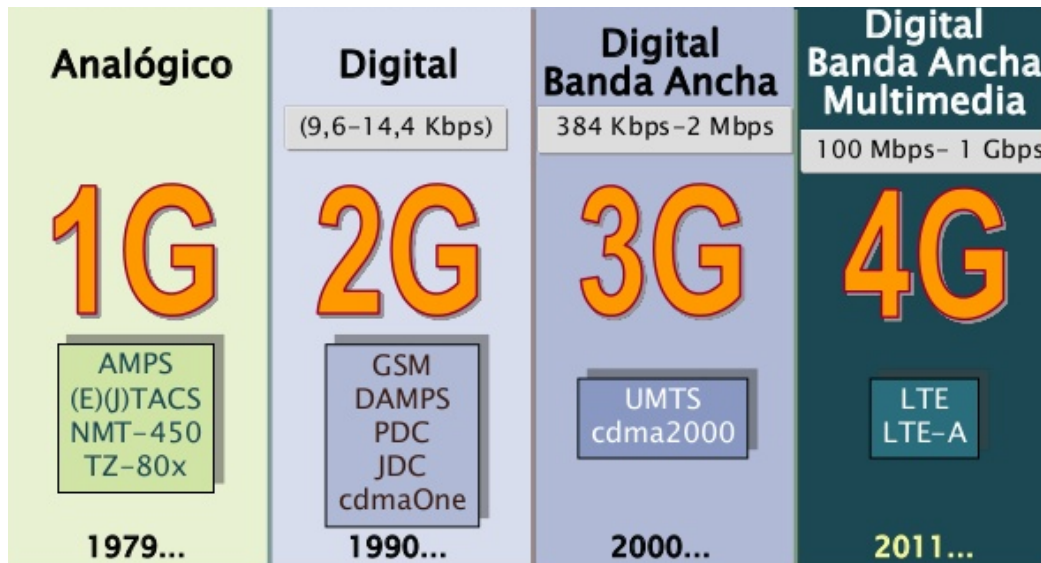


Imagen 1.7 Evolución de la telefonía móvil celular[37]

## 1.10 GSM

El GSM define un sistema completo, incluyendo no sólo la interfaz de radio, sino también una arquitectura completa de red. Esto ha permitido que sobre el estándar GSM se hayan desarrollado y se sigan desarrollando nuevos servicios.

Los sistemas digitales en general y el GSM en particular se consideran como una solución a la falta de capacidad de los sistemas analógicos para dar servicio al número creciente de usuarios. El GSM tiene también como objetivo el poder ofrecer “roaming” internacional [36].

Entre los servicios que ofrece GSM, aparte de la comunicación de voz, está la descarga de tonos y música, mensajes cortos o SMS, localización y juegos.



## 1.11 Módulo SIM900 GSM/GPRS Shield

El SIM900 GSM/GPRS Shield proporciona una forma de utilizar la red de telefonía celular GSM para recibir datos desde una ubicación remota.

### Características

- Compatible con Arduino
- Basado en el módulo SIM900 de SIMCOM
- Permite enviar SMS, MMS, GPRS y audio
- Cuatribanda: 850, 900, 1800 y 1900 MHz
- Control via comandos AT
- Tiene conectores de micrófono y auriculares para llamadas telefónicas

## 1.12 MIT App Inventor

MIT App Inventor es un entorno de programación intuitiva y visual que permite crear aplicaciones totalmente funcionales para teléfonos inteligentes y tabletas. Esta herramienta basada en bloques facilita la creación de aplicaciones complejas de alto impacto en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales.

Fue desarrollado por Google, en su desaparecido Google Labs, pero deja de soportarlo en el 2011. El Massachusetts Institute of Technology decide proseguir con su desarrollo y mantenimiento por lo cual sigue disponible para quien desee utilizarlo.

El entorno de desarrollo de App Inventor es compatible con Mac OS X, GNU/Linux, Windows y con la mayoría de teléfonos Android. Las aplicaciones creadas con App Inventor se pueden instalar en cualquier teléfono Android.

Un pequeño equipo de personal y estudiantes de Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL), dirigido por el profesor Hal Abelson, lidera el alcance educativo en torno a MIT App Inventor y realiza investigaciones sobre sus impactos. Este equipo central mantiene el entorno de desarrollo de aplicaciones en línea gratuito que brinda servicios a más de 6 millones de usuarios registrados [38].

### 1.13 Ingeniería Verde

De acuerdo a diversas definiciones, puede decirse que la ingeniería verde surge como extensión de la química verde. Mientras que la química verde se define como el “diseño de productos y procesos químicos que reducen o eliminan el uso y generación de sustancias peligrosas”, la ingeniería verde, sin embargo, tiene un alcance más amplio, definiéndose como el “diseño, comercialización y uso de procesos y productos, los cuales son técnica y económicamente viables a la vez y que minimizan: la generación de contaminación en el origen y riesgo para la salud y el medio ambiente” [39].

Los detectores de humo tienen una cámara de ionización que contiene americio<sup>241</sup>, el cual emite radiación alfa. Este isótopo radiactivo emite partículas alfa durante siglos. La radiación emitida por el americio es la causa principal de los efectos adversos del americio que se absorbe. Una vez que entra al cuerpo a través de cualquier ruta de exposición, el americio se moviliza con relativa rapidez a través del cuerpo y se deposita en la superficie de los huesos en donde permanece durante mucho tiempo. Esto puede producir alteraciones en el material genético de estas células que puede causar efectos como por ejemplo cáncer en los huesos [40].

Es por eso que este prototipo busca también reemplazar los detectores de humo. No sólo evitando incendios al detectar fugas de gas, sino al prevenir que estos comiencen, lo que haría el uso de detectores de humo innecesarios, minimizando la contaminación y el riesgo para la salud y el medio ambiente que estos generan al usar americio<sup>241</sup>.

## **Capítulo 2**

### **“Análisis y Diseño Técnico”**

## 2.1 Localización del proyecto

El prototipo presentado en este proyecto mide la cantidad de gas LP en el ambiente y muestra los datos obtenidos en una aplicación vinculada con los sensores de medición. Además, este puede hacer llamadas telefónicas y enviar mensajes de texto a celulares con el propósito de prevenir sobre la alta concentración de gas LP en el ambiente.

El primer desarrollo para trabajadores del Gobierno de la Ciudad de México se edificará en un predio cerca al paradero de Santa Martha Acatitla, el cual será una de las zonas donde se planea que las viviendas empleen el prototipo desarrollado para detectar fugas de gas LP.

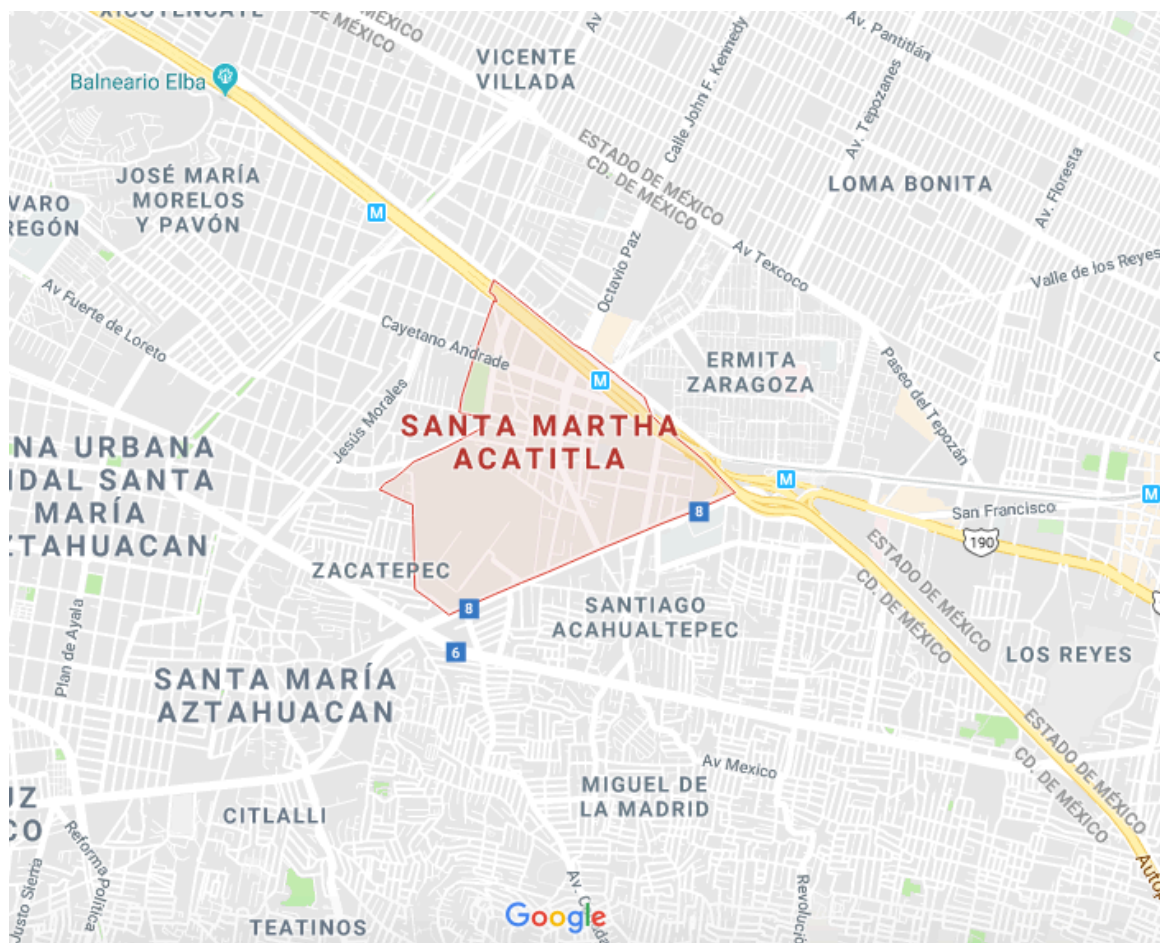


Imagen 2.1 Localización del proyecto [41]

En el siguiente diagrama de bloques se muestra el proceso que se debe seguir para que la implementación del prototipo sea la correcta:



Imagen 2.2 Diagrama de bloques del prototipo

En la imagen 2.3 se pueden observar los elementos que forman parte del prototipo para que se realicen los procesos anteriormente mencionados.

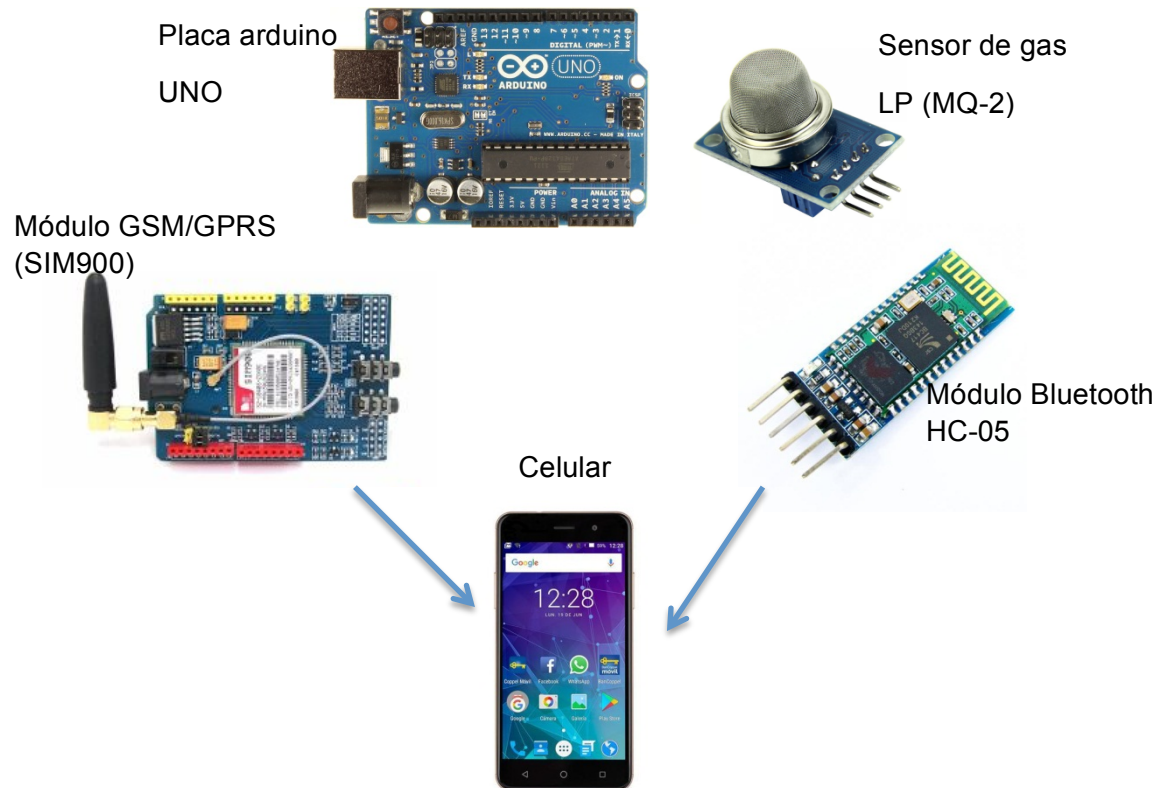


Imagen 2.3 Elementos del prototipo

## 2.2 Programación en la plataforma Arduino

Arduino facilita el uso de librerías que permiten realizar prototipos interactivos y brinda la facilidad para realizar proyectos electrónicos desde los más simples hasta los más complejos, dependiendo de lo que se esté realizando.

Se decide trabajar con Arduino en lugar de Raspberry o un microcontrolador debido a que existen en el mercado demasiadas marcas y compañías que diseñan sistemas compatibles con Arduino, lo cual facilita el trabajo de hardware y software. Además, no se realizan tareas donde el nivel de procesamiento es vital. Cabe mencionar que anteriormente se ha trabajado con Arduino y microcontroladores, y debido a la experiencia con ambos, y a lo que requiere este proyecto, se tomó la decisión de tomar con Arduino.

En este proyecto se examina el monitoreo de la concentración de gas LP con actualizaciones constantes por lo que el programa consiste en la adquisición de datos, su procesamiento y la transmisión y visualización de estos.

El Arduino estará conectado a una fuente de alimentación externa de 5V, que servirá a su vez para alimentar el resto de los elementos del prototipo.

A continuación se presentan algunas partes de la programación implementada en el prototipo que se consideran resaltar:

Establecer los parámetros de la comunicación serial para el módulo SIM900 al igual que para el Arduino. La configuración predeterminada de fábrica para el módulo es 19,200, por lo que se deja de ese valor y es el que se usa para el Arduino.

```
SIM900.begin (19200);
```

```
Serial.begin (19600);
```

## 2.3 Uso de SIM900

En la Imagen 2.4 se presenta un diagrama de flujo sobre la adquisición, procesamiento y visualización de los datos obtenidos por el sensor que representan las concentraciones de los gases presentes en el ambiente.

Se puede observar que se inicia con la entrada de datos que se generan a partir de la detección que hace el sensor de gas LP, y para poder comprender mejor el resultado, se hace una conversión de la medición obtenida en volts, a partes por millón.

Después se envían los datos al receptor por medio del bluetooth, en este caso el teléfono celular, donde se pueden visualizar los datos mediante la aplicación. En caso de que los datos alcancen el 50% del LIE, el prototipo envía un mensaje SMS al teléfono celular y hace una llamada al mismo para notificar al usuario sobre la detección de la fuga de gas. En caso de que no se alcance el 50% del LIE, el prototipo sigue sensando hasta que este nivel se rebase. Para esto, el usuario debe primero comprar una tarjeta SIM de cualquier telefonía celular para colocarla en el módulo SIM900 y ponerle saldo, ya que el uso de ésta al realizar mensajes y llamadas a teléfonos móviles es igual que si fuera cualquier otro teléfono móvil.

El módulo SIM900 permite realizar llamadas a teléfonos celulares y enviar mensajes SMS mediante comandos AT.

-Configuración del nuevo puerto serial

Existe una forma de simular una comunicación en serie cuando falta el hardware necesario. Esto es necesario cuando una aplicación necesita más puertos de comunicación de los que tiene la tarjeta. El Arduino UNO sólo tiene un puerto serial en los pines 0 y 1, por lo que se configuran los pines 7 y 8 para emular un nuevo puerto serial, por lo cual se utilizan las siguientes líneas de código:

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial Nombre (RX, TX) → SoftwareSerial SIM900(7,8)
```



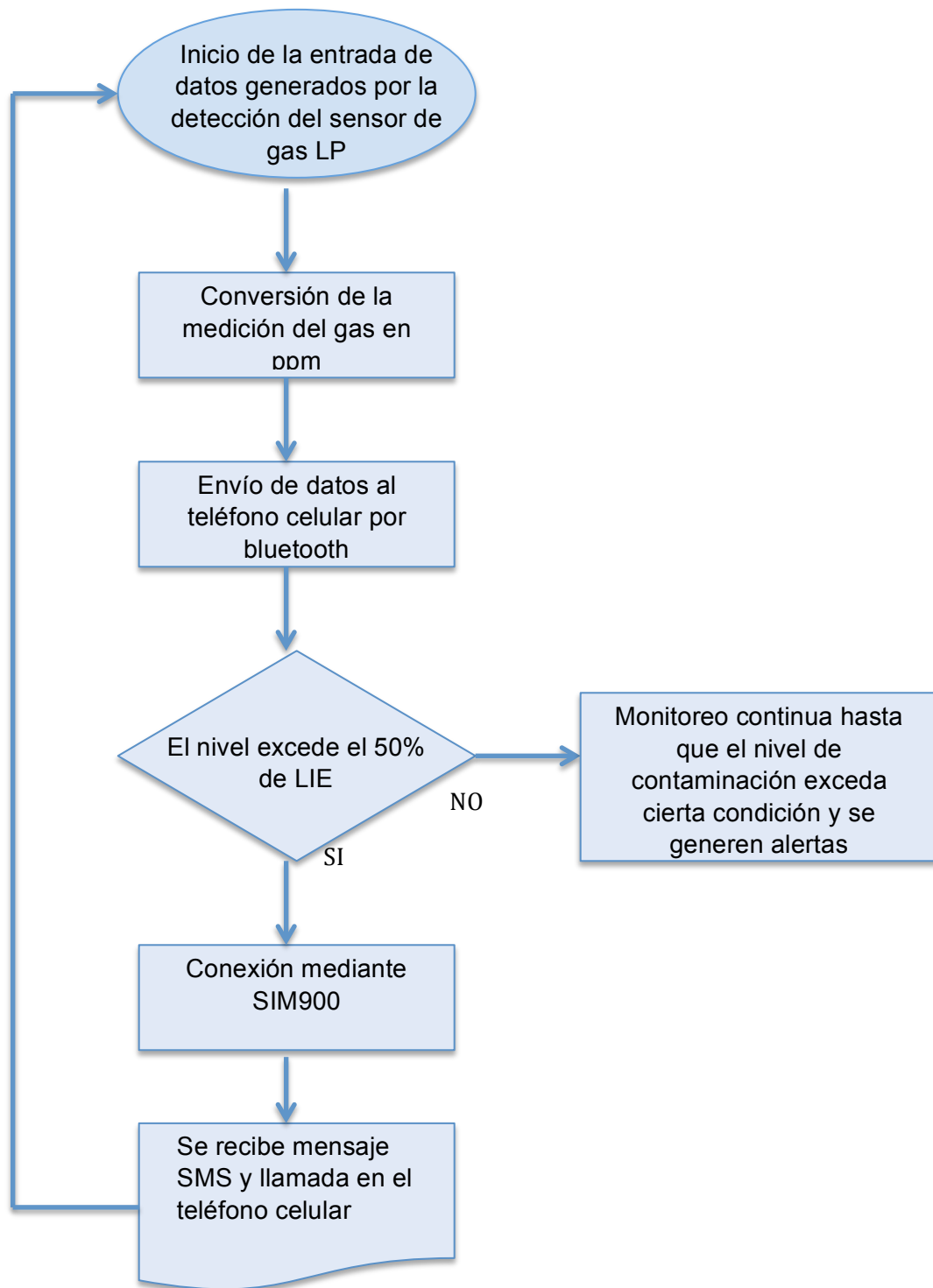


Imagen 2.4 Diagrama de flujo

-El módulo SIM900 se configura y se controla usando comandos AT por lo que es necesario utilizar éstos dentro el código.

```

“ATD XXXXXXXX”           //Comando AT para hacer una llamada
“ATH”                     //Comando AT para colgar
“AT+CMGF=1\r”            //Comando AT para mandar mensaje SMS
“AT+CMGS=“XXXXXXXXX”” //Comando AT que indica el número que recibirá
el mensaje

```

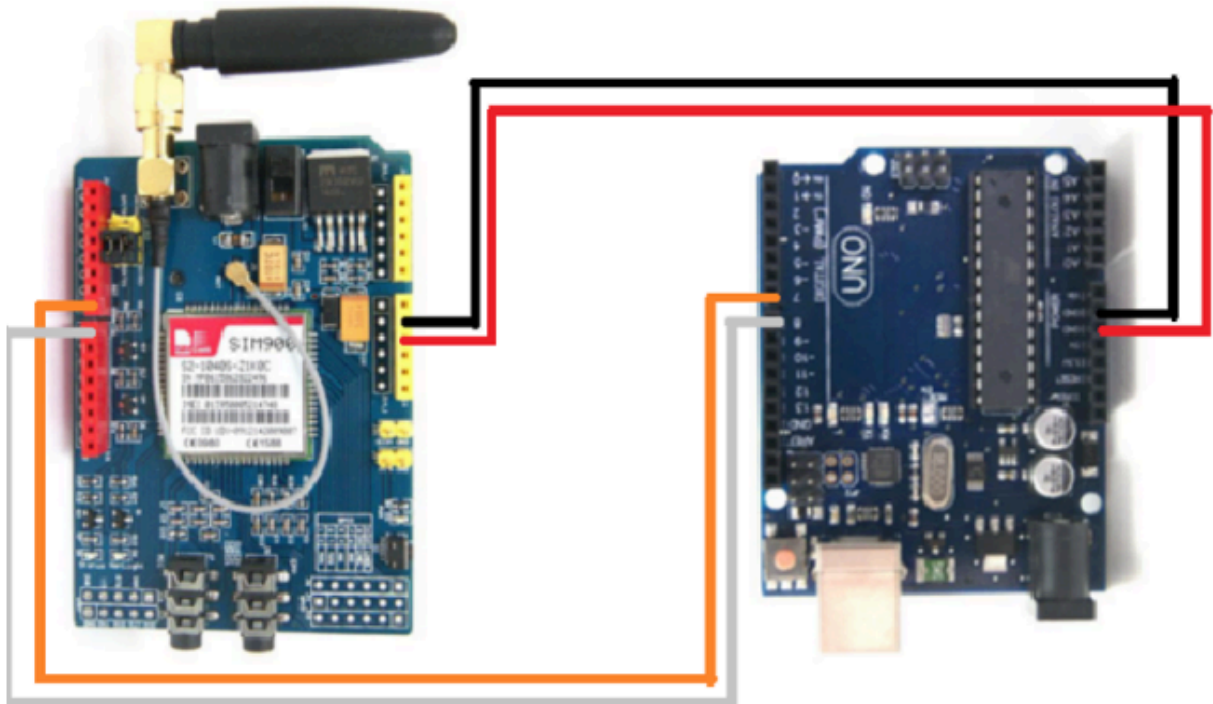


Imagen 2.5 Conexión SIM900

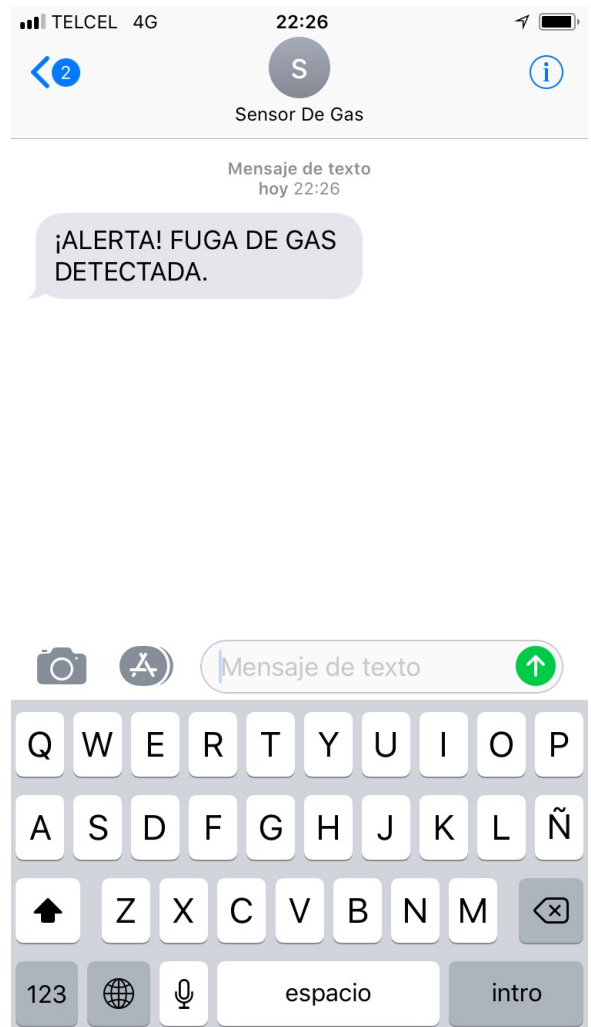
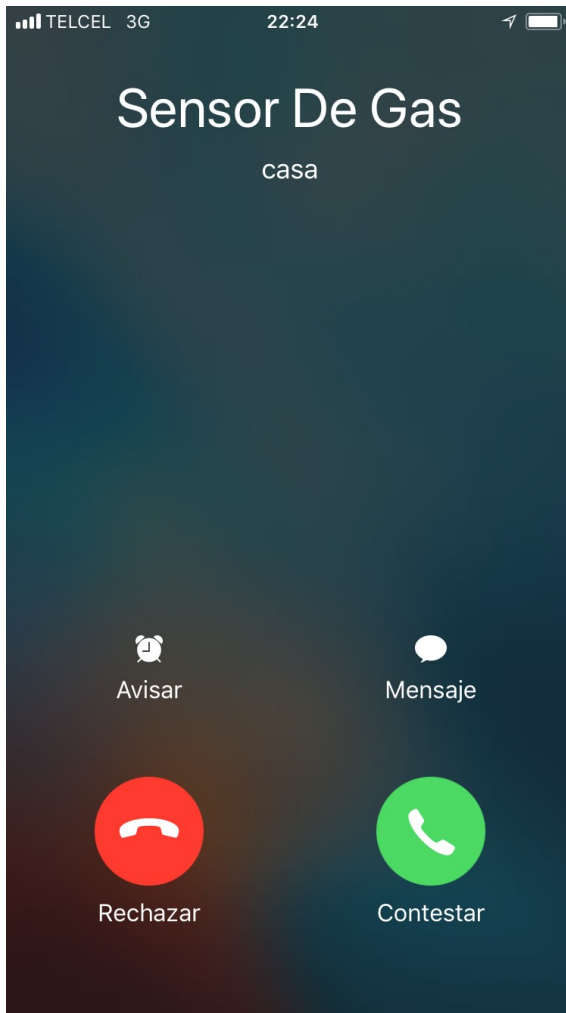


Imagen 2.6 Llamada y mensaje de SIM900

## 2.4 Uso de MQ-2

Aunque el sensor MQ-2 sirve para detectar varios gases, en esta aplicación sólo se usa para la detección de gas LP.

La hoja de datos del sensor no especifica la distancia a la que se debe colocar de la fuente de gas, por lo que se pondrá a no más de 1.5 metros para asegurar que pueda detectar sin problema alguno la fuga de gas LP.

-Obtener el valor de la salida en voltaje debido a que la obtención de datos es entre 0 y 1023 porque el Arduino posee un ADC de 10 bits. El ADC muestra un valor proporcional. Esto significa que el ADC suma que 5V es 1023 y cualquier valor inferior es una relación entre 5V Y 1023.

$$\frac{\text{Resolución del ADC}}{\text{Voltaje del sistema}} = \frac{\text{Lectura del ADC}}{\text{Medida del Voltaje Analógico}} \quad (2.1)$$

$$\text{Medida del Voltaje Analógico} = \frac{(\text{Lectura del ADC})(\text{Voltaje del sistema})}{\text{Resolución del ADC}} \quad (2.2)$$

$$\text{volts} = \text{valor} * \left( \frac{5.0}{1023} \right) \quad (2.3)$$

donde:

volts = medida del voltaje analógico

valor = lectura del adc (valores entre 0 y 1023)

Al obtener el valor del voltaje, se calcula la resistencia  $R_s$  del sensor y se hace la operación para calcular la relación entre  $R_o$  y  $R_s$ ; obteniendo los siguientes valores:

Tabla 2.1 Valores del sensor

Rs/Ro	Volts
1.72	0
0.99	1
0.72	2
0.54	3
0.40	4
0.27	5

Al no tener una fuente estable de gas del cual se supiera cuánto se estaba liberando en el aire, complicó el poder calcular y confirmar si las lecturas correspondían a la cantidad correcta de gas que se habían soltado. Por eso se basó el sensor en la curva característica que trae en su hoja de datos.

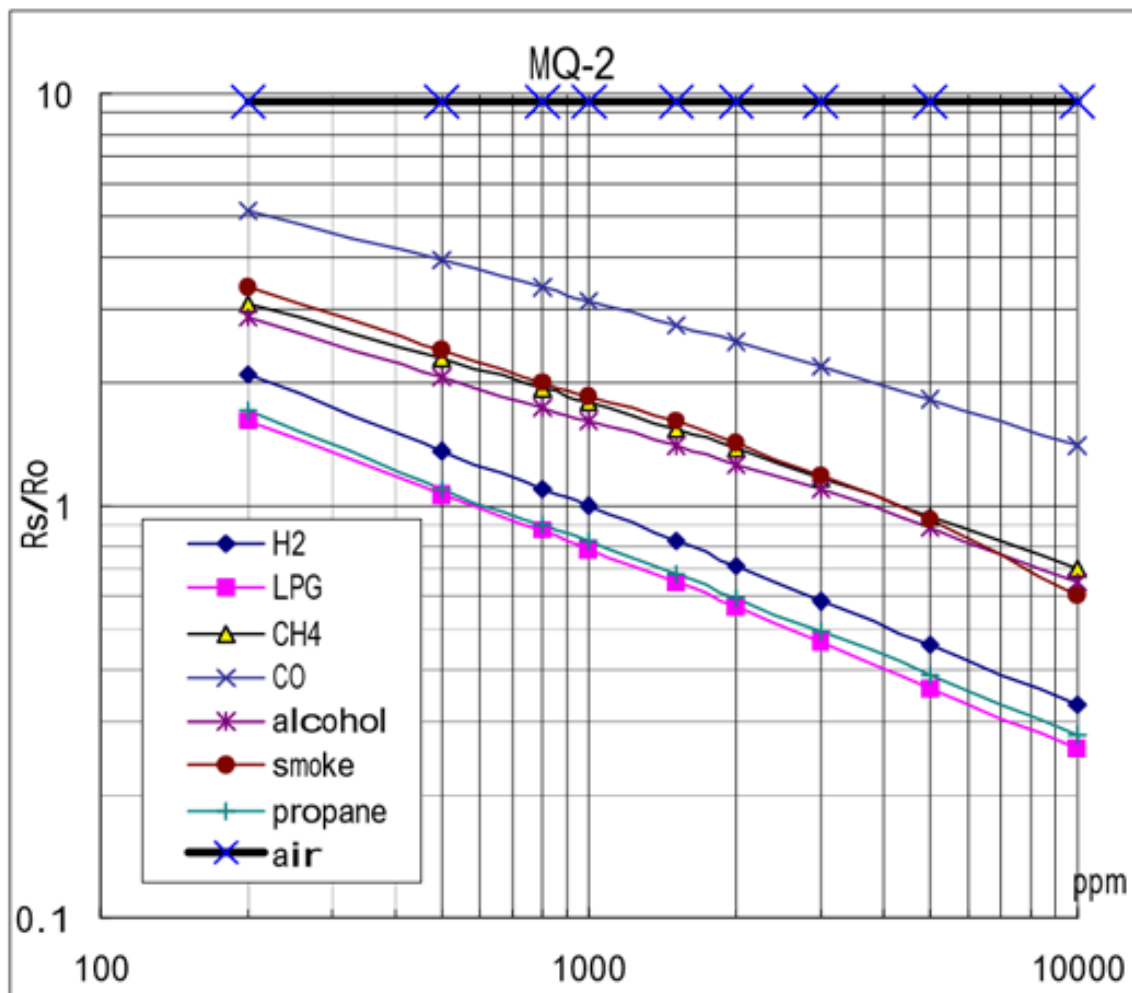


Imagen 2.7 Características de sensibilidad del sensor MQ-2

-Por eso se adquiere la relación y cantidad de partes por millón (ppm) con respecto al voltaje obtenido y al detectar 500ppm se genera la alarma.

$$\text{double ppm} = 26.572 * \exp(1.2894 * (\text{volts} * 5.0 / 1023)); \quad (2.4)$$

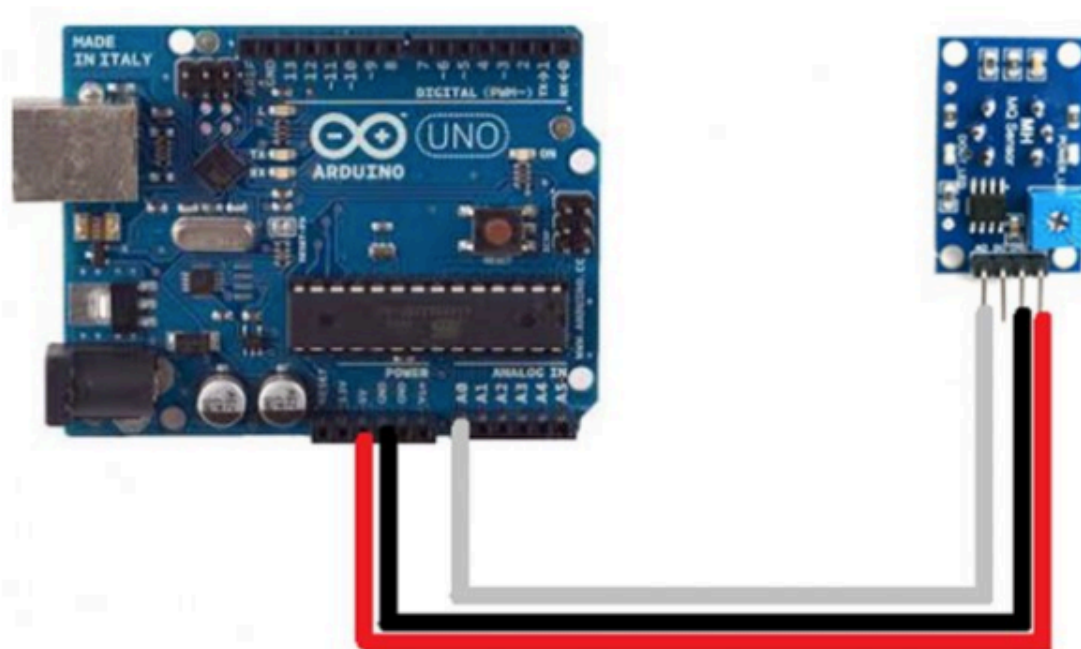


Imagen 2.8 Conexión del Sensor MQ-2

## 2.5 Desarrollo de la aplicación

A continuación se muestra el resultado final con los componentes utilizados en App Inventor, que es la visualización de cómo se está en contacto con la aplicación una vez que se haya descargado en el smarthphone.

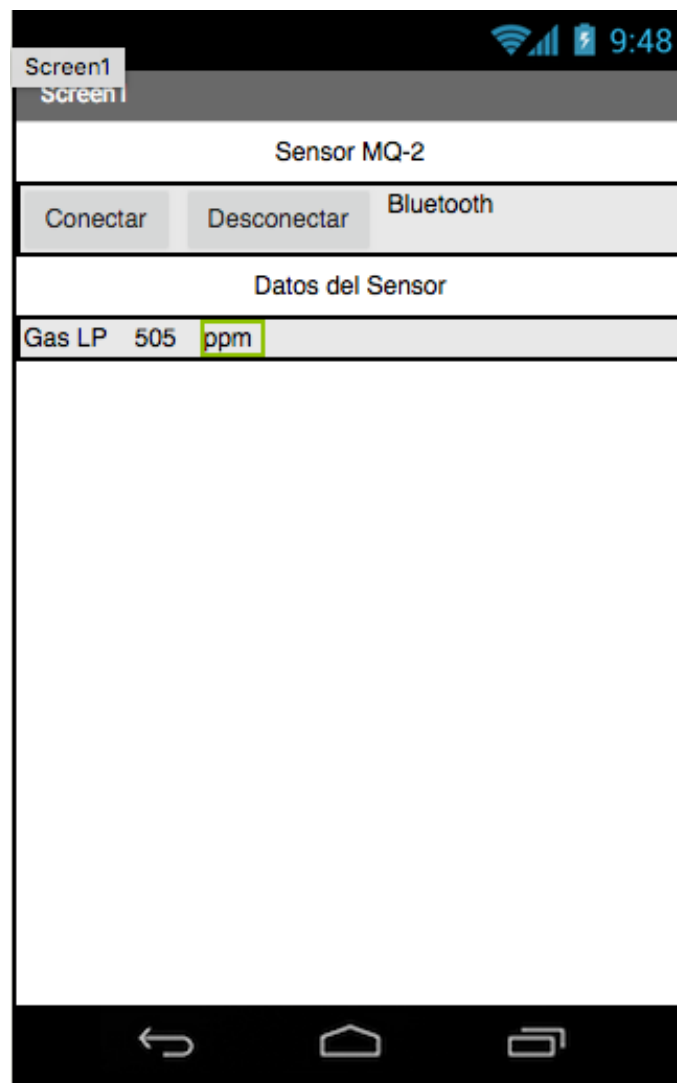


Imagen 2.9 Pantalla de la aplicación



El código necesario para obtener y mostrar los datos de los valores obtenidos por el sensor y previamente manipulados para su mejor entendimiento es el siguiente:

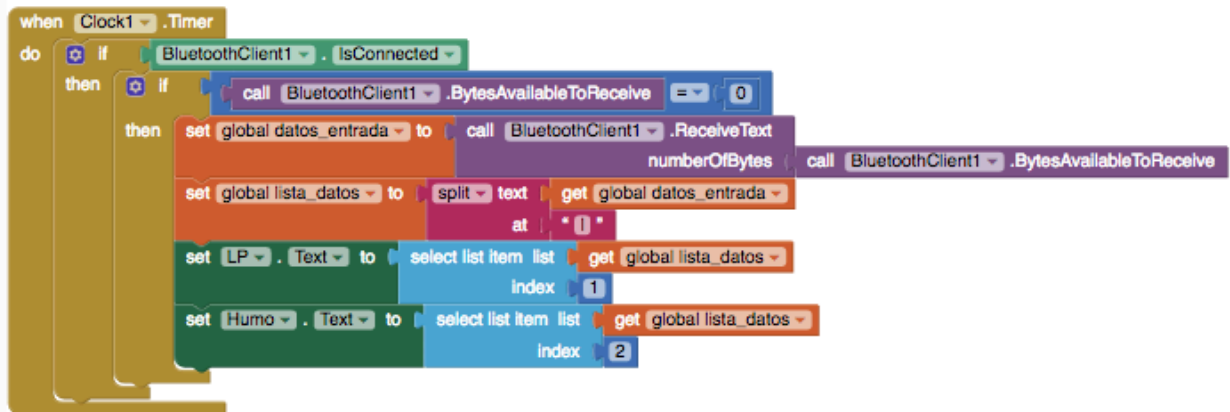


Imagen 2.10 Parte del código para obtener y mostrar los datos

## 2.6 Plano e Instalación

Una vez que el prototipo está listo para su uso, es necesario montarlo en el lugar donde se requiere, por lo que a continuación se muestra el planteamiento de la implementación del sensor en una casa habitación.

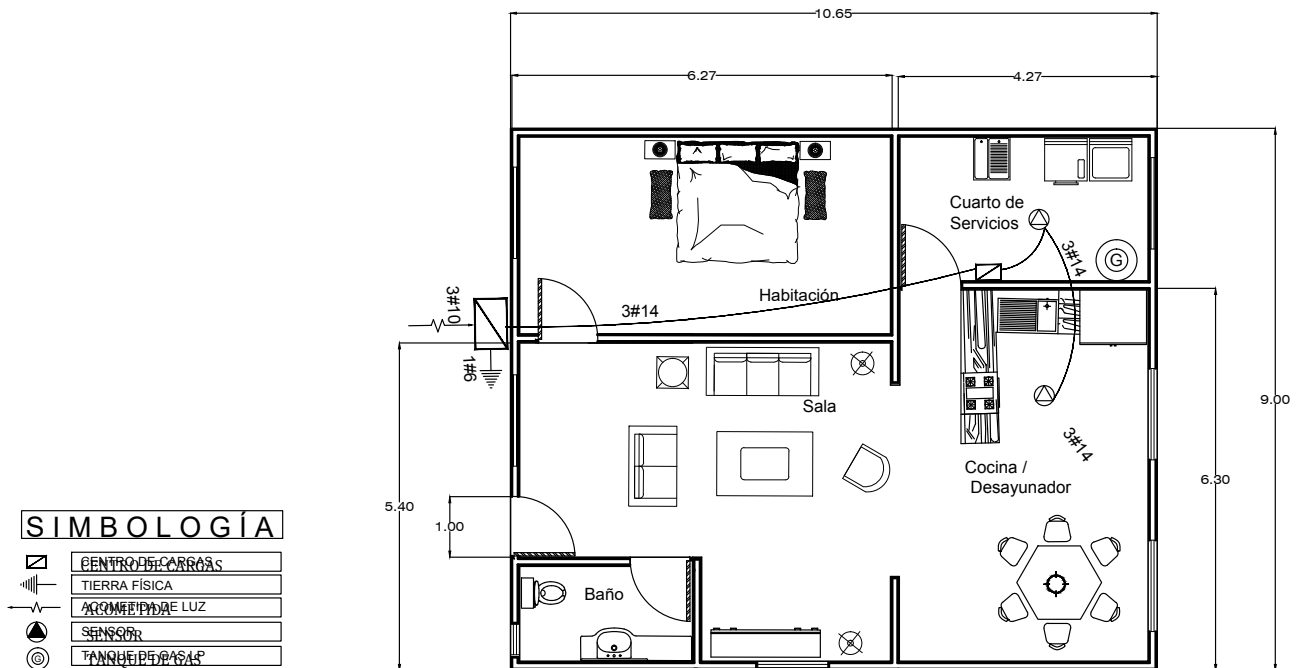


Imagen 2.11 Plano de instalación.

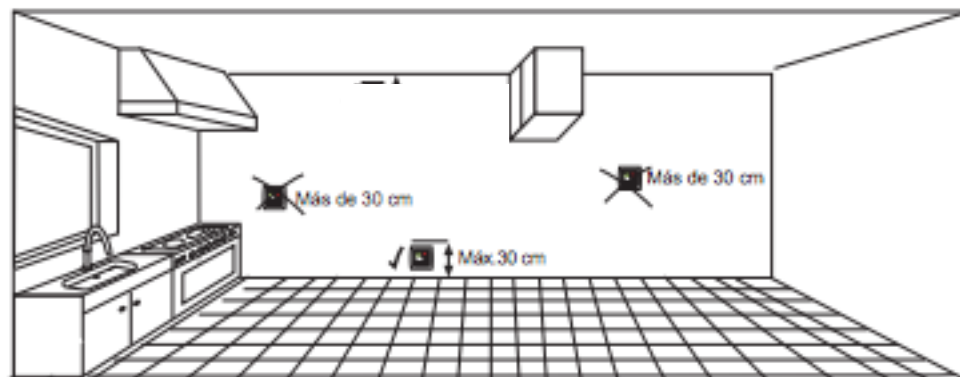


Imagen 2.12 Colocación del sensor [43]

La operación efectiva de los aparatos de detección de gases inflamables depende no sólo de su rendimiento, sino también de su uso correcto.

La capacidad del aparato, y su adecuación para la aplicación prevista y el conocimiento del usuario de sus limitaciones, no puede por sí solo garantizar que su uso salvaguarde adecuadamente al personal, áreas o lugares donde los

gases inflamables pueden estar presentes. El nivel de seguridad obtenida también depende de que el usuario tenga un conocimiento básico de las propiedades y los fenómenos del gas.

La *Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas del gas licuado del petróleo de PEMEX*[42] muestra la identificación del producto, su composición e información de los ingredientes, identificación de riesgos, primeros auxilios, los peligros de explosión e incendio, respuesta en caso de fuga, precauciones para su manejo y almacenamiento, controles contra exposición, sus propiedades físicas y químicas, su estabilidad y reactividad, información toxicológica y ecológica y regulaciones.

En el apartado de propiedades físicas y químicas, informa que el gas lp es dos veces más pesado que el aire. Debido a esto, y basándose en el manual de Instrucciones de instalación para detector de gas Art. 75861-30 [43], el detector debe ser instalado lo más bajo posible y en un lugar donde los movimientos de aire no sean impedidos por el mobiliario.

La Norma NOM-002-STPS-2010 [44] establece los requerimientos para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. Rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

Si bien esta Norma explica la ubicación y el espaciamiento entre detectores de humo, no lo hace con respecto a los detectores de gas, por lo que se sugiere que se tomen las mismas distancias que los primeros para la colocación de los segundos. La distancia máxima entre dos detectores es de 9 metros, para una altura mínima de 3 metros, medidos entre el piso y el plafón o cielorraso.

Esta parte de la Norma IEC 60079-29-2:2007 [45] proporciona orientación y práctica recomendada para la selección, instalación, uso seguro y mantenimiento de equipos operados eléctricamente destinados a aplicaciones de seguridad industrial y comercial y equipos para la detección y medición de gases inflamables.

Para prevenir falsas alarmas, esta Norma recomienda que la alarma no debe ser fijada por debajo del 20% del LIE para vapores de gasolina, por lo que en este proyecto fue fijada al 50% del LIE.

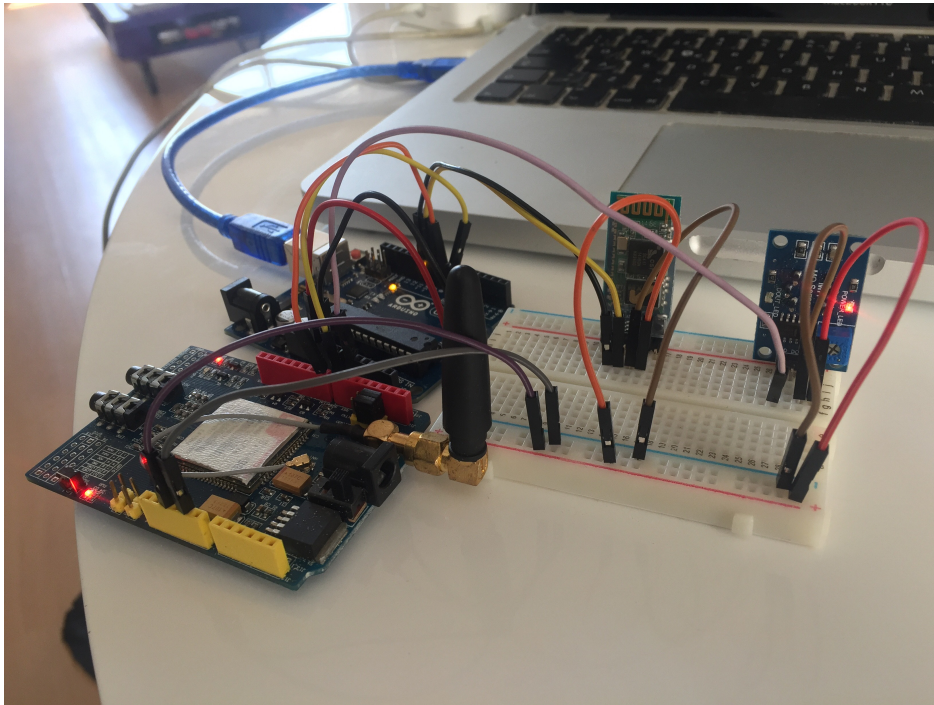


Imagen 2.13 Conexión de los componentes

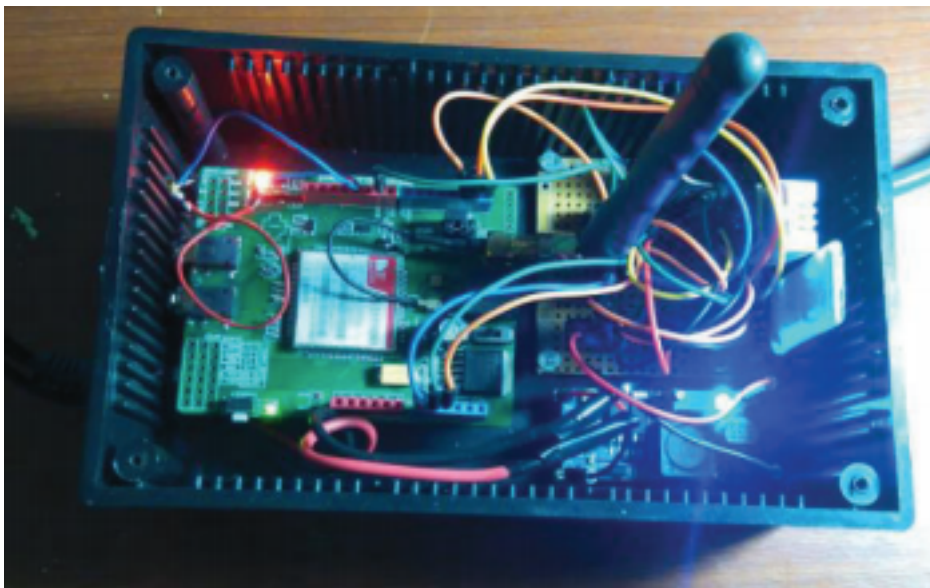


Imagen 2.14 Dispositivo

## **Capítulo 3**

### **“Estudio Económico”**

### **3.1 Objetivo general y estructuración del estudio económico**

Una de las fases antes de comenzar cualquier proyecto, independientemente de cuáles sean sus características, es realizar un estudio de viabilidad, con el propósito de analizar si su puesta en marcha es factible o no. El estudio económico del proyecto es, por tanto, uno de los pasos para identificar la viabilidad de un proyecto.

El fin de este estudio es analizar las necesidades de tipo económico y financiero que precisa la puesta en marcha del proyecto, con el propósito de ayudar a valorar si es rentable, o no, emprender el nuevo proyecto. Se trata de conocer:

- La inversión económica necesaria y cómo se va a financiar.
- Estimar los costos y gastos que va a suponer la puesta en marcha del proyecto.
- Valorar los posibles ingresos para realizar un cálculo aproximado de los beneficios que puede dar el proyecto.

Por medio de este análisis económico se pretende determinar la factibilidad y el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del diseño y desarrollo de un prototipo para detección de gas LP en una casa habitación, así como su costo total de operación, ordenando y sistematizando la información de carácter monetario, incluyendo producción, administración y ventas.

Es importante que las viviendas posean un sistema de alarma para detección de fuga de gas LP. Si bien es posible que no todos quieran o puedan adquirir una unidad, se espera que al menos el 50% la acepte. Además, la venta de estas es a todo público, lo que aumenta la posibilidad de la venta de todo el producto debido al crecimiento anual en construcción que se genera en la Ciudad de México.

### **3.2 Determinación de los costos**

A continuación, se determina la Tendencia de Crecimiento Anual, los Ingresos, los Costos de Producción, los Gastos de Administración y Ventas, y los Gastos Financieros, por medio del desglose de los costos hundidos, las inversiones, los costos futuros y los costos virtuales, para el diseño y desarrollo de prototipo para detección de gas LP en una casa habitación.

### 3.2.1 Tendencia de Crecimiento Anual

Para la Tendencia de Crecimiento Anual del prototipo para detección de gas LP en una casa habitación, al tomarse en cuenta el valor inicial (VI) como el costo variable unitario que es de \$437.34 y el valor final (VF) como el precio de venta al usuario de \$650.00, se obtiene que el crecimiento anual es de 1.15%.

$$TCA = (VF \div VI)^{1-T} - 1 \quad (3.1)$$

$$TCA = (650.00 \div 437.34)^{1-1} - 1$$

$$TCA = 0.48\%$$

donde

TCA= Tendencia de Crecimiento Anual

T= Periodo de tiempo en años

Esta demanda proyectada del prototipo para detección de gas LP permite realizar la proyección anual del número de equipos, materiales, refacciones, etc., que se desglosa más adelante, en los Costos de Producción.

### 3.2.2 Ingresos

El costo de todos los componentes de una pieza (prototipo) es de \$437.34 . A partir de la Tendencia de Crecimiento Anual se determina que los ingresos por la venta del prototipo para detección de gas LP en una casa habitación es de \$650.00 por pieza para el público.

### 3.2.3 Costos de Producción

A partir de la Tasa de Crecimiento Anual y de la consideración de los diferentes insumos necesarios para realizar el prototipo para detección de gas LP en una casa habitación; se elaboran las siguientes tablas que reflejan las determinaciones realizadas en el estudio técnico para determinar los Costos de Producción, desglosado en las siguientes bases:

## 1. Costo de materia prima.

CANTIDAD	CONCEPTO	MARCA	PROVEEDOR	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	FRECUENCIA	SUBTOTAL
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>							
<b>1.1 COSTO DE MATERIA PRIMA</b>							
1.00	arduino nano	Feiyang	Aliexpress	pza	44.03	anual	44.03
3.00	cable utp	GHT Cable	GHT Cable	mts	1.14	anual	3.42
1.50	alambre	Carrod electrónica	Carrod electrónica	mts	3.00	anual	4.50
1.00	caja			pza	50.00	anual	50.00
1.00	módulo bt hc-05	FYD Open Source	Aliexpress	pza	48.30	anual	48.30
2.00	sensor mq-2	FYD Open Source	Aliexpress	pza	17.30	anual	34.60
1.00	adaptador	Perfect Quality Mall	Aliexpress	pza	23.14	anual	23.14
1.00	sim900	ZQC Module Store	Aliexpress	pza	229.35	anual	229.35
						Total	437.34
<b>1.2 HERRAMIENTA</b>							
1.00	computadora	Lenovo	Lenovo	pza	7822.12	única vez	7,822.12
1.00	multímetro	luke	luke	pza	3287.4	única vez	3,287.40
1.00	soldadura			pza	309		309.00
1.00	cautín	Shenzhen Siton Techn	Aliexpress	pza	776.43	anual	776.43
						Total	12,194.95

Para la elección de la marca de los principales componentes de detector, no sólo se basó en los mejores precios, sino también en el nivel de satisfacción y reseñas de los clientes que anteriormente habían comprado el mismo producto.

CANTIDAD	CONCEPTO	MARCA	PROVEEDOR	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	FRECUENCIA	SUBTOTAL
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>							
<b>1.1 COSTO DE MATERIA PRIMA</b>							
1.00	arduino nano	Feiyang	Aliexpress	pza	44.03	anual	44.03
3.00	cable utp	GHT Cable	GHT Cable	mts	1.14	anual	3.42
1.50	alambre	Carrod electrónica	Carrod electrónica	mts	3.00	anual	4.50
1.00	caja			pza	50.00	anual	50.00
1.00	módulo bt hc-05	FYD Open Source	Aliexpress	pza	48.30	anual	48.30
2.00	sensor mq-2	FYD Open Source	Aliexpress	pza	17.30	anual	34.60
1.00	adaptador	Perfect Quality Mall	Aliexpress	pza	23.14	anual	23.14
1.00	sim900	ZQC Module Store	Aliexpress	pza	229.35	anual	229.35
						Total	437.34
<b>1.2 HERRAMIENTA</b>							
1.00	computadora	Lenovo	Lenovo	pza	7822.12	única vez	7,822.12
1.00	multímetro	luke	luke	pza	3287.4	única vez	3,287.40
1.00	soldadura			pza	309		309.00
1.00	cautín	Shenzhen Siton Techn	Aliexpress	pza	776.43	anual	776.43
						Total	12,194.95

## 2. Costos de mano de obra.

2. COSTO DE MANO DE OBRA DE INGENIERÍA			PRECIO
	investigación y diseño	40	horas 5,000.00
	programación	70	horas 5,000.00
	plano	40	horas 3,000.00
	pruebas	70	horas 5,000.00
			<b>TOTAL 18,000.00</b>



Se puede observar que la inversión inicial es de \$30,632.29

### 3.3 Cronograma de inversiones.

El siguiente diagrama de Gantt muestra que se requieren de 1 semanas para adquirir la materia prima con proveedores, 2 semanas en la instalación, 1 semanas en la puesta en marcha de equipos y 1 semanas en registro del diseño y desarrollo de prototipo para detección de gas LP en una casa habitación. Por lo tanto, se estima que en la semana 4 inicia la producción.

Actividad	Semana	1	2	3	4
<b>DESEMBOLSO DE DINERO ESTIPULADO</b>					
Adquisición de materia prima					
adquisición de terreno					
organización de mano de obra, técnicos y operarios					
gestión de energía eléctrica					
gestión de mantenimiento					
gestión para la sustentabilidad					
gestión administración y ventosa					
gestión de patentes					
<b>INSTALACIÓN</b>					
gestión de servicios técnicos y asesoría					
gestión de servicios administrativos					
implementación de maquinaria y equipos					
implementación de equipos y muebles de equipos					
<b>PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS</b>					
imprevistos					
<b>REGISTRO CONTABLE DE LOS EQUIPOS</b>					
inventario de equipo(técnico)					
<b>PRODUCCIÓN</b>					

### 3.4 Punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio se basa en las relaciones establecidas entre los costos variables, los costos fijos y los ingresos. En este punto la compañía no tiene pérdida ni utilidad por su operación. En la medida que las ventas superen este punto se obtienen utilidades. Si el nivel de ventas es inferior al punto de equilibrio la compañía produce pérdidas.

En este punto las ventas cubren exactamente los costos totales.

La fórmula para calcular matemáticamente el punto de equilibrio es:

$$PE \text{ (unidades)} = \frac{CF}{PV - CVU} \quad (3.3)$$

$$PE = \frac{30,632.29}{650.00 - 437.34}$$

$$PE = \frac{30,632.29}{212.66}$$

$$PE = 144.04$$

donde:

*PE*= Punto de Equilibrio

*CF*= Costo Fijo

*CVU*= Costo Variable Unitario

*PV*= Precio de Venta

Y con la siguiente gráfica se puede confirmar el número de unidades del prototipo que se necesitan vender para poder llegar al punto de equilibrio.

Unidades	Inversión Inicial	Costo Variable	Costo Total	Ingreso Total
0	30,632.29	-	30,632.29	-
1	30,632.29	437.34	31,069.63	650.00
2	30,632.29	874.68	31,506.97	1,300.00
3	30,632.29	1,312.02	31,944.31	1,950.00
4	30,632.29	1,749.36	32,381.65	2,600.00
5	30,632.29	2,186.70	32,818.99	3,250.00
6	30,632.29	2,624.04	33,256.33	3,900.00
7	30,632.29	3,061.38	33,693.67	4,550.00
8	30,632.29	3,498.72	34,131.01	5,200.00
9	30,632.29	3,936.06	34,568.35	5,850.00
10	30,632.29	4,373.40	35,005.69	6,500.00
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
290	30,632.29	126,828.60	157,460.89	188,500.00
291	30,632.29	127,265.94	157,898.23	189,150.00
292	30,632.29	127,703.28	158,335.57	189,800.00
293	30,632.29	128,140.62	158,772.91	190,450.00
294	30,632.29	128,577.96	159,210.25	191,100.00
295	30,632.29	129,015.30	159,647.59	191,750.00
296	30,632.29	129,452.64	160,084.93	192,400.00
297	30,632.29	129,889.98	160,522.27	193,050.00
298	30,632.29	130,327.32	160,959.61	193,700.00
299	30,632.29	130,764.66	161,396.95	194,350.00
300	30,632.29	131,202.00	161,834.29	195,000.00

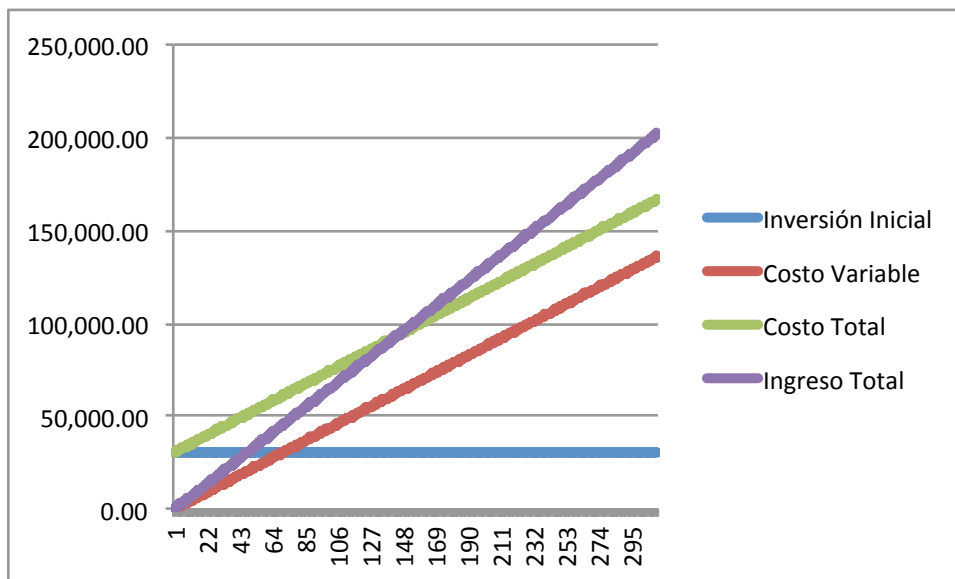


Imagen 3.1 Punto de equilibrio

## CONCLUSIONES

Con el diseño y desarrollo de este prototipo para detectar fugas de gas L.P. en casa habitación, se espera que se reduzca considerablemente el número de explosiones, incendios e intoxicaciones provocados una vez que éstos sean instalados.

Este proyecto permite a su vez detectar tanques de gas L.P. que estén en malas condiciones para que puedan ser reportados y así poder exigir un producto de calidad al poder realizar los cambios de tanques o las reparaciones pertinentes.

La utilización de la aplicación y del módulo SIM900 para enviar llamadas hace que pueda ser utilizado por cualquier persona, ya que si bien no todos poseen un teléfono inteligente (smarthphone) en el cual se pueda descargar la aplicación, el 73.6% de la población posee un celular, lo que significa que la mayoría podría enterarse inmediatamente al haber una fuga de gas en su domicilio.

Este prototipo sirve para reemplazar los detectores de humo, los cuales usan americio<sup>241</sup>, que es un isótopo radioactivo que puede producir alteraciones en el material genético. Esto ayuda para minimizar la contaminación y el riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.

El diseño y la implementación de productos de bajo costo importados de otros países, hará que la adquisición de este proyecto sea viable para que las familias puedan instalarlo dentro de sus viviendas para poder detectar fugas de gas y así prevenir incendios o intoxicaciones.

## TRABAJOS FUTUROS

Durante el desarrollo de este proyecto han surgido algunas líneas futuras que se han dejado abiertas y que se esperan atacar más adelante. Algunas de ellas están más directamente relacionadas con este trabajo y son el resultado de cuestiones que han ido surgiendo durante la realización de la misma. Otras, son líneas más generales que pueden servir para retomarlas posteriormente o como opción a trabajos futuros.

Durante el desarrollo de este proyecto se ha presupuesto siempre el correcto interconexionado de los utilizados. Sin embargo, en la práctica cualquier pequeño error en esta fase afecta al correcto funcionamiento del proyecto. Por esta razón se considera apropiado incorporar mecanismos de supervisión y verificación que faciliten el correcto interconexionado de los componentes.

El proyecto está conectado a una fuente de alimentación externa de 5V para que pueda funcionar, sin embargo, en el caso de que no haya energía eléctrica en el lugar por cualquier razón, el dispositivo quedaría obsoleto y dejaría de funcionar; por lo que se propone agregar una batería de respaldo para que pueda seguir funcionando en caso necesario.

Una persona sólo puede enterarse de la fuga de gas mediante su teléfono celular, por lo que se estima agregar una alarma sonora y una visual para poder detectar la fuga sin necesidad del teléfono celular si la persona se encuentra en la misma construcción que el sensor.

Caracterizar el sensor MQ-2 para la detección de metano, ya que este es el principal componente del gas natural, y su demanda en el uso cotidiano ha ido en aumento. Además, después de contar con gran confiabilidad por parte de los usuarios, se podría ofrecer a las industrias de gas. Que si bien deberían de contar con sensores para detectar fugas de gas, estos no son los suficientes, los que tienen están en mal estado, o simplemente no los utilizan; y debido a esto, Forbes sacó una publicación en donde explica que un estudio sugiere que estas industrias llegan a tener fugas por un aproximado de 3.6 trillones de pies cúbicos de gas natural, lo que afecta de enorme manera al calentamiento global; y así este proyecto puede ayudar a reducir la emisión de gases de efecto invernadero (metano), contribuyendo a un mejor ecosistema.

## Referencias

[1] Real Academia Española (2014) *Diccionario de la lengua española*. (23 ed.)  
Recuperado de: <http://dle.rae.es/?id=XaY03jU>

[2] Pallás Areny, Ramón (2003) *Sensores y acondicionadores de señal*. (4 ed.)  
Barcelona. Recuperado de:  
[https://books.google.com.mx/books?id=Eevyk28\\_fvkc&printsec=frontcover&dq=sensores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj26OeznlvYAhVH5mMKHdMuDIwQ6wEI MjAC#v=onepage&q=sensores&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=Eevyk28_fvkc&printsec=frontcover&dq=sensores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj26OeznlvYAhVH5mMKHdMuDIwQ6wEI MjAC#v=onepage&q=sensores&f=false)

[3] Ricardez, Cecilia (2015). *Crean sistema para detectar fuga de gas*.  
<https://sipse.com/milenio/sistema-alerta-deteccion-fugas-gas-alumnos-universidad-modelo-157165.html>

[4] Notimex (2016). *Estudiantes crean alerta de fuga de gas vía celular*.  
<https://aristeguinoticias.com/1405/kiosko/estudiantes-crean-alerta-de-fuga-de-gas-via-telefono-celular/>

[5] Arteaga Hernández, G., et al. (2009) *Sistema automático de alarmas por detección de fuego y/o atmósferas riesgosas (SAAFAR) para la terminal de Gas Licuado II, en Pajaritos Veracruz*. Instituto Politécnico Nacional.  
<file:///Users/Jorge/Downloads/SISTEMAUTOMATICO.pdf>

[6] Solis Luna, N. B. (2005) *Determinación remota de fugas de gas y petróleo por medio de cámaras infrarrojas*. Instituto Politécnico Nacional.  
[http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2645/362\\_2005\\_ESIME-CUL\\_MAESTRIA\\_solis\\_luna\\_nancy\\_brisa.pdf?sequence=1](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2645/362_2005_ESIME-CUL_MAESTRIA_solis_luna_nancy_brisa.pdf?sequence=1)

[7] PEMEX. *Seguridad contra Incendios*.  
<http://www.pemex.com/servicios/salud/TuSalud/SaludTrabajo/Paginas/incendios.aspx>

[8] The Linde Group (2017) *Propano*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de [http://www.linde-gas.com.ar/es/products\\_and\\_supply/gases\\_fuel/propane.html](http://www.linde-gas.com.ar/es/products_and_supply/gases_fuel/propane.html)

[9] Clean Cities (2016) *Conceptos básicos sobre el propano*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de [https://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/propane\\_basics\\_spanish.pdf](https://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/propane_basics_spanish.pdf)

[10] EcuRed Conocimiento con todos y para todos. *Butano*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de <https://www.ecured.cu/Butano>

[11] Gutiérrez, Ángela. *Gas Butano o Gas Natural*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de <https://comparadorluz.com/gas/butano>

[12] National Institute for Occupational Safety and Health (2015) *Methane*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de <https://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0291.html>

[13] National Institute for Occupational Safety and Health (2015) *Butane*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de <https://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0232.html>

[14] Diario Oficial (2007) *Secretaría de Energía. REGLAMENTO de Gas Licuado de Petróleo, México* [https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=19&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwim5pDf2fXAhUoSt8KHf0nBKA4ChAWCGMwCA&url=https%3A%2F%2Fwww.profeco.gob.mx%2Fjuridico%2Fword%2Fr\\_gas.DOC&usg=AOvVaw0\\_jelfmzDRHMzKz\\_IYPIMT](https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=19&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwim5pDf2fXAhUoSt8KHf0nBKA4ChAWCGMwCA&url=https%3A%2F%2Fwww.profeco.gob.mx%2Fjuridico%2Fword%2Fr_gas.DOC&usg=AOvVaw0_jelfmzDRHMzKz_IYPIMT)



[15] Alcántara Garduño, M. E., Gonzáles Morán T. (2001) *Modelación de radios de afectación por explosiones de instalaciones de gas* Recuperado el 19 de noviembre de 2017 [http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/373/1/images/it\\_mraeig.pdf](http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/373/1/images/it_mraeig.pdf)

[16] Dirección de Normalización de GLP. *Análisis General de los Impactos Económicos Generados por la Aplicación del Anteproyecto PROY-NOM-002-SESH-2008*

[17] Castillo Guerrero, A. A., Doniz Gonzáles V., Irastorza Trejo V. *Secretaría de Energía. Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2008-20017*. <http://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/9432/mir/22428/anexo/727781>

[18] Alexandri Rionda, R., et al (2015) *Secretaría de Energía. Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2015-2029*. México. Pag 50. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva\\_Gas\\_Natural\\_y\\_Gas\\_LP.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva_Gas_Natural_y_Gas_LP.pdf)

[19] Alexandri Rionda, R., et al (2015) *Secretaría de Energía. Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2015-2029*. México [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva\\_Gas\\_Natural\\_y\\_Gas\\_LP.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva_Gas_Natural_y_Gas_LP.pdf)

[20] Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión (2015) *Boletín N° 0632 En México, 40 por ciento de los cilindros de gas LP carecen de condiciones adecuadas*. <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Boletines/2015/Diciembre/06/0632-En-Mexico-40-por-ciento-de-los-cilindros-de-gas-LP-carecen-de-condiciones-ade cuadas>

[21] Sánchez Naranjo, C. (2011) *Teoría de la combustión*. Ed. UNED. <https://books.google.com.mx/books?id=tq45oq-Ui0QC&printsec=frontcover&dq=combusti%C3%B3n&hl=es&sa=X#v=onepage&q=combusti%C3%B3n&f=false>

[22] Cortés Díaz, J. M. (2007) *Técnicas de prevención de riesgos laborales. Salud e Higiene del Trabajo*. Ed. Tébar, S.L. <https://books.google.com.mx/books?id=pjoYI7cYVVUC&pg=PA292&dq=explosi%C3%B3n+de+gases&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGvdztwrfZAhUQbKwKHQyxBUIQ6AEIMjAC#v=onepage&q=explosi%C3%B3n%20de%20gases&f=false>

[23] Reimann P., Schütze A. (2014) Sensor Arrays, Virtual Multisensors, Data Fusion, and Gas Sensor Data Evaluation. En *Gas Sensing Fundamentals*. Ed. Springer. Pags 68-69. <https://books.google.com.mx/books?id=6QdPBAAAQBAJ&pg=PA67&dq=gas+sensor+classification&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiv26La8-bXAhVE8CYKHeFXB0gQ6AEIPjAD#v=onepage&q=gas%20sensor%20classification&f=false>

[24] Yamazoe Noboru (2005) *Review Toward innovations of gas sensor technology*. Ed. Elsevier. Pag 4. [http://www.uta.edu/rfmems/BMC/0720/0902\\_backup/Backup\\_0729/Background/Toward%20innovations%20of%20gas%20sensor%20technology.pdf](http://www.uta.edu/rfmems/BMC/0720/0902_backup/Backup_0729/Background/Toward%20innovations%20of%20gas%20sensor%20technology.pdf)

[25] Korotcenkov Ghenadii. *Handbook of Gas Sensors Materials Properties, Advantages and Shortcomings for Applications Volume 1: Conventional Approaches*. Ed. Springer. Pag. 3, 14. <https://books.google.com.mx/books?id=iSzhAAAAQBAJ&pg=PA26&dq=sensore s+de+gas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjVz4ufyODXAhWJ7oMKHcXNBvkQ6AEITDAG#v=onepage&q=sensores%20de%20gas&f=false>

[26] Korotcenkov Ghenadii. *Handbook of Gas Sensors Materials Properties, Advantages and Shortcomings for Applications Volume 1: Conventional Approaches*. Ed. Springer. Pag. X, 14. <https://books.google.com.mx/books?id=iSzhAAAAQBAJ&pg=PA26&dq=sensore>

[s+de+gas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjVz4ufyODXAhWJ7oMKHcXNBvkQ6AEITDAG#v=onepage&q=sensores%20de%20gas&f=false](http://www.geekbotelectronics.com/producto/mq-2-modulo-sensor-de-gas-inflamable/)

[27] Geekbot electronics. *MQ-2 Módulo Sensor de Gas Inflamable*. <http://www.geekbotelectronics.com/producto/mq-2-modulo-sensor-de-gas-inflamable/>

[28] Huidobro Moya, J. M. *Radiocomunicaciones Viajando a través de las ondas*. Ed. Creaciones Copyright, S.L. España. Pag. 150. [https://books.google.com.mx/books?id=xlalac8YXvUC&pg=PA150&dq=nombre+bluetooth&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQnsWehdrXAhWCTN8KHfi\\_D74Q6wEIJzAA#v=onepage&q=nombre%20bluetooth&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=xlalac8YXvUC&pg=PA150&dq=nombre+bluetooth&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQnsWehdrXAhWCTN8KHfi_D74Q6wEIJzAA#v=onepage&q=nombre%20bluetooth&f=false)

[29] Gallejo Cano, J. C. *Montaje y mantenimiento de sistemas y componentes informáticos*. Ed. Editex. Pag. 100. <https://books.google.com.mx/books?id=8bycAwAAQBAJ&pg=PA100&dq=s%C3%ADmbolo+bluetooth&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjIscKvj9rXAhUGUd8KHZjvBM4Q6AEILzAB#v=onepage&q=s%C3%ADmbolo%20bluetooth&f=false>

[30] García Rubén. *El pasado vikingo de la tecnología Bluetooth*. <http://www.ocesaronada.net/el-pasado-vikingo-de-la-tecnologia-bluetooth/>

[31] Radiocommunications Sector of ITU (2010) *Report ITU-R SM. 2180 Impact of industrial, scientific and medical (ISM) equipment on radiocommunication services*. Pags 2-3. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2180-2010-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2180-2010-PDF-E.pdf)

[32] Huang A. S., Rudolph L. (2007) *Bluetooth Essentials for Programmers*. Ed. Cambridge University Press. Estados Unidos de América. Pag. 26. [https://books.google.com.mx/books?id=s\\_djgV7\\_sXAC&pg=PA26&dq=bluetooth+power+class&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiC6s269dzXAhUE7IMKHQ85AfYQ6AEIJzAA#v=onepage&q=bluetooth%20power%20class&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=s_djgV7_sXAC&pg=PA26&dq=bluetooth+power+class&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiC6s269dzXAhUE7IMKHQ85AfYQ6AEIJzAA#v=onepage&q=bluetooth%20power%20class&f=false)

[33] Wharton Executive Education. *Why does Bluetooth only allow 7 simultaneous slaves?* <https://www.quora.com/Why-does-Bluetooth-only-allow-7-simultaneous-slaves>

[34] Aranda, D. et al. (2014) *Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry Pi*. Ed. Fox Andina. Buenos Aires. Pag. 135. [https://books.google.com.mx/books?id=QDS5DQAAQBAJ&pg=PA135&dq=COMANDOS+AT&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjc3c7hjvVXAhVRwWMKHegaC\\_oQ6AEIQTAF#v=onepage&q=COMANDOS%20AT&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=QDS5DQAAQBAJ&pg=PA135&dq=COMANDOS+AT&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjc3c7hjvVXAhVRwWMKHegaC_oQ6AEIQTAF#v=onepage&q=COMANDOS%20AT&f=false)

[35] Vacas Aguilar, F. (2007) *Telefonía móvil: la cuarta ventana* Pag 201. Recuperado el 5 de diciembre de 2017 de <http://www.ehu.es/ojs/index.php/Zer/article/view/3656/3288>

[36] Rodriguez Palma, M. A., et al. *Telecomunicaciones móviles*. Ed. Marcombo. <https://books.google.com.mx/books?id=ztTpTayFeSUC&pg=PT186&dq=GSM+RODRIGUEZ+PALMA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiEp566-rnZAhVFRK0KHeMCAIoQ6AEIKDAA#v=onepage&q=GSM%20RODRIGUEZ%20PALMA&f=false>

[37] Huidobro Moya, J. M. (2011) *Radiocomunicaciones. Viajando a través de las ondas*. Ed. Creaciones Copyright, S.L. <https://books.google.com.mx/books?id=xlalac8YXvUC&pg=PA24&dq=TECNOLOG%C3%8DA+CELULAR&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj-nvi-vP3XAhUP32MKHU5xDbcQ6AEISjAH#v=onepage&q=TECNOLOG%C3%8DA%20CELULAR&f=false>

[38] *About Us*. Massachusetts Institute of Technology. <http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>

[39] Gómez Cívicos, J. I. (2008) *Ingeniería Verde: Doce principios para la sostenibilidad*. Sefiltra S.A. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/282329942\\_Gomez\\_Civicos\\_J\\_I\\_Ingen](https://www.researchgate.net/publication/282329942_Gomez_Civicos_J_I_Ingen)

[ieria Verde Doce principios para la Sostenibilidad Ingenieria Quimica 458 1 68-175 2008](#)

[40] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016) *Resúmenes de Salud Pública – Americium (Americium)*. Recuperado de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs156.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs156.html)

[41] Google.

<https://www.google.co.uk/maps/place/Santa+Martha+Acatitla,+Ciudad+de+M%C3%A9xico,+CDMX/@19.3613583,-99.0165889,15z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x85d1e2b3da417587:0x12c308c965ceb5f5!8m2!3d19.3615578!4d-99.0087486>

[42] PEMEX Gas y Petroquímica Básica (2007). *Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas. Gas Licuado del Petróleo*. [http://www.gas.pemex.com.mx/NR/ronlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP\\_v2007.pdf](http://www.gas.pemex.com.mx/NR/ronlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf)

[43] SIMON, S.A. *Instrucciones de instalación para detector de gas Art. 75861-30*. (5 ed.) [http://www.simon.es/images/stories/simon/descargas/seguridad/alert/alarmas\\_tecnicas/ESP/75861-39\\_Guia\\_Rapida\\_05\\_es\\_pt\\_en.pdf](http://www.simon.es/images/stories/simon/descargas/seguridad/alert/alarmas_tecnicas/ESP/75861-39_Guia_Rapida_05_es_pt_en.pdf)

[44] Diario Oficial de la Federación (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo*. México. <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4228/stps/stps.htm>

[45] International Electrotechnical Commission (2007). *IEC 60079-29-2:2007 Explosive atmospheres –Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*.

## **Anexos**

## ANEXO A

### Programación completa del Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <math.h>;

SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configura el puerto serial para el SIM GSM

//Declaración de variables

const int sensor = A0; // seleccionar la entrada para el sensor
int valor;           // variable que almacena el valor del ADC (0 a 1023)
float volts;        // variable que almacena el voltaje (0.0 a 5.0)
float RoAire = 9.57; // resistencia del sensor en el aire limpio
float RI = 1;
int Muestras=50;
int Intervalo=100;
float r0;           //Resistencia Ro del sensor

void setup()
{
  SIM900.begin(19200); //Configura velocidad serial para el SIM

  Serial.begin(9600); //Configura la velocidad serial para el arduino
```

```
r0=Calibrar();
Serial.println("Calibración lista");
Serial.print("Valor de Ro es ");
Serial.print(r0);
Serial.println(" kohm");
delay(2000);
}

void loop()
{
  valor = analogRead(sensor);    // realizar la lectura
  volts = valor * (5.0/1023.0);  //convertir a volts
  Serial.print("ADC ");
  Serial.print(valor);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(volts);
  Serial.println("volts");

  Serial.print("LP: ");
  double ppm = 26.572*exp(1.2894*(volts*5.0/1023.0)); //Ecuación para obtener los
  ppm dependiendo de los volts
  Serial.print(ppm);
  Serial.println(" ppm");

  delay(100);
```



```
if ((ppm>200))
{
  Serial.println("FUGA");

  llamar();
  mensaje_sms();

  delay(5000);

}

}

//Funciones a utilizar
float CalcularResistencia (int valor) //Función para obtener Rs
{
  return( ((float)RI*(1023-valor)/valor));
}

float Calibrar()
{
  int i;
  float Rs=0;
  Serial.println("Calibrando sensor...");

  for (i=0; i<Muestras;i++)
  {
```

```
Rs+=CalcularResistencia(analogRead(sensor));
delay(Intervalo);
}
Rs=Rs/Muestras;
r0=Rs/RoAire;

return r0;
}

void llamar()      // Función que permite llamar a un celular local
{
SIM900.println("ATD 2221923456;"); //Comando AT para hacer la llamada al celular
delay(100);
SIM900.println();
delay(20000); .
SIM900.println("ATH"); // Comando AT para colgar el teléfono
delay(15000);
}

void mensaje_sms() //Funcion para mandar mensaje de texto
{

SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // Comando AT para mandar mensaje SMS
delay(100);
SIM900.println("AT+CMGS=\"2221923456\""); // Número que recibirá el mensaje
delay(100);
SIM900.println("FUGA DE GAS DETECTADA"); // Mensaje que se envía
```

```
delay(100);  
SIM900.println((char)26); //Comando AT de finalizacion  
delay(100);  
SIM900.println();  
delay(5000); // Tiempo para que se envíe el mensaje  
Serial.println("Mensaje enviado exitosamente");  
}
```

## ANEXO B

### Programación de la aplicación

```
when Screen1.Initialize
do
  set Estado.Text to "Estado: Desconectado"
  set LP.Text to ""
  set Humo.Text to ""

when Conectar.BeforePicking
do
  set Conectar.Elements to BluetoothClient1.AddressesAndNames

when Conectar.AfterPicking
do
  set Conectar.Selection to call BluetoothClient1.Connect
  address Conectar.Selection
  if BluetoothClient1.isConnected
  then
    set Estado.Text to "Estado: Conectado"
  else
    set Estado.Text to "Error de Conexión"

initialize global datos_entrada to ""
initialize global lista_datos to create empty list
```