

Diseño de un dispositivo IoT para medición del nivel de gas LP en tanques móviles



Colaboración

Víctor González Villanueva; Martín Rojas Orozco; Francisco Javier Luis Juan Barragán, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

Fecha de recepción: 01 septiembre del 2022

Fecha de aceptación: 18 de abril del 2023

RESUMEN: Con la introducción de la tecnología en el hogar se han hecho desarrollos que mejoran la vida de las personas, ejemplo de ello tenemos alarmas, iluminación, televisores y refrigeradores inteligentes incluso robots de limpieza. Este trabajo toma como base este concepto en el diseño de un dispositivo que mide el contenido de gas LP en tanques móviles.

El procedimiento utilizado para el desarrollo se basa en diseñar un prototipo que toma lecturas en los cilindros de gas utilizando celdas de carga que miden el peso y que de manera indirecta realizan la medición del contenido, los datos son procesados por un microcontrolador que los envía a una plataforma en internet utilizando el protocolo WiFi.

El resultado es un dispositivo IOT capaz de medir de forma precisa los niveles de gas LP en tanques móviles de capacidades de 6 kg y 9.6 kg, transmite la información del sensor hacia una plataforma en internet mediante red inalámbrica y con esta información permite a los clientes programar su compra, observar sus estadísticas de consumo y detectar posibles fugas. A su vez esta información permite a las empresas gaseras tener datos para eficientar la planeación de sus rutas de repartición.

PALABRAS CLAVE: Gas LP, IoT, monitor de nivel, tanques móviles.

ABSTRACT: With the introduction of technology in the home, developments have been made that improve people's lives, such as alarms, lighting, smart televisions and refrigerators, and even cleaning robots. This work is based on this concept in the design of a device that measures the content of LP gas in mobile tanks.

The procedure used for the development is based on designing a prototype that takes readings in gas cylinders using load cells that measure the weight and indirectly perform the measurement of the content, the data are processed by a microcontroller that sends them to an Internet platform using the WiFi protocol.

The result is an IOT device capable of accurately measuring LP gas levels in mobile tanks with capacities of 6 kg and 9.6 kg, transmits the sensor information to an internet platform via wireless network and with this information allows customers to schedule their purchase, observe their consumption statistics and detect possible leaks. At the same time, this information allows gas companies to have data to improve the planning of their distribution routes.

KEYWORDS: LP gas, IoT, level monitor, mobile tanks.

INTRODUCCIÓN

La sociedad ha evolucionado junto con la tecnología y el término internet de las cosas nos proporciona una idea de conectividad en todo momento [1]. El uso del IoT en el hogar brinda al usuario un estilo de vida más confortable, permitiendo gestionar y administrar de manera remota dispositivos prácticos [2]. En este ámbito día a día se siguen desarrollando dispositivos que hacen la vida más placentera, entre algunos de estos sistemas podemos encontrar los medidores

de gas LP inalámbricos para tanques estacionarios, los cuales permiten conocer el nivel del energético restante en el recipiente para planificar la adquisición del mismo, sin necesidad de revisar el tanque directamente. Estos desarrollos se basan en la lectura de la aguja ubicada en el medidor de los tanques fijos, por lo que son exclusivos para usuarios con contenedores de este tipo. En nuestro país se realizan un millón de servicios diarios de distribución de gas LP, 540,000 son tanques portátiles y 460,000 tanques estacionarios [3], por lo que la propuesta de un método que realice la medición en cilindros brinda las comodidades y beneficios a este sector al cual se ha omitido.

El enfoque de este proyecto se basa en diseñar un método que permita realizar la medición del nivel de gas LP de manera indirecta utilizando como parámetro el peso del tanque y su contenido. Dado que no se cuenta con un mecanismo flotador, no existe la posibilidad de implementar sensores similares a los usados en sistemas fijos. Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica [4], por lo que solo toman en cuenta el material que se encuentra en estado gaseoso descartando la parte líquida que se queda en el fondo del contenedor. Un sensor de flujo es un dispositivo que, al ser instalado en una tubería, permite determinar si hay circulación de un gas o un fluido, es decir, estos sensores nos indican la ausencia o presencia de flujo, pero no miden el caudal [4] por lo que no es posible medir la cantidad de gas que ingresa o sale del tanque. Por tales motivos el sensor idóneo para esta aplicación es la celda de carga la cual es un transductor que puede traducir la presión (fuerza) en una señal eléctrica [5].

Utilizando las herramientas en la nube, la información medida, es analizada para proveer estadísticas que permitan al usuario tener datos adicionales al conocimiento del nivel del gas. En adición, El uso de IoT permite la conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar y para cualquier persona [6].

Este dispositivo de medición de nivel de gas está orientado a enviar información a la nube lo que permite al usuario revisar la cantidad de gas que está consumiendo y pueda llevar un control de ello, el dispositivo tiene las siguientes características: cuenta con una estructura capaz de soportar el peso de los taques móviles hasta 50 kg, la superficie para colocar los tanques es cuadrada de 0.3m de lado. Se alimenta con corriente directa de 5v y consume 200mA mediante una conexión micro USB lo que le permite alta compatibilidad con cargadores de pared genéricos. Está equipado con un sensor de peso que soporta hasta 200 kg. Cuenta con conec-

ción inalámbrica mediante WiFi 802.11b/g/n con un alcance de 8m.

La metodología empleada para realizar la medición utiliza el peso de los tanques para que de manera indirecta se mida el contenido, por lo que la información se proporciona en kilogramos. El dispositivo toma las mediciones y envía la información a internet para su análisis para que el usuario tome las decisiones pertinentes en la adquisición del energético y de sus hábitos de consumo. Los recipientes portátiles que el mecanismo podrá medir podrán pesar hasta 100 kg y no mayores a un área de 900 cm².

El objetivo del proyecto es diseñar un dispositivo IoT que mida el nivel de gas LP en tanques móviles, mediante celdas de carga para brindar beneficios a usuarios domésticos y empresas gaseras.

El proyecto se centra en la hipótesis de que mediante un sensor de carga se puede medir el nivel de gas LP de tanques móviles con una exactitud suficiente para que el usuario determine cuando programar su compra, observar sus estadísticas de consumo y detectar posibles fugas en su tubería.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se ha desarrollado en las instalaciones del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, ubicado en carretera Chapala-Ajijic #200, Chapala, Jalisco.

La metodología del trabajo se realizó en 6 etapas: En la primera etapa se diseñó de la báscula que medirá el peso del tanque móvil, en la segunda etapa se diseñó el sistema embebido que enviará la información a la nube, en la tercera etapa se desarrolló el sistema de localización del tanque, en la cuarta etapa se configuró el almacenamiento en la nube, en la quinta etapa se desarrolló la Interfaz de usuario y por último se desarrolló la aplicación móvil. La Figura 1 muestra el diagrama del desarrollo del sistema.

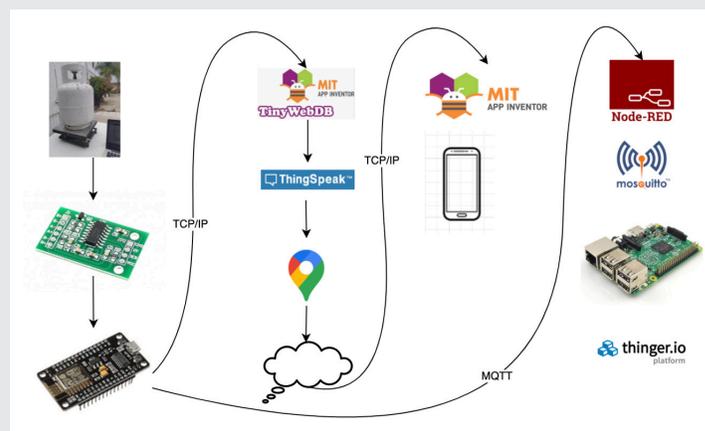


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

Los tanques estacionarios tienen un medidor de gas en la parte superior que indica la cantidad de Gas LP que tiene el tanque, pero esta expresado en porcentaje (%) [7]. Este indicador se atornilla en la parte superior del mecanismo y es similar para todos, en la Figura 2 se muestra el mecanismo flotador de un tanque estacionario.

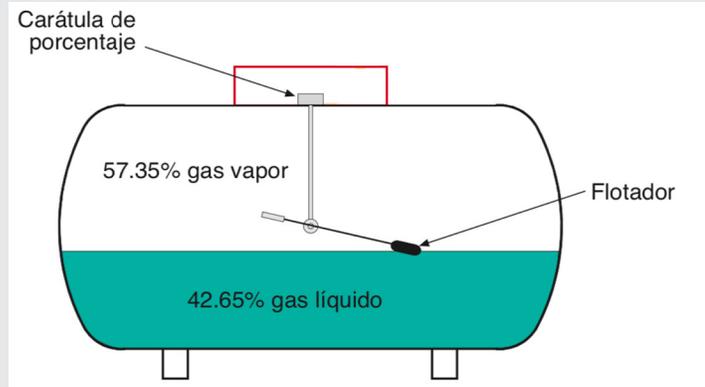


Figura 2. Sistema de medición de tanques estacionarios por medio de flotador. Tomado de [8].

Los tanques móviles no cuentan con algún dispositivo interno para realizar la medición del contenido, para realizarlo se pueden implementar métodos indirectos como pesar el tanque. Al igual que los tanques estacionarios, parte del contenido se encuentra en forma de gas en la parte superior del recipiente y en forma líquida en la parte inferior.

Para realizar la medición se utilizó una celda de carga. Realizando un análisis de la forma y el peso de los tanques, se tomó la opción de utilizar celdas de tensión, las cuales, tienen un elemento mecánico, donde la fuerza es censada por la deformación que produce la tensión aplicada. La celda utilizada se muestra en la Figura 3, su marca es kwotop014, tiene una sensibilidad de $1 \pm 0.1 \text{ mV/V}$, un voltaje de excitación: 5-12 VDC y trabaja en el rango de temperaturas de -20 a $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

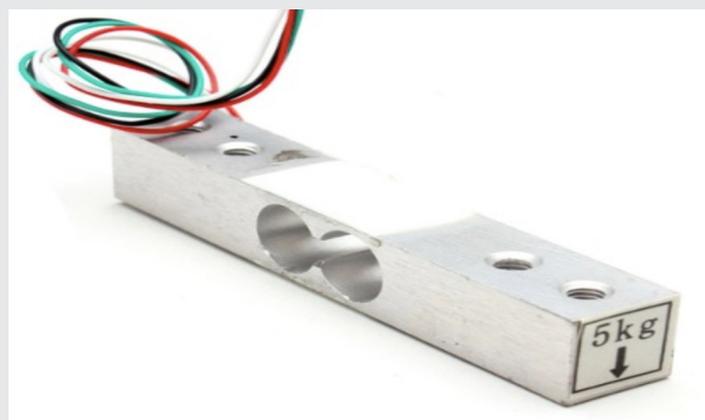


Figura 3. Celda de carga kwotop014. Tomado de [9].

El principio de funcionamiento de la celda es la variación de resistencia, mediante un circuito de puente de Wheatstone que se muestra en la Figura 4 se puede determinar la variación de la resistencia en base al voltaje obtenido en sus terminales, la Ec (1). Muestra la relación entre el voltaje de entrada al puente y el voltaje de salida.

$$V_{out} = \left[\left(\frac{R3}{(R3 + R4)} - \frac{R2}{(R1 + R2)} \right) \right] * V_{in} \quad \text{Ec. (1)}$$

LOAD CELL WIRING

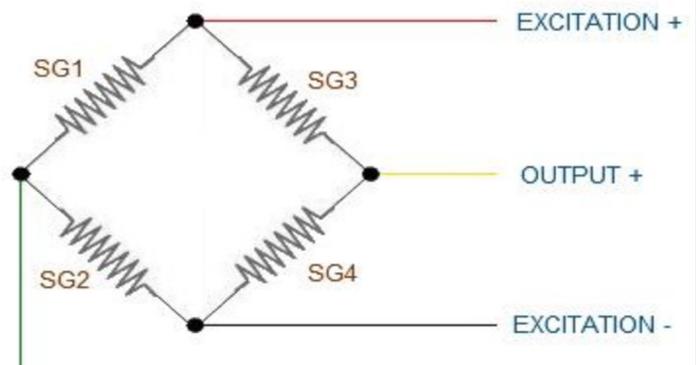


Figura 4. Puente de Wheatstone de la celda de carga. Tomado de [9].

Utilizando los datos de celda se tiene que la sensibilidad de la celda es 1 mV/V con $\pm 0.1 \text{ mV}$ por lo que el rango de salida será: Sensibilidad * Voltaje de excitación como se muestra en la Ec. 2.

$$FSO = 1 \text{ mV/V} * 5 \text{ V} = 5 \text{ mV} \quad \text{Ec. (2)}$$

Si la carga máxima es 200 kg y la salida del puente será 5mV se deduce que el factor de conversión a peso será: $25 \mu\text{V/kg}$

Debido a que el rango de voltaje del puente es muy bajo se utiliza el módulo HX711 mostrado en la Figura 5, el cual tiene un convertidor analógico a digital que en conjunto con el puente de Wheatstone formado por la celda permite realizar lecturas y enviar la información al Nodemcu de manera serial.

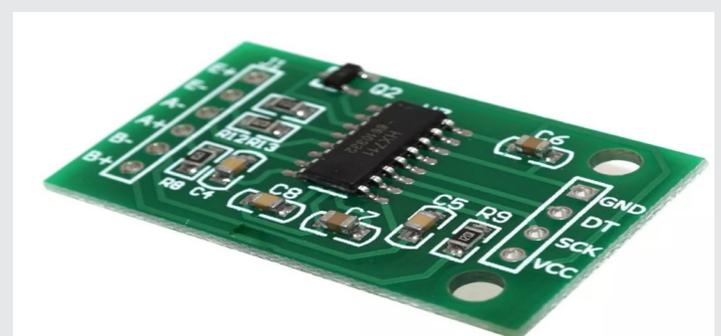


Figura 5. Módulo HX711. Tomado de [10].

Entre las características de este módulo esta la entrada de voltaje diferencial: $\pm 40\text{mV}$ con una precisión de datos del ADC de 24bits, un voltaje de operación de 5VDC, un consumo de corriente inferior a los 10mA, maneja una resolución a 5V de 0.29802×10^{-6} y una ganancia programable para el canal A de 32, 64 y 128. El circuito esquemático del módulo se muestra en la Figura 6.

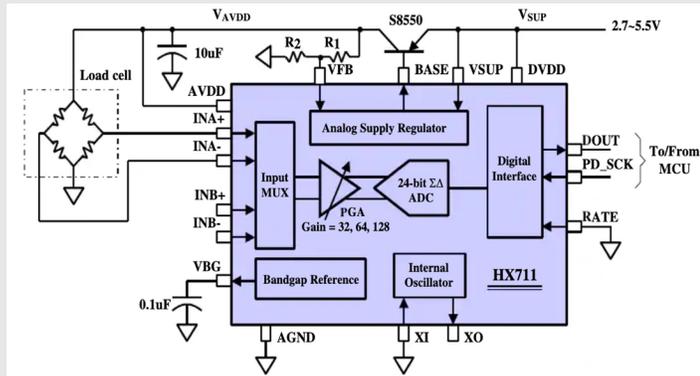


Figura 6. Circuito esquemático del módulo HX711. Tomado de [11].

Para el censado y envío de la información se realiza a través de un microcontrolador utilizando el circuito mostrado en la Figura 7.

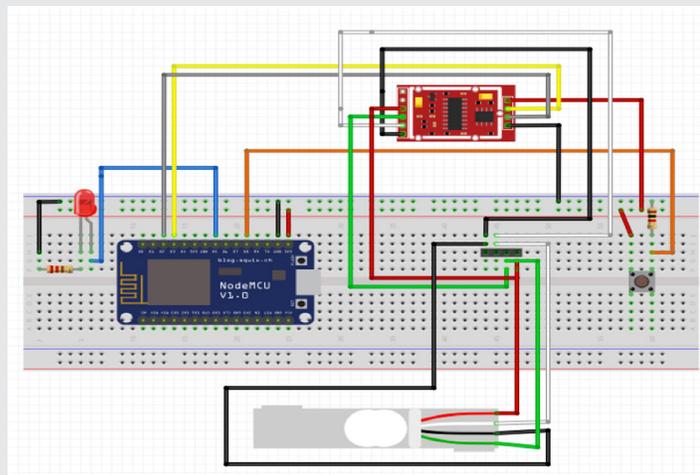


Figura 7. Diseño del circuito de censado. Fuente: Elaboración propia.

Esto le permite al dispositivo medir tanques que pesen hasta 100 kg incluyendo el peso del tanque.

Para el diseño de la báscula se realizó una plataforma que tuviera las medidas suficientes para poder colocar los diferentes tamaños de los cilindros que hay de manera comercial y que se rigen por NOM-008-SESH/SCFI-2010. Basado en esto, se realizó una base con medida de 30cm x 30cm como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Prototipo de la báscula. Fuente: Elaboración propia.

Para el controlador de la báscula se utilizó la placa de desarrollo NodeMCU, la cual contiene un módulo de WiFi embebido, memoria flash de 4MB, reloj del sistema de 80 Mhz y es programable a través del IDE de Arduino. El código se realizó en base al diagrama de flujo mostrado en la Figura 9.

Para la ubicación del cilindro se utilizan sus coordenadas GPS. El método implementado se lleva a cabo utilizando la señal y la dirección MAC de módems cercanos al dispositivo, y mediante el uso de un servicio api de localización de Google se determina la ubicación del dispositivo, obteniendo la latitud y longitud.

Para el almacenamiento de la información en la nube se configuró una base de datos implementado un componente de app inventor llamado "tinyWebDB" este elemento permite utilizar una base de datos en la web que te permite personalizarla utilizando Google Cloud Platform y unos archivos que el mismo sitio de app inventor proporciona.

La información es almacenada con formato "tag:valor".

Se realizó una app para validar el envío de la información del dispositivo a la nube utilizando Android, en la Figura 10 se muestran las distintas pantallas de la aplicación.

El microcontrolador del NodeMCU envía la información a Node-red mediante el protocolo de comunicación MQTT. Una vez recibida, se procesa para ser visualizada en la interfaz que se creó a través de una página web.

El sitio puede ser accedido localmente a través de una dirección de red local y externamente mediante la apertura de un puerto.

Para crear una interfaz de usuario más amigable se utilizó la plataforma IoT Tinger.io de código abierto que ofrece infraestructura en la nube escalable para conectar millones de dispositivos, utilizando su API que permite almacenar información desde Node-red y crear tableros para observar la información.

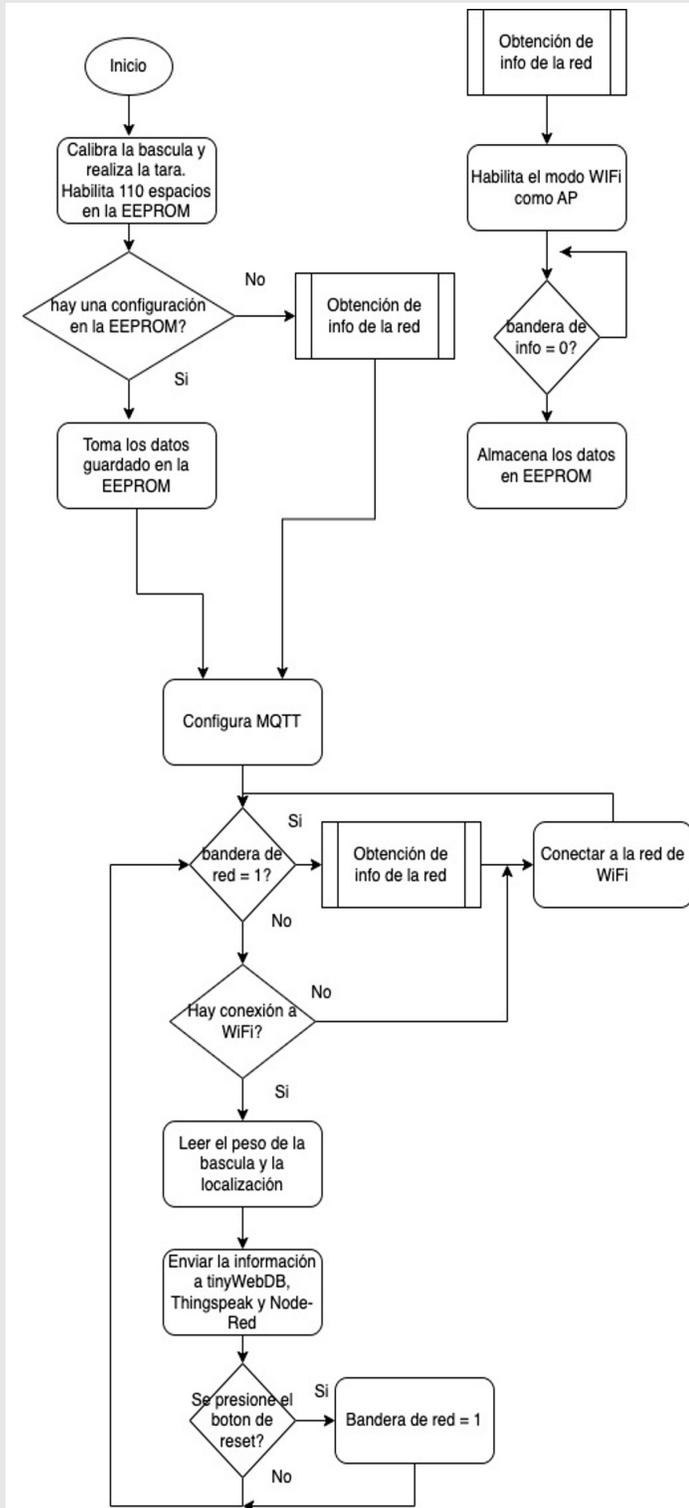


Figura 9. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.
Fuente: Elaboración propia.

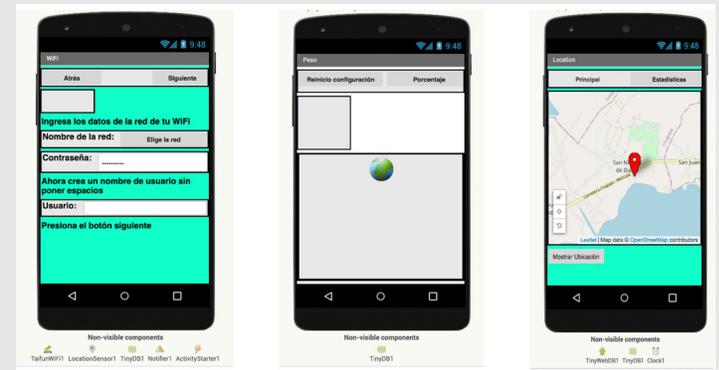


Figura 10. Ventanas de la aplicación.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Para comprobar el sistema se realizaron pruebas del prototipo comparados contra una báscula digital. Los experimentos se hicieron con un tanque de 6 y 9.6 Kg. En la Tabla 1 se muestran los resultados de cinco mediciones realizadas y el cálculo de los promedios de los valores. Las Tablas 2 y 3 muestran el cálculo del error de medición en tanques de 6 kg. y 9.6 kg. respectivamente.

Tabla 1. Resultados de las mediciones realizadas.

Numero de medición	Tanque de 6kg		Tanque de 9.6kg	
	Bascula Digital	Prototipo	Bascula Digital	Prototipo
1	5.31	5.42	3.3	3.48
2	5.31	5.41	3.3	3.45
3	5.31	5.46	3.3	3.48
4	5.31	5.47	3.3	3.46
5	5.31	5.51	3.3	3.37
Promedio	5.31	5.454	3.3	3.448

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cálculo de errores en las mediciones en tanque de 6 kg.

Numero Medición	Medición	Promedio	Error absoluto (Medición-Promedio)	Error Relativo (Error absoluto/promedio)	Error porcentual % (Error relativo*100)
1	5.42	5.45	-0.03	0.00550459	0.550458716
2	5.41	5.45	-0.04	0.00733945	0.733944954
3	5.46	5.45	0.01	0.001834862	0.183486239
4	5.47	5.45	0.02	0.003669725	0.366972477
5	5.51	5.45	0.06	0.011009174	1.100917431
Desviación media:					±0.032

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Cálculo de errores en las mediciones en tanque de 9.6 kg.

Numero Medición	Medición	Promedio	Error absoluto (Medición-Promedio)	Error Relativo (Error absoluto/promedio)	Error porcentual % (Error relativo*100)
1	3.48	3.44	0.04	0.011627907	1.162790698
2	3.45	3.44	0.01	0.002906977	0.290697674
3	3.48	3.44	0.04	0.011627907	1.162790698
4	3.46	3.44	0.02	0.005813953	0.581395349
5	3.37	3.44	-0.07	0.02034884	2.034883721
Desviación media:					±0.036

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos nos permiten determinar el error absoluto de medición del dispositivo el cual oscila entre -0.04 y 0.06 y error porcentual el cual tiene una desviación media de ± 0.032% esto se traduce en un error de 100g en la medición lo cual es aceptable para el sistema.

En la Figura 11 se muestran los resultados de las pruebas con la aplicación mediante las distintas ventanas de la aplicación la cual muestra de izquierda a derecha, el nivel del gas en un indicador de carátula, el nivel del gas en un ícono y el nivel del gas en ícono que cambia de color al llegar a un nivel bajo.

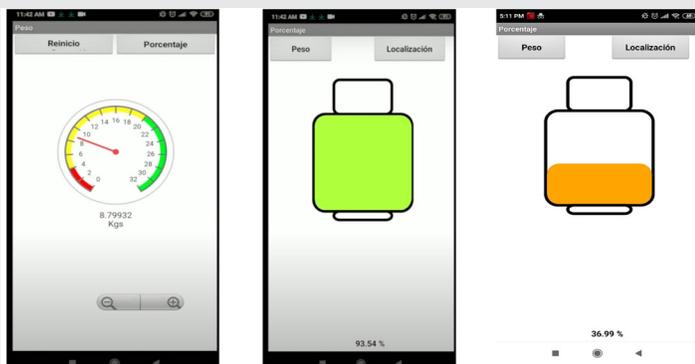


Figura 11. Ventanas de la aplicación para mostrar el nivel de gas en el tanque móvil.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de geolocalización, la cual se realiza mediante las herramientas de las conexiones de red, arrojaron datos exactos, estos datos permiten fácilmente encontrar la ubicación del tanque. En la Figura 12 se muestra, la pantalla con la geolocalización del sistema de medición mediante la aplicación.

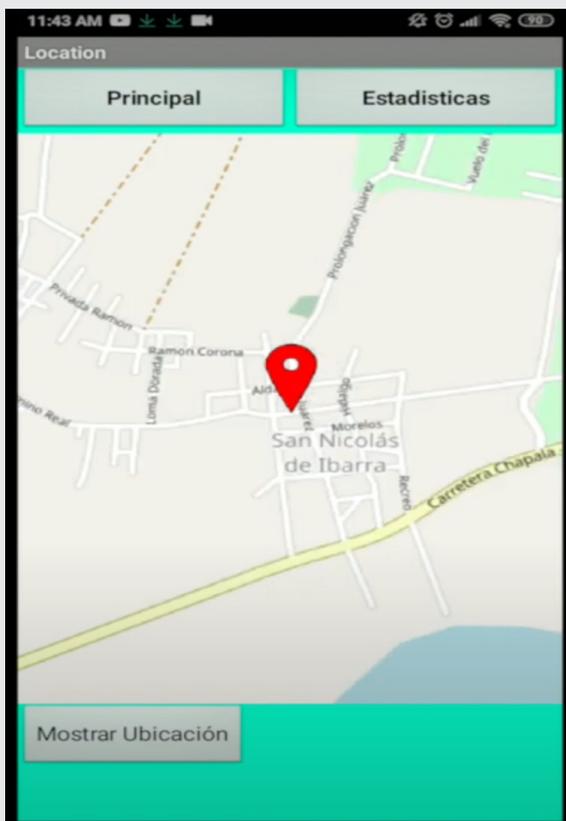


Figura 12. Ventana de geolocalización del dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 corresponde a la página web cargada desde el servidor la cual muestra datos como el nivel actual del tanque, la geolocalización del dispositivo además de un historial del nivel del tanque medido. Esta información está disponible 24 horas los 365 días del año lo que permite acceder a ella desde cualquier punto en cualquier momento utilizando una conexión a internet.

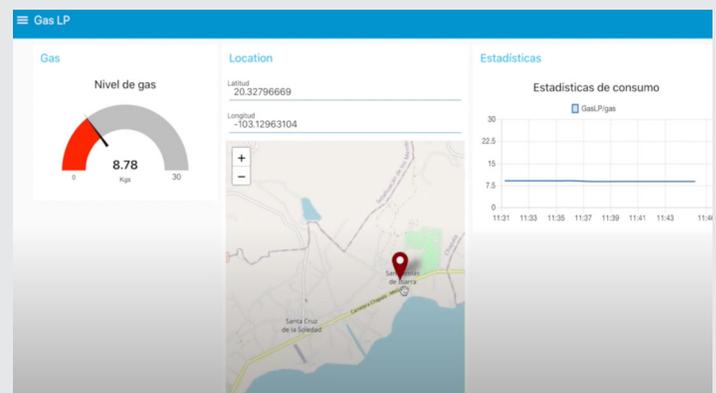


Figura 13. Página web del dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y a las referencias utilizadas se concluye que el prototipo realiza la medición del nivel de gas LP, envía la información y almacena los datos en la nube de forma efectiva y por lo tanto es viable utilizar un dispositivo con este método de medición para conocer el nivel de gas LP en tanques móviles.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jiménez, P. Cabrera, J. (2020). Sistema de monitoreo remoto del consumo energético para hogares en la ciudad de Cuenca, basado en principios de IoT y servicios en la nube. Polo del conocimiento, 5(1), 443-458.
- [2] Viteri Castellano, B. F. (2022). Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes (Master's thesis). Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- [3] Carriles, L. (2016). Mercado de gas LP vale US\$8,000 millones. El economista. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://www.economista.com.mx/empresas/Mercado-de-gas-LP-vale-US8000-millones-20160823-0028.html>
- [4] Gutierrez, M. Iturralde, S. (2017). Fundamentos básicos de instrumentación y control. Ecuador: UPSE.
- [5] Al-Mutlaq, S. (2015, 11 de junio). Getting Started with Load Cells. Sparkfun. Sparkfun. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://>

learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells/all

[6] Madakam, S. Ramaswamy, R. Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173.

[7] Gas Perla. (s.f.). Conoce a tu tanque. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://www.gasperla.com/assets/ConoceTuTanque.pdf>

[8] Medigas. (2016). Medidor De Porcentaje Midegas P Para Tanques Estacionarios De Gas Lp. www.gas-lp.com.

[9] Al-Mutlaq, S. (2016, 22 de Julio). Load Cell Amplifier HX711 Breakout Hookup Guide. Sparkfun. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/retired---load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide/hardware-hookup->

[10] Naylampmechatronics. (2016). TUTORIAL TRASMISOR DE CELDA DE CARGA HX711, BALANZA DIGITAL. (Naylampmechatronics.com) Recuperado el 08 de julio de 2022, de https://naylampmechatronics.com/blog/25_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-balanza-digital.html

[11] Semiconductors, A. (s.f.). 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. Recuperado el 08 de julio de 2022, de sparkfun.com: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf