

# Sistema de medición y notificación del nivel de gas basado en IoT (Noviembre 2022)

**EDWIN CALVO<sup>1</sup>, ISABELLA CEBALLOS<sup>2</sup>, JENNIFER LOPEZ<sup>3</sup>, JUAN JOSÉ RESTREPO<sup>4</sup>, Y SANTIAGO HURTADO<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Javeriana de Cali (e-mail: edwin2711@javerianacali.edu.co)

<sup>2</sup>Pontificia Universidad Javeriana de Cali (e-mail: isaceballos517@javerianacali.edu.co)

<sup>3</sup>Pontificia Universidad Javeriana de Cali (e-mail: jenniferlopgr@javerianacali.edu.co)

<sup>4</sup>Pontificia Universidad Javeriana de Cali (e-mail: juanjorestrepo@javerianacali.edu.co)

<sup>5</sup>Pontificia Universidad Javeriana de Cali (e-mail: santiagohurtado11@javerianacali.edu.co)

"Este trabajo fue soportado por la Universidad Javeriana de Cali."

**ABSTRACT** Actualmente, la versatilidad, accesibilidad y portabilidad del GLP lo hace uno de los combustibles preferidos en Colombia, teniendo un total de 12 millones de consumidores activos (un 22% de la población), dándole el segundo puesto de combustibles más usados a nivel nacional. Hoy en día, el GLP es el principal combustible para cocinar, ya que también es rentable en cuanto a costo. Por ende, el cilindro de GLP tiene que ser preservado cada vez y, a menudo se presentan inconvenientes relacionados con la cantidad restante de gas en las pipetas, ya que los usuarios no están en la capacidad de determinar dicha cantidad hasta antes de terminarse en su totalidad. Lo que ocasiona que sea imposible llamar con antelación al proveedor y así evitar situaciones de angustia. A partir de esto, este proyecto propone un sistema de monitoreo del nivel de gas en el cilindro, y si el nivel del gas es inferior al 20 %, entonces automáticamente se le notifica tanto al usuario por medio de un indicador LED, y a la empresa utilizando Wi-Fi. Este proyecto utiliza un sistema basado en 2 celdas de carga, una tarjeta HX711 y un módulo de Wi-Fi (ESP32-C3) que contiene internamente un microcontrolador en el sensor de carga se utilizan para encontrar el nivel de gas en el cilindro. Esta lectura se pasa al módulo Wi-Fi, para mostrar los datos en un servidor y poder así empezar a generar una estimación del consumo promedio del cliente y visualizar la toma de datos. En caso dado de que el nivel de gas sea inferior al 20%, entonces se encenderá un led rojo notificará tanto al cliente como a la agencia de gas para que registre la reserva.

**INDEX TERMS** Medición, IoT, GLP, Detección de nivel de gas, Modulo Wi-Fi.

## I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de medición y notificación del nivel de gas basado en IoT, se propuso para salvar los recursos de las personas, en cuanto al procedimiento actual de cambio de cilindros, que consta del sistema de campaneó.

A su vez, este proyecto permite visualizar y notificar tanto al cliente como a la empresa, de cuándo se debe de realizar el reemplazo del cilindro. Por último, al proveer un servidor que almacena los datos, es posible generar un control en ellos, y lograr así analizarlos y estimar el consumo diario de una persona.

Este artículo muestra el proceso de diseño y resultados de un sistema de medición y notificación de nivel de gas, el cual permite recopilar información y generar un consumo diario estimado por cliente, además de notificar al cliente y

a la empresa sobre la cantidad de reserva disponible y si se encuentra en menos del 20%, por medio de un led rojo se le notificara al cliente y a la empresa se le notificara vía red.

En este orden de ideas, este proyecto se llevó a cabo dentro del marco del proyecto de integración profesional (PIP), el cual consta de un desarrollo de 4 semestres, en donde cada uno de estos se desarrolla una etapa distinta del mismo. En la primera etapa, se realizó la contextualización del problema. En la segunda, a partir de las problemáticas encontradas, se busca proponer una solución y diseño de esta. En la tercera etapa, se evalúan los avances y a partir de una serie de recopilaciones, se realiza un rediseño y finalmente, en la última etapa, se implementa el prototipo del dispositivo para poner en uso y realizar pruebas con usuarios en condiciones controladas.

## II. FUENTE DEL PROBLEMA

Actualmente el cilindro de gas para cocinar puede quedar vacío de repente, creando problemas en buscar una adicional. Además, el sistema actual de repartición de cilindros en Colombia, es mediante el campaneó, es decir, un carro transporta los cilindros y haciendo sonar una campana, notifica a los clientes para que realicen el cambio. Este método, trae consigo dos problemas, el primero, consta de que una persona no alcance a cambiar el cilindro a tiempo y se quede sin reservas para poder funcionar en su casa; el segundo, consta de que una persona al no estar bien informada sobre el nivel de gas restante, puede que realice el cambio de cilindro mucho antes de lo correspondiente.

Así que es necesario tener un sistema que permita controlar el nivel de GLP en los cilindros y a su vez, notificar a la empresa y cliente cuando sea necesario una nueva reserva. Este proyecto envía la notificación de reserva a la agencia de gas con el ID del cliente, permitiendo que la empresa identifique el lugar correspondiente donde se debe realizar el cambio.

## III. PROPUESTA DE TRABAJO

El sistema consta de dos celdas de carga de 3 salidas cada una, colocadas de manera tal que se forma un puente de Wheatstone completo. Con este sensor se tiene un rango de 0-100 kg y el diseño brinda una resolución de 0,01 kg. Además, se emplea un módulo hx711 que actúa como amplificador y convertidor analógico-digital, el cual amplifica la señal con una ganancia variable de 128 o 64, y una precisión de 24 bits en el ADC. De esta manera, el diagrama en el que nos apoyamos para las conexiones de la primera parte fue el siguiente:

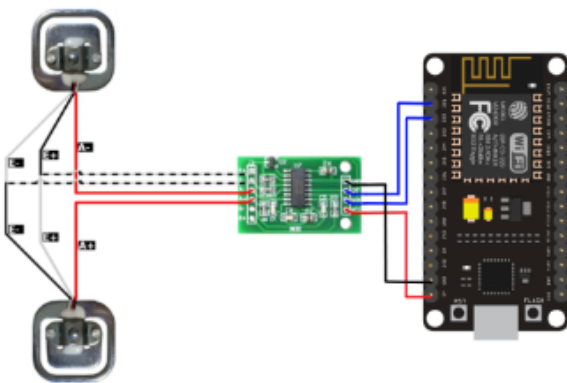


FIGURE 1. Conexión del sistema de peso

De esta manera, se logra la obtención de la medida. En cuanto a la notificación y visualización de datos, se le mostrará una alerta de nivel bajo de glp por medio de una única luz LED de color rojo y para a la empresa se le enviará a una base de datos una lectura más detallada. Esto se hará por medio del módulo Wi-Fi, ESP32-C3, el cual se le programará

la dirección de un servidor, y a partir de la aplicación Ubidots, se podrán visualizar los datos, tanto en porcentaje, como en valor, o de la forma que se deseen de visualizar. Cabe aclarar, que a esta página podrá acceder la empresa y el cliente, en caso dado de que se le permita.

El proceso de prototipado se llevó a cabo teniendo el objetivo de modelar el interior del sistema, es decir, determinar cuáles son las señales presentes y cómo interactúan con los módulos principales del sistema. De esta manera, se realizaron varias simulaciones en el software de Pragma Dev Studio, el cual permite realizar el diseño, modelado y pruebas de la interacción de las señales al interior del sistema. Inicialmente, se planteó un diagrama de secuencia de mensajes (también llamado diagrama MSC por sus siglas en inglés), el cual se presenta a continuación:

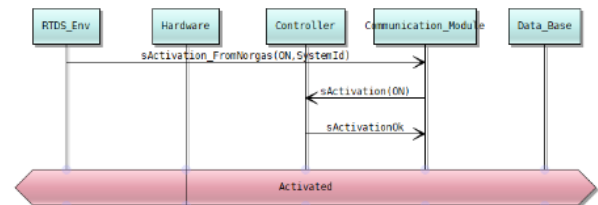


FIGURE 2. Diagrama MSC

La primera parte consiste en el proceso inicial del sistema, el cual consiste en la activación de este. Por lo que en la imagen se puede observar que el hilo nombrado RTDS\_Env (que representa a la empresa en este caso), envía una señal en la que se indica el sistema que se va a activar y la palabra clave para activar o desactivar el sistema. El hilo que recibe esta señal es el del Módulo de Comunicación, el cual envía una señal que activa el controlador y éste le devuelve una confirmación de que ya se encuentra activado. A partir de este momento, el sistema entra en el estado de funcionamiento o de activado.

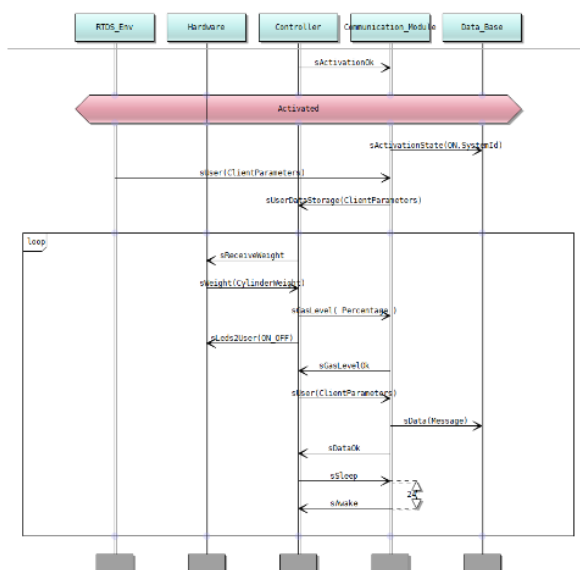


FIGURE 3. Diagrama de MSC y sus señales descritas.

Con el sistema ya activado, se procede a registrar en la Base de Datos el estado del sistema que fue activado o desactivado con su correspondiente identificador. Luego, se envían los parámetros del cliente, es decir, el ID del cliente y el ID del sistema que va a adquirir. Esta señal es pasada al controlador para que la almacene y luego se inicia el ciclo de funcionamiento principal del sistema. En este, se inicia por adquirir la medida del peso que se esté sensando en ese momento. Dicho valor se pasa porcentaje y se evalúa si es inferior al 25. En caso de que lo sea, se enviará la señal que activa el led; en caso contrario, la señal no es enviada. Luego, el módulo de comunicación confirma que recibió el dato, y el controlador procede a enviarle la información del cliente para que sea registrada en la base de datos. Una vez el módulo de comunicación confirma que los datos fueron enviados, el controlador le envía una señal que hace que el módulo de comunicación entre en modo hibernación durante 24 horas. Pasado este periodo, el módulo de comunicación indica que ha despertado, y se inicia nuevamente el ciclo.

En cuanto al diseño físico del sistema, se utilizó la herramienta Tinkercad, para poder visualizar el dispositivo. Del mismo modo, resaltamos que el prototipo realizado se le dio el nombre de SOSGAS:

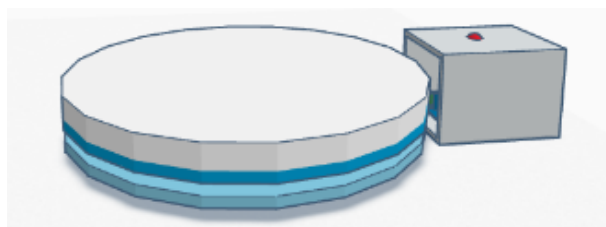


FIGURE 4. Prototipo final simulado del sistema vista lateral

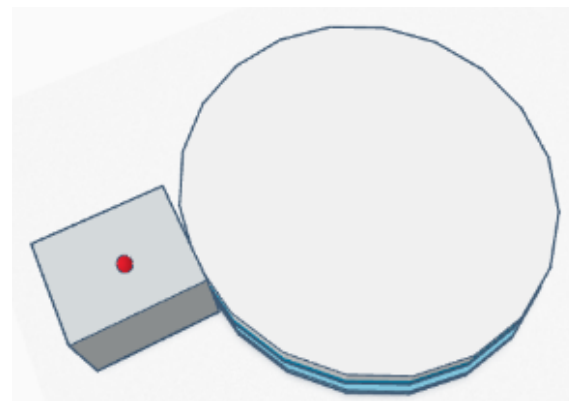


FIGURE 5. Prototipo final simulado del sistema vista superior

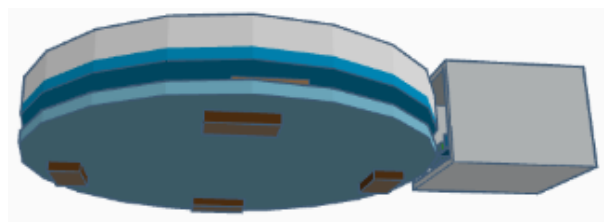


FIGURE 6. Prototipo final simulado del sistema vista inferior

Dada la simulación, el resultado del prototipo fue el siguiente:

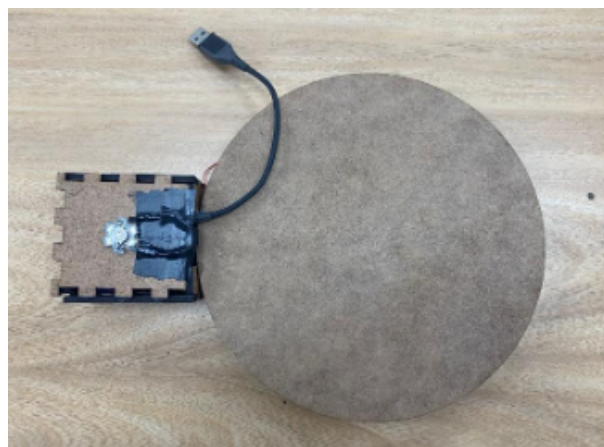


FIGURE 7. Prototipo final del sistema vista superior



**FIGURE 8.** Prototipo final del sistema vista lateral



**FIGURE 9.** Prototipo final del sistema con alimentación

#### IV. RESULTADOS

El prototipo se centra en solucionar la toma y envío de datos, exclusividad y seguridad en el sistema. Frente a esto, este prototipo fue enfocado en generar y asegurar una óptima calibración del sistema, mediante la información de las taras de cada cilindro, del uso del off-set generado por defecto, y del control y definición del factor de calibración del sistema. Dado esto, se logró conseguir un factor de calibración tal que, si el sistema se activa o desactiva en cualquier momento, este no se verá afectado, y más aún, no requiere que haya peso encima para lograr la calibración.

Con base al sistema físico final y después de haberle añadido los relieves-soportes para mejorar la distribución del peso en la base del prototipo de censado de peso, se llevaron a cabo pruebas para tomar datos en diferentes lapsos de tiempo, los cuales fueron cada 15 horas y 1 mes. Para simular un peso cercano al de un cilindro real, se utilizaron pesas con las que se logró alcanzar un peso máximo de 41.60 kg y estas se fueron quitando a medida que cumplía el tiempo para tomar un dato, es decir, cuando se cumplía con una hora y se leía el peso actual, se iba disminuyendo peso con el fin de simular el vaciado del cilindro a medida que se utilizaba.



**FIGURE 10.** Prueba de toma de peso con nuestro sistema



**FIGURE 11.** Prueba de toma de peso con pesa de precisión

Los datos obtenidos en cada una de las pruebas fueron registrados en tablas en las cuales se comparan los valores arrojados por nuestro producto con los valores que proporcionaba una pesa de precisión del laboratorio de mezclas de ingeniería civil y así poder sacar los porcentajes de error y el promedio que se sacó en cada lapso de testeo. Dichas tablas se pueden ver a continuación:

15 días de prueba		
Peso Real (Kg)	Peso Medido (Kg)	Porcentaje de error (%)
20.26	21.25	4.89
17.2	17.21	0.06
12.56	13.15	4.70
8.7	9.1	4.60
4.57	5.1	11.60

**FIGURE 12.** Prueba de toma de datos cada 15 horas





FIGURE 13. Porcentaje de error promedio cada 15 horas

30 días de prueba		
Peso Real (Kg)	Peso Medido (Kg)	Porcentaje de error (%)
20.26	18.3	9.67
17.2	16.7	2.91
12.56	14.6	16.24
8.7	8.5	2.30
4.57	1.65	63.89
0	0.18	Dif: 180 g

FIGURE 14. Prueba de toma de datos cada mes



FIGURE 15. Porcentaje de error promedio cada mes

De las pruebas anteriores, se concluye que el sistema falla en cuanto a su calibración. Por ende, como grupo se recurrió a nuevas formas de calibración, y se hizo un código aparte, en donde el proceso de calibración se realiza una vez, dependiendo del factor de calibración de pesa, es decir, cada vez que se deba calibrar la pesa, la persona encargada debe de correr este código, y el automáticamente calibra la pesa.

Al probar este código, se logró reducir el porcentaje de error a un 6 %, lo que permite concluir que nuestro sistema sigue cumpliendo con uno de los requerimientos planteados al inicio el cual era de mantener un porcentaje de error en la medición inferior al 10%, además fue posible arreglar el problema de la de calibración del sistema cuando este se le cortaba la alimentación eléctrica y ahora esto no sucede sino que sigue pesando con normalidad, y de igual forma se sigue mostrando la alerta de nivel bajo al usuario por medio de un único led el cual se representa con el color rojo.

En cuanto al modo de transferencia de datos, al contar con el módulo Wi-Fi, este se conectó a la plataforma Ubidots, y de ahí se logra visualizar de la siguiente manera:



FIGURE 16. Logo de la plataforma Ubidots

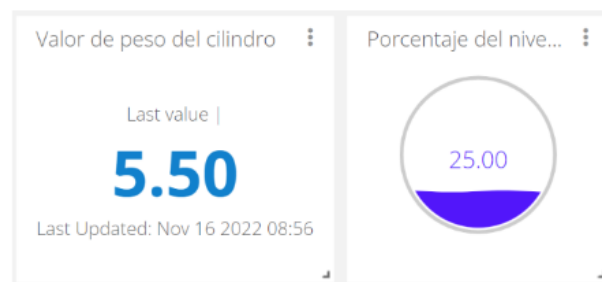


FIGURE 17. Muestra de visualización de datos por medio de porcentaje y valor en kilogramos.

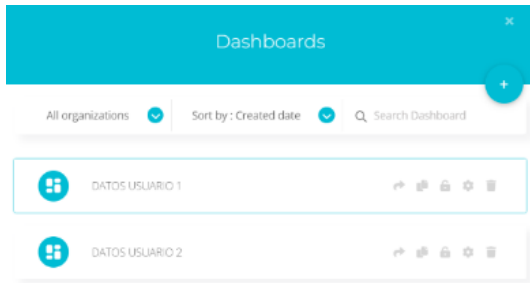


FIGURE 18. Muestra de datos en gráficos con respecto al tiempo.

Al obtener buenos resultados en las pruebas, se probó el tema de escalabilidad del producto. Por ende, se realizó un segundo diseño del sistema, y se realizaron las mismas pruebas en cuanto a funcionamiento y envío de datos.



FIGURE 19. Diseño de dos prototipos.



**FIGURE 20.** Funcionamiento de los 2 sistemas en la plataforma de envío de datos.

A partir de estas imágenes, se puede concluir que este proyecto ha logrado un buen funcionamiento en cuanto a múltiples sistemas, y por ende, la producción en escala es posible.

## V. CONCLUSIONES Y FUTUROS ALCANCES

El presente proyecto se compuso de tres módulos principales, comunicación, hardware y controlador, con el objetivo de explicar fácilmente el funcionamiento del sistema completo.

El módulo de comunicación compuesto por un módulo wifi, entre las principales ventajas, sirve como microcontrolador, además se encarga de enviar los datos recopilados por el subsistema del controlador, el cual se conforma de los sensores, celdas de carga, encargados de medir el peso del cilindro.

Aunque el proyecto de integración profesional ha culminado, se han generado tareas futuras que permitirán el desarrollo óptimo del dispositivo.

Primero, diseñar una fuente de alimentación que pueda ser utilizada durante un periodo de un mes aproximadamente, dicho tiempo se escogió porque los sensores duran aproximadamente un mes para sufrir deformaciones físicas, ocasionando poca fidelidad en los datos tomados.

Además se pretende realizar cambio al material que conforman al sistema, ya que actualmente está constituido por madera, pero se plantea el uso de algún metal con el propósito de que sea más resistente. Sin embargo, algo importante logrado este semestre, fue demostrar la escalabilidad del sistema. Finalmente, es necesario generar un plan de pruebas con estas mejoras para determinar si el sistema sigue respondiendo con la misma fidelidad y precisión.

## REFERENCES

- [1] K. Keshamoni and S. Hemanth, "Smart Gas Level Monitoring, Booking Gas Leakage Detector over IoT," 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC), 2017, pp. 330-332, doi: 10.1109/IACC.2017.0078.
- [2] V. Tamizharasan, T. Ravichandran, M. Sowndariya, R. Sandeep and K. Saravanel, "Gas Level Detection and Automatic Booking Using IoT," 2019 5th International Conference on Advanced Computing Communication Systems (ICACCS), 2019, pp. 922-925, doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728532.
- [3] S. Shrestha, V. P. K. Anne and R. Chaitanya, "IoT Based Smart Gas Management System," 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), 2019, pp. 550-555, doi: 10.1109/ICOEI.2019.8862639.
- [4] M. Kumaran, J. Pradeep, R. Hounandan and B. Prahatheesh, "Smart LPG Cylinder Monitoring and Explosion Management System," 2021 12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/ATEE52255.2021.9425101.
- [5] K. M. Sudar et al., "Gas Level Detection and Automatic Booking Notification Using IOT," 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICCCI50826.2021.9402380.



**EDWIN CALVO** Nació el 27 de noviembre del 2001 en Cali, Valle del Cauca. Estudia ingeniería electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana Cali



**ISABELLA CEBALLOS** Nació el 28 de Diciembre del 2001 en Cali, Valle del Cauca. Estudia Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.



**JENNIFER LOPEZ.** Nació el 18 de febrero del 2000 en Cali, Valle del Cauca. Estudia ingeniería electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana Cali.



**JUAN JOSÉ RESTREPO** Nació el 19 septiembre del 2000 en Cali, Valle del Cauca. Estudia Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.



**SANTIAGO HURTADO** Nació el 5 de Octubre del 2001 en Bogotá, Cundinamarca, pero actualmente tiene su residencia en la Ciudad de Santiago de Cali. Estudia Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.