



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

Sistema de seguridad electrónico para el suministro de gas natural
residencial

PRESENTADO POR

Ascencio Moran, Junior Angel
Camargo Huamani, Juan Alfredo

ASESOR

Vargas Cuentas, Natalia Indira

Los Olivos, 2020

Sistema de seguridad electrónico para el suministro de gas natural residencial

Ascencio Moran Junior Angel
Universidad de Ciencias y
Humanidades(UCH)
Lima,Perú
junascenciom@uch.pe

Camargo Huamani Juan Alfredo
Universidad de Ciencias y
Humanidades(UCH)
Lima,Perú
juacamargoh@uch.pe

Vargas Cuentas Natalia Indira
Universidad de Ciencias y
Humanidades(UCH)
Lima,Perú
nvargas@uch.edu.pe

Abstract— Actualmente hay un crecimiento del 1,6% al 6,4% en los consumidores residenciales de servicios de gas natural. Las empresas que brindan este servicio no cuentan con un sistema de seguridad automático ante el posible riesgo de una fuga al interior de una vivienda que provoque una explosión, la cual afectaría a la población de Lima, debido a esta deficiencia se propone implementar un sistema electrónico de seguridad para detectar la fuga de gas al interior de la vivienda de manera automática y así evitar que las personas no se vean afectadas, por otro lado el mantenimiento adecuado a los electrodomésticos y a las tuberías que se deterioran por la exposición al medio ambiente son factores que pueden provocar este tipo de eventos. Una vez desarrollado el sistema, se obtuvo la correcta comunicación entre los aparatos que utilizan IO y un servidor virtual que permite al usuario interactuar remotamente con la electroválvula generando una respuesta inmediata que contrarresta la fuga de gas.

eywords— Gas natural, servidor virtual, IoT, inflamabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

El Gas Natural(GN) es una mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, en su mayoría dada por metano (89%) y etano (8.9%) y en su minoría por propano (0.13%), butano (0.0002%), pentano (0.0002%) e hidrocarburos más pesados [1].

A nivel mundial en el año 2015 el uso de esta energía limpia ha aumentado de 29.4% a 33.4% [2]. Por otra parte en Latinoamérica más de 10 países también usan este tipo de energía representando el 7% de la producción mundial [3].

En el Perú estos últimos años la distribución de gas natural se está dando en mayor escala en zonas donde la infraestructura es adecuada, desde el 2004 se han realizado 406,000 conexiones residenciales y comerciales de gas natural, que benefician a dos millones de personas en Lima y Callao con un combustible limpio y económico, informó la empresa Cálidda [4]. Según el informe de la empresa Quavi PROMIGAS indica que en las zonas residenciales se ve un incremento considerable; registrado desde el año 2013 hasta el 2017 que va de 1.9% a 6.2% y estas cifras van en aumento ya que más usuarios están optando por este tipo de servicio [5].

Las empresas que brindan este tipo de servicios tienen un sistema de seguridad de gas natural, para poder acceder a estos es necesario que un personal técnico especializado realice la instalación y mantenimiento respectivo, pero no hay un sistema que permita detectar una fuga en el interior de la vivienda o residencia [6].

Muchas de las cocinas en las casas limeñas tienen una antigüedad considerable sumado al deterioro de las tuberías de

gas natural, ya que no se les da el adecuado mantenimiento, son las principales causas de una emergencia por gas, en el hogar o en restaurantes [7]. Esto causaría la acumulación del gas y las personas podrían estar expuestas al límite de inflamabilidad y saldrían afectadas sin contar las pérdidas materiales [8].

Actualmente hay sistemas detectores de fugas de Gas Licuado de Petróleo (GLP) enfocados en la industria o en viviendas que usen este tipo de combustible, por ejemplo, en [9] está implementado con Arduino que conjuntamente con la serie de sensores industriales MQ que permiten tener valores indicadores de la presencia de diferentes tipos de gas en el área que se implemente. Lo que hacen estos sistemas es dar lecturas de la cantidad de GLP en el aire, y que cuando esté sobre los niveles establecidos dispare una alarma alertando al usuario.

En otros países como en Nigeria se ha podido simular por medio de un microcontrolador en conjunto con el sensor MQ-2 la detección de gas y posteriormente su evacuación por medio de unos ventiladores [10]. Estos sistemas están enfocados en sectores industriales o en residencias, pero con la diferencia de que se orientan al Gas Licuado de Petróleo (GLP).

Así como en el trabajo [14] hace uso de sensores de la familia MQ aplicados en la cocina doméstica o industrial haciendo uso del microcontrolador PIC18F2520 y un módulo GSM, este sistema lo que hace es enviar un mensaje al usuario mostrándolo de manera visual en una pantalla LCD la cantidad de gas GLP que hay en el ambiente.

Para ello este trabajo tiene como objetivo implementar un sistema electrónico para detectar el gas natural para el control interno de una vivienda, el cual adicionalmente enviará notificaciones mediante una interfaz para que se pueda cerrar la electroválvula de manera remota. Para esto se seleccionará el área de estudio, posteriormente se realizará el diseño haciendo del microcontrolador ESP8266, módulo relé, una electroválvula y el sensor para gas natural MQ-5, todos estos datos se enviarán al servidor virtual ubidots que recepcionará los valores que toma el sensor para mostrarlos en la interfaz del usuario históricamente y además que podrá interactuar con la electroválvula remotamente desde cualquier lugar en donde se encuentre.

A continuación, el presente paper en la sección II se abordará la metodología de nuestro trabajo en la sección III se verá los resultados de la investigación en la sección IV la discusión en cuanto a otros trabajos y en la sección V las conclusiones de nuestra investigación.

II. METODOLOGIA

El diagrama de bloques del sistema se divide en 6 secciones:

Como se observa en la Fig. 1 se empezará seleccionando el área de trabajo y se elegirán las variables que son fundamentales en la investigación, como segundo bloque se desarrollará el diseño del circuito, en la tercera parte se hará mención a los materiales, posteriormente el desarrollo del algoritmo y la interfaz que manejará el usuario, concluyendo con la implementación y pruebas.

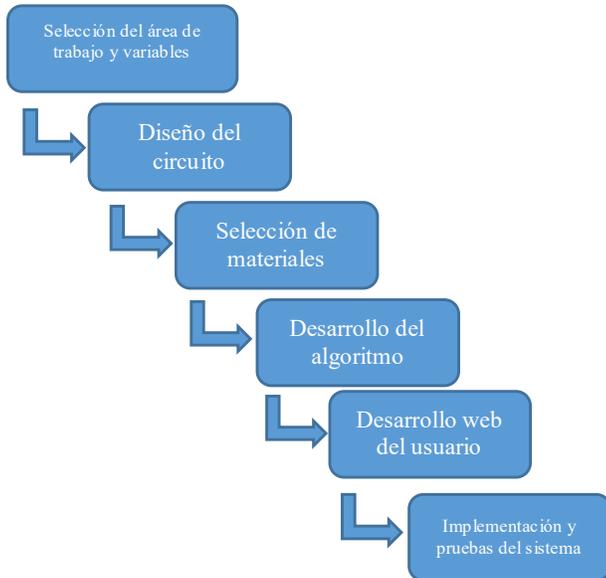


Figura 1 Diagrama de bloques del sistema.

A. Selección de área de trabajo

El uso del gas natural en la actualidad está en aumento, Lima tiene una mayor cantidad de usuarios más que en otras regiones del Perú. En la Fig. 2 [1] se ve la ruta de distribución de la red principal que atraviesa los principales distritos de Lima, desde Lurín hasta Ventanilla. A partir de esta red se derivan para llegar a otros distritos mejorando la calidad de vida de las personas a quienes llega este servicio, mejorando su economía ahorrando en su gasto mensual hasta un 70% comparado con el uso de la electricidad y hasta un 30% comparado con el gas de balón [1].

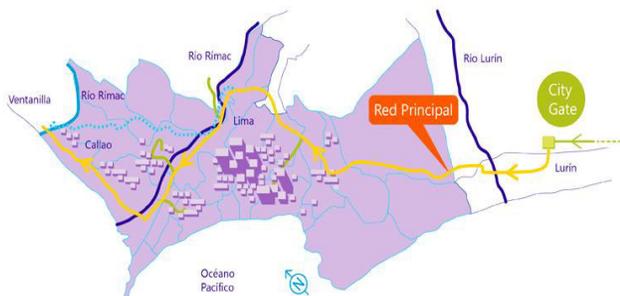


Figura 2 Sistema de distribución del Gas Natural.

Lima cuenta con 9 174 855 habitantes del cual San Juan de Lurigancho tiene 1 138 453 habitantes representando al distrito más poblado de Lima [11] Fig.3 [1].

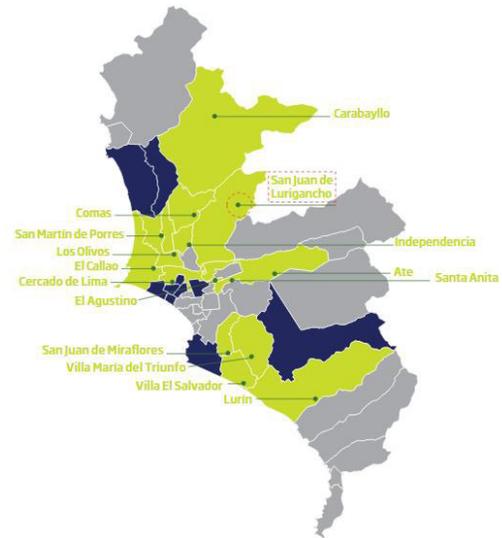


Figura 3 Distritos de Lima con Gas natural

Dentro de los 43 distritos de la ciudad de Lima, aquel que tiene un mayor consumo es el distrito de San Juan de Lurigancho que presenta un 58% del total de los usuarios [3] teniendo una cantidad mayor de conexiones de gas por ende tiene más probabilidades de sufrir una potencial explosión que puede afectar al distrito más poblado de Lima.

B. Selección de variables

En nuestras variables consideramos la densidad de las sustancias puesto que a una mayor densidad acumulada en el ambiente se produciría una mayor explosión.

Sustancia	Densidad	Porcentaje	Nomenclatura
Metano	0,656 kg/m ³	89%	CH ₄
Etano	1,36 kg/m ³	8.9%	C ₂ H ₆
Propano	493 kg/m ³	0.13%	C ₃ H ₈
Butano	2,48 kg/m ³	0.0002%	C ₄ H ₁₀

Tabla 1 Composición del Gas Natural

En la Tabla 1 [8] se especifica cada una de las densidades de las sustancias, siendo de mayor importancia la del metano que es la que mayor porcentaje.

Sustancia	Temperatura de auto ignición	Punto de inflamabilidad
Metano	537 °C	-188 °C
Etano	472 °C	-135 °C
Propano	540 °C	-104 °C
Butano	365 °C	-60 °C

Tabla 2 Temperatura de auto ignición

En la Tabla 2 se manifiesta la temperatura de auto ignición de cada sustancia del gas natural de modo que a la mínima

temperatura en contacto con el aire se produce una reacción de combustión sin necesidad de una fuente de calor exterior [12] y su punto de inflamabilidad que como el gas es frío sus temperaturas están por debajo de los 0°C.

Propiedades del gas natural	
Poder calorífico	9,032 kcal/m ³
Cp. (presión Cte.)	8,57 cal/mol. °C.
Cv. (volumen Cte.)	6,56 cal/mol. °C.

Tabla 3 Propiedades del Gas Natural

En la Tabla 3 [13] se observa la presión constante y el volumen constante que ambos tienen una relación directamente proporcional entre sí y el poder calorífico que es la cantidad de energía al desprenderse de una reacción química la cual es bastante considerable.

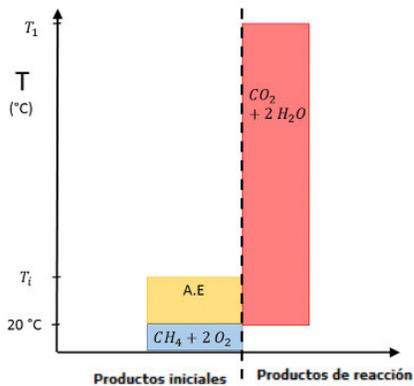


Figura 4 Combustión del metano

En la Fig. 4 se observa que ambas sustancias están a temperatura ambiente (20°), lo cual se añade una energía de activación haciendo que estas reaccionen produciendo una explosión.

C. Diseño del sistema

Se necesitará una etapa de obtención de datos que nos brindará el sensor de gas, luego se requerirá una etapa de procesamiento de datos que permita poder estudiar estos datos obtenidos para poder tomar acciones mediante la etapa de ejecución y una etapa de comunicación para lo cual se hará uso de un servidor virtual.

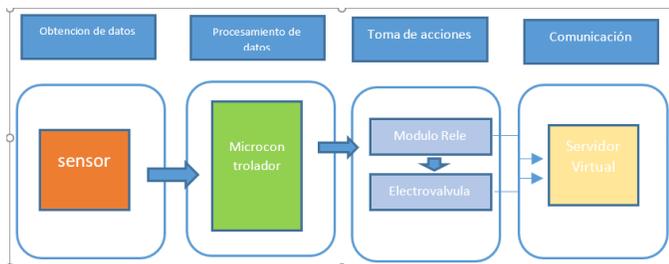


Figura 5 Diagrama de bloques de nuestro sistema

De la Fig. 5 se observa que para la obtención de datos se usará un sensor de gas natural que pueda medir la concentración de gas esas señales serán enviadas a un microcontrolador que

está provisto de un algoritmo de control, este trabajará con rangos de concentración de gas natural, y en caso un rango sea muy elevado enviara una señal al relé que desactivará la electroválvula de control de gas. Estos datos tomados por el sensor serán enviados a un servidor virtual en el cual el usuario podrá observar cómo se comporta el sensor en el tiempo y poder interactuar con la electroválvula permitiendo apagarla remotamente.

Una vez observado el diseño y funcionamiento propuesto del sistema se ha procedido a identificar las características mínimas y lo que encontramos es lo siguiente:

Tabla 4 Características mínimas

Material	Característica	
	Voltaje(v)	Corriente(A)
Regulador	9-12	0.5- 1
Microcontrolador	3-5	0.1 -1
Relé	3-5	0.1 -1

Se identificó para el funcionamiento de nuestro sistema un regulador de voltaje que opere en un rango de 9 a los 12 voltios, un microcontrolador que funcione con una entrada de voltaje entre los 3 a 5 voltios y un módulo relé con operatividad entre los 3 a 5 voltios.

Tabla 5 Características para los componentes

Material	Características		
Electroválvula	12v	0.5A	200 mbar
Sensor	5v	0.1A	100ppm

En la tabla 5 se observa que como mínimo la electroválvula debe controlar la presión de 200 mbar que es la unidad de presión, así mismo la sensibilidad del sensor debe tener 100 ppm para que el censado sea óptimo, los ppm es la partes por millón con la que se mide la concentración en un ambiente.

D. Selección de materiales

Según lo visto anteriormente se seleccionó a la serie de sensores MQ que son capaces de poder captar la cantidad de diferentes gases en un determinado espacio, el sensor MQ-5 cuenta con una alta sensibilidad que va desde los 100 ppm hasta los 10000ppm alimentado con una fuente de voltaje de 5v. Este dispositivo nos permitirá obtener las lecturas de GN que hay en el ambiente donde este implementado, además nos permite el envío de datos mediante dos pines ya sea analógico o digital.



Figura 6 Sensor MQ-5

El NodeMCU ESP8266 es una placa de desarrollo que permite implementar un sistema IoT (Internet de las cosas). Para la recepción y transmisión de datos; obtenidos por la salida analógica del sensor.



Figura 7 NodeMCU ESP8266

Utilizamos una electroválvula para controlar el suministro de GN en el sistema. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos o gases. Seleccionamos la electroválvula para gas con 500 mbar para una mejor precisión.



Figura 8 Electrovalvula

Módulo relé de estado sólido o SSR, permiten controlar cargas de alto voltaje con una señal pequeña, capaces de manejar cargas de hasta 220V/2A. Los canales de este módulo nos van a permitir controlar la electroválvula cerrando el suministro si fuera necesario dependiendo de la señal que emita la placa de desarrollo NodeMCU ESP8266; el primer canal va dirigido al cierre automático y el segundo al cierre remoto desde el servidor



Figura 9 Módulo relé

El servidor virtual ubidots permite que todos los datos enviados a través de un sensor realicen una gráfica en tiempo real para poder tomar las decisiones necesarias.



Figura 10 Servidor virtual

En la figura 10 se observa el servidor virtual Ubidots, hoy en día los servidores virtuales están teniendo una mayor aplicación a comparación de los servidores físicos, lo que nos permite la interacción con el usuario mediante las configuraciones que se establece.

E. Desarrollo del algoritmo

Mediante este diagrama se especifica de una manera sistematizada el orden de cada proceso

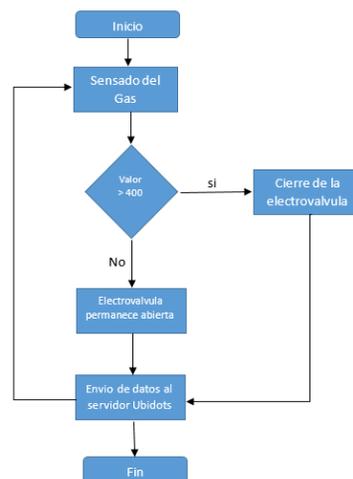


Figura 11 Diagrama de flujo del sistema

De la Fig. 11 se observa que se dará inicio con la lectura del sensor MQ-5, estos valores analógicos serán enviados a la placa de desarrollo lo cual los convertirá a valores binarios de 0 a 5(v) lo cual genera 1024 estados y lo cual 2.5v representa 500 voltios entonces se establecen parámetros mínimos para que se pueda accionar la válvula, si los valores del sensor MQ-5 son mayores a 400 que es el valor convertido de valor analógico a un valor digital cerrara la válvula automáticamente, por lo que si se mantienen en un rango menor a 400 la válvula quedara abierta, todos estos datos serán enviados al servidor virtual de modo que permite ver las medidas del sensor.

F. Desarrollo web del usuario

Para poder realizar la interfaz web del usuario se configura el tipo de gráfico que se desea mostrar al usuario y direccionar los datos de la placa de desarrollo, actualizando los datos cada 5 segundos, luego de ello se habilita la opción de controlar la electroválvula a distancia y así mismo poder generar un reporte histórico que le llegara mediante una notificación al correo del usuario.

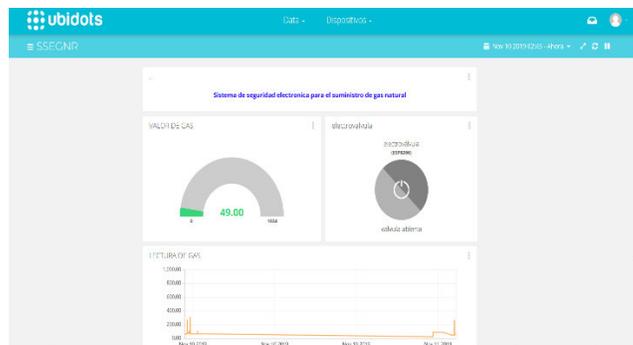


Figura 12 Interfaz del usuario

En la Figura 12 se observa el interfaz web final que se mostrara al usuario donde se detalla la cantidad de gas natural que se encuentra en el ambiente mediante dos graficas; una de ellas mostrara solo la cantidad mientras que en la otra se detalla la cantidad por el tiempo transcurrido, luego de ello se brinda la opcion de controlar la electroválvula de manera remota por el usuario.

G. Implementacion del sistema

Para la implementación del sistema primero se desarrolló la simulación del circuito con los materiales mencionados anteriormente.

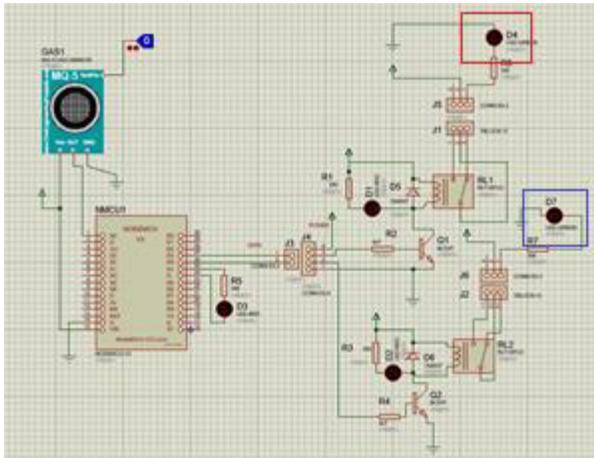


Figura 13 Simulación del circuito

En la Figura 13 se muestra la simulación del circuito simulando que el led del cuadro rojo es para la activación y cierre por el sistema, y el led del cuadro azul es para el cierre y la activación de manera remota. Respetando los pines establecidos tanto para el ingreso como la salida de señales analógicas y digitales de la placa de desarrollo NodeMCU ESP8266.

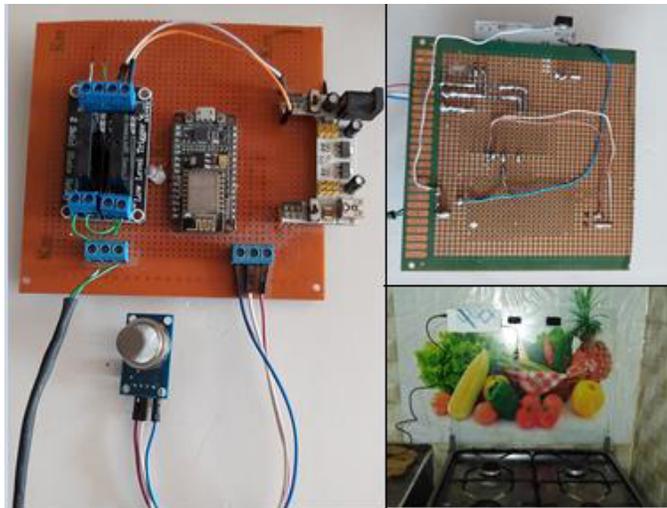


Figura 14 Sistema implementado

En la Figura 14 se observa tanto la placa del sistema como el sistema ya implementado.

III. RESULTADOS

Realizando las pruebas se obtuvo que efectivamente nuestro sistema establece una comunicación con el servidor figura 14.



Figura 15 Visualización del sistema

En la figura 15 se puede observar que los picos son las medidas de gas altas sobrepasando el rango de 400 que se estableció anteriormente este exceso de gas natural o fuga se muestra en ambos gráficos, el primero como un pico señal alta y en el segundo grafico de color rojo.



Figura 16 Interfaz del usuario

De la Figura 16 se observa que el cuadro rojo es el sensor que muestra un valor normal, esto indica que no hay gas lo cual no ha pasado el límite establecido por lo que no se accionar el módulo relé cerrando la electroválvula, el en cuadro verde se observa la opción para que el usuario pueda controlar la electroválvula remotamente y en el cuadro amarillo muestra una gráfica histórica del día.

IV. DISCUSION

Nuestro trabajo de investigación a comparación de otros ya realizados se basa en la detección de gas natural residencial especializándonos así solo en este tipo de energía alternativa obteniendo una mayor eficacia en cuanto a la captación del gas natural, otra diferencia es que los sistemas ya implementados solo generan una alerta, pero no toman acciones en el momento.

El trabajo desarrollado a comparación con todos los antecedentes es que nuestro sistema permite tomar una acción ante el evento ocurrido dándole al usuario la posibilidad de controlar el dispositivo remotamente.

En el área seleccionada San Juan de Lurigancho tiene 1 138 453 habitantes es la población que estaría en riesgo ante este evento.

A su vez este proyecto tiene como fin poder tener una red de sensores administrados de manera remota en residenciales que cuenten con varios usuarios de este servicio en un mismo espacio o edificio.

V. CONCLUSIONES

Del área seleccionada 1 138 453 es la cantidad de personas que pueden estar expuestas al evento de una explosión.

Para la selección de variables tener en cuenta la composición de los elementos y sus propiedades que en nuestro caso nos basamos en la densidad del gas.

Para el diseño es primordial tener en cuenta los requerimientos mínimos para el funcionamiento del sistema.

Para la selección de materiales es necesario cumplir los requerimientos mínimos planteados.

Para el desarrollo del algoritmo es necesario cumplir una secuencia debido a que poner los parámetros no ocurra ninguna confusión.

Para el desarrollo web del usuario se necesita verificar la correcta configuración.

REFERENCIAS

- [1] Cálidda, "Gas Natural." [Online]. Available: <https://www.calidda.com.pe/gas-natural/Paginas/Que-es-el-Gas-Natural.aspx#seccion>. [Set 8 2019]
- [2] R. M. Goss, "BP statistical review of world energy 1982.," *BP Stat. Rev. World Energy*, vol. 65th editi, no. June, 2015. [Set 6 2019]
- [3] S. Jarocho, R. Para, and E. L. Programa, "Tendencias del Sector Gas Natural en América Latina INFORMES EJECUTIVOS y el Caribe," pp. 18–21, 2016. [Set 6 2019]
- [4] RPP Noticias, "Cálidda: Dos millones de personas en Lima y el Callao usan gas natural," 2016. [Online]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/calidda-dos-millones-de-personas-en-lima-y-el-callao-usan-gas-natural-noticia-992685>. [Set 8 2019]
- [5] PROMIGAS, "Informe del sector gas natural Perú 2018," vol. 3, p. 124, 2018. [Set 8 2019]
- [6] Cálidda, "Guía de respuestas Sistema De Distribución de Gas natural," 2018. [Set 8 2019]
- [7] Denisse Torrico, "Aumenta número de incidentes por fuga de gas | Reportero Ciudadano - La República," 2017. [Online]. Available: <https://larepublica.pe/reportero-ciudadano/1063241-aumenta-numero-de-incidentes-por-fuga-de-gas/>. [Set 8 2019]
- [8] K. Lambert and M. Izquierdo, "Límites de inflamabilidad," pp. 1–10, 2016. [Set 8 2019]
- [9] J. Mendieta, "Sensor de GLP usando Arduino." 2014.
- [10] A. I. Adekitan, V. O. Matthews, and O. Olanokunmi, "A microcontroller based gas leakage detection and evacuation system," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 413, p. 012008, Sep. 2018. [Set 8 2019]
- [11] E. Francisco Costa Aponte, et al "Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017," 2017 [Oct. 2 2019].
- [12] A. De Paz Menéndez, "Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas," p. 154, 2015. [Oct. 2 2019]
- [13] Juan Heraldo Viloche Bazán, "Gas natural propiedades y uso," *Historia Santiago*, p. Historia Santiago., 2015. [Oct. 2 2019]
- [14] A. A. U. Athira Sudersanan, Alina Shaji, Joyal Laj, "ARDUINO BASED DAILY MONITORING –LPG-ON-TIP," vol. 9, no. 1, pp. 866–870, 2018. [Oct. 2 2019]