

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD IoT

RAY LESTER TEJADA PARDO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2019

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD IoT

RAY LESTER TEJADA PARDO

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Electrónico

Director
JAIME GUILLERMO BARRERO PEREZ
MSc. en Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2019

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	14
1.MARCO TEORICO	16
1.1.INCENDIOS	16
1.1.1.Causas de incendios.....	16
1.1.1.1. Humo.	16
1.1.1.2. Fuga de gases.	19
1.2.PARTES POR MILLÓN (PPM)	22
1.2.1.Partes por millón (ppm) masa/masa	22
1.2.2.Partes por millón (ppm) volumen/volumen	22
1.2.3.Partes por millón (ppm) masa/volumen.....	23
1.3.HARDWARE	23
1.3.1.Internet.....	23
1.3.2.Internet de las Cosas	25
1.3.3.Arduino.....	25
1.3.4.Tarjeta de Desarrollo ESP32	27
1.3.5.Sistema de Seguridad.....	29
1.3.6.Sensores.....	29
1.3.6.1.Sensores de gas	29
1.3.6.2.Sensores MQs	30
1.4.SOFTWARE.....	34
1.4.1.Thinger.io.....	34
1.4.2.ThingSpeak.....	35
1.4.3.Blynk.....	36
2.HARDWARE	38
2.1.TARJETA DE DESARROLLO ESP32	38
2.1.1.GPIO de tarjeta de desarrollo ESP32	38
2.1.1.1.Pines de entrada.....	38
2.1.1.2.Pines GPIO	38
2.1.1.3.GPIOs táctiles capacitivos	38
2.1.1.4.Convertidor analógico a digital (ADC)	38
2.1.1.5.Convertidor digital a analógico (DAC)	38
2.1.1.6.PWM	38
2.1.2.Caracterización de puertos ADC.....	39
2.1.3.Modos de conexión Wifi en la tarjeta de desarrollo ESP32.....	42
2.1.4.Encendido y apagado de leds para mostrar niveles de concentraciones de los gases	43
2.1.5. Comunicación de tarjeta de desarrollo ESP32 con Arduino.....	44
2.2.SENSORES MQ	44
2.2.1.Funcionamiento de sensores MQ	44
2.2.2.Calentamiento de sensores	45
2.2.3.Resistencia característica Ro.....	45

2.2.4.Calculo de cociente R_s/R_o	46
2.2.5.Caracterización de sensores.....	48
2.3.FILTRO Y PROTECCIÓN DE PUERTOS ANALÓGICOS	52
2.4.REGULADOR DE TENSIÓN	53
2.5.CONTROL PARA ALTERNAR TENSIÓN AL SENSOR MQ9.....	55
2.5.1.Control de tensión	55
2.5.2. Control de relé	56
2.5.2.1. Código para el control de Relé.....	57
2.6.DISEÑO DE CIRCUITO IMPRESO PARA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD IOT	57
2.7.ALIMENTACION EXTERNA PARA SENSORES.....	57
2.8.INSTRUMENTOS PATRÓN	59
3.SOFTWARE.....	61
3.1.BLYNK.	61
3.1.1.Comunicación de Blynk con Arduino.....	61
3.1.2.Instalación de Blynk	61
3.1.3.Crear proyecto en Blynk.....	62
3.1.3.1.Gauge	71
3.1.3.2.Notification	73
3.1.3.3.Email	73
3.1.3.4.Eventor.....	75
3.1.4.Plantillas de Blynk.....	76
3.1.4.1.Comandos para Blynk.....	78
3.2.ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES PROVENIENTES DE SENSORES DE METANO MQ4 Y MONÓXIDO DE CARBONO MQ9.	79
3.2.1.Adquisición y procesamiento de señales provenientes de sensores .	79
3.2.2.Encendido y apagado de leds para mostrar niveles de concentraciones de los gases.....	81
4.RESULTADOS.....	82
4.1.PRUEBAS CON SENSOR DE METANO.....	82
4.2.PRUEBAS CON SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO	83
5.CONCLUSIONES	87
6.RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFIA	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. ¿Que es Internet?	24
Figura 2. Logo de Arduino.	26
Figura 3. Tarjeta de desarrollo ESP32s.	27
Figura 4. Familia de sensores de la serie MQ.....	30
Figura 5. Vista frontal de un sensor de la serie MQ..	33
Figura 6. Conexión de sensores MQ con fuente alimentación dc para proceso de calentamiento.....	33
Figura 7. Plataforma thinger.io.....	34
Figura 8. Plataforma ThingSpeak	36
Figura 9. Diagrama de conexión de Blynk con diferentes plataformas electrónicas.....	37
Figura 10. Graficas característica de terminal ADC_6 de la tarjeta de desarrollo ESP32 corregida.....	40
Figura 11. Graficas característica de terminal ADC_7 de la tarjeta de desarrollo ESP32 corregida.....	41
Figura 12. Conexión de la tarjeta de desarrollo ESP32 como punto de acceso.....	42
Figura 13. Conexión de la tarjeta de desarrollo ESP32 en modo estación.....	43
Figura 14. Conexión de sensor MQ para calentamiento.....	45
Figura 15. Sensor MQ con resistencia de carga.....	46
Figura 16. Curva característica de sensor MQ4 para la concentración de los diferentes gases que pueden medir.....	46
Figura 17. Curva característica de sensor MQ9 para la concentración de los diferentes gases que pueden medir.....	47
Figura 18. Circuito equivalente después de la calibración de los sensores, donde la resistencia característica de los sensores pasa a ser R_s , gracias a que la resistencia de carga R_L es igual a la resistencia característica R_o	48
Figura 19. Gráfica para obtención de concentración de metano en sensor	

MQ4.....	50
Figura 20. Gráfica para obtención de concentración de monóxido de carbono en sensor MQ9.	51
Figura 21. Filtro y protección de puertos analógicos.	52
Figura 22. LM317 con sus respectivos pines.	54
Figura 23. Configuración para obtención de 1.4 [V] para corrector funcionamiento de sensor MQ9	54
Figura 24. Relé srd-05vdc-sl-c.	55
Figura 25. Configuración interna de relé.	55
Figura 26. Transistor 2N222.	56
Figura 27. Configuración para circuito de control	57
Figura 28. Cargador para alimentación de sensores MQ4 y MQ9.....	58
Figura 29. Cables extraídos de cargador.	58
Figura 30. Detector de gas combustible aprobé GSD600.....	59
Figura 31. Medidor de monóxido de carbono AS8700A	60
Figura 32. Aplicación Blynk para dispositivo Android en play store.....	61
Figura 33. Página de inicio de Blynk.....	62
Figura 34. Pantalla inicial de Blynk habiendo iniciado una cuenta.....	63
Figura 35. Ventana para crear un proyecto en Blynk cuando se selecciona una placa.	63
Figura 36. Confirmación de correo electrónico para envié “auth token” o de clave de autenticación.	66
Figura 37. Clave de autenticación o auth token enviada al correo electrónico...66	66
Figura 38. Ventana principal de un proyecto creado en Blynk.....	67
Figura 39. Algunos widgets ofrecidos por Blynk.....	68
Figura 40. Widget que hacen parte de este proyecto.....	70
Figura 41. Configuración de widget gauge (parte 1).....	72
Figura 42. Configuración de widget gauge (parte 2).	72
Figura 43. Configuración de widget Notification.....	73
Figura 44. Configuración de widget email (parte 1).	74
Figura 45. Configuración de widget email (parte 2).	74
Figura 46. Configuración de widget Eventor.	75

Figura 47. Ventana final para proyecto sensores.	76
Figura 48. Conexión de sensor MQ para calentamiento.	77
Figura 49. Prueba realizada con sensor MQ4 y detector de gas combustible APROBE GSD600 de metano.....	82
Figura 50. Prueba realizada con sensor MQ9 y medidor AS8700A de monóxido de carbono.	83
Figura 51. Ajuste de curva característica de sensor MQ4.....	85
Figura 52. Ajuste de curva característica de sensor MQ9.....	85

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Concentraciones y efectos del monóxido de carbono en el aire.....	18
Tabla 2. Concentraciones y efectos del metano en el aire.....	21
Tabla 3. Características de la tarjeta de desarrollo ESP32.....	28
Tabla 4. Modelo de sensores MQ con los respectivos gases que pueden detectar.....	31
Tabla 5. Características de sensor MQ4.....	32
Tabla 6. Características de sensor MQ9.....	32
Tabla 7. Caracterización de entradas analógicas en los pines ADC_6 y ADC_7 de la tarjeta de desarrollo ESP32.....	39
Tabla 8. Corrección de entradas analógicas en los pines ADC6 y ADC7 de la tarjeta de desarrollo ESP32.....	41
Tabla 9. Rangos de activación de niveles para los gases metano y monóxido de carbono.....	44
Tabla 10. Rango de resistencias y valor típico de la resistencia de carga RL de los sensores MQ4 y MQ9 suministrados por el fabricante.....	45
Tabla 11. Datos extraídos de curva característica de sensor MQ4.....	49
Tabla 12. Datos extraídos de curva característica de sensor MQ9.....	50
Tabla 13. Tarjetas compatibles con Blynk.	64
Tabla 14. Tipos de widgets ofrecidos por Blynk.....	68
Tabla 15. Resultados de pruebas con sensor MQ4 y detector de gas metano..	83
Tabla 16. Resultados de pruebas con sensor MQ9 y medidor AS8700A de monóxido de carbono	84
Tabla 17. Resultados de ajuste a pruebas con sensor MQ4 y detector de gas metano	86
Tabla 18. Resultados de ajuste a pruebas con sensor MQ9 y medidor AS8700A de monóxido de carbono	86

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Anexo A. Comunicación de tarjeta de desarrollo ESP32 con Arduino.

Anexo B. Código para el control de Relé.

Anexo C. Comunicación de Blynk con Arduino.

Anexo D. Plantilla inicial para programación de la tarjeta ESP32 desde el IDE de Arduino.

Anexo E. Código para adquisición y procesamiento de señales provenientes de sensores metano MQ4 y monóxido de carbono MQ9 y encendido y apagado de leds para mostrar niveles de concentraciones de los gases.

Anexo F. Compartiendo proyecto de Blynk.

Anexo G. Caracterización de puertos adc, caracterización de sensores y ajuste a la curva característica de los sensores MQ4 y MQ9.

Anexo H. Regulador De Tensión.

Anexo I. Diseño de circuito impreso para implementación de un sistema de seguridad IoT.

Anexo J. Tarjeta de desarrollo ESP32 con su respectiva distribución de pines.

Anexo K. Código para implementación de un sistema de seguridad IoT en Arduino.

Anexo L. Evidencia de resultados con detector y sensor MQ4 de metano y medidor y sensor MQ9 de monóxido de carbono.

RESUMEN

TITULO: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD IoT*.

AUTORES: RAY LESTER TEJADA PARDO**.

PALABRAS CLAVE: Arduino, Internet de las cosas (IoT), sistema de seguridad, metano, monóxido de carbono, interfaz gráfica.

DESCRIPCIÓN:

Se implementó un dispositivo que permite la captura de información relacionada con la concentración de monóxido de carbono y metano, en lugares donde se desee prevenir una situación de riesgo como podría ser un incendio y/o fuga de dicho gas, teniendo en cuenta que el monóxido de carbono es gas residual de la combustión incompleta del carbono y el metano, mediante una fuga del mismo, puede generar una explosión y un posible incendio. El trabajo de investigación desarrollo una interfaz de bajo costo, que mide la concentración de metano y monóxido de carbono y enviarlas constantemente, usando wifi, a una aplicación en un celular en tiempo real. El usuario puede observar en indicadores estas concentraciones cuando lo desee. Además, en caso de presentarse una situación de riesgo, debido a que se superaron algunos límites de concentraciones, previamente establecidos, el prototipo enviara una notificación al celular en donde dicha aplicación este instalada y un correo electrónico al correo pertinente que pueda brindar ayuda ante dicha situación.

El objetivo de la investigación consistió en desarrollar un nuevo dispositivo que permita actuar de forma oportuna en caso de una situación de peligro, como lo es un incendio o una fuga de gases, tratando así, de minimizar los daños materiales y antes todo, preservar al máximo la vida humana.

* Trabajo de grado

** Adscrito a la facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones (E3T), director: MSc. Jaime Guillermo Barrero Perez.

ABSTRACT

TITLE: IMPLEMENTATION OF A SAFETY SYSTEM IoT^{1*}.

AUTHORS: RAY LESTER TEJADA PARDO^{**}.

KEYWORDS: Arduino, Internet of Things (IoT), security system, methane, carbon monoxide, graphic interface.

DESCRIPTION:

A device was implemented that allows the capture of information referring to the concentration of carbon monoxide and methane, in places where a situation such as a fire and / or leakage of said gases can be prevented, taking into account that carbon monoxide is a residual gas from the incomplete combustion of carbon and methane, and due to a potential leak, an explosion and a possible fire can be ignited. In this investigative work, a low-cost interface was developed, which measures the methane and carbon monoxide concentrations and is constantly sending said measurements, using Wi-Fi, to an application installed on a pre-determined cellular phone in real time. This way, the user is able to monitor the gases' concentrations whenever desired. Also, in case of a high-risk situation, where concentration limits are exceeded, a notification is sent to the application installed on the user's cellphone and an email to the relevant email address that can provide help in this situation to prevent such occurrences.

The objective of the investigation was to develop an innovative new device that can act in a timely manner in case of a spike in any of these gases' concentrations that can trigger dangerous situations, as is a fire or a gas leak that can lead to an explosion. With this, we are making the effort to minimize any potential material damage and, above all, the preservation of human life.

* Undergraduate project.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronics and Telecommunications (E³T) Engineering School, Director MSc. Jaime Guillermo Barrero Perez.

INTRODUCCION

Los avances tecnológicos hoy día, se han dedicado a la mejora de la calidad de vida humana trayendo beneficios para la misma, uno de ellos es el internet, que permite recibir y enviar información de forma “instantánea”, desde cualquier parte del mundo, si se tiene acceso al mismo. El manejo de dicha información que se recibe o se envía, puede ser de gran importancia a la hora de salvaguardar vidas humanas. En este sentido, este proyecto aprovecha las ventajas de internet, utilizándolo como un sistema de alarma temprana ante la presencia de gases relacionados con el riesgo o presencia de incendio.

Los sistemas de seguridad han tenido un crecimiento notorio, pues los sensores pequeños en tamaño, de bajo costo y más sensibles a cambios significativos de la variable a medir, son cada vez más utilizados con resultados muy favorables.

El internet de las cosas (Internet of Things, de su sigla en inglés, IoT) es una plataforma que permite la conexión de objetos usados a diario a internet. En la actualidad, los objetos como los celulares, las computadoras y las *tablets*, son los primeros dispositivos electrónicos con conexión a internet, pero el desarrollo tecnológico y esta nueva plataforma, ha abierto la posibilidad del acceso a internet a los demás dispositivos, tal como los son los relojes digitales, los automóviles, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, los sensores, entre otros, generando así, un conjunto de conexiones entre los dispositivos conectados a internet, que permite acceder a la comunicación, ya sea para recibir o enviar información.

El avance de la tecnología ha traído consigo, innumerables creaciones tanto de tipo tecnológico como herramientas (aplicaciones) que permiten transmitir y recibir información en tiempo real desde cualquier parte del mundo si se tiene acceso a internet, por ejemplo, aplicaciones que permiten saber si la temperatura de una casa es muy elevada o muy baja y de manera remota, tomar una decisión, bien sea para elevar la temperatura o disminuirla, dependiendo de la situación.

Ahora, si la información que se envía con el uso de un sensor fuese con mucho más contenido, sería de gran importancia al atender una emergencia, beneficiando a las personas afectadas al momento de prestarles los primeros auxilios. Y que mejor forma de enviar dicha información que, mediante el internet, así los diferentes entes que están atentos a cualquier situación de peligro, con la información pertinente de las personas involucradas en dicha situación, podrán actuar de forma oportuna sin que ocurran pérdidas económicas y humanas.

Aprovechando los bajos costos y la alta capacidad de cómputo de los sistemas digitales con conexión a internet y utilizando los sensores adecuados para detectar y enviar de manera oportuna la señal que alerte la presencia de un potencial peligro y favorecer la toma rápida de medidas preventivas que con el fin de proteger la vida (humana, animal y vegetal) y propiedad material.

El monóxido de carbono y el metano fueron los gases seleccionados para la realización de este proyecto, ya que el primero, es el principal componente a la hora de presentarse un incendio y el segundo, es el componente de gas natural, utilizado a diario en las residencias domésticas, donde se pueden presentar fugas del mismo y eventualmente un incendio.

Los sensores correspondientes para la “Implementación de un sistema de seguridad IoT” para los gases monóxido de carbono y metano, fueron MQ4 y MQ9, respectivamente. Estos sensores se alimentaron desde una fuente externa, es decir, desde un cargador previamente adaptado y la tarjeta de desarrollo ESP32 fue la encargada de la captura, procesamiento y envío de los datos provenientes de los sensores para el desarrollo de este prototipo. La visualización de los datos enviados por la tarjeta de desarrollo ESP32, serán presentados en la aplicación Blynk, la cual se encuentra disponible en la Play Store, además de ser la encargada de enviar notificaciones cuando las concentraciones de metano y monóxido de carbono comiencen a aumentar a niveles que se consideren nocivos.

1. MARCO TEORICO

1.1. INCENDIOS

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 al ambiente.

El crecimiento demográfico, los procesos propios del desarrollo en la industria, el uso cada vez más frecuente de sustancias inflamables peligrosas y la falta de precauciones en su manejo, transporte y almacenamiento son los principales factores que han propiciado un aumento significativo en la magnitud y frecuencia de los incendios, particularmente en las ciudades donde se ubican grandes complejos industriales, comerciales y de servicios.

La exposición de los seres vivos a un incendio puede producir daños muy graves hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo, producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves.

1.1.1. Causas de incendios. Los incendios en zonas urbanas se deben principalmente a cortocircuitos en instalaciones defectuosas, sobrecargas o falta de mantenimiento en los sistemas eléctricos, fallas u operación inadecuada de aparatos electrodomésticos; falta de precaución en el uso de velas y/o veladoras; manejo inadecuado de sustancias peligrosas y/o inflamables, así como las fugas de los mismas y otros errores humanos. Por el lugar donde se producen, los incendios urbanos pueden ser domésticos, comerciales e industriales.

1.1.1.1. Humo. El humo es el principal componente de un incendio además de ser un gas tóxico producto de la combustión incompleta. La combustión es una reacción química de oxidación en la que un elemento emiten energía en forma de calor y luz.

El humo para los seres vivos es tóxico en casi todas sus presentaciones. La impureza de los elementos que lo componen, suponen un serio daño para los pulmones de las personas y animales, las plantas también reaccionan negativamente frente a este. Puede causar muchas enfermedades y ocasionar daños al ambiente, siendo unos de los principales agentes o formas de la contaminación de la atmósfera que hay en la actualidad.

La inhalación del humo es la causa primaria de asfixia y muerte en las víctimas de los incendios. El humo mata por intoxicación debido a sus componentes tóxicos, como el monóxido de carbono y las pequeñas partículas sólidas que taponan los alveolos pulmonares y asfixian a la víctima.

Cuando la combustión es completa, los productos son agua, dióxido de carbono y compuestos de diversos elementos.

- **Monóxido de Carbono.** El monóxido de carbono (CO), también conocido como óxido de carbono (II), gas carbonoso, anhídrido carbonoso, es un gas tóxico, inodoro, incoloro e insípido. El monóxido de carbono es el resultado de la oxidación o combustión incompleta de sustancias como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados, ya que es considerado “el asesino silencioso”, puesto que se caracteriza, hacen del mismo, una amenaza invisible para nuestros sentidos.
- **Intoxicación con monóxido de carbono.** El monóxido de carbono, aunque se respire en pequeñas cantidades, puede provocar la muerte por envenenamiento en minutos, ya que, puede sustituir al oxígeno en la hemoglobina de la sangre.
- **Oxihemoglobina.** Compuesto formado por la unión de la hemoglobina con el oxígeno, siendo esta la forma en que es transportado en la sangre.

- **Carboxihemoglobina.** La carboxihemoglobina es el resultando de no poder respirar oxígeno, interfiriendo en la disolución del oxígeno de la oxihemoglobina restante, complicando así la transferencia de oxígeno a los tejidos.

Tabla 1. Concentraciones y efectos del monóxido de carbono en el aire.

Concentración de monóxido de carbono en el aire [ppm]	Efectos
50	TLV – TWA* (Threshold Limit Value - Time-Weighted Average)
100	Exposición a varias horas sin efectos
400 – 500	Exposición una hora sin efectos
600 – 700	Efectos apreciables a la hora (Se presenta dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso)
1200 – 1500	Efectos peligrosos a la hora (Se puede presentar coma)
1200	IPVS** (Índice Inmediatamente Peligroso para la Vida y/o la Salud)
>4000	Mortal a la hora

*TLV – TWA es la concentración correspondiente a un día normal de 8 horas o una semana de 40 horas en la que los trabajadores pueden estar expuestos sin mostrar efectos adversos.

**El límite IPVS representa la concentración máxima expresada en ppm o en mg/m³ a la cual, en caso de fallo o inexistencia de equipo respiratorio, se podría escapar en un plazo de 30 minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud.

Fuente. Murcia Salud: Monóxido de Carbono [en línea]. (Recuperado 5 de junio 2018).

Disponible en <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180398&idsec=1573#>

1.1.1.2. Fuga de gases. Hay que tener en cuenta, que tipo de gas está escapando, ya que, si dicho gas es altamente inflamable y/o toxico, puede causar graves explosiones e incendios, importantes problemas de salud e incluso la muerte.

Entre las principales causas de los incidentes originados por fugas de gas en los hogares se encuentran los descuidos (como dejar abierta alguna llave de la estufa), la antigüedad y la falta de mantenimiento de los electrodomésticos de gas (como calderas o estufas) y el mal estado de las instalaciones en los edificios antiguos (como las tuberías defectuosas o el mal funcionamiento de los sistemas de ventilación).

Cuando se presenta una fuga de gas, el principal y más obvio factor, es el olor a gas (*), al cual suele identificarse como olor desagradable, según ciertas fuentes. Pero además de eso, hay otros factores que pueden ayudar a detectar una fuga de gas, como por ejemplo cuando se escuchan silbidos o sopletes, ver polvo que vuela desde el suelo, zonas húmedas o mojadas que burbujan y fuego si es que la fuga se ha presentado. Si se sabe cómo actuar y se detecta a tiempo, el problema se solucionará sin que suceda nada grave. De lo contrario, si la fuga es muy grande y no se evacua enseguida el lugar, se puede estar expuesto a intoxicaciones que pueden llevar a la muerte, o que se produzcan explosiones o incendios de gran magnitud con resultados fatales.

- **Metano.** El metano (CH₄) es el hidrocarburo alcano más sencillo. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es un gas incoloro, inodoro, inflamable y no toxico.

(*) Dado por las empresas distribuidoras mediante la adición de mercaptanos o tioles, compuesto que contiene el grupo funcional formado por un átomo de azufre y un átomo de hidrógeno (-SH).

En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Muchos microorganismos anaeróbicos lo generan utilizando el CO₂ como aceptor final de electrones. Este gas se produce de forma natural por la descomposición de la materia orgánica. Los humedales y el ganado son las principales fuentes que emiten metano a la atmosfera, donde actúa como gas de efecto invernadero.

El metano es uno de los principales componentes del gas natural, aunque sus proporciones varían según el yacimiento de donde es extraído, desde el 83% al 97% y se utiliza como combustible y con fines industriales. El gas natural comercializado además de metano está compuesto con algunos otros hidrocarburos añadidos en pequeña proporción, como propano y butano, también inflamables.

Hoy en día, el metano ha incrementado su utilización en el ambiente doméstico, conquistando posiciones privilegiadas, empleándose sobre todo para la alimentación de cocinas eléctricas e instalaciones de calefacción, aunque su calor de combustión es el menor de todos los hidrocarburos (etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, etc.), pero si se divide su masa molecular produce la misma cantidad de calor que los más complejos. Esto hace que sea de gran utilidad para el uso doméstico.

En muchas ciudades, el metano se transporta por tuberías hasta las casas para ser empleado como combustible para la calefacción y para cocinar. En Colombia, así como en otros países emergentes, el gas natural es empleado como combustible alternativo por algunos vehículos de transporte.

- **Intoxicación con metano.** El metano es altamente inflamable. Pero su principal peligro para la salud son las quemaduras que puede provocar si entra en ignición. El metano también es asfixiante y puede desplazar al oxígeno en un espacio cerrado. La asfixia puede sobrevenir si la concentración de oxígeno se reduce por debajo del 19,5 % por desplazamiento (*). Las concentraciones a las cuales se forman las barreras explosivas o inflamables son mucho más pequeñas que las concentraciones en las que el riesgo de asfixia es significativo.

Tabla 2. Concentraciones y efectos del metano en el aire.

Concentración de metano en el aire [ppm]	Efectos
<50000	Concentración normal
50000-90000	Aumento del ritmo de la respiración y el pulso. Disturbios leves en la coordinación muscular
70000-110000	Trastorno emocional, fatiga y respiración interrumpida
110000-150000	Nausea y vomito, colapso y pérdida de la conciencia
>150000	Movimientos convulsivos, posibles colapso respiratorio y muerte

Fuente. Fuente. Hoja de seguridad del material (SDS) Metano. [En línea]. (Recuperado 21 octubre 2018). Disponible en http://www.linde-gas.ec/en/images/HOJA%20DE%20SEGURIDAD%20METANO_tcm339-98262.pdf.

(*) El aire contiene un 21% de oxígeno. Si éste se reduce se producen síntomas de asfixia que se van agravando conforme disminuye ese porcentaje. La asfixia es consecuencia de la falta de oxígeno y ésta es ocasionada básicamente al producirse un consumo de oxígeno o un desplazamiento de este por otros gases.

1.2. PARTES POR MILLÓN (PPM)

Es una unidad de medida para establecer la concentración de una sustancia. La notación de porcentaje, en un concepto muy similar, pero ya no en porcentual sino en millón, se podría tomar una equivalencia:

$$10000 \text{ ppm} = 1\% \quad (1)$$

Esta equivalencia, da una imagen clara sobre la dimensión para la cual se utiliza la unidad partes por millón, ya que 10000 ppm apenas equivale al uno por ciento (1%), es decir, las partes por millón solo se utilizan para medir concentración o valores muchos más bajas. El uso más frecuente para las partes por millón es el análisis químico para la medición de concentraciones muy diluidas, así como en campos de la ciencia, la física y en áreas de la ingeniería.

Las partes por millón, como unidad de medición, se utilizaron en este proyecto para mostrar los niveles de concentración de monóxido de carbono y metano.

1.2.1. Partes por millón (ppm) masa/masa. Se calcula dividiendo la masa de un soluto (m_{solu}) entre la masa de la disolución (m_{diso}) multiplicado por un millón (10^6), siendo la masa de la disolución la suma de la masa del soluto y la masa del solvente ($m_{\text{solu}} + m_{\text{solv}}$).

$$C_{\text{ppm}}[\text{ppmm}] = \frac{m_{\text{solu}}}{m_{\text{diso}}} * 10^6 = \frac{m_{\text{solu}}}{m_{\text{solu}} + m_{\text{solv}}} * 10^6 \quad (2)$$

Generalmente usados en sustancias (solidos) que no se disuelven entre ellos.

1.2.2. Partes por millón (ppm) volumen/volumen. Se calcula dividiendo el volumen de un soluto (V_{solu}) entre el volumen de la disolución (V_{diso}) multiplicado por un millón (10^6), siendo el volumen de la disolución la suma de el volumen del soluto y el volumen del solvente ($V_{\text{solu}} + V_{\text{solv}}$).

$$C_{ppm}[ppmv] = \frac{v_{solu}}{v_{diso}} * 10^6 = \frac{v_{solu}}{v_{solu} + v_{solv}} * 10^6 \quad (3)$$

Generalmente usados en sustancias (líquidos o gases) que se disuelven entre ellos.

1.2.3. Partes por millón (ppm) masa/volumen. Se calcula dividiendo la masa de un soluto (m_{solu}) entre el volumen de la disolución (V_{diso}) multiplicado por un millón (10^6).

$$C_{ppm}[ppm] = \frac{m_{solu}[g]}{v_{diso}[ml]} * 10^6 \quad (4)$$

Generalmente usados en sustancias, sólidos y líquidos que se disuelven o no entre ellos.

Las partes por millón volumen-volumen, fueron las usadas para la realización de este proyecto, ya que son idóneas a la hora de medir concentraciones de gases.

1.3. HARDWARE

1.3.1. Internet. El internet es una red integrada de ordenadores (computadoras) conectados alrededor del mundo mediante cables y señales de telecomunicaciones, que utilizan una tecnología común para la transferencia de datos y donde un usuario con acceso al mismo puede utilizar diversos servicios como lo son la web, de donde se puede obtener información en tiempo real y el correo electrónico, donde se puede enviar y recibir información de otro usuario. Estos servicios están disponibles en todo momento, esperando que los diferentes usuarios soliciten sus servicios y permitiendo el acceso a los mismos una vez solicitados, con ayuda de miles de ordenadores que están continuamente encendidos y conectados a la red. Estos ordenadores son los servidores, responsables del correcto funcionamiento de los servicios que ofrece internet.

Figura 1. ¿Qué es Internet?



Fuente. GONZALEZ, Carlos. ¿Qué velocidad de internet necesito? [En línea]. (Recuperado 11 septiembre 2018). Disponible en https://cincodias.elpais.com/cincodias/2015/11/09/lifestyle/1447087191_120067.html.

La internet es también conocida como "Superautopista de la Información" (*). Desde un punto de vista más amplio la internet constituye un fenómeno sociocultural de importancia creciente, una nueva manera de entender las comunicaciones que están transformando el mundo, gracias a los millones de individuos que acceden a la mayor fuente de información que jamás haya existido y que provocan un inmenso y continuo trasvase de conocimientos entre ellos.

Existen cuatro características que definen a la internet:

1. Grande: la mayor red de computadoras del mundo.
2. Cambiante: se adapta continuamente a las nuevas necesidades y circunstancias.
3. Diversa: da cabida a todo tipo de equipos, fabricantes, redes, tecnologías, medios físicos de transmisión, usuarios, etc...

(*) Se lo asocia al Senador de Estados Unidos y para esa época vicepresidente Al Gore. La autopista de la información fue uno de los puntos centrales del programa de iniciativa tecnológica del gobierno de Clinton-Gore. Avanzando el tiempo, el término ha tendido a identificarse con Internet, en su alcance de transporte de información y conocimiento, así como medio de negocios.

4. Descentralizada: no existe un controlador oficial sino más bien está controlada por los miles de administradores de pequeñas redes que hay en todo el mundo.

1.3.2. Internet de las Cosas. En inglés internet of things, abreviado IoT, es un concepto que se refiere a la conexión de objetos cotidianos con internet. El concepto de Internet de las cosas fue propuesto por Kevin Ashton en el Auto-ID Center del MIT en 1999, donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia en red (RFID) y tecnologías de sensores.

1.3.3. Arduino. Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite utilizar e integrar diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores, artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado que pueda darles diferentes tipos de uso, como entornos interactivos.

Para poder entender este concepto, primero se debe tener que entender los conceptos de hardware libre y el software libre. El hardware libre, son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas, pero igualmente funcionales al partir de la misma base. El software libre, son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo.

Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades.

Figura 2. Logo de Arduino.



Fuente. Infootec. Arduino IDE. [En línea]. (Recuperado 11 septiembre 2018). Disponible en <https://www.infootec.net/arduino-ide/>.

Arduino es una plataforma que permite conectar de manera sencilla, rápida y económica cualquier cosa a internet. Con tan solo disponer de un Arduino y un módulo de ethernet o conexión a Wifi, se podría conectar sensores para conocer alguna variable medible, encender o apagar bombillas desde cualquier parte del mundo en donde tengamos acceso a internet.

La característica que debe tener el sistema de desarrollo que se va a seleccionar a la hora de realizar este proyecto, es que tenga conexión inalámbrica a internet, ya que los datos de concentración son enviados por medio de este, descargando los módulos Arduino, puesto que se debería comprar los módulos de internet para los mismos, para así conectarlos a internet; los módulos de Raspberry Pi, más exactamente Raspberry Pi 3, que posee conexión a internet inalámbrica pero su consumo de energía además de su tamaño, la hace inapropiada para un dispositivo que poseerá pocas entradas además de poco procesamiento que se va a realizar.

La opción más acorde, es una nueva placa creada por Espressif Systems, llamada ESP32, la cual posee conexión inalámbrica a internet además de su bajo costo, tamaño y consumo de energía.

1.3.4. Tarjeta de Desarrollo ESP32. Espressif Systems (*) ha desarrollado un nuevo dispositivo llamado ESP32, que es un microcontrolador mucho más potente, de bajo costo, bajo consumo de energía y admite conexiones Wifi y Bluetooth. Hay algunos sistemas de desarrollo listos para su uso, y el equipo de Espressif Systems está trabajando para agregar y mejorar soporte del IDE de Arduino en su página de GitHub (**). La serie ESP32 utiliza un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 en versiones de doble núcleo e incluye conmutadores de antena incorporados, balun de RF , amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía.

Figura 3. Tarjeta de desarrollo ESP32S.



Fuente. Placa de desarrollo para ESP32 NodeMcu-32. [En línea]. Perú. (Recuperado 11 septiembre 2018). Disponible en <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/384-placa-de-desarrollo-para-esp32-nodemcu-32.html>.

Las características del ESP32 incluyen lo siguiente:

(*) Espressif Systems: About Espressif. Es una empresa multinacional de semiconductores sin fabrica establecida en 2008, con sede en Shanghái, y oficinas en China, India y Europa. Cuenta con un equipo de ingenieros y científicos de todo el mundo, enfocados en el desarrollo de soluciones Wifi y Bluetooth de vanguardia, baja potencia y IoT.

(**) GitHub es una plataforma de desarrollo colaborativo de software para alojar proyectos utilizando el sistema de control de versiones Git.

Tabla 3. Características de la tarjeta de desarrollo ESP32.

Área	Características
Procesadores	• CPU: Microprocesador LX6 Xtensa de doble núcleo de 32 bits, que funciona de 160 a 240 MHz y funciona con hasta 600 DMIPS • Coprocesador de ultra baja potencia (ULP)
Memoria	520 KiB SRAM
Conectividad inalámbrica	• Wifi: 802.11 b / g / n • Bluetooth: V4.2 BR / EDR y BLE
Interfaces periféricas	• 18 canales ADC de 12 bits • 10 sensores táctiles • 16 PWM • 10 entradas/salidas digitales
Seguridad	• Las características de seguridad estándar IEEE 802.11 compatibles incluida WFA, WPA/WPA2 y WAPI • Arranque seguro
Administración de energía	• Regulador interno de baja caída • Dominio de potencia individual para RTC • 5 μA en corriente de sueño profundo • Despertar de interrupción GPIO. Temporizadores, mediciones de ADC, interrupción del sensor táctil de capacitancia

Fuente. ESP32: Series Datasheet. [En línea]. (Recuperado 5 marzo 2018). Disponible en http://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.

1.3.5. Sistema de Seguridad. Un sistema de seguridad corresponde a un grupo de elementos propiamente interrelacionados con un único objetivo principal, establecer un cierto nivel de protección frente a posible riesgos, peligros o delitos que puedan afectar en forma negativa la integridad de un cierto grupo de personas en todos los aspectos y así garantizar una tranquilidad frente a cualquier problema.

Los aspectos que pueden afectar o no, a la seguridad de dicho grupo de personas son la situación geográfica, el análisis de riesgo, comportamiento, costumbres y características del individuo o grupo de personas, así como las herramientas de apoyo a todos los elementos, dispositivos, equipos y demás artículos que puedan prever cualquier situación de peligro, riesgo que vulneren la integridad de una persona o grupo de personas.

En la actualidad, existen muchos sistemas de seguridad para la detección de intrusiones e incendios, control de acceso, presencia, circuitos cerrados de TV, etc., así como las diferentes tecnologías que nos pueden brindar la solución ideal para nuestra casa o empresa.

1.3.6. Sensores. Los sensores son dispositivos creados para detectar las variaciones de una magnitud física para convertirla en señales útiles para un sistema de medida o de control.

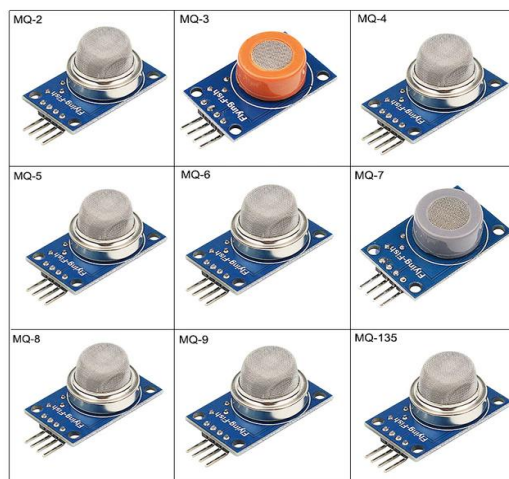
1.3.6.1. Sensores de gas. Los sensores de gas detectan la presencia de algún gas o gases. En general, los sensores de gases son usados para prevenir la exposición de gases combustibles y/o tóxicos.

Existen dos tipos de sensores de gas, los primeros funcionan por medio de absorción, reacciones químicas y de contacto con el gas y los segundos los conforman los sensores que funcionan con base en emisiones infrarrojas o ultrasónicas.

Los sensores, independientes de su configuración y funcionamiento, pueden trabajar en conjunto, es decir, los sensores que detectan gases combustibles son sensores catalíticos e infrarrojos, mientras que los que detectan gases tóxicos, son sensores electroquímicos y semiconductores de óxido metal (MOS, Metal Oxide Semiconductor).

1.3.6.2. Sensores MQs. Los sensores de gases de la serie MQ son una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de partículas químicas en el aire. Existen diferentes tipos de modelos en dicha familia, los cuales esta diseñados para notar la presencia de una o más sustancias, y ser utilizados con un propósito en específico, como, por ejemplo, detección gases inflamables, calidad del aire o detección de alcohol en aire respirado.

Figura 4. Familia de sensores de la serie MQ.



Fuente. Aliexpress. 9 in 1 Gas Sensor MQ-2 MQ-3 MQ-4 MQ-5 MQ-6 MQ-7 MQ-8 MQ-9 MQ-135 Sensoren Kit Modul für Raspberry Pi 3 9 teile/los Senor Kits. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <https://es.aliexpress.com/item/9-in-1-Gas-Sensor-9pcs-lot-MQ-2-MQ-3-MQ-4-MQ-5-MQ/32820164324.html>

Tabla 4. Modelo de sensores MQ con los respectivos gases que pueden detectar.

Modelo	Gas detectado
MQ-2	Hidrogeno, LPG, metano, monóxido de carbono, humo y propano
MQ-3	Alcohol, Benceno, Metano, Hexano, LPG y Monóxido de carbono
MQ-4	LPG, Metano, Hidrogeno, Monóxido de Carbono, Alcohol y humo
MQ-5	Hidrogeno, LPG, Metano, Monóxido de carbono y Alcohol
MQ-6	LPG, Hidrogeno, Metano, Monóxido de carbono y Alcohol
MQ-7	Monóxido de Carbono, Hidrogeno, LPG, Metano y Alcohol
MQ-8	Hidrogeno, LPG, Metano, Monóxido de Carbono y Alcohol
MQ-9	LPG, Monóxido de Carbono y Metano
MQ-131	Ozono
MQ-135	Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Amonio
MQ-136	Monóxido de Carbono, Amonio y Ácido sulfhídrico
MQ-811	Dióxido de Carbono, Etanol, Monóxido de Carbono y Metano

Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Datasheet de cada sensor. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

Los sensores MQ están compuestos por un sensor electroquímico y hacen cambiar su resistencia interna al estar en contacto con las sustancias. Todos los sensores de la serie MQ se caracterizan por una alta sensibilidad a un determinado gas, así como una baja sensibilidad a otros gases, una rápida respuesta, fiables y de fácil utilización. Además de las características ya mencionadas, su tamaño, bajo costo y bajo consumo de energía, hace de los sensores MQs, una buena elección a la hora de realizar un proyecto, obteniendo resultados confiables.

- **Sensor MQ4.** Posee una alta sensibilidad a gas natural, específicamente al gas metano (CH_4) y una baja sensibilidad al alcohol y humo. Posee una rápida respuesta, además de una larga duración. Se utilizan en equipos de detección de fugas de gas en la familia y la industria, son adecuados para la detección de metano.

Tabla 5. Características de sensor MQ4.

Parámetros	Condición técnica
Alimentación	5 ± 0,1 [V]
Consumo de potencia	Menor a 900 [mW]
Rango de medición	200 a 10000 [ppm]
Condiciones de trabajo	Temperatura de -10 a 50 [°C] funcionamiento
	Humedad Menor igual a 95% RH
Tiempo de precalentamiento	Mas de 24 horas
Resistencia de detención Rs	10 a 60 [kΩ]

Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ4. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

- **Sensor MQ9.** Posee una alta sensibilidad al monóxido de carbono, metano y gas licuado de petróleo (LPG). Posee una rápida respuesta, además de una larga duración. Se utilizan en equipos de detección de los gases en la industria.

Tabla 6. Características de sensor MQ9.

Parámetros	Condición técnica
Alimentación	5 ± 0,1 [V]
Consumo de potencia	Menor a 750 [mW]
Rango de medición	200 a 1000 [ppm]
Condiciones de trabajo	Temperatura de -20 a 50 [°C] funcionamiento
	Humedad Menor igual a 95% RH
Tiempo de precalentamiento	Mas de 24 horas
Resistencia de detención Rs	2 a 20 [kΩ]

Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ9. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

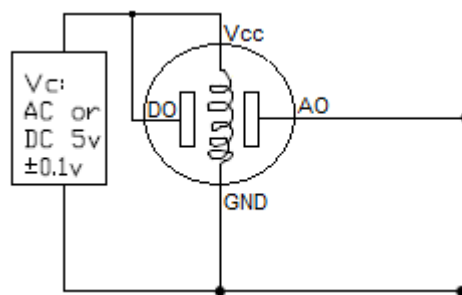
Todos los sensores de la serie MQ, posee pines correspondientes a una salida digital (DO), una salida analógica (AO), un pin de tierra (GND) y, por último, un pin de polarización (Vcc), tal como se aprecia en la figura 5.

Figura 5. Vista frontal de un sensor de la serie MQ.



La salida digital y analógica del sensor MQ puede ir conectada a una entrada digital y analógica, respectivamente, de los diferentes microcontroladores que existen, tales como, la familia de Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32, entre otros. El pin de polarización por lo general a una fuente de alimentación de 5 V, pero este valor puede variar dependiendo del sensor MQ.

Figura 6. Conexión de sensores MQ con fuente alimentación DC para proceso de calentamiento.



Los sensores MQ, deben tener un previo calentamiento necesario para elevar la temperatura del sensor, y permitir que sus materiales adquieran la sensibilidad, para tener mediciones precisas. En la gran mayoría de los modelos el tiempo de calentamiento es de unos pocos minutos, pero algunos modelos exigen un precalentamiento de 12 a 48 horas para obtener mediciones estables. Por otro lado, cada modelo necesita su propia tensión para alimentar el calentador. En muchos modelos esta tensión es de 5V, pero algunos modelos tienen condicionantes especiales para la alimentación.

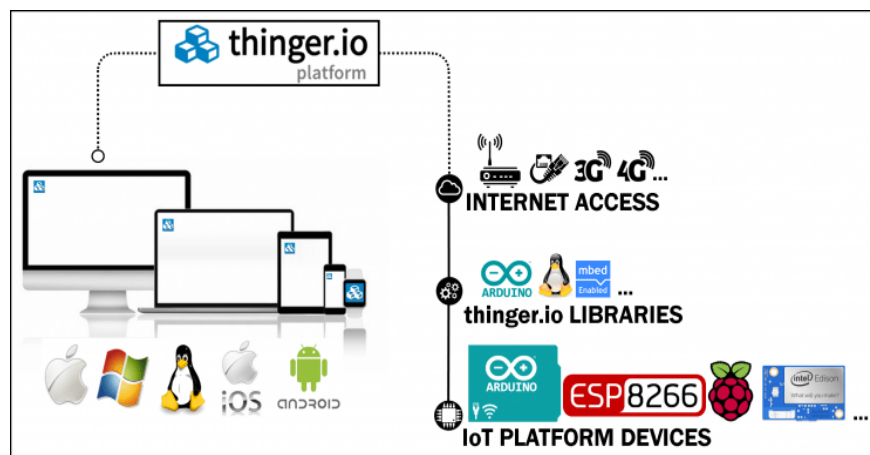
1.4. SOFTWARE

Cuando creamos proyectos IoT, se tienen varias maneras de monitorizar los datos que captamos a través de los sensores. La más básica y que requiere tener el dispositivo conectado a un ordenador es a través del monitor serie. Si tenemos algún display como un LCD o una pantalla TFT, ya se puede desconectar el Arduino del ordenador y llevarlo a cualquier sitio. Pero existe una tercera opción, quizás la más idónea, para poder ver los datos y la información, utilizar una plataforma para proyectos del IoT.

Existen plataformas y aplicaciones IoT, que permiten la visualización, monitorización y flujo de datos. Las plataformas más conocidas para la implementación de sistemas IoT son Thinger.io y ThingSpeak y una de las aplicaciones utilizadas es Blynk.

1.4.1. Thinger.io. Es una plataforma española de código abierto que puede utilizarse, gracias a sus propios servidores, como en GitHub para instalar en una máquina propia y ofrecer una cuenta gratuita para utilizar su infraestructura en la nube.

Figura 7. Plataforma Thinger.io



Fuente. ESPloradores: Introducción. [en línea].2016. (Recuperado 21 octubre 2018). Disponible en <http://www.esploradores.com/empezando/hello-world-thinger-io-blink/>.

La programación es muy sencilla ya que se dispone de una librería en el repositorio oficial de Arduino y es además compatible con ESP8266, ESP32, Raspberry Pi o Intel Edison.

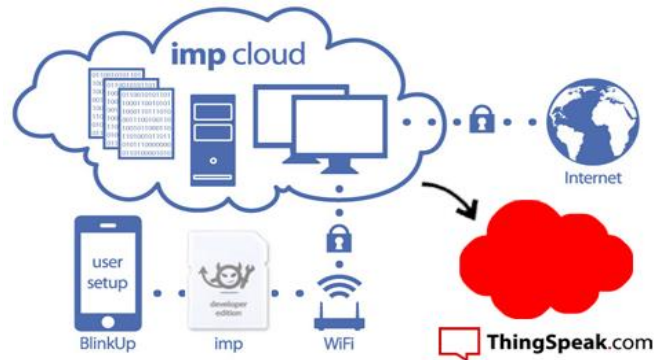
Dispone de una consola de administración bastante completa donde se puede gestionar y geolocalizar nuestros objetos conectados. Además, la documentación es extensa y libre con una comunidad de desarrolladores muy activa.

Thingier.io es gratuita, pero con las siguientes limitaciones:

- Permite conectar un máximo de 3 dispositivos.
- No existe limitación en cuanto a los recursos de cada dispositivo, es decir el número de parámetros a medir por los sensores que tenga conectado (más allá de su propia capacidad) o el número de parámetros a enviar a los dispositivos desde la plataforma.
- Los valores de los parámetros recibidos en la plataforma se pueden almacenar hasta en un máximo de 10 campos (*Data Buckets*) diferentes. Cada *Data Bucket* puede almacenar datos de múltiples sensores, con una frecuencia máxima de un minuto (un almacenamiento cada minuto). Estos datos son accesibles y actualmente no hay limitaciones ni respecto al tiempo ni al tamaño de los datos.
- Los valores de los sensores se pueden visualizar hasta un máximo de 10 pantallas gráficas de visualización de datos (Dashboards). Estos datos pueden proceder de los *Data Buckets* o ser lecturas que se empiezan a tomar desde el momento en que abrimos cada Dashboard.
- Se pueden establecer hasta 10 *Endpoints* que son las “marcas” para interactuar con las aplicaciones de los servicios en línea.

1.4.2. ThingSpeak. Es una plataforma *Open Source* para conectar productos y servicios al internet de las Cosas (IoT). Permite a los desarrolladores interactuar con los dispositivos utilizando tecnologías Web estándar.

Figura 8. Plataforma ThingSpeak.



Fuente. SCHARLER, Hans. [Official Tutorial] Connecting Electric Imp to ThingSpeak IoT Data Services. [En línea]. 2014. (Recuperado 21 octubre 2018). Disponible en <https://blogs.mathworks.com/iot/2014/05/06/connecting-electric-imp-to-thingspeak-iot-data-services/>.

Un ejemplo muy sencillo de lo que puede conseguirse con ThingSpeak es el acceso a parámetros como temperatura, humedad, estado de GPIO, estado de carga de CPU... Aunque cualquier dato/información es perfectamente factible de ser accedida a través de esta plataforma.

Algunos aspectos de la plataforma ThingSpeak incluyen registro, procesado y distribución de la información, servicios basados en la localización, actualizaciones de estado, integración con redes sociales, aplicaciones y plugins.

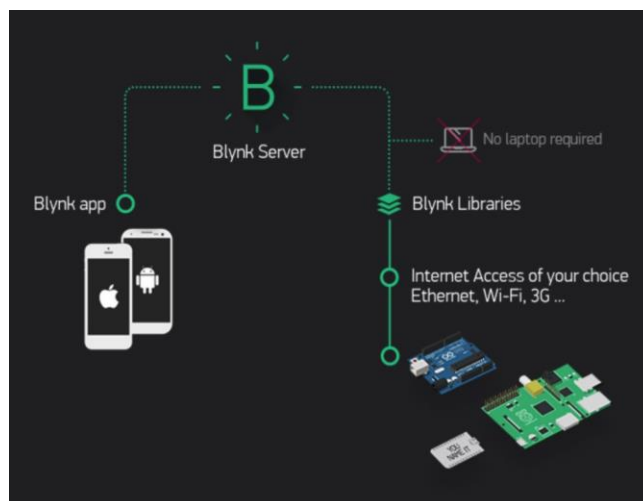
1.4.3. Blynk. Blynk es un servicio en la nube, es una plataforma con iOS y Android para el control de Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32 y las apps a través de internet, donde el usuario puede crear proyectos IoT desde un celular, con una conexión a internet, agregando controles y botones a la aplicación en el celular, conectar un dispositivo IoT, y algunas tarjetas de desarrollo. Es un tablero digital donde se puede construir una interfaz gráfica para un proyecto simplemente arrastrando y soltando *widgets* (*).

(*) Elementos proporcionado por Blynk para la comunicación entre el mismo y la tarjeta desarrollo con la cual se esté trabajando, ya sea para mostrar información en los Widgets o para que ellos controlen dicha tarjeta.

La limitación que tiene Blynk es la cantidad de *Widgets* que se pueden utilizar, ya que cada *widget* tiene un “valor” que se restara de una carga inicial que posee cada proyecto, si dicha carga se acaba, no se podrán seguir agregando y utilizando *Widget* a un proyecto, limitando las variables que se pueden llegar a medir.

Esta aplicación se escogió para la realización de este proyecto, ya que además de visualizar datos previamente procesados, se tiene acceso a la misma desde una *Tablet* o dispositivo móvil con solo tenerla instalada en el mismo. Además de lo anterior mencionado, Blynk permite el envío de notificaciones o mensajes, si alguna de las variables medidas es altamente peligrosa para un grupo de personas y así prever un potencial peligro.

Figura 9. Diagrama de conexión de Blynk con diferentes plataformas electrónicas.



Fuente. Blink a led with Blynk app (wemos d1 mini pro). [En línea]. (Recuperado 11 septiembre 2018). Disponible en <https://www.instructables.com/id/Blink-a-LED-With-Blynk-App-Wemos-D1-Mini-Pro/>.

2. HARDWARE

2.1. TARJETA DE DESARROLLO ESP32

Para determinar la concentración de CO y CH₄, se necesitan dos conversores analógico-digital, A/D. De los 18 que posee el ESP32 se escogieron el ADC_6 y el ADC_7.

2.1.1. GPIO de tarjeta de desarrollo ESP32. La tarjeta que se seleccionó para este proyecto fue la ESP32, esta tarjeta de desarrollo tiene 30 puertos con múltiples funciones GPIO, a continuación, se listan algunos de ellos:

- 18 canales ADC.
- 23 canales GPIO.
- 16 canales de salida PWM.
- 2 canales DAC.
- 10 GPIOs de detección capacitiva.

2.1.1.1. Pines de entrada. Los GPIOs 34 a 39 con solo pines de entrada. Estos pines no tienen resistencias de pull-down. No se pueden usar como salidas.

2.1.1.2. Pines GPIO. El ESP32 posee 23 puertos de entrada/salida digital.

2.1.1.3. GPIOs táctiles capacitivos. El ESP32 posee 10 sensores táctiles, que pueden detectar variaciones de carga eléctrica y pueden reemplazarse por botones mecánicos.

2.1.1.4. Convertidor analógico a digital (ADC). El ESP32 tiene 18 canales ADC de entrada de 12 bits.

2.1.1.5. Convertidor digital a analógico (DAC). El ESP32 posee 2 canales DAC de salida de 8 bits.

2.1.1.6. PWM. 16 canales independientes que se pueden configurar para generar señales PWM con diferentes propiedades.

2.1.2. Caracterización de puertos ADC. Para minimizar el error que presentan los conversores A/D, se decidió realizar primero su caracterización y luego una regresión para disminuir el error. Para lograr esto, se conectó una fuente V_{in} variable de 0 hasta 3.3 [V], con pasos de 0.3 [V] y se obtuvieron las lecturas de los dos canales. Los datos obtenidos se encuentran en la tabla 7 y sus respectivas graficas se muestran en las figuras 10 y 11 (color azul y naranja). Para realizar el ajuste de los dos conversores A/D, se les aplicaba una tensión constante y se obtenía su valor medio con 10 muestras.

Tabla 7. Caracterización de entradas analógicas en los pines ADC_6 y ADC_7 de la tarjeta de desarrollo ESP32.

V_{in} [V]	ADC_6	ADC_7	ADC	Error _{ADC A6} [%]	Error _{ADC A7} [%]
Patrón					
0	300	350	0	-	-
0.3	674	702	372	80.1075	88.7097
0.6	1057	1056	745	41.8792	41.7450
0.9	1453	1500	1117	30.0806	34.2883
1.2	1879	1900	1489	26.1921	27.6024
1.5	2299	2300	1861	23.5357	23.5895
1.8	2743	2806	2234	22.7842	25.6043
2.1	3250	3252	2606	24.7122	24.7889
2.4	3711	3745	2978	24.6138	25.7555
2.7	4095	4095	3350	22.2388	22.2388
3.0	4095	4095	3723	9.9919	9.9919
3.3	4095	4095	4095	0	0

Los datos de los conversores ADC_6 y ADC_7, son proporcionales a la tensión de entrada hasta 2.7 [V] y a partir de allí se saturan en 4095 (el equivalente a 3.3 [V]). Se decidió trabajar con polinomios de orden 3, para disminuir el error. Las ecuaciones correspondientes para la corrección de los terminales ADC_6 y ADC_7 con las ecuaciones 5 y 6, respetivamente y los datos obtenidos se encuentran en la tabla 8 y sus respectivas gráficas se muestran en las figuras 10

y 11 (color negro). Los datos, así como las gráficas de dichos datos, se encuentran en un archivo en Excel en el Anexo G.

$$ADC_6 = -88.268x^3 + 232.65x^2 + 1462.6x \quad (5)$$

$$ADC_7 = -85.988x^3 + 210.68x^2 + 1508.8x \quad (6)$$

Siendo x, para ambas ecuaciones, el valor de tensión de salida en los sensores de metano MQ4 y monóxido de carbono MQ9, respectivamente, leídos por la tarjeta de desarrollo ESP32.

Figura 10. Gráficas característica de terminal ADC_6 de la tarjeta de desarrollo ESP32 corregida.

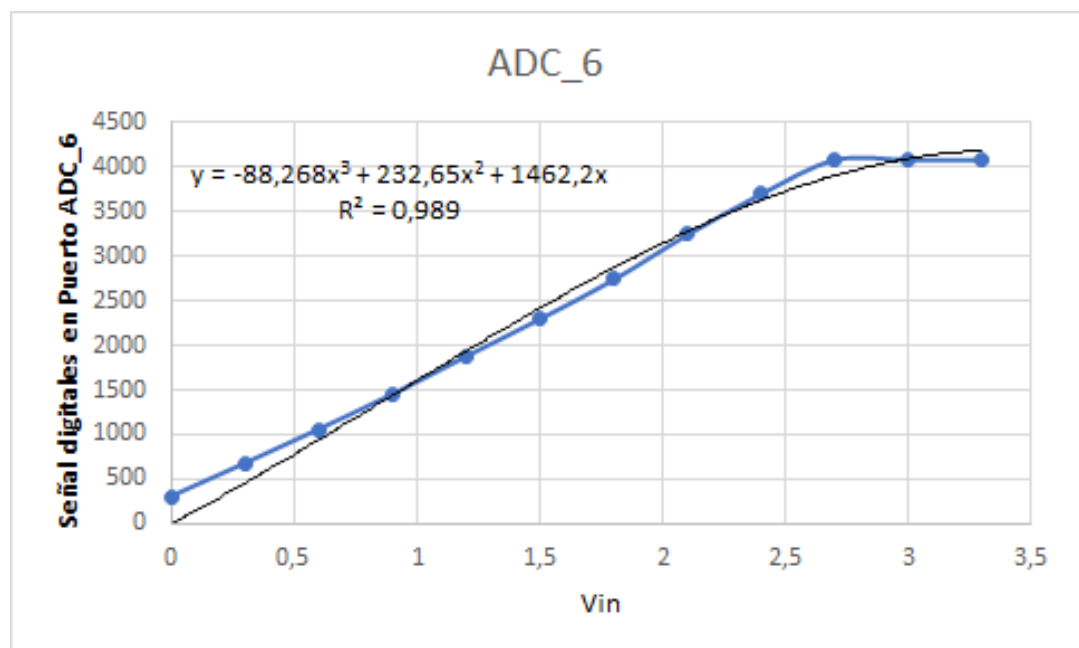


Figura 11. Graficas característica de terminal ADC_7 de la tarjeta de desarrollo ESP32 corregida.

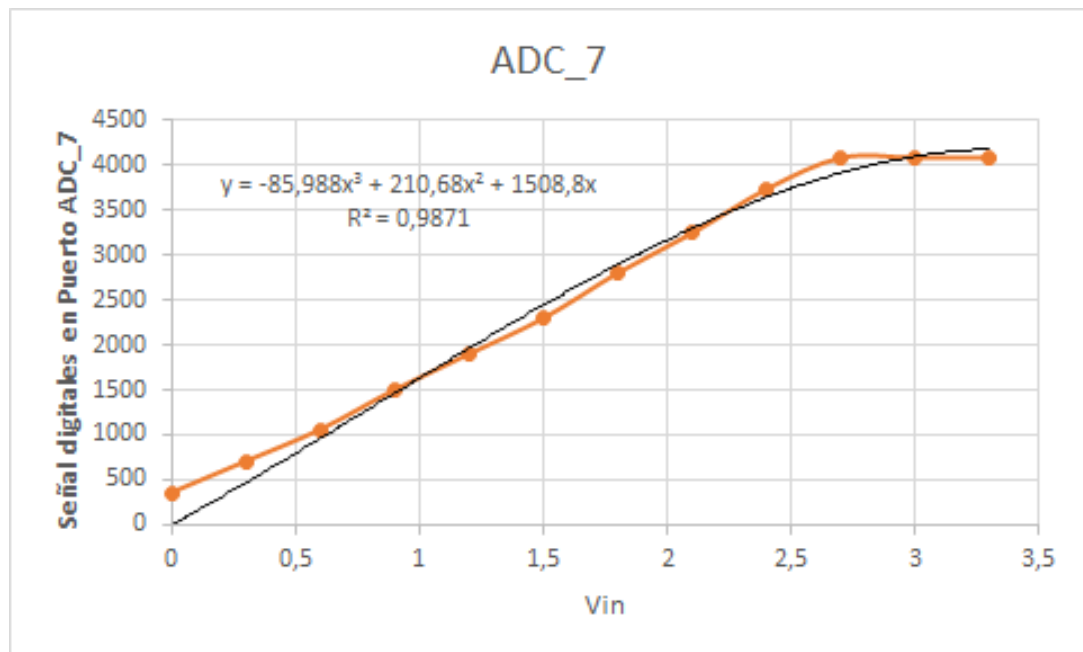


Tabla 8. Corrección de entradas analógicas en los pines ADC_6 y ADC_7 de la tarjeta de desarrollo ESP32.

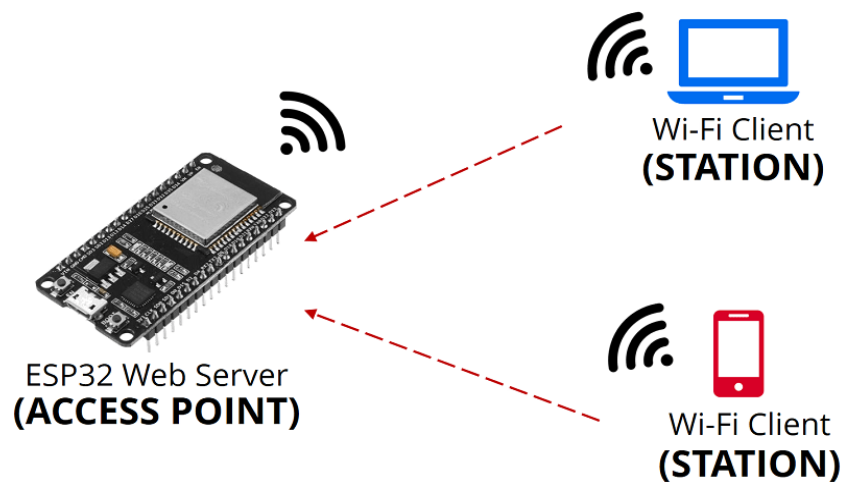
Vin [V]	ADC_6	ADC_7	ADC	Error_{ADC A6}[%]	Error_{ADC A7}[%]
Patrón					
0	0	0	0	-	-
0.3	475	469	372	27.6882	26.0753
0.6	942	962	745	26.4430	29.1275
0.9	1240	1266	1117	11.0116	13.3393
1.2	1537	1565	1489	3.2236	5.1041
1.5	1918	1947	1861	3.0629	4.6212
1.8	2370	2396	2234	6.0877	7.2516
2.1	2779	2801	2606	6.5159	7.4827
2.4	3029	3045	2978	1.7126	2.2498
2.7	3507	3526	3350	4.6866	5.2537
3.0	3897	3950	3723	4.6737	6.0972
3.3	4095	4095	4095	0	0

Los resultados de la caracterización de los puertos analógicos redujeron el error que poseen los mismos, haciendo que las mediciones tomadas de los sensores mejoren notoriamente.

2.1.3. Modos de conexión Wifi en la tarjeta de desarrollo ESP32. Existen tres modos para configurar la tarjeta ESP32 con este tipo de conexión, dichos modos son, como punto de acceso, como modo estación o ambos:

- La conexión a Wifi, como punto de acceso (Access Point), proporcionado dicha conexión a uno a más dispositivos, es decir, establecer una red Wifi.

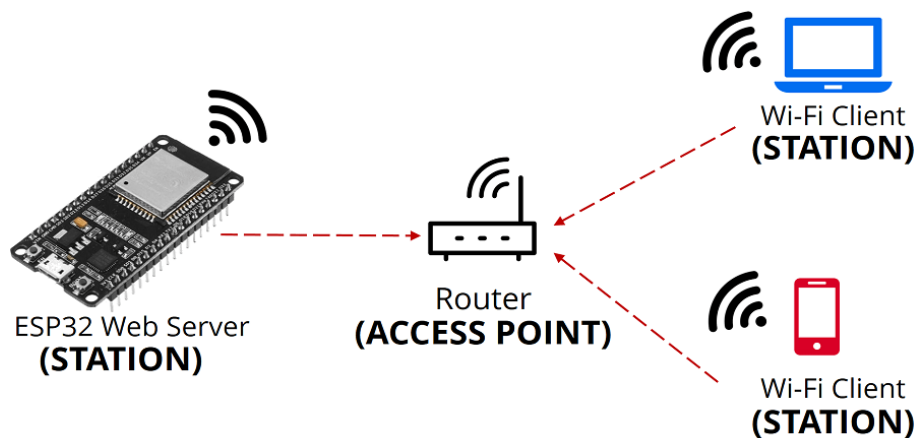
Figura 12. Conexión de la tarjeta de desarrollo ESP32 como punto de acceso.



Fuente. Randow New Tutorial. Como establecer un punto de acceso (AP) ESP32 para el servidor web. [En línea]. (Recuperado 22 noviembre 2018). Disponible en <https://randomnerdtutorials.com/esp32-access-point-ap-web-server/>.

- La conexión a Wifi, como estación (Station), permite conectar la tarjeta a una red Wifi a través de un punto de acceso.

Figura 13. Conexión de la tarjeta de desarrollo ESP32 en modo estación.



Fuente. Randow New Tutorial. Como establecer un punto de acceso (AP) ESP32 para el servidor web. [En línea]. (Recuperado 22 noviembre 2018). Disponible en <https://randomnerdtutorials.com/esp32-access-point-ap-web-server/>.

La tarjeta de desarrollo ESP32 para este proyecto, será configurada con la conexión Wifi en el modo Station.

2.1.4. Encendido y apagado de leds para mostrar niveles de concentraciones de los gases. Para mostrar al usuario, que tan altos están los niveles de metano y/o monóxido de carbono, se utilizaron 10 leds que muestran estos niveles a medida que están concentraciones aumentan.

Los primeros 6 leds, están para mostrar la concentración de monóxido de carbono y los 4 restantes para la concentración de metano.

Los limites para las concentraciones de monóxido de carbono, con los cuales dichos leds se activan, son los mostrados en la tabla 1. Dado que los límites para las concentraciones de metano, mostrados en la tabla 2, son bastante elevados, se optó por adicionar algunos valores acordes al rango de medición del sensor. La tabla 9, muestran el color de led, los terminales a los cuales están conectados dichos leds y los límites que los activan para ambos gases.

Tabla 9. Rangos de activación de niveles para los gases metano y monóxido de carbono.

Gas	Concentración [ppm]	Color de led	Terminal de conexión
Metano (CH₄)	< 100	Blanco	GPIO2
	101 – 500	Verde	GPIO4
	501 – 1000	Amarillo	GPIO18
	> 1000	Rojo	GPIO19
Monóxido de carbono (CO)	<50	Blanco	GPIO13
	51 - 100	Azul claro	GPIO12
	101 - 400	Azul oscuro	GPIO26
	401 – 1200	Verde	GPIO25
	1201 – 4000	Amarillo	GPIO33
	> 4000	Rojo	GPIO32

2.1.5. Comunicación de tarjeta de desarrollo ESP32 con Arduino. Los pasos para la instalación del módulo ESP32 para programar desde el IDE de Arduino se pueden encontrar en el Anexo A.

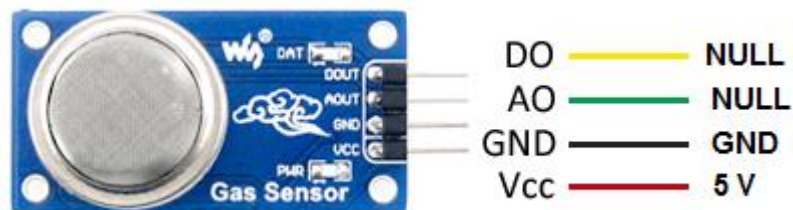
2.2. sensores MQ

2.2.1. Funcionamiento de sensores MQ. Para el correcto funcionamiento del sensor MQ4, la tensión de alimentación debe establecerse en 5 [V] de manera continua, mientras se esté utilizando.

Para el correcto funcionamiento del sensor MQ9, la tensión de alimentación para el mismo ser alternada de 5 [V] y 1.4 [V]. La tensión de 5 [V] deberá estar activa por 60 segundos e inmediatamente acaben los 60 segundos, pasado este tiempo, el sensor se deberá conectar a 1.4 [V] durante 90 segundos.

2.2.2. Calentamiento de sensores. La familia de sensores MQ, necesitan un precalentamiento que tarda alrededor de 48 horas para que la salida del sensor sea estable y se tengan mediciones confiables.

Figura 14. Conexión de sensor MQ para calentamiento.



2.2.3. Resistencia característica R_o . Los sensores de la serie MQ presentan un comportamiento resistivo y el fabricante sugiere utilizar un divisor de tensión para convertir la concentración del gas en una tensión de salida. Cuando se encuentra una concentración de 1000 ppm de metano y monóxido de carbono en el aire de referencia, respectivamente, los sensores MQ4 y MQ9, poseen una resistencia R_o . Pero esta resistencia R_o varía cuando la concentración cambia por algún motivo, entonces los sensores poseen una resistencia R_s . Para calibrar los sensores se necesita una resistencia de carga R_L . El fabricante, proporciona un rango en el cual puede estar dicha resistencia, además de un valor típico para la misma. Los valores se mostrarán en la tabla 10.

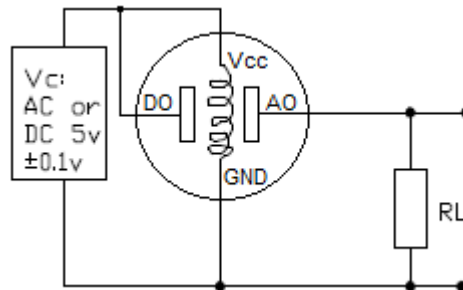
Tabla 10. Rango de resistencias y valor típico de la resistencia de carga R_L de los sensores MQ4 y MQ9 suministrados por el fabricante.

Sensor	Valor mínimo para la resistencia de carga R_L [k Ω]	Valor típico para la resistencia de carga R_L [k Ω]	Valor máximo para la resistencia de carga R_L [k Ω]
MQ4	10	20	47
MQ9	10	10	47

Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ4 y Sensor MQ9. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

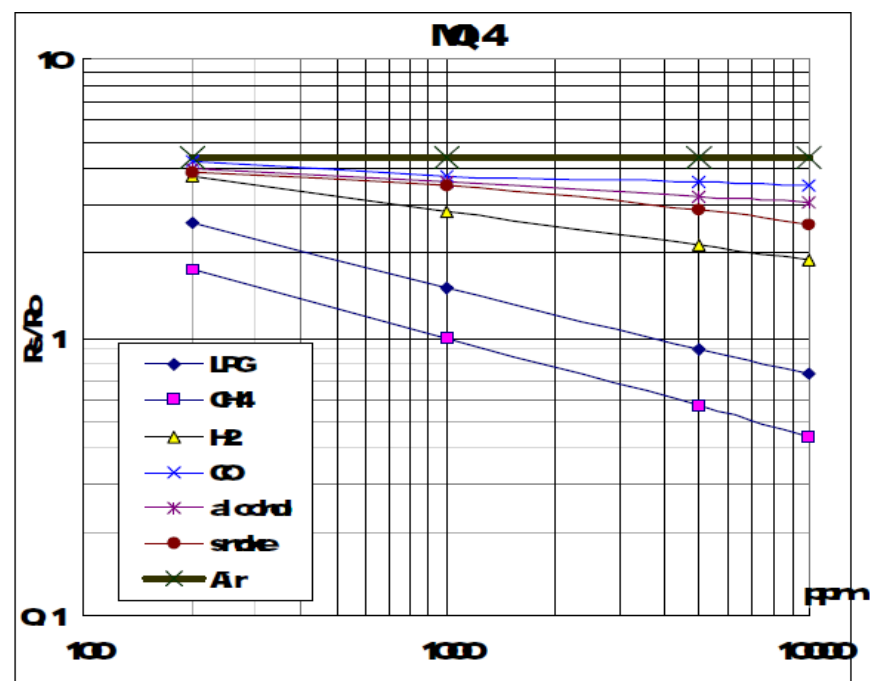
Los valores seleccionados para este proyecto son los valores típicos dados por el fabricante, mostrados en la tabla 10.

Figura 15. Sensor MQ con resistencia de carga.



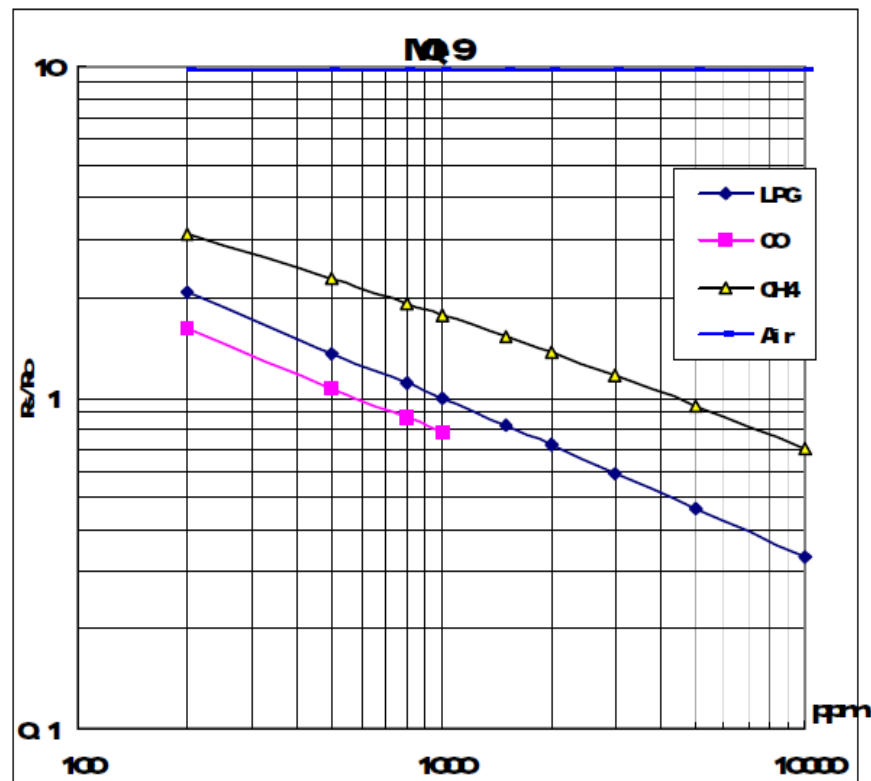
2.2.4. Calculo de cociente R_s/R_o . En figuras 16 y 17, el fabricante presenta las gráficas la relación R_s/R_o Vs la concentración de varios gases. El cociente R_s/R_o , es muy importante, ya que permite calcular la concentración de los gases en el aire, a partir de la hoja de datos.

Figura 16. Curva característica de sensor MQ4 para la concentración de los diferentes gases que pueden medir.



Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ4. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

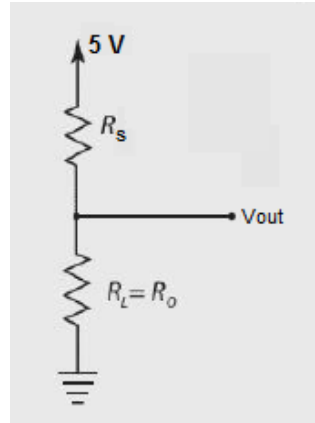
Figura 17. Curva característica de sensor MQ9 para la concentración de los diferentes gases que pueden medir.



Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ9. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

Como se aprecia en las figuras 16 y 17, se puede calcular la concentración de los distintos gases que puedan medir los sensores con solo conocer la relación R_s/R_o . Para ello, a partir de este momento, el comportamiento de los sensores se define como la resistencia R_s , donde dicha resistencia varia al variar la concentración de los gases. Manteniendo el valor de la resistencia de carga R_L (suministrado por el fabricante, donde R_o igual a R_L), entonces se tiene el circuito equivalente mostrado en la figura 18.

Figura 18. Circuito equivalente después de la calibración de los sensores, donde la resistencia característica de los sensores pasa a ser R_s , gracias a que la resistencia de carga R_L es igual a la resistencia característica R_o .



De igual forma que, para relacionar la tensión de salida de los sensores con la relación R_s/R_o se puede obtener mediante un divisor de tensión.

$$V_{out} = \frac{R_L}{R_S + R_L} (5) \quad (7)$$

Pero $R_L = R_o$, entonces:

$$V_{out} = \frac{R_o}{R_S + R_o} (5) \quad (8)$$

Despejando R_s/R_o , se tiene:

$$\frac{R_S}{R_o} = \frac{5}{V_{out}} - 1 \quad (9)$$

2.2.5. Caracterización de sensores. Al graficar algunos puntos de la curva de metano del sensor MQ4 y de monóxido de carbono, de las figuras 16 y 17, respectivamente y aplicando una regresión que corresponda a la distribución de los datos, se obtuvo una ecuación que permite conocer la concentración de dichos gases.

Tabla 11. Datos extraídos de curva característica de sensor MQ4.

Metano (CH₄) en sensor MQ4	
Rs/Ro	Concentración de metano (CH₄) [ppm]
1.8	200
1.6	300
1.5	400
1.4	500
1.3	600
1.2	700
1.1	800
1.05	900
1	1000
0.8	2000
0.68	3000
0.63	4000
0.58	5000
0.54	6000
0.51	7000
0.48	8000
0.46	9000
0.44	10000

Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ4. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

Tabla 12. Datos extraídos de curva característica de sensor MQ9.

Monóxido de carbono (CO) en sensor MQ9	
Rs/Ro	Concentración de monóxido de carbono (CO) [ppm]
1.7	200
1.42	300
1.23	400
1.1	500
1	600
0.93	700
0.87	800
0.82	900
0.79	1000

Fuente. Hanwei Electronic CO. Ltd. Sensor MQ9. [En línea]. (Recuperado 25 junio 2018). Disponible en <http://www.hwsensor.com>.

Figura 19. Gráfica para obtención de concentración de metano en sensor MQ4.

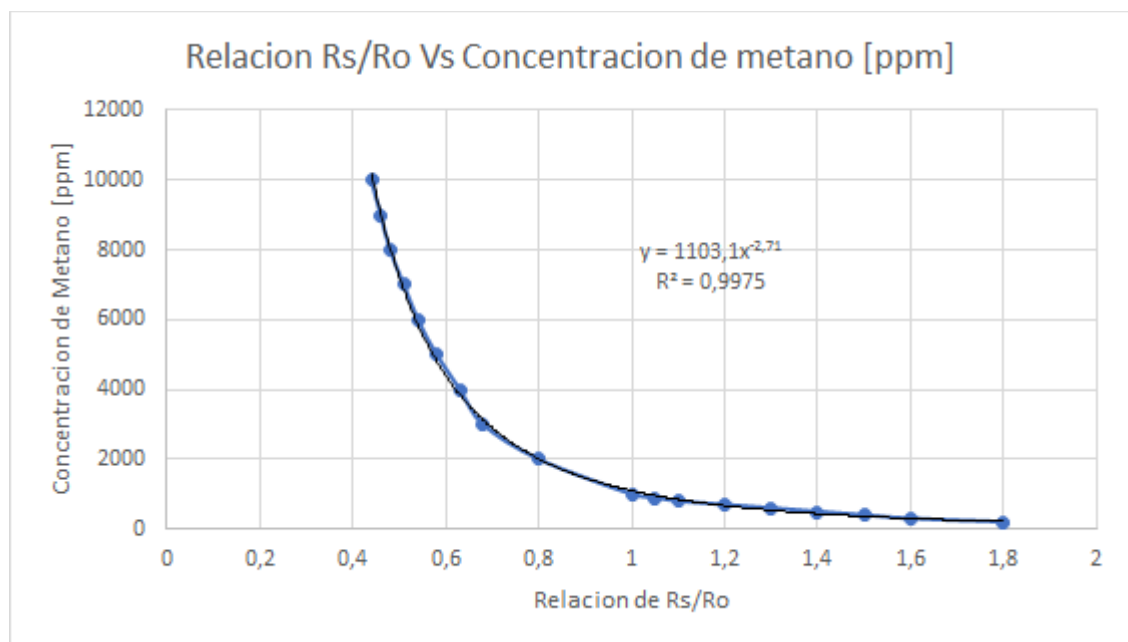
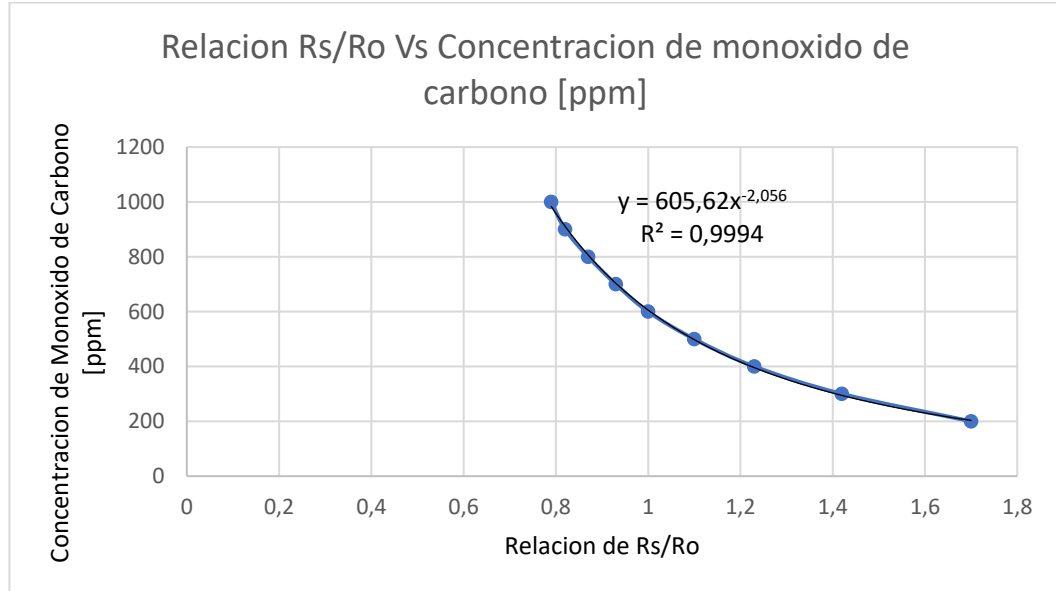


Figura 20. Gráfica para obtención de concentración de monóxido de carbono en sensor MQ9.



Las ecuaciones característic3s para obtener la concentraci3n de metano y monóxido de carbono para los sensores MQ4 y MQ9, respectivamente son:

$$\text{Concentraci3n de metano [ppm]} = 1103.1 \left(\frac{R_s}{R_o} \right)^{-2.71} \quad (10)$$

$$\text{Concentraci3n de monoxido de carbono [ppm]} = 605.62 \left(\frac{R_s}{R_o} \right)^{-2.056} \quad (11)$$

La concentraci3n de estos dos gases es proporcional a la tensi3n de salida de los sensores, es decir, si la tensi3n en la salida de los sensores aumenta, la concentraci3n aumentara tambi3n.

Reemplazando la ecuaci3n 9 en las ecuaciones 10 y 11, se tendr3 la relaci3n entre la tensi3n de salida de los sensores y la concentraci3n de metano y monóxido de carbono, respectivamente. Las ecuaciones 12 y 13, muestran esta relaci3n.

$$\text{Concentraci3n de metano [ppm]} = 1103.1 \left(\frac{5}{V_{out,MQ4}} - 1 \right)^{-2.71} \quad (12)$$

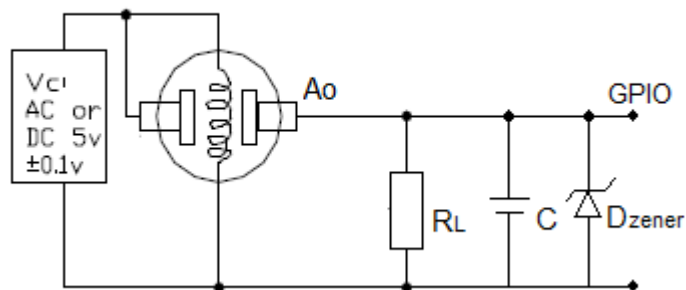
$$\text{Concentraci3n de monoxido de carbono [ppm]} = 605.62 \left(\frac{5}{V_{out,MQ9}} - 1 \right)^{-2.056} \quad (13)$$

Las tablas 11 y 12 con los datos extraídos de la hoja de datos de los sensores MQ4 y MQ9 y la curva característica de dichos datos, se encuentran en un archivo en Excel en el Anexo G.

2.3. FILTRO Y PROTECCIÓN DE PUERTOS ANALÓGICOS

A la resistencia de carga de cada sensor, se les adiciono en paralelo, un capacitor y un diodo Zener de 3.3 [V]; el primero para construir un filtro pasa bajas para eliminar el ruido proveniente de la red y el segundo para proteger los puertos a los que se van a conectar los sensores en caso de que la tension de salida en los mismos, sobrepase los 3.3 [V] y pueda dar dichos puertos o la tarjeta de desarrollo ESP32. La figura 21, muestra la configuración respetiva.

Figura 21. Filtro y protección de puertos analógicos.



La frecuencia de corte bajo del filtro f_c , se seleccionó para que sea, en el caso más desfavorable, máxima de 20 [Hz], dado que esta situación se presenta cuando la resistencia R_s varía de acuerdo con las tablas 5 y 6. La frecuencia de corte del filtro:

$$f_c = \frac{1}{2\pi * R * C} \quad (14)$$

Donde R es el paralelo de R_s y R_L .

El valor crítico para la frecuencia de corte se presenta cuando la resistencia R_s posee el menor valor. Para el cálculo de la frecuencia de corte, para el sensor MQ4 la resistencia R_s es igual a 10 [kΩ] y para el sensor MQ9 es igual a 2 [kΩ]

Para una frecuencia de corte de 60 Hz, el valor de capacitor el sensor MQ4:

$$20 [Hz] = \frac{1}{2\pi * 6.6667 * 10^3 [k\Omega] * C}$$

$$C_1 = 1.1936 [\mu F]$$

Para una frecuencia de corte de 60 Hz, el valor de capacitor el sensor MQ9:

$$20 [Hz] = \frac{1}{2\pi * 1.6667 * 10^3 [k\Omega] * C}$$

$$C_2 = 4.7746 [\mu F]$$

Cabe resaltar, que estos valores de capacitancia C_1 y C_2 , son los valores mínimos para obtener una frecuencia de corte menor a 20 [Hz].

Los valores comerciales para los capacitores para este proyecto son:

$$C_1 = 1 [\mu F]$$

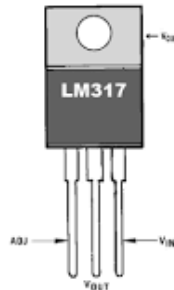
$$C_2 = 4.7 [\mu F]$$

2.4. REGULADOR DE TENSIÓN

Dado que se necesita regular la tensión de alimentación del sensor MQ9, para que este opere de forma correcta alternando 5 [V] y 1.4 [V], se diseñó un circuito para cumplir este objetivo.

Se utilizó el regulador de tensión LM317 ya que la tensión a su salida se puede ajustar en condiciones normales en un rango de 1.25 [V] hasta 30 [V].

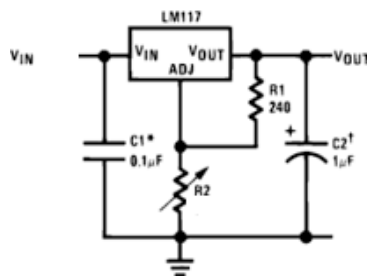
Figura 22. LM317 con sus respectivos pines.



Fuente. Lozurytech. Regulador de voltaje variable positivo LM317. [En línea]. (Recuperado 10 octubre 2018). Disponible en <https://www.lozurytech.biz/product-page/regulador-de-voltaje-variable-positivo>.

Con una configuración típica, el regulador LM317, como lo muestra la figura 23, se obtuvieron 1.4 [V] en el pin de salida de dicho regulador.

Figura 23. Configuración para obtención de 1.4 [V] para corrector funcionamiento de sensor MQ9.



Fuente. Lozurytech. Regulador de voltaje variable positivo LM317. [En línea]. (Recuperado 10 octubre 2018). Disponible en <https://www.lozurytech.biz/product-page/regulador-de-voltaje-variable-positivo>.

Los valores para los demás elementos que compone el circuito de la figura 23 son:

$$C_1 = 0.1 [\mu F]$$

$$C_2 = 1 [\mu F]$$

$$R_1 = 240 [\Omega]$$

Siendo R2, una resistencia variable que permite obtener el valor de tensión deseado. Para obtener 1.4 [V] a la salida del regulador LM317, el valor de la resistencia variable R2 es 33.8 [Ω], ver Anexo H.

2.5. CONTROL PARA ALTERNAR TENSIÓN AL SENSOR MQ9

2.5.1. Control de tensión. Teniendo disponible la tensión de 1.4 [V], se debe alternar dicha tensión con 5 [V] cada 60 segundos como se mencionó anteriormente. Para esto, se utilizó un interruptor o relé, para dicha labor.

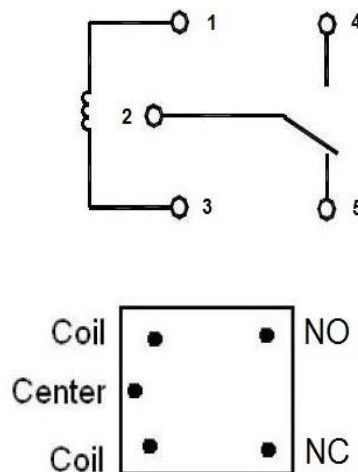
Se utilizó el relé SRD-05VDC-SL-C, mostrado en la figura 24:

Figura 24. Relé SRD-05VDC-SL-C.



Fuente. Teslabem.com. Regulador de 5V 250VAC 10A. [En línea]. (Recuperado 12 octubre 2018). Disponible en <https://teslabem.com/tienda/relevador-de-5v-250vac-10a-rele5v/>.

Figura 25. Configuración interna de relé.

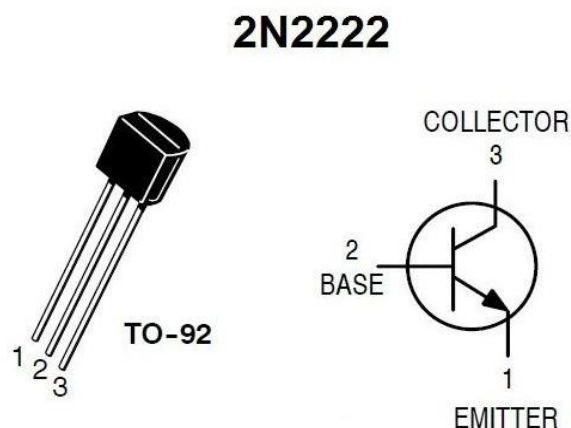


Un relé, es un interruptor electromagnético, el cual se acciona cuando a través de su bobina (Coil) ubicada de 2 de sus terminales (terminal 1 y 3) se hace circular una corriente eléctrica, ver figura 25. Cuando esto sucede, se conmuta el terminal común (terminal 2) con el normalmente abierto (terminales 4) y cuando deja de circular dicha corriente, el terminal 2 se une al terminal normalmente cerrado (terminal 5).

El terminal normalmente cerrado se encontrará conectado a 5 [V] para ser alternado con el terminal normalmente abierto conectado a 1.4 [V] y el terminal 2 se conectará al terminal de Vcc del sensor MQ9.

2.5.2. Control de relé. Para realizar el control de relé, se utilizó un transistor 2N2222.

Figura 26. Transistor 2N2222.

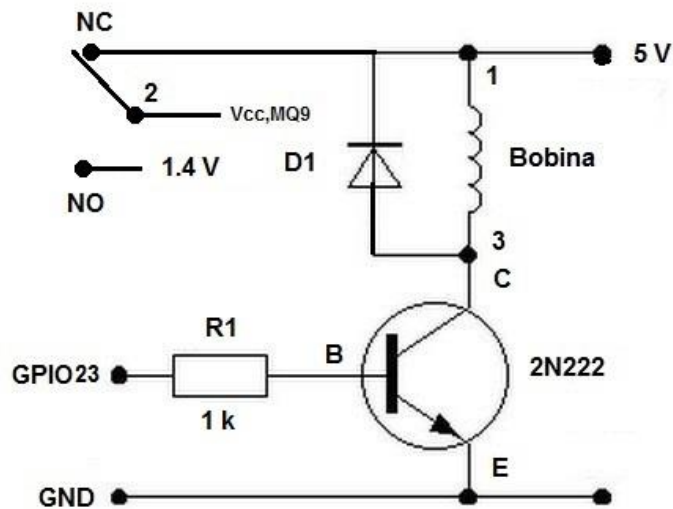


Fuente. Multicomp. Low Power Bipolar Transistor. [En línea]. (Recuperado 28 octubre 2018). Disponible en <https://www.silicon-ark.co.uk/datasheets/2n2222%20datasheet%20-%20multicomp.pdf>.

Dicho transistor, permitirá el flujo de corriente a través de la bobina del relé cuando el mismo entre en conducción; esto sucederá, cuando a la base de transistor se active, alternando el valor para la polarización del sensor MQ9.

Para garantizar que el pin de salida del ESP 32 pueda accionar correctamente la bobina del relé se utilizó un transistor 2N2222. En la figura 27 se muestra el esquema de conexión del relé con el ESP 32 y con el sensor MQ9.

Figura 27. Configuración para circuito de control.



El pin de control GPIO23 de la tarjeta ESP32 alterna la tensión de alimentación para el sensor MQ9:

- ✓ 60 segundos en bajo para suministrar 5 [V] al sensor MQ9.
- ✓ 90 segundos en alto para suministrar 1.4 [V] al sensor MQ9.

2.5.2.1. Código para el control de Relé. El código que controla la activación del relé se encuentra en el Anexo B.

2.6. DISEÑO DE CIRCUITO IMPRESO PARA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD IOT

El diseño de la placa se puede ver en el Anexo I.

2.7. ALIMENTACION EXTERNA PARA SENSORES

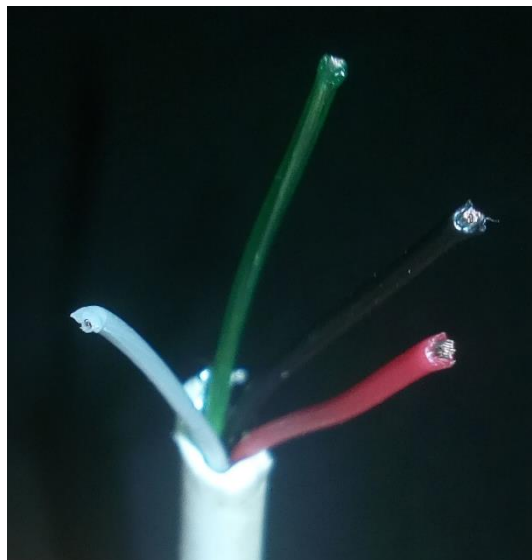
Para la alimentación de los dos sensores, se utilizó un cargador estándar con voltaje en su salida de 5 [V] y una corriente de salida de 2 [A] a un cable estándar Micro USB.

Figura 28. Cargador y cable para alimentación de sensores MQ4 y MQ9.



Según la norma estándar para cable Micro USB la pareja rojo-negro son los cables que suministran la tensión de alimentación, siendo el cable rojo terminar positivo (+5 [V]) y cable negro terminar negativo (GND).

Figura 29. Cables extraídos de cargador.



2.8. INSTRUMENTOS PATRÓN

Para determinar qué tan confiables son las medidas de los sensores de metano MQ4 y monóxido de carbono MQ9, a la hora detectar dichos gases, la UIS facilito la compra de los detectores de gas APROBE GSD600 y el AS8700A

Figura 30. Detector de gas combustible APROBE GSD600.



Fuente. Amprobe. Detector de fugas de gas Amprobe GSD600. [En línea]. (Recuperado 18 octubre 2018). Disponible en <http://www.amprobe.com/amprobe/usen/hvac-tools/gas-leak-detectors/amp-gsd600.htm?pid=73243>.

Este detector de gases posee una respuesta rápida para gas metano y gas propano, emitiendo un tono cuando se detectan dichos gases. Los leds, muestran el nivel de gas presente en un área es mayor que los rangos predeterminados.

Características.

- Detecta gas metano y gas propano.
- Característica de calibración automática.
- Identifica rápidamente las fugas de gas.
- Alarma led de 5 niveles: >40, >80, >160, >320 y >640 [ppm].

- Sonda flexible para acceder a zonas de difícil medición.
- Apagado automático.

Figura 31. Medidor de monóxido de carbono AS8700A.



Fuente. Smartsensor. AS8700A Carbon Monoxide Detector. [En línea]. (Recuperado 18 octubre 2018). Disponible en http://en.smartsensor.cn/products_detail/productId=279.html.

Características.

- Detecta gas monóxido de carbono.
- Característica de calibración automática.
- Identifica rápidamente de este gas.
- Rango de medición: 1 a 1000 [ppm].
- Apagado automático.
- Alarma zumbadora al detectar.
- Tiempo de respuesta: <60 segundos

3. SOFTWARE

3.1. BLYNK.

Para permitir que las concentraciones de los gases sean enviadas al usuario por medio de IoT, se exploraron varias alternativas y estas fueron presentadas en el primer capítulo. La aplicación que se escogió fue la de Blynk, a continuación, se describe como fue usada en este proyecto para comunicarse con la tarjeta de desarrollo ESP32.

3.1.1. Comunicación de Blynk con Arduino. Los pasos para la instalación de la librería Blynk para la comunicación con el IDE de Arduino se pueden encontrar en el Anexo C.

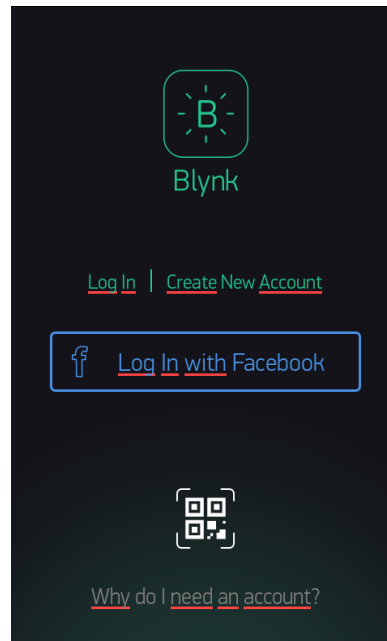
3.1.2. Instalación de Blynk. Blynk se puede descargar como cualquier otra aplicación de Play Store; se escribe “Blynk” en el buscador de Play Store, apareciendo como aparece en la figura 32 y se presiona instalar.

Figura 32. Aplicación Blynk para dispositivo Android en Play Store.



3.1.3. Crear proyecto en Blynk. Se encontrará un acceso directo a dicha aplicación en el escritorio del dispositivo móvil donde se halla instalado. Se presiona el acceso directo, apareciendo la figura 33:

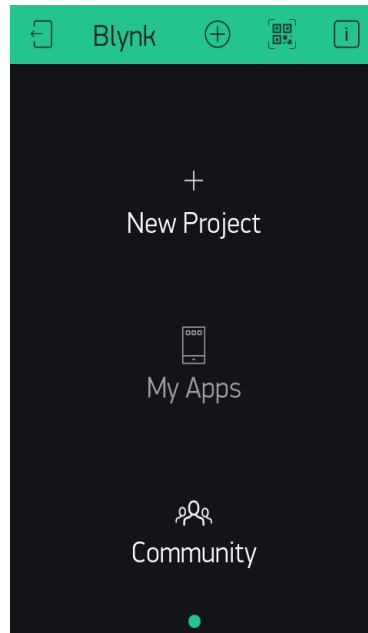
Figura 33. Página de inicio de Blynk.



Al ser la primera vez que se utiliza la aplicación, se debe crear una cuenta, bien sea iniciando con una cuenta en Facebook o con cuenta de correo electrónico.

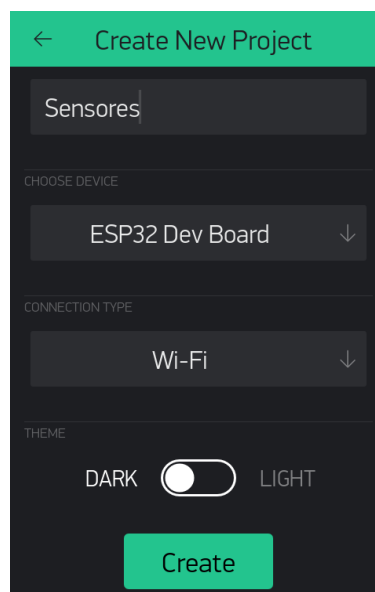
Por último, se presiona el botón “*Sign Up*”, creando así, una cuenta en Blynk.

Figura 34. Pantalla inicial de Blynk habiendo iniciado una cuenta.



Para crear un proyecto, presionando “*New Project*”, de inmediato aparecen espacios donde se da un nombre al proyecto en Blynk, se elige el hardware o dispositivo y el tipo de conexión con el cual se va a trabajar. Cuando se selecciona el dispositivo a utilizar, se despliega un menú con el tipo de conexión que se va a utilizar.

Figura 35. Ventana para crear un proyecto en Blynk cuando se selecciona una placa.



Las diferentes tarjetas de desarrollo con las que se puede trabajar en Blynk se muestran presionando la flecha que apunta hacia abajo en “*Choose Device*”. En la tabla 13, están algunas de las tarjetas más conocidas compatibles con Blynk. Para finalizar la creación de un proyecto se presiona “*Create*”.

Tabla 13. Tarjetas compatibles con Blynk.

Creador	Tarjeta
Arduino	Arduino 101
	Arduino Due
	Arduino Leonardo
	Arduino Mega
	Arduino Micro
	Arduino Mini
	Arduino MKR1000
	Arduino Nano
	Arduino Pro Micro
	Arduino Pro Mini
	Arduino UNO
	Arduino Yun
	Arduino Zero
Espressif Systems	ESP32 Dev Board
	ESP8266
Intel	Intel Edison
	Intel Galileo
Microduino	Microduino Core
	Microduino Core+
	Microduino CoreRF
	Microduino CoreUSB
Fundación Raspberry	Raspberry Pi 2/A+/B+
	Raspberry Pi B
	Raspberry Pi A/B (Rev 2)

	Raspberry Pi B (Rev 1)
SparkFun Electronics	SparkFun Blynk Board
	SparkFun ESP8266 Thing
	SparkFun Phono
	RedBoard

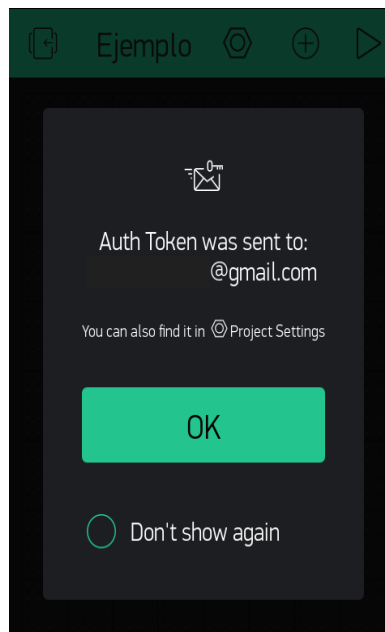
Fuente. Fuente. Blynk IoT platform. [En línea]. (Recuperado 17 julio 2018).
 Disponible en <http://www.docs.blynk.cc/#supported-hardware>.

En la página oficial de Blynk, se pueden conocer todas las placas compatibles con, en el menú “*Getting Started*”.

Para este proyecto el nombre del proyecto fue “SistemaSeguridadIoT”, la placa con la que se trabajo fue la “ESP32 Dev Board”, el tipo de conexión fue Wifi y el tema fue el que viene por defecto. Inmediatamente aparece una ventana como se muestra en la figura 36, donde dice que el “Auth Token” (Clave de autenticación, importante para la comunicación de la ESP32 con Blynk) será enviado al correo electrónico con el que se inicio sesión, para finalizar se presiona “OK”.

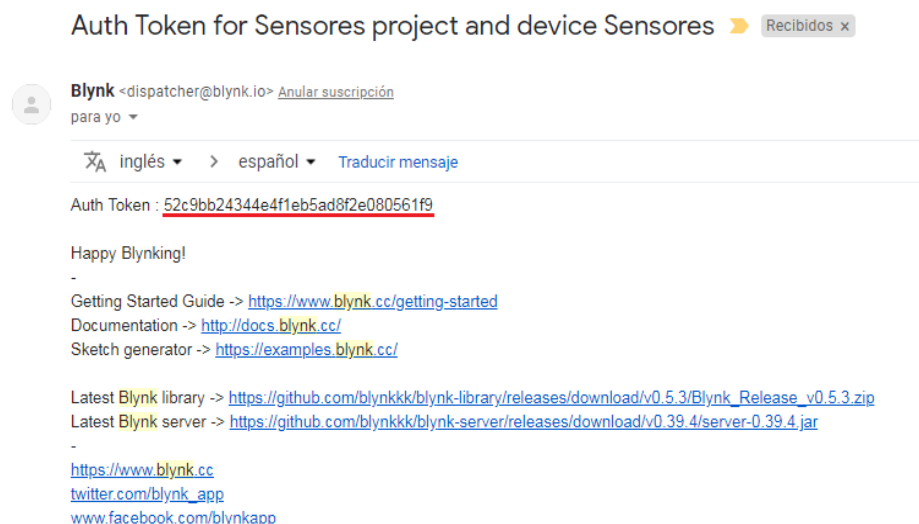
También se tiene la opción de no mostrar de nuevo este mensaje, donde se enviará dicha clave automáticamente al correo electrónico con el que iniciamos sesión tan pronto se presione “*Create*”.

Figura 36. Confirmación de correo electrónico para envío "Auth Token" o de clave de autenticación.



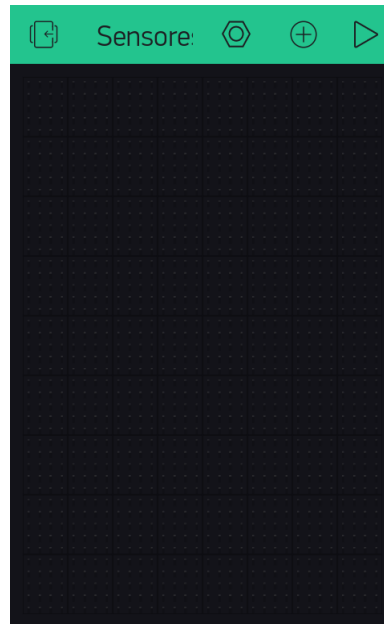
Al correo electrónico, con el que se inició cuenta en Blynk, llegara un mensaje de Blynk, con la clave de autenticación o Auth Token. La figura 37 muestra cual es la clave y la ubicación para este proyecto en dicho mensaje.

Figura 37. Clave de autenticación o Auth Token enviada al correo electrónico.



La ventana principal del nuevo proyecto es la mostrada en la figura 38.

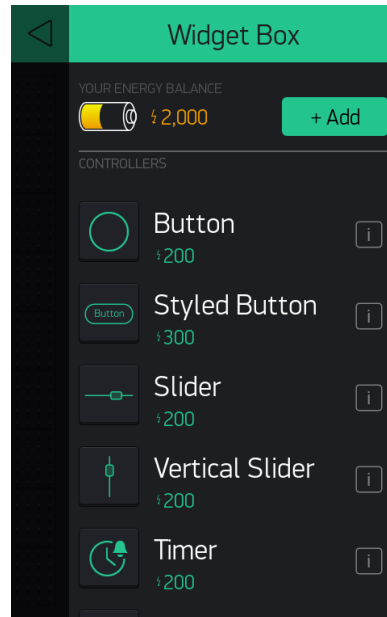
Figura 38. Ventana principal de un proyecto creado en Blynk.



En dicha ventana es donde se agregan los *Widgets*, que son elementos con los cuales se mostraran los datos tomados de los sensores previamente procesados y transmitidos por la tarjeta ESP32 y los mensajes de alarma.

Los *Widgets* se pueden seleccionar presionando en botón $\oplus$ en la parte superior derecha de la aplicación. Se desplegará una columna de la parte derecha de la ventana con los diferentes tipos de *Widgets* y los *Widgets* que los conforman.

Figura 39. Algunos Widgets ofrecido por Blynk.



En la parte superior de la columna desplegada, se muestra una batería con una carga inicial; la carga de dicha batería disminuirá a medida que utilicemos los Widgets, limitando el uso de los mismos y de la aplicación Blynk.

Para obtener más carga en la batería se puede presionar el botón “+Add”, desplegando de la parte derecha de la ventana una columna llamada “Add energy”, donde mediante la compra de paquetes se puede obtener la carga que se desee por una cantidad de dinero. Los pagos para la compra se pueden hacer con tarjeta débito o crédito.

Los diferentes tipos de *Widgets* están clasificados como lo muestra la tabla 14.

Tabla 14. Tipos de Widgets ofrecidos por Blynk.

Tipo de Widgets	Widgets	Valor(\$)
Controllers	Button	200
	Styled Button	300
	Slider	200
	Verical Slider	200

	Timer	200
	Joystick	400
	zeRGBa	400
	Step H	500
	Step V	500
Displays	Value Display	200
	Labeled Value	400
	LED	100
	Gauge	300
	LCD	400
	SuperChart	900
	Terminal	200
	Video Streaming	500
	Level H	200
	Level V	200
Notifications	Twitter	0
	Notification	400
	Email	100
Device Management	Device Selector	1900
	Device Tiles	2900
Others	Bridge	100
	Real-time clock	100
	Eventor	500
	Music Player	400
	WedHook	500
	Reports	0
Interface	Tabs	0
	Menu	400
	Table	800
	Time Input	200
	Map	600

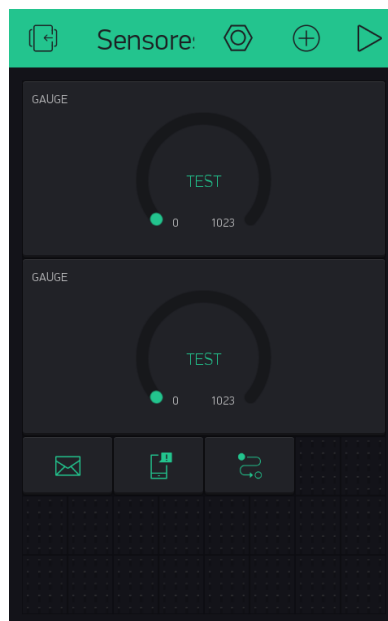
	Text Input	400
	Numeric Input	400
	Segmented Switch	400
Smartphone Sensors	GPS Stream	500
	GPS Trigger	500
	Accelerometer	400

Fuente. Blynk IoT platform. [En línea]. (Recuperado 17 julio 2018). Disponible en <http://www.docs.blynk.cc/#widgets>

Para utilizar un *Widget*, solo se arrastra el *Widget* deseado a la pantalla principal del proyecto.

Para este proyecto, se utilizaron 2 *Widget Gauge* para visualizar las concentraciones de metano y monóxido de carbono, un *Widget Notification* y un *Widget Email* para notificar eventuales aumento de las concentraciones a través de mensajes y un *Widget Eventor* encargado de llevar el contenido de los mensajes que se enviaran por medio de notificaciones y/o mensajes. La figura 40 muestra los *Widget* que son parte del este proyecto.

Figura 40. *Widget* que hacen parte de este proyecto.



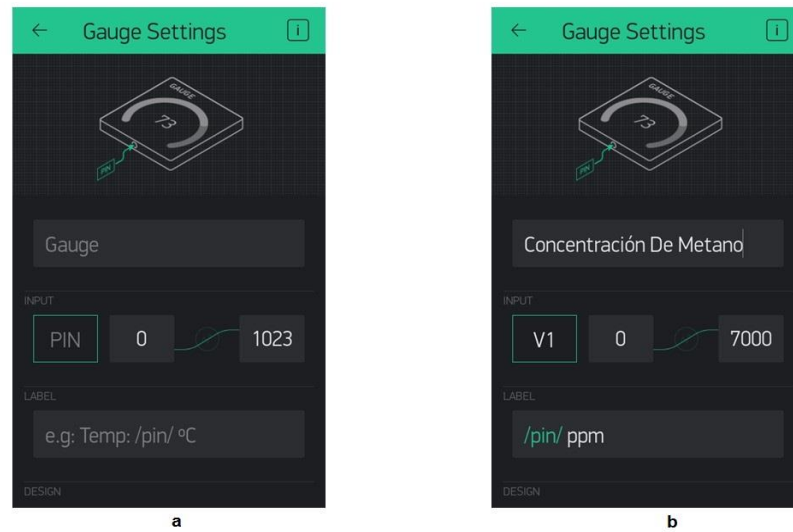
Los *Widget* poseen una configuración inicial que se modificara de acuerdo con la utilización del mismo en este proyecto; si se presentan dos imágenes en paralelo, la imagen que posee el subíndice “a”, será la configuración inicial de *Widget* en Blynk y la imagen con el subíndice “b”, será la configuración que se le hizo al *Widget* para la implementación del mismo.

3.1.3.1. Gauge. Su función es mostrar la magnitud de una variable como por ejemplo presión, peso, velocidad, temperatura, concentraciones, etc. Generalmente poseen un indicador o aguja que varía según sea el valor de dicha variable.

Las configuraciones que se pueden hacer para utilizar este *widget* son:

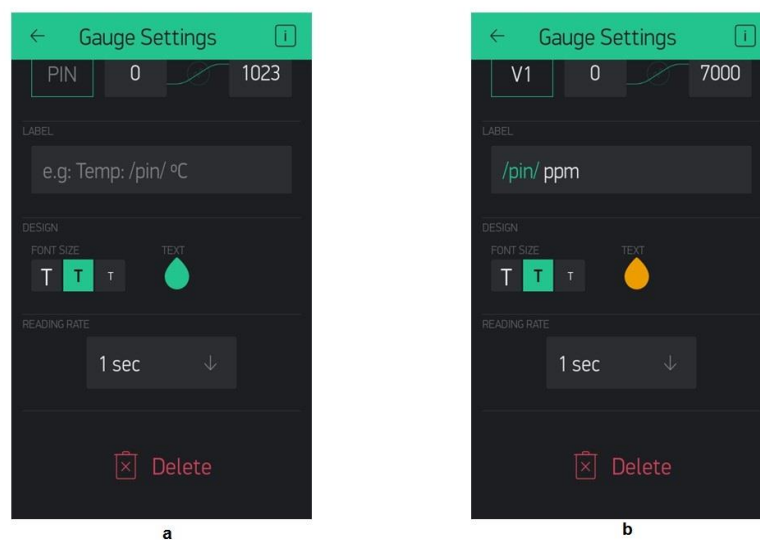
1. Elegir un nombre que vaya acorde con la variable a visualizar. Los nombres para los Gauge en este proyecto fueron “Concentración metano” y “Concentración Monóxido de Carbono”.
2. La configuración de entrada se hace por medio de un pin virtual (concepto creado por Blynk, para permitir el intercambio de datos entre el hardware y la aplicación Blynk). Estos pines virtuales para los *Widgets* Gauge son nombrados con la letra “V” acompañada de un numero entre 0 y 127. Los pines virtuales seccionados fueron “V1” para la concentración de metano y “V2” para la concentración de monóxido de carbono.
3. Los rangos en los que se puede visualizar dicha variable son todos los números enteros entre -9999 y 9999. Dado que una concentración no puede ser menor a 0, los rangos para las dos concentraciones van desde 0 a 7000.
4. Agregando una etiqueta, se puede mostrar la clase de variable a medir, el valor y unidad. Dado que el espacio para mostrar el tipo, el valor y la unidad de la variable, es muy reducido, solo se mostrará el valor y la unidad de medida (ppm) de las concentraciones de metano y monóxido de carbono.

Figura 41. Configuración de Widget Gauge (Parte 1).



5. Cambiando el color y el tamaño de la fuente se muestra otro diseño este *Widget*. Los colores y el tamaño de la fuente son los mismos para todos los *Widgets*. Los colores elegidos fueron: para amarillo la concentración de metano y verde para la concentración de monóxido de carbono.
6. La frecuencia de la información proveniente de los sensores también se puede configurar, en este proyecto se dejó una tasa de lectura mínima para todos los *Widget* de 1 segundo.

Figura 42. Configuración de Widget Gauge (Parte 2).

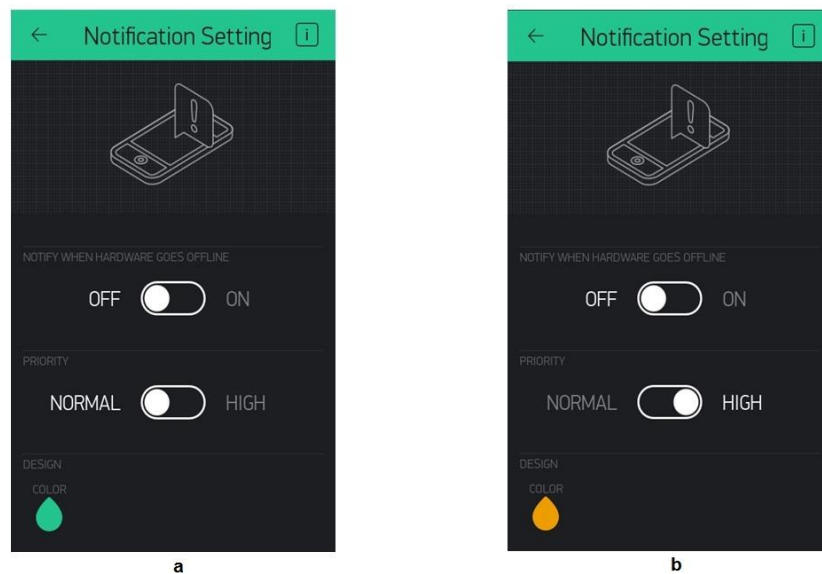


3.1.3.2. Notification. La función del Widget Notification, es permitir enviar una notificación a un celular, en este caso cuando las concentraciones de metano y/o monóxido de carbono comienzan a aumentar a los niveles en los cuales, pueden ser nocivos.

Las configuraciones que se pueden hacer para utilizar este *widget* son:

1. Se puede apagar o encender las notificaciones cuando el hardware está apagado.
2. Poner prioridad a las notificaciones.
3. Cambiar el color del *Widget* Notification y el tono (sonido) de las notificaciones.

Figura 43. Configuración de Widget Notification.

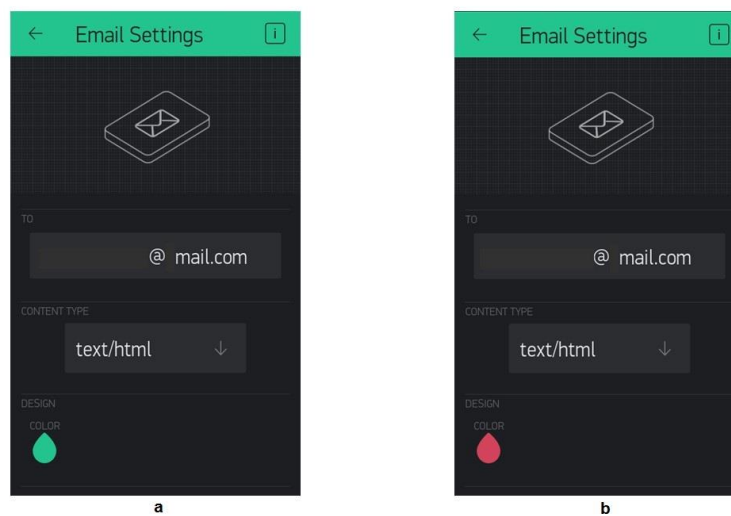


3.1.3.3. Email. La función que cumple el Widget Email es enviar un mensaje a un correo electrónico. Generalmente, se envía al correo con el cual iniciamos sesión, pero esto se puede modificar.

Las configuraciones que se pueden hacer para utilizar este *widget* son:

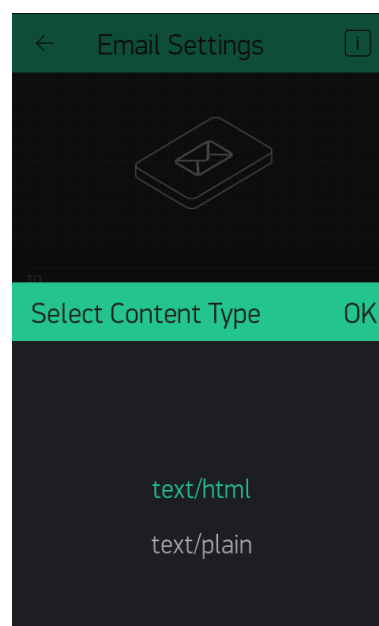
1. Editar el correo electrónico, para enviar un mensaje de alerta cuando la concentración de uno o los dos gases está aumentando y alcanzando niveles críticos.

Figura 44. Configuración de Widget Email (Parte 1).



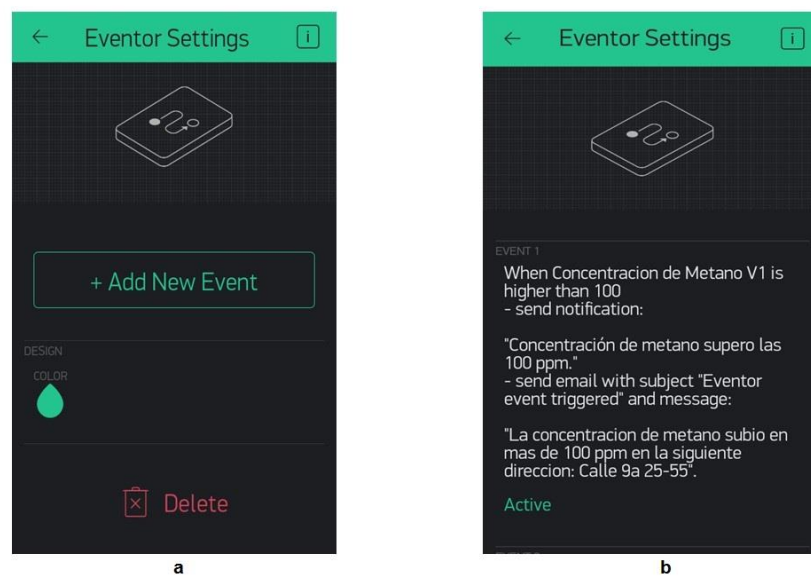
2. El tipo de contenido puede ser tipo text HTML o text PLAIN.

Figura 45. Configuración de Widget Email (Parte 2).



3.1.3.4. Eventor. Su función es llevar el contenido de los mensajes que van a ser enviados al momento en que suceda un evento (condición) en específico. Agregando un evento, que dependa de una determinada condición en una salida o entrada, el mensaje correspondiente a dicha condición será enviado automáticamente, bien sea como una notificación a un celular o un mensaje a un correo electrónico. Dichas condiciones, para activar el envío de las notificaciones o mensajes vía correo electrónico, se presentan cuando las concentraciones sobrepasen los límites establecidos en la tabla 9.

Figura 46. Configuración de Eventor.



La configuración final del proyecto en Blynk se muestra en la figura 47.

Figura 47. Ventana final para proyecto “SistemaSeguridadIoT” en Blynk.



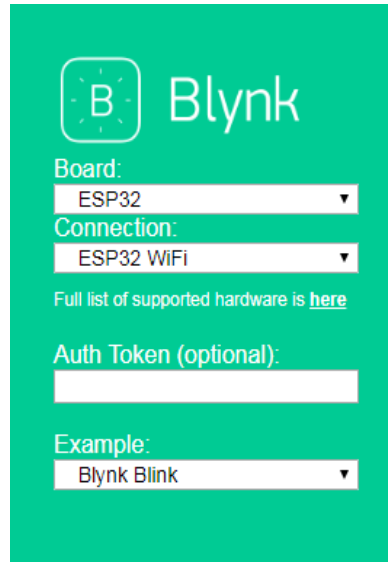
Al subir el *sketch* a la tarjeta de desarrollo con la que se esté trabajando, para un proyecto en Blynk, solo falta presionar el botón “Play” en la parte superior derecha para de esta forma, comunicar la tarjeta con la cual se esté trabajando y la aplicación Blynk.

3.1.4. Plantillas de Blynk. Al igual que para obtener la librería de Blynk para Arduino, Blynk da acceso a las plantillas o *sketch*, donde ya se encuentran importadas las librerías, así como las variables creadas para solo ingresar el Auth Token, el nombre de la red a la cual se va a conectar la tarjeta ESP32 y su respectiva contraseña.

En el menú “*Getting Started*” de la página oficial de Blynk, el paso 4, “*Create your first example sketch code*”, se da clic en “*Open Blynk Sketch Code Builder*”, donde se abre una nueva ventana donde en la parte superior izquierda, se podrá seleccionar las tarjetas compatibles con Blynk con la que se conectará al mismo, así como el tipo de conexión y algunos ejemplos con un propósito en específico.

Dado que se está trabajando con la tarjeta ESP32 en este proyecto, la Board seleccionada fue “ESP32”, el tipo de conexión “ESP32 Wifi” y el código ejemplo “*Blynk Blink*”.

Figura 48. Conexión de sensor MQ para calentamiento.



The image shows the Blynk web interface for configuring a hardware board. It features a green header with the Blynk logo. Below the header, there are two dropdown menus: 'Board:' with 'ESP32' selected and 'Connection:' with 'ESP32 WiFi' selected. A link 'Full list of supported hardware is [here](#)' is provided. There is an 'Auth Token (optional):' text input field. At the bottom, an 'Example:' dropdown menu has 'Blynk Blink' selected.

Los diferentes tipos y la cantidad de tipos de conexión varían según la Board utilizada. Por ejemplo, para la Board ESP32, el único tipo de conexión habilitado es la Wifi, aunque en la aplicación Blynk tenga más tipos de conexión. Algunos tipos de conexión ofrecidos por Blynk son Wifi, Ethernet, Bluetooth, USB, Serial entre otros.

La plantilla o *sketch*, mostrada al seleccionar las opciones ya mencionadas, será la mostrada en el Anexo D.

En la línea de comando, donde se crea la variable “auth”, se colocará la clave de autenticación o Auth Token, entre las doble comillas. Así mismo, en las variables “ssid” y “pass”, se escribirá el nombre de la red y la contraseña de la misma, a la cual va a estar conectada la tarjeta ESP32, respectivamente.

Por último, se cambia la velocidad de datos (baudios) para la transmisión de datos en el puerto serial de 9600 a 115200.

3.1.4.1. Comandos para Blynk. Para las siguientes líneas de código, se harán una pequeña explicación sobre para que sirven y como funciona.

1. **BLYNK_WRITE(Vn) {}:** Un *Widget* en la aplicación Blynk, lee un pin virtual a una frecuencia determinada. Recibe como variable de entrada el nombre de un pin virtual. Para el caso, los pines virtuales de entrada serán “V1” y “V2”, correspondiente a las concentraciones de metano y monóxido de carbono, respectivamente; dichas concentraciones serán mostradas en los *Widget Gauge*.

Ejemplo:

```
BLYNK_WRITE(V1)
{
}
```

2. **Blynk.virtualWrite(Vn, X):** Muestra una variable en un determinado pin virtual. Recibe dos variables de entrada, el nombre de un pin virtual seguido por una coma (,) y la variable que se desea visualizar en dicho pin virtual. Los pines virtuales ya mencionados, “V1” y “V2” y las variables correspondientes son las concentraciones de metano y monóxido de carbono, respectivamente.

Ejemplo:

- Blynk.virtualWrite(V1, CO);
- Blynk.virtualWrite(V2, CH4);

Siendo CO y CH4, la variable a visualizar.

3. **Blynk.begin(auth, ssid, pass):** Inicia Blynk con Auth Token, red Wifi y contraseña de la red Wifi. Se define en el void setup.
4. **Blynk.run():** Da inicio a Blynk. Se define en el void loop.

A continuación, se explica parte del código que se implementó en la tarjeta de desarrollo ESP32.

3.2. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES PROVENIENTES DE SENSORES DE METANO MQ4 Y MONÓXIDO DE CARBONO MQ9.

3.2.1. Adquisición y procesamiento de señales provenientes de sensores.

Para la adquisición de las señales provenientes de los sensores MQ4 y MQ9, se leyó un pin analógico de la Tarjeta de desarrollo ESP32 para cada sensor, dichos pines son los pines 34 y 35, (ver Anexo J), respectivamente.

La lectura se hace como se muestra en el código siguiente:

```
int MQ4 = 35; int MQ9 = 34;
```

```
float CH4, CO;
```

```
void setup(){
```

```
pinMode(MQ4, INPUT); pinMode(MQ9, INPUT);
```

```
Serial.begin(115200);
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
float ADC_MQ4, ADC_MQ9;
```

```
for (int i = 0 ; i < 500 ; i++){
```

```
    ADC_MQ4 = ADC_MQ4 + analogRead(MQ4);
```

```
    ADC_MQ9 = ADC_MQ9 + analogRead(MQ9);
```

```
}
```

```
ADC_MQ4 = ADC_MQ4 / 500.0;
```

```
ADC_MQ9 = ADC_MQ9 / 500.0;
```

```
float MQ4_ADC = -85.988*pow(ADC_MQ4, 3) + 210.68*pow(ADC_MQ4, 2) +  
1508.8*ADC_MQ4;
```

```

float Vout_MQ4 = MQ4_ADC * (3.3 / 4095.0);
float Rs_Ro_MQ4 = ((5.0 - Vout_MQ4) / Vout_MQ4);
float CH4 = 1103.1*(pow(Rs_Ro_MQ4, -2.71));
Serial.print(" Concentracion de CH4: ");
Serial.print(CH4, 3);
Serial.print(" ppm");

float MQ9_ADC = -88.268*pow(ADC_MQ9, 3) + 232.65*pow(ADC_MQ9, 2) +
1462.2*ADC_MQ9;
float Vout_MQ9 = ADC_MQ9 * (3.3 / 4095.0);
float Rs_Ro_MQ9 = ((5.0 - Vout_MQ9) / Vout_MQ9);
float CO = 605.62*(pow(Rs_Ro_MQ9, -2.056));
Serial.print(" Concentracion de CO: ");
Serial.print(CO, 3);
Serial.println(" ppm");
}

```

Este procedimiento, se encuentra en el Anexo E más detallado , donde “CH4” y “CO”, representan las concentraciones de metano y monóxido de carbono, respectivamente y que posteriormente se mostraran en la aplicación mediante los comandos de Blynk 1 y 2, agregando al código anterior las siguientes líneas de código:

```

BLYNK_WRITE(V1)
{
}

BLYNK_WRITE(V2)
{
}

void setup(){
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

```

```
}  
  
void loop(){  
  Blynk.virtualWrite(V1, CH4);  
  Blynk.virtualWrite(V2, CO);  
  Blynk.run();  
}
```

3.2.2. Encendido y apagado de leds para mostrar niveles de concentraciones de los gases. Los pines asignados para dichos leds están visualizados en el Anexo E, así como los valores de concentraciones para la cual estos leds se encienden o se apagan.

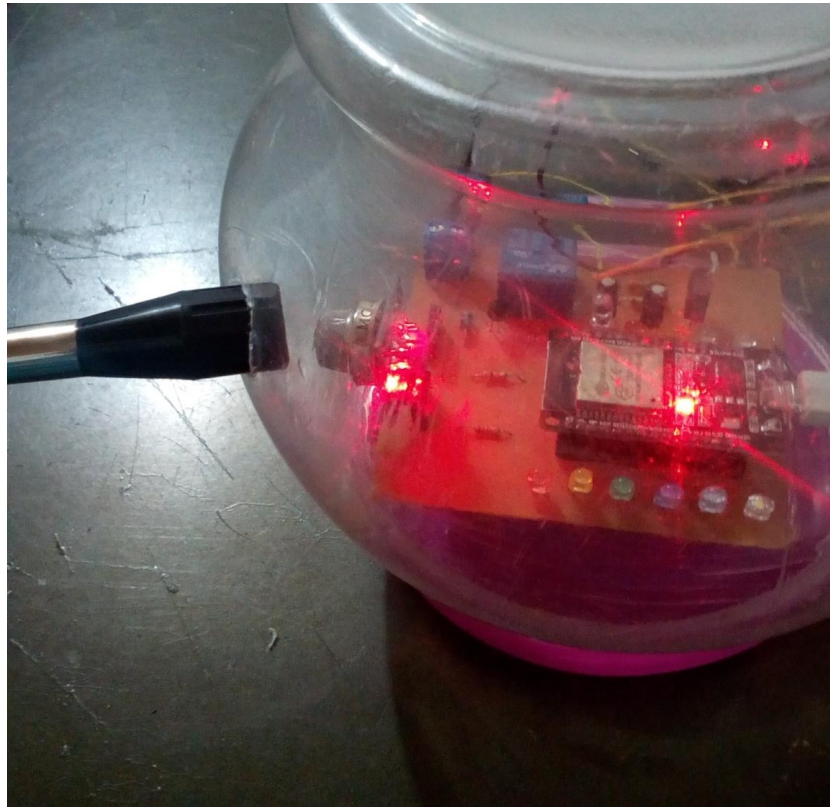
El código completo para la adquisición, procesamiento y transmisión de los datos, así como el control del puerto digital que controla el relé y proceso para mostrar niveles se encuentra en el Anexo K.

4. RESULTADOS

4.1. PRUEBAS CON SENSOR DE METANO

Para las pruebas, se realizaron experimentos en un recipiente pastillo donde se introdujo el prototipo con el sensor de metano se abrieron dos agujeros, uno para introducir la sonda flexible del detector y otro para inyectar metano a través de una mechera.

Figura 49. Prueba realizada con sensor MQ4 y detector de gas combustible APROBE GSD600 de metano



Se iniciaron pruebas en las condiciones ya mencionadas, tomando los datos presentados en la tabla 15. Para los cálculos de error en las mediciones, dado que el detector de metano no da un dato exacto de cuanto es la concentración en cada prueba, se tomó como valor real el límite con el ultimo led encendido y como valor experimental el valor dado por Blynk.

Tabla 15. Resultados de pruebas con sensor MQ4 y detector de gas metano.

Detector de metano APROBE [ppm]	Sensor de metano GSD600 MQ4 [ppm]	Error de la medición [%]
40	50.962	27.4050
80	70.658	11.6775
160	106.524	33.4225
320	392.862	22.7694
640	533.864	16.5838

4.2. PRUEBAS CON SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

Para estas pruebas, se realizaron experimentos en un cuarto cerrado sobre una mesa donde se colocaron el prototipo con el medidor de monóxido de carbono y se encendió un trozo papel colocándolo en un vaso de vidrio.

Figura 50. Prueba realizada con sensor MQ9 y medidor AS8700A de monóxido de carbono.



Se iniciaron pruebas en las condiciones ya mencionadas, tomando los datos presentados en la tabla 16.

Tabla 16. Resultados de pruebas con sensor MQ9 y medidor AS8700A de monóxido de carbono.

Medidor de monóxido de carbono AS8700A [ppm]	Sensor de monóxido de carbono MQ9 [ppm]	Error de la medición [%]
110	135.181	22.8918
209	250.883	20.0397
417	433.346	3.9199
517	541.787	4.7944
715	768.937	7.5436
953	926.835	2.7455

Los resultados (evidencia) de estas dos pruebas se pueden encontrar en el Anexo L.

Datos que el error, en algunos datos, supero el 10 % se hizo un ajuste a la curva característica de los sensores MQ4 y MQ9, tomando como punto inicial los datos obtenidos del detector de metano y medidor de monóxido de carbono. Dichos ajustes se pueden encontrar en el Anexo G.

Los ajustes correspondientes son mostrados en las figuras 51 y 52.

Figura 51. Ajuste de curva característica de sensor MQ4.

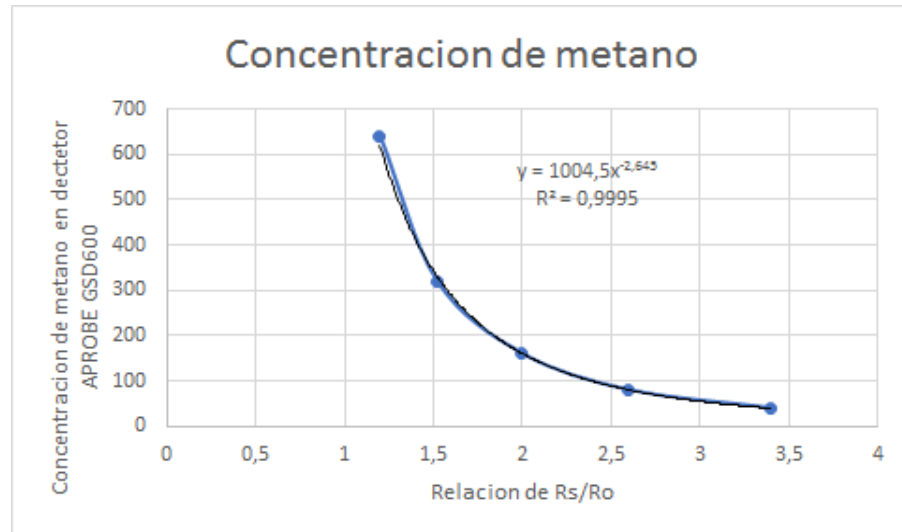
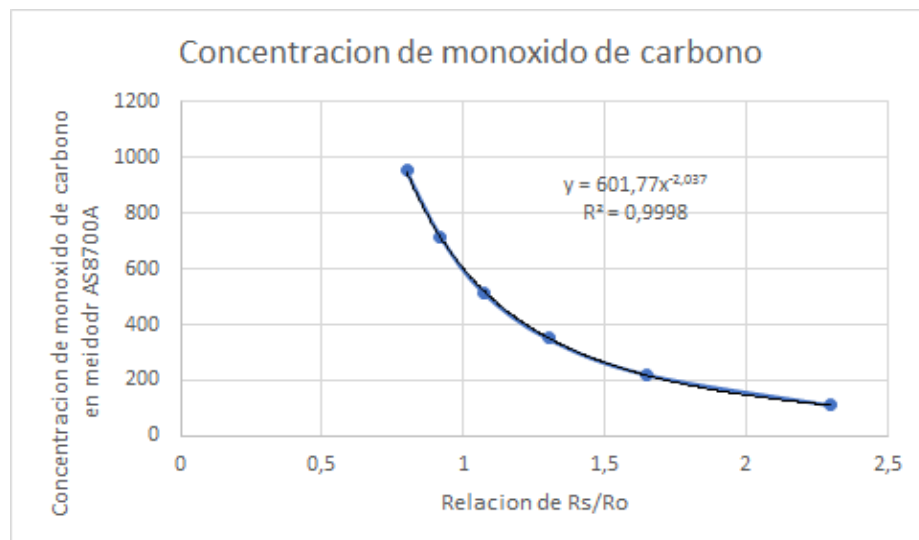


Figura 52. Ajuste de curva característica de sensor MQ9.



Se repitieron las pruebas tratando de mantener las mismas condiciones de las pruebas anteriores y los resultados obtenidos, luego de realizar el ajuste, se muestran en las tablas 17 y 18 junto con los errores asociados.

Tabla 17. Resultados de ajuste a pruebas con sensor MQ4 y detector de gas metano.

Detector de metano APROBE [ppm]	Sensor de metano GSD600 MQ4 [ppm]	Error de la medición [%]
40	46.533	16.3325
80	83.906	4.8825
160	151.601	5.2494
320	305.269	4.6034
640	740.159	15.6498

Tabla 18. Resultados de ajuste a pruebas con sensor MQ9 y medidor AS8700A de monóxido de carbono.

Medidor de monóxido de carbono AS8700A [ppm]	Sensor de monóxido de carbono MQ9 [ppm]	Error de la medición [%]
110	108.647	1.23
209	203.265	2.7440
417	404.805	2.9245
517	508.358	1.6716
715	704.401	1.4824
953	1018.178	6.8392

5. CONCLUSIONES

El uso de IoT para monitorear gases tóxicos en el hogar, zonas comerciales, la industria o en lugares donde se apropiado instalar un equipo o dispositivo para la detección de estos gases, es una excelente opción para aumentar la seguridad, evitando las pérdidas materiales y ante todo preservar la vida, pues con un presupuesto reducido se logró desarrollar un equipo compacto que puede ser de gran utilidad a la hora que se presente bien sea una fuga de gas o algún posible incendio. Si se desea más precisión en la lecturas o más variables de medida, mantenido al ESP 32 como corazón del sistema, se pueden cambiar o adicionar más sensores, pues hay pines disponibles para ello.

Los avances tecnológicos, han traído consigo la creación y uso de nuevas herramientas (aplicaciones) para la recepción de la información que día a día crece y viaja de forma exponencial a través de la red, debido a que la mayoría de la información se encuentra disponible y al alcance de cualquier persona.

Aunque al final se logró disminuir el error presentado por cada uno de los sensores, es de destacar que debido a que en las pruebas realizadas, la rapidez con la que se cambiaban las concentraciones de dichos gases no era fácil de controlar y a que la respuesta de los equipos que se tomaron como referencia (patrón) y los sensores del prototipo presentan tiempos de respuesta diferentes (los patrones eran más rápidos), se recomienda realizar las pruebas en laboratorios más especializados que no son competencia de la E3T.

Blynk es una herramienta que permite el envío y/o recepción de datos desde una tarjeta de desarrollo a dicha herramienta y viceversa, dando una gran utilidad a la hora de obtener de dicha información desde un lugar remoto con la utilización de un dispositivo móvil (celular y/o *Tablet*), con simplemente estar conectado a internet, siendo esta la gran ventaja esta aplicación. Pero al momento de querer manejar una cantidad más elevadas de información, Blynk presenta limitaciones, como lo son el uso de *Widget*, que al final son los culpables de estas limitaciones,

puesto que, para adquirirlos, es necesario comprar paquetes de energía. En este proyecto no hubo necesidad de pagar, sobre “energía”.

6. RECOMENDACIONES

Debe realizarse un ajuste a las lecturas de los sensores con equipos de referencia para disminuir el error y volver más atractivos estos sensores de bajo costo. Adicionalmente, mientras los conversores ADC del ESP32 sigan presentando errores tan elevados, también se recomienda la caracterización de los mismos para lograr una mejor conversión, es decir con menos error.

La calibración de sensores debe ser realizada con los instrumentos y equipos adecuados para una correcta caracterización de los mismos, ya que, si este proceso no se realiza de forma idónea, las mediciones no van a ser tan precisas acorde a como el fabricante las da, aunque se conoce que las condiciones de trabajo donde se implementa el dispositivo difieren a las dadas por el fabricante, trayendo consigo errores que afectan aún más la obtención de datos.

A la hora de llevar este proyecto a una escala más avanzada, la implementación de más sensores que adviertan la presencia de un eventual peligro puede resultar como eficiente para un sistema de seguridad. La utilización de sensores que estén asociados a este proyecto como sensores térmicos, detectores gases tóxicos y/o inflamables involucrados en un incendio, etc.; sensores de intrusiones no autorizadas, detectores de movimientos, etc., ajenos a este proyecto, así como sensores de variables atmosféricas como presión, humedad, temperatura, etc., traerían una gama amplia para la mejora de un sistema de seguridad.

Ampliando la ventana de sensores en nuevos proyectos IoT, la utilización de Blynk no es la más recomendada para la adquisición de dichos datos, pues, la limitación ya antes mencionada, implica la inversión de dinero a lo hora de procesar más señales. Una solución a este problema sería la utilización de Thingier.io para la captura de estas señales, ya que en dicha plataforma se pueden visualizar varios parámetros en las diferentes formas que esta plataforma ofrece.

Adicionalmente, si la aplicación lo permite, el ESP32 se puede configurar, para disminuir el consumo y configurar para activarla cuando se presente una situación irregular.

BIBLIOGRAFIA

¿Qué es el Metano (CH₄)?. Muy Interesante. [En línea]. (Recuperado 5 junio 2018). Disponible en <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/metano-ch4>

¿Qué son las partes por millón (ppm)?. Curiosoando.com. [En línea]. (Recuperado 18 septiembre 2018). Disponible en <https://curiosoando.com/partes-por-millon>

ANTONACCI, Carolina. ¿Qué hacer ante una fuga de gas?. [En línea]. Vix. (Recuperado 8 septiembre 2018). Disponible en <https://www.vix.com/es/imj/hogar/142993/que-hacer-ante-una-fuga-de-gas>

Aprendiendo Arduino: Arduino y IoT. [En línea]. (Recuperado 16 junio 2018). Disponible en <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/04/01/arduino-y-iot/>

Arduinomuere. Introducción a thinger.io. [en línea]. 2016. (Recuperado 18 octubre 2018). Disponible en <http://arduinoamuete.blogspot.com/2016/12/thingerio.html>

ASHTON, Kevin. That 'Internet of Things' Thing: In the real world, things matter more than ideas. [En línea]. 2009. (Recuperado 15 julio 2018). Disponible en <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

Blynk Inc. The most popular mobile app for IOT. Works with anything: ESP8266, Arduino, Raspberry Pi, SparkFun and others. [En línea]. 2018. (Recuperado 11 septiembre 2018). Disponible en <https://www.blynk.cc/>

BUSTAMANTE, Álvaro Luis. Adding support for Espressif ESP32. [En línea]. 2018. (Recuperado 5 junio 2018). Disponible en <https://thinger.io/adding-support-for-espressif-esp32/>

Cisco Systems. Internet Of Things. [En Línea]. (Recuperado 15 julio 2018). Disponible en <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/overview.html>

CLAVIJO G, Javier Alfonso. Instrumentación especializada higiene y seguridad: Monitoreo de gases en minería. Safety Instruments.

Conceptodefinicion.de. Definición de Humo. [En línea]. (Recuperado 9 octubre 2018). Disponible en <https://conceptodefinicion.de/humo/>

CORONA RAMIREZ, Leonel; ABARCA JIMÉNEZ, Griselda; MAERS CARREÑO, Jesús. Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino. Azcapotzalco, México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. 2014

CRUZ, German. Sistema de seguridad. [En línea]. 2013. (Recuperado 11 octubre 2018). Disponible en https://es.slideshare.net/german_cruz/sistemas-de-seguridad-16443711

DIAZ GÓMEZ, Miguel Ángel. Visualizando la temperatura en ThingSpeak. [En línea]. 2015. (Recuperado octubre 2018). Disponible en <http://arduinoamute.blogspot.com/2015/12/visualizando-la-temperatura-en.html>

Diccionario médico: Oxihemoglobina. [En línea]. 2015. Clínica Universidad de Navarra. (Recuperado 10 octubre 2018). Disponible en <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/oxihemoglobina>

DODSON, Sean. The internet of things. [En línea]. 2003. (Recuperado 15 julio de 2018). Disponible en <https://www.theguardian.com/technology/2003/oct/09/shopping.newmedia>

Espressif Systems. ESP32 Series: Datasheet. [En línea]. 2018. (Recuperado 5 marzo 2018). Disponible en https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra. Monóxido de carbono (CO). [En línea]. (Recuperado 5 junio 2018). Disponible en http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/monaxido-carbono.

GARCIA, Vicente. Alarma Wifi con Blynk. [En línea]. 2016. (Recuperado 11 septiembre 2018). Disponible en <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/alarma-wifi-con-blynk>

Hanwei Electronics. Technical Data MQ-4 Gas Sensor. [En línea]. (Recuperado 5 marzo 2018). Disponible en <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>

Hanwei Electronics. Technical Data MQ-9 Gas Sensor. [En línea]. (Recuperado 5 marzo 2018). Disponible en https://raw.githubusercontent.com/SeeedDocument/Grove-Gas_Sensor-MQ9/master/res/MQ-9.pdf

ImseL Seguridad. Sistemas de seguridad. [En línea] Cataluña, España. (Recuperado 11 octubre 2018). Disponible en <https://www.imsel.com/sistemas-de-seguridad/>

Intoxicación por monóxido de carbono. Clínica Las Condes. [En línea]. (Recuperado 5 junio 2018). Disponible en <https://www.clinicalascondes.cl/INFORMACION-AL-PACIENTE/Urgencia-CLC/S-O-S/Intoxicacion-por-monoxido-de-carbono>

Introducción a Internet. [En línea] (Recuperado en 1 julio 2017). Disponible en <https://si.ua.es/es/documentos/documentacion/pdf-s/mozilla1-pdf.pdf>

LLAMAS, Luis. Detector de gases con Arduino y familia de sensores MQ. [En línea]. 2016. (Recuperado 6 junio 2018). Disponible en <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>

Masdairi. Los Incendios.[En línea]. 2010. (Recuperado 10 octubre 2018). Disponible en http://www.desastre.org/index.php?option=com_content&view=article&id=129:los-incendios&catid=39:gestion-de-riesgo

Multicomp. Low Power Bipolar Transistor. [En línea]. (Recuperado 28 octubre 2018). Disponible en <https://www.silicon-ark.co.uk/datasheets/2n2222%20datasheet%20-%20multicomp.pdf>

PALACIOS, Jesús; FALCON, Nelson; MUÑOS, Erith. Diseño y construcción de sensores automatizados de gases de efecto invernadero en la baja troposfera. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 2015.

PANTOJA, Yuscy. Sensores de gas. [En línea]. 2012. (Recuperado 11 octubre 2018). Disponible en https://es.slideshare.net/Dabyus/sensores-de-gases?qid=cc378938-7639-4e37-9b6d-43c237f7f5c5&v=&b=&from_search=1

Que es Arduino, como funciona y que puedes hacer con uno. [En línea]. 2018. (Recuperado 7 septiembre 2018). Disponible en <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Que es el metano. Curiosfera. [En línea]. (Recuperado 5 junio 2018). Disponible en <https://www.curiosfera.com/que-es-el-metano/>

Qué hacer ante una fuga de gas. El Bodego. [En línea]. (Recuperado 9 septiembre 2018). Disponible en <http://www.elbodegon.com.mx/index.php/bodetips/75-que-hacer-ante-un-escape-de-gas>

Songle Relay. Relay ISO9002. [En línea] (Recuperado 28 octubre 2018). Disponible en <http://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2015/11/SRD-05VDC-SL-C-Datasheet.pdf>

TecNALIA. ThingSpeak: Plataformas Open Source Platform Para conectar productos y servicios. [En línea]. 2011. (Recuperado 18 octubre 2018). Disponible en <http://iot-spain.com/?p=188>

Texas Instruments. LM317 3-Terminal Adjustable Regulator. [En línea]. 2016. (Recuperado 28 octubre 2018). Disponible en <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf>

ZAMORA LUCIO, Marco Antonio. Tema: Informática. [En línea]. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2014. (Recuperado en 1 julio 2017). Disponible en https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/Presentaciones_Enero_Junio_2014/Definicion%20de%20Internet.pdf