

DISPENSADOR AUTÓNOMO DE AGUA PARA MASCOTAS CON APLICACIÓN MÓVIL PARA SU ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO.

RANDY AGUIRRE DE LA HOZ
VALENTINA GARCÍA CASTRO
EDUARDO SANDOVAL FERNÁNDEZ

ASESOR
JAIME BETANCOURT

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BARRANQUILLA – COLOMBIA
31 DE MAYO DE 2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos dar especial agradecimiento a nuestro tutor, el ingeniero Jaime Betancourt, quien con sus conocimientos y apoyo nos guió en cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscábamos.

Agradecemos a la Universidad del Norte por la oportunidad de formarnos, y a todas las personas que directa o indirectamente hicieron parte de este proceso. Agradecemos a nuestros compañeros de clase, quienes no dejaron de ver lo mejor en cada proyecto y aportaron para que cada uno destacara a su manera.

Por último, queremos agradecer a nuestros familiares, quienes, desde el primer momento, fueron un apoyo incondicional, y en las partes difíciles del camino, estuvieron ahí dándonos palabras de aliento y recordándonos que sí podíamos lograrlo.

Tabla de contenido

I.	Introducción.....	5
II.	Objetivos.....	6
i.	Objetivo General:	6
ii.	Objetivos Específicos:.....	6
III.	Limitaciones (Anexo 1).....	7
i.	Alcances:.....	7
ii.	Limitaciones:	7
iii.	Entregables:.....	7
IV.	Estado del arte.....	8
V.	Descripción detallada	11
i.	Metodología	11
a.	Identificación del problema	11
b.	Preparación de la propuesta.....	11
c.	Revisión de antecedentes y parámetros.....	11
d.	Revisión de requerimientos.....	12
e.	Compra de materiales	12
f.	Construcción de hardware y software	12
g.	Construcción sistema de localización.....	14
h.	Video citofonía	15
i.	Diseño de App Web.....	15
ii.	Diseño en Ingeniería.....	15
a.	Criterios de diseño	15
b.	Criterios de selección	19
c.	Validación y pruebas del sistema final.....	22
d.	Manual de usuario	22
VI.	Pruebas, Resultados y Análisis de Resultados	23
i.	Diseño experimental.....	23
a.	Sensor pH	23
b.	Sensor TDS.....	25
VII.	Conclusiones y Recomendaciones.....	27
VIII.	Referencias.....	29
IX.	Anexos	31

Tabla de figuras

Figura 1 Diagrama de flujo para el funcionamiento del sistema.....	13
Figura 2 Diagrama de bloques del sistema de medición	13
Figura 3 Diagrama de conexión Raspberry con MCP3008	14
Figura 4 Diagrama de bloques de sistema actuador	14
Figura 5 Diagrama de conexión Raspberry con AQT15SP.....	14
Figura 6 Diagrama de bloques de sistema de localización	15
Figura 7 Diagrama de bloques de video citofonía.....	15
Figura 8 Diagrama de araña- Selección de sensores.....	20
Figura 9 Diagrama de araña- Selección de ordenador	20
Figura 10 Diagrama de araña- Selección de DB.....	21
Figura 11 Función de sensor pH (pH VS Voltaje).....	23
Figura 12 Prueba de hipótesis	25
Figura 13 Función del sensor TDS (Voltaje VS ppm).....	26

Tabla de Ecuaciones

Ecuación 1 Ecuación Lineal pH vs Voltaje.....	23
Ecuación 2 Función Voltaje VS pH.....	23
Ecuación 3 Estadístico Z.....	24
Ecuación 4 Función Voltaje VS ppm	25

Lista de tablas

Tabla 1 Criterio para selección de sensores.....	19
Tabla 2 Criterios para selección de ordenador	20
Tabla 3 Criterio para selección de DB.....	21
Tabla 4 Criterio para selección de Framework.....	21
Tabla 5 Muestra de 30 mediciones del sensor de pH	24

I. Introducción

En la última década ha aumentado el número de mascotas en los hogares, convirtiéndose estas en un miembro más de la familia. Teniendo en cuenta la última encuesta de Fenalco (2012), el 43% de hogares colombianos poseen una mascota [1] y de acuerdo con la Revista Pet Industry, hay cerca de 3 millones y medio de mascotas en el país [2]. Sin duda alguna, se adquieren grandes responsabilidades al momento de contar con un animal en casa; y una de estas es la correcta hidratación y alimentación de los mismos. Sin embargo, las rutinas del día a día, obligan a muchas personas a ausentarse por prolongados periodos durante el día o, en algunas ocasiones, varios días; lo cual, los fuerza muchas veces a dejar a sus mascotas en casa o bajo la supervisión aleatoria de algún conocido, que por lo general no tiene experiencia en su cuidado.

Ahora bien, con las crecientes demandas de calidad de vida, el internet se ha extendido en diversas tareas de la vida cotidiana durante décadas. En los últimos años, gracias a la tecnología de Internet de las cosas (IoT), ha habido un gran cambio y se ha entrado en una era en la que el IoT ha hecho posible detectar y controlar el mundo físico al crear objetos más inteligentes y conectarlos entre sí [3]. En este sentido, aunque es claro que la compañía y el afecto humano hacia los animales no podrán ser reemplazado fácilmente, los avances tecnológicos en torno al IoT, brindan una amplia posibilidad de cubrir la necesidad de hidratación y alimentación, mientras sus dueños no están en casa, implementando algunos dispositivos inteligentes.

En lo que respecta a la hidratación, los animales necesitan beber una cantidad de agua suficiente para mantenerse sanos y activos. Su organismo, formado por un 70 % de líquido, necesita mantenerse hidratado para asegurar el correcto funcionamiento de los órganos y para eliminar las toxinas [4] y se sabe lo difícil que es sostener esta correcta hidratación al no estar en casa con ellos, por lo que los bebederos automáticos son una magnífica solución para asegurar que las mascotas beban el agua que necesitan y hasta más, al ser estos, dispositivos llamativos para los animales.

El proyecto presentado en este informe se propone en primer lugar el diseño e implementación de un dispensador autónomo de agua para mascotas; y, en segundo lugar, el desarrollo de una aplicación móvil, que permita al usuario monitorear el consumo de agua de su mascota, y llamarlo y verlo cuando así lo desee. El documento describe de forma detallada la justificación, los objetivos del proyecto; los antecedentes a esta propuesta, consultados en distintas fuentes bibliográficas con el fin de recopilar información y establecer mejoras en cuanto a las características; la metodología seguida para lograr los objetivos; y finalmente las pruebas realizadas para demostrar el correcto funcionamiento del sistema.

II. Objetivos

i. Objetivo General:

Diseñar y construir un dispensador autónomo de agua para mascotas, integrado a una aplicación móvil para su administración y supervisión de manera remota.

ii. Objetivos Específicos:

OE 1: Identificar todas las variables a medir y controlar.

OE 2: Seleccionar los materiales, diseño, construcción y funcionamiento del dispositivo.

OE 3: Establecer parámetros de salubridad que permitan que el agua sea apta para consumo.

OE 4: Construir el hardware para garantizar la oxigenación, recambio y calidad del agua de acuerdo con los parámetros de salubridad establecidos.

OE 5: Construir el hardware para monitorear la ingesta de agua y garantizar que haya agua potable siempre disponible.

OE 6: Construir el hardware de medición para tratamiento y monitoreo de agua desechada en el reservorio, para ser reutilizada adecuadamente.

OE 7: Diseñar el sistema de monitoreo, control de variables e interfaz de configuración del usuario.

OE 8: Diseñar, construir e interconectar el dispositivo a una aplicación móvil para administrar remotamente todas las variables del sistema, control remoto manual y video citofonía.

III. Limitaciones (Anexo 1)

i. Alcances:

- ❖ El sistema podrá evaluar la calidad del agua.
- ❖ El sistema garantizará disponibilidad de agua potable.
- ❖ El sistema podrá potabilizar agua en condiciones no adecuadas para consumo animal.
- ❖ El sistema será autosostenible y contará con un tanque de almacenamiento de agua potable.
- ❖ El sistema contará con respaldo eléctrico para garantizar su autosostenibilidad energética.
- ❖ El sistema podrá monitorear los hábitos de ingesta de agua de la mascota.
- ❖ El sistema contará con video citofonía para interacción entre el usuario y la mascota.

ii. Limitaciones:

- ❖ El sistema no podrá guardar datos sin conexión a internet.
- ❖ El sistema no garantizará disponibilidad de agua, luego de agotar la existente el tanque de almacenamiento.
- ❖ El sistema no podrá garantizar que el agua expuesta al ambiente y factores externos sea potable.
- ❖ El sistema de medición no contará con 100% de exactitud en sus mediciones.

iii. Entregables:

Los resultados que se entregarán al finalizar este proyecto serán:

- ✚ Un informe con la documentación y los antecedentes que se tuvieron en cuenta para el diseño
- ✚ Un póster y un vídeo de presentación del proyecto.
- ✚ El hardware correspondiente al dispensador autónomo.
- ✚ El código fuente de la aplicación móvil.
- ✚ Manual de usuario para hardware y aplicación móvil.

IV. Estado del arte

Teniendo en cuenta los objetivos de este proyecto, para abordar el estado del arte se ha dividido esta sección como sigue: sensores y calidad del agua, operabilidad y automatización, localización y sistemas de respaldo eléctrico.

Sensores y Calidad del Agua:

El agua potable tiene un papel muy importante en la vida de los seres vivos [5]. Con esto, surge entonces la necesidad inminente de garantizar que el agua que se almacene para ser dispensada esté en condiciones óptimas para ser consumida. En este sentido, M. B. Kalpana, establece un sistema para la medición de la calidad del agua bajo los criterios de conductividad, pH y turbidez del agua, embebido en una raspberry pi [6]; asegurando que dichos parámetros son suficientes para tener un criterio riguroso para describir la calidad de agua y su posibilidad de consumo. Dada la arquitectura del sistema propuesto, se puede tener mediciones en tiempo real, de manera remota y desde plataformas web, lo que facilita su aplicación a un amplio espectro.

No obstante, los autores de “Development of IoT for Automated Water Quality Monitoring System” difieren un poco en cuanto a los parámetros de calidad. En su investigación, proponen el uso de sensores de temperatura, conductividad, salinidad, DOsat (saturación de oxígeno en agua), TDS (total dissolved solids), pH, DO (dissolved oxygen) integrados a un sistema embebido para la medición de la calidad del agua [7], con este también se posibilita una conexión remota de dispositivos y visualización de la información en tiempo real. En última instancia, se encuentra también un innovador sistema de clasificación de calidad del agua con fuzzy logic, usando los criterios de pH, conductividad, oxígeno disuelto, potencial de reducción de oxidación y temperatura, bajo referentes como agua excelente, buena, satisfactoria, pobre y mala. [8] Este sistema propuesto de sensores, usando raspberry Pi, luego se contrastó con mediciones de referencia para analizar sus errores relativos.

Operabilidad y automatización:

Por otro lado, la digitalización de los dispositivos asociados a la vida cotidiana en el hogar ha producido una convergencia hacia el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés). El IoT tiene diversos significados [9], pero se puede resumir como la interacción entre dispositivos en una red local, como la de un hogar. Con esto, ya no solo los teléfonos inteligentes o las computadoras interactuarían entre sí, sino que también lo harían los elementos que usamos día a día. Estos podrían ser dispositivos asociados al cuidado de animales domésticos, ya sea por la necesidad de dejarlos en casa algunos días o porque no se tiene el tiempo suficiente para

siempre reponer los alimentos en función de los hábitos de la mascota, asegurando así darles una alimentación y/o hidratación adecuada.

En el mercado del cuidado de mascotas, ha habido numerosos dispositivos inteligentes que aplican IoT para satisfacer diversas necesidades. Sin embargo, se encontró, por ejemplo, entre el alimentador, el dispensador de agua y la caja de arena, que la aplicación más avanzada y madura con esta tecnología es el alimentador inteligente, que generalmente contiene funciones como el control automático de la alimentación y el monitoreo en tiempo real o informes de consumo [10].

Mas, el dispensador de agua es, por el contrario, uno de los dispositivos más “desconectados” [11]. En este respecto, el precedente para los sistemas de dispensación de agua para mascotas parte de las fuentes eléctricas DrinkWell® desarrolladas por empresas como PetSafe [12]. Estos constan de una bomba de agua, que mueve constantemente el líquido; un filtro de esponja, para remover pelos y partículas grandes; así como un filtro de carbón, para eliminar las impurezas más pequeñas, y de paso asegurar una calidad y sabor de agua por mayor tiempo.

Sin embargo, el concepto de un sistema holístico de cuidado de mascotas ya había sido descrito con anterioridad en patentes que datan de finales de la primera década de los años 2000. En la patente titulada “System And Method For Computer-Controlled Pet Water Dispenser”, se describe los elementos necesarios para un sistema autónomo de dispensación de agua.[13] El cual consiste en un procesador central que controla sensores de nivel y temperatura en el recipiente de hidratación y otro sensor en el tanque de almacenamiento del sistema, conectado por intermedio de una electroválvula. En el resto del documento se presentan otros módulos como cámara, monitores, pantallas, juguetes inteligentes y conexión a internet para transmisión del estado del sistema en remoto, entre otros.

Por otro lado, la fuente de agua OurPets [14] es uno de los pocos dispositivos para beber que puede mostrar la frecuencia y la duración del consumo en un teléfono inteligente. No obstante, no existe en esta solución un registro de la situación exacta del consumo de agua en la aplicación móvil.

Por lo anterior, debido a la notable laguna de sistemas holísticos de cuidado de mascotas en el mercado, en los últimos años los investigadores avanzaron en este aspecto. En primer lugar, con la propuesta Automatic Pet Monitoring and Feeding System Using IoT [15] que buscó resolver el problema combinando una puerta inteligente para mascotas, un alimentador automático y un sistema de collar inteligente. Mientras que El Smart Pet Care System [16] fue un innovador sistema que contenía un alimentador automático, una plataforma automática para defecar y una cámara. Y finalmente, PetCare [17] es una investigación más reciente en la que

los autores han desarrollado un sistema con una puerta para mascotas activada a distancia, una almohadilla para defecar, así como un dispensador de comida y agua.

En los sistemas mencionados anteriormente, se agregan elementos de automatización, conectividad y procesos más sofisticados de purificación como el uso combinado de filtros, bombas, luz ultravioleta, y medición y control de temperatura. También se tiene la integración de alimentación, hidratación y lugar para deposiciones como servicios críticos y necesarios para un sistema global que perfila el estado de salud de la mascota, así como su ubicación y registro de actividades.

Localización

A continuación, se investigó sobre sistemas de localización. En este sentido, a pesar de que se han propuesto sistemas de vigilancia que integran tanto sensores de proximidad como cámaras, existen propuestas que tienen un mayor potencial a posteriori al integrarse con tecnologías de Deep Learning, como visión por computadora. En el artículo "Cats And Dogs" [18], sus autores usan las capacidades de clasificación de tales algoritmos para establecer con claridad cuándo existe un animal, perro o gato, en una imagen o vídeo (considerado una secuencia de vídeo) y así relacionarlo con un registro de su última posición obtenida en el entorno de desplazamiento de la mascota.

Pero un tema también muy documentado durante los últimos años es el de localización en interiores. Este es una de las áreas más prometedoras en el campo de la computación móvil [19]. Entre los métodos propuestos, se encuentra el modelo teórico planteado por Galo Nuño Barrau, que estima la posición de un terminal móvil a partir del nivel de potencia recibida en los Access Point que forman parte de la red [20]. No obstante, ninguna de las soluciones propuestas ha conseguido el éxito que han alcanzado los sistemas de localización y navegación empleados en exteriores, principalmente por razones económicas, ya que los sistemas propuestos utilizan gran cantidad de infraestructuras fijas y de gran precisión (sensores, puntos de control, estaciones base, etc.), lo que hace aumentar su coste.[19]

Sistema de respaldo eléctrico:

Se investigó también acerca del sistema de respaldo eléctrico, estos son básicamente es un conjunto de componentes y dispositivos electrónicos que permite garantizar un suministro sin interrupciones de energía eléctrica y con su integración al sistema se permite incrementar la fiabilidad del este [21]. Suelen estar compuesto por una planta eléctrica y una UPS. Sin embargo, para sistemas electrónicos pequeños, es suficiente la UPS, ya que desde su banco de baterías provee automática e instantáneamente energía y de esta manera los equipos conectados continúan funcionando. [22]

V. Descripción detallada

i. Metodología

a. Identificación del problema

Como se ha dicho, hoy en día han aumentado el número de mascotas en los hogares [1][2], y con esto las responsabilidades derivadas de su cuidado, sin embargo, en muchas ocasiones, las rutinas del día a día dificultan a los dueños ofrecer una adecuada alimentación, hidratación e incluso el acompañamiento.

Al igual que los humanos, los animales también pueden sentirse tristes y desanimados cuando experimentan encierro o abandono por tiempos prolongados [23]. Su depresión suele manifestarse en ansiedad, aburrimiento, sueño excesivo y falta de apetito, de acuerdo con American Veterinary Society of Animal Behavior [23]. Normalmente, al dejar de comer, dejan también de ingerir líquidos, lo que afecta tempranamente sus órganos. Afortunadamente es fácil prevenir y tratar esta patología para que no termine convirtiéndose en un problema crónico, en algunos casos basta con ampliar sus rutinas de paseos, y compartir espacios con su dueño, con el fin de no hacerlos sentir solos en casa [24].

b. Preparación de la propuesta

El diseño y construcción de este dispensador autónomo de agua para mascotas busca cubrir la necesidad que tienen los dueños de mascotas de atenderlas durante los periodos de tiempo que no están presentes en su hogar, ya sea por las distintas obligaciones o viajes, o por disposiciones de políticas donde no se pueden ingresar con mascotas. Durante estos tiempos prolongados fuera de casa alguien se debe encargar del animal. Se pretende facilitar a las personas que tienen una mascota en casa, qué puedan ofrecer agua dosificada y en buen estado al animal sin tener que interrumpir sus compromisos.

Para la preparación de la propuesta fue necesario tener en cuenta los recursos y el tiempo disponible, debido a que, por la situación de salud, los tiempos de entrega de algunos componentes comprados podían retrasar la ejecución del proyecto. De esta manera, se definieron los objetivos del proyecto y se delimitó el mismo con los alcances y limitaciones. Además, se elaboró el cronograma detallando cada una de las actividades y sus respectivos tiempos de ejecución. Asimismo, se realizó el presupuesto incluyendo los diferentes rubros aplicables al proyecto

c. Revisión de antecedentes y parámetros

Esta fase fue necesaria para conocer acerca de los temas relacionados con el proyecto. Para esto, se consultó en las bases de datos Scopus, Xplorer y en Google Scholar trabajos anteriores relacionados con las diferentes tecnologías de dispensadores en el mercado de mascotas. Conociendo estas se realizó un esquema comparativo con el cual se decidieron las mejores alternativas para implementar.

Se incluyó también en una revisión para reconocer qué variables afectan la potabilidad del agua y como pueden ser medidas. A partir de los resultados encontrados, se tomó la decisión de qué variables eran necesarias en nuestro caso (agua para consumo animal) y cuales podían ser descartadas.

d. Revisión de requerimientos

Para marcar el punto de partida de las siguientes actividades, se enlistaron los requerimientos funcionales y no funcionales que se muestran a continuación:

Requerimientos Funcionales:

- El software de administración será una web app responsiva alojada en una Raspberry Pi
- La app debe mostrar la información relacionada al estado de la calidad del agua del sistema en tiempo real, en función a los sensores disponibles.
- La app debe mostrar los datos de cantidad de agua usada para el sistema de dispensación de agua.
- El usuario podrá conectarse por video llamada con VNC, ya sea desde su equipo de escritorio o smartphone, con la raspberry.
- La raspberry pi será el sistema de hosting del servidor central.
- Uso de UPS para el respaldo energético.
- Uso de reservorio adicional para agua descartada.
- Uso de reservorio central para almacenamiento.
- La app manejará las credenciales de acceso del usuario.

Requerimientos NO Funcionales:

- Para conexiones remotas se requiere de un modem configurado para Port forwarding
- Los sensores están restringidos por un ADC (Conversor Análogo Digital)
- Uso de python para el manejo de la lógica de sensores y actuadores.
- Uso de node.js y express para el manejo de la lógica del servidor.
- Uso de react js para la interfaz de usuario.
- Uso de postgresql como base de datos relacional para el registro y persistencia de los datos.

e. Compra de materiales

De acuerdo a lo encontrado en el Estado del arte, y con las decisiones tomadas en Diseño en Ingeniería se realizó la compra de los materiales especificados en el Anexo 2

f. Construcción de hardware y software

Para cumplir con los objetivos, alcances y requerimientos de este proyecto, inicialmente fue necesario dividir el hardware en dos sistemas: Medición y actuador, El sistema de medición estaría compuesto por los sensores para analizar la calidad del agua, y los sensores para comprobar el estado de los tanques constantemente. Y

el sistema de actuadores, se compondría de los relays, bombas y electroválvulas que permitirían que los tanques estuvieran siempre en las condiciones óptimas.

Por otro lado, el funcionamiento del código que regiría el sistema se resume en el diagrama de la Figura 1. Los códigos individuales para el funcionamiento de cada sensor se encuentran en el Anexo 3

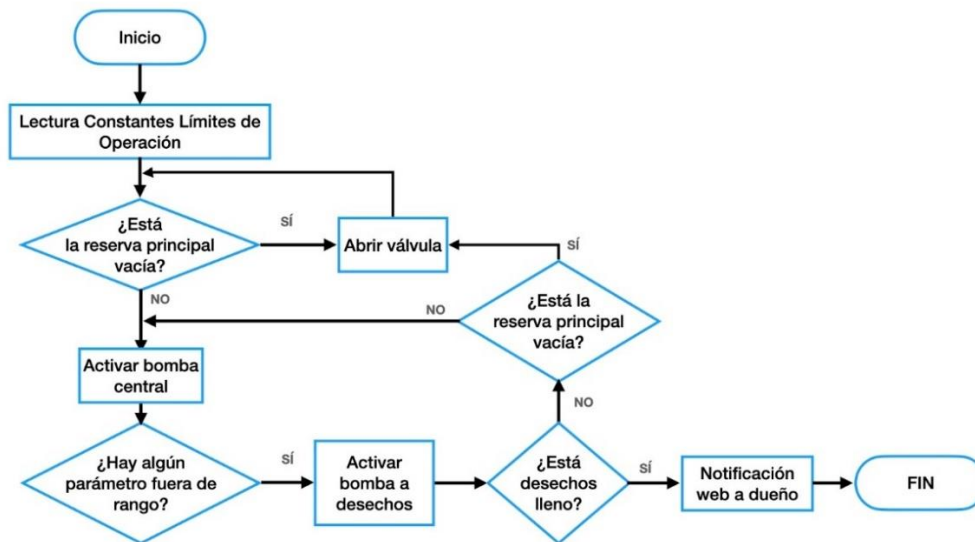


Figura 1 Diagrama de flujo para el funcionamiento del sistema

Sistema de medición

Como se mencionó, el sistema de medición está compuesto por los sensores elegidos para el área de calidad del agua y los sensores de flujo de agua y nivel de agua que indicarán las condiciones en las que se encuentran los tanques del dispensador. El diagrama de conexión propuesto se muestra en la Figura 2

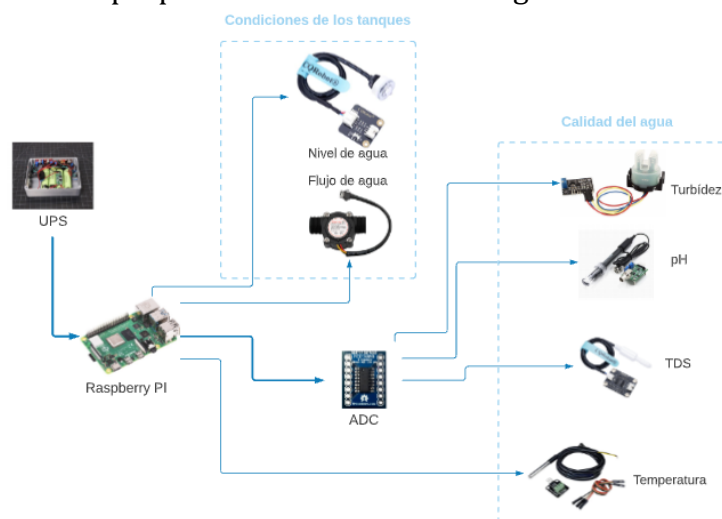


Figura 2 Diagrama de bloques del sistema de medición

La Raspberry pi posee entradas de tipo analógico, por lo que se requirió una etapa previa de conversión análoga a digital de las señales de los sensores (mayoritariamente analógicos), como se puede observar en la Figura 2. La

referencia del convertor utilizado fue la MCP3008 de 10 bits y 8 canales. La conexión realizada entre este y la Raspberry se muestra a continuación:

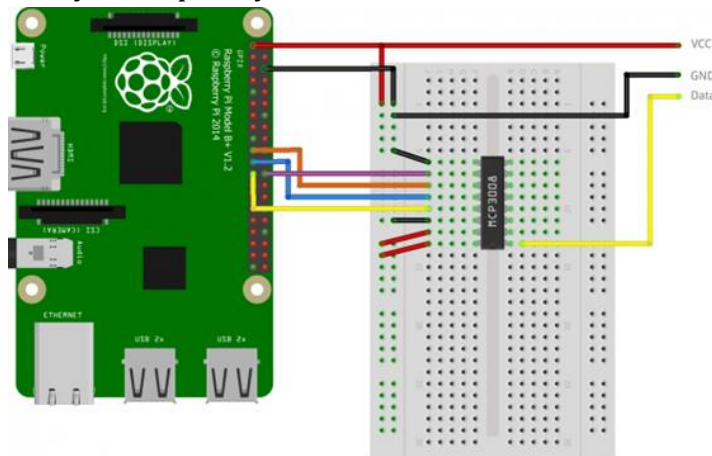


Figura 3 Diagrama de conexión Raspberry con MCP3008

Sistema de actuadores.

Por su parte los actuadores, mostrados en la Figura 4 requieren un sistema de relays. Las bombas de agua actúan en un rango de 2.5V - 6V DC y la electroválvula tipo solenoide AQT15SP de 12V DC. Se usó un módulo de relays de 4 canales y su conexión con la Raspberry en la Figura 5

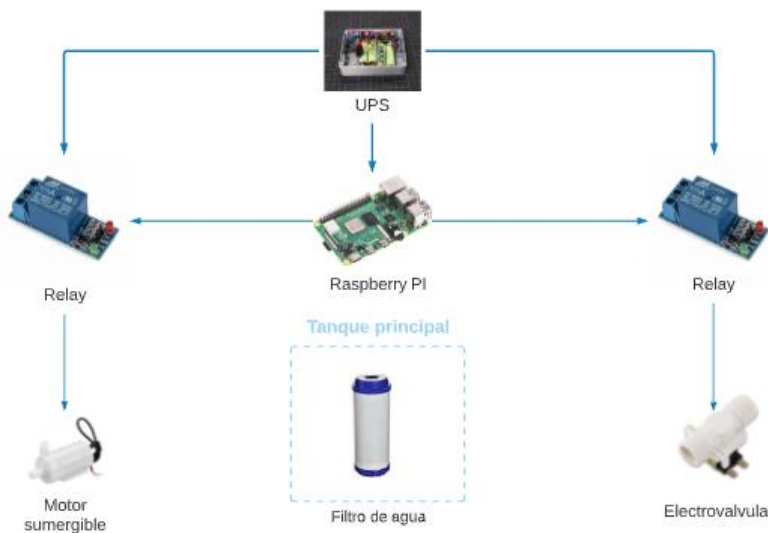


Figura 4 Diagrama de bloques de sistema actuador

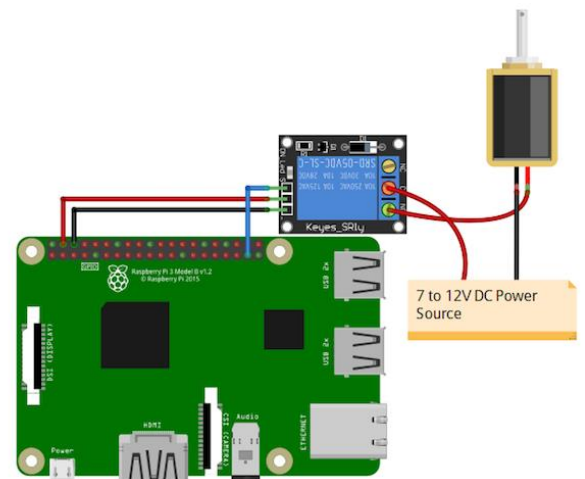


Figura 5 Diagrama de conexión Raspberry con AQT15SP

g. Construcción sistema de localización

El sistema de localización se construyó con un sensor PIR, una Raspberry Pi Zero, que permite conectividad al sistema central de manera inalámbrica (Ver Figura 6) y cámaras USB como componentes pasivos. Para esto, se ajustaron los potenciómetros de sensibilidad y tiempo de detección, al máximo y al mínimo respectivamente. Seguidamente se conectó la cámara a la Raspberry y se configuro, de la misma manera, se probó el sensor, todo lo anterior con los códigos presentados en el Anexo 4

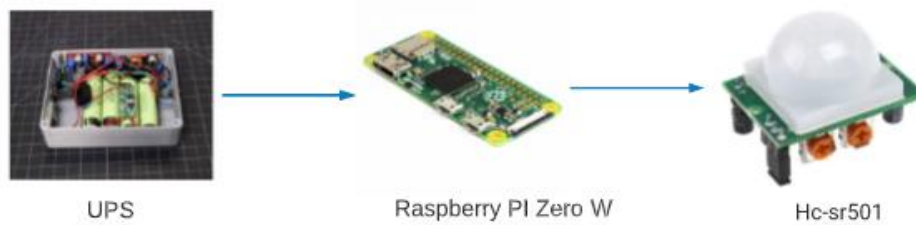


Figura 6 Diagrama de bloques de sistema de localización

h. Video citofonía

Para el módulo de video citofonía se usaron los componentes que se muestran en la Figura 7. Cada componente se configuro por separado siguiendo los pasos establecidos en el Anexo 5

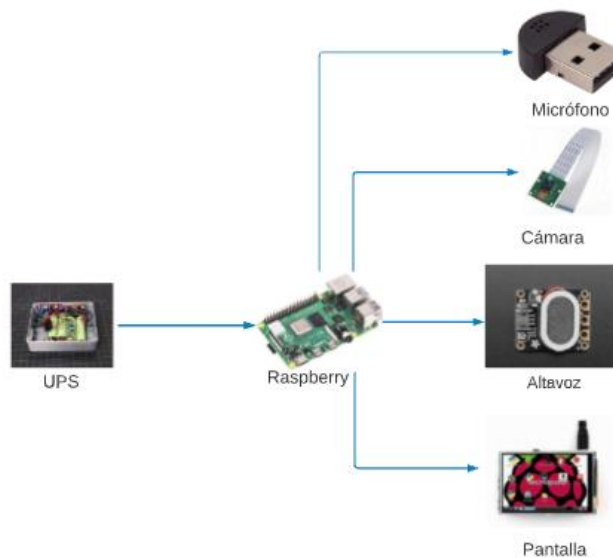


Figura 7 Diagrama de bloques de video citofonía

i. Diseño de App Web

Para el desarrollo de la Web App se inició con el montaje de una página de autenticación de usuarios (login y register), esto se logró por medio de JWT desde el backend y, a continuación, el almacenamiento del token en el local storage del frontend. Luego se crearon las tablas de las entidades de interés (sensores y cámaras en el módulo de detección de movimiento). Se procedió con la creación de los endpoints para poblar y consultar las tablas (get y post) de la API rest. En este proyecto, toda la información que se inserta en las tablas viene de las lecturas de los sensores programadas en Python y las mismas se consultan desde el front-end. El código fuente de la aplicación creada se puede ver en el Anexo 6

ii. Diseño en Ingeniería

a. Criterios de diseño

Para la preparación de las propuestas de diseño, se tuvo especial cuidado en los requerimientos de este proyecto. Con estos claros, y los antecedentes encontrados y descritos en el estado del arte se realizó un análisis de funcionalidad-calidad-costo. Las alternativas de diseño fueron divididas nuevamente en 4 campos importantes:

sensores y calidad del agua, operabilidad y automatización, framework y localización.

Sensores y calidad del agua.

Para obtener la información de la calidad del agua que sería presentada en la aplicación web al usuario fue necesaria la elección de sensores, las alternativas que se presentan son:

1. Potencial de oxidación- reducción (ORP)

El potencial de oxidación-reducción se relaciona con la medición de la relación entre las actividades de las sustancias oxidadas y las actividades de las sustancias reducidas que pueden existir en una solución de agua [25]. Esta medición se logra a cuando se coloca en el agua un electrodo de un metal noble y uno al cual se pueda hacer referencia, el más común es el electrodo de platino.[26]. El ORP puede ser un parámetro crítico del monitoreo y la calidad del agua; así, si es inferior a los niveles de 650 mV pueden indicar la presencia de altas concentraciones de microorganismos patógenos en el agua [25]

2. Oxígeno Disuelto

Es la cantidad de oxígeno presente en el agua. El OD normalmente toma valores de 0 a 18 partes por millón (ppm), niveles bajos de oxígeno (menores a 3ppm) se deben al florecimiento de microorganismos o presencia de desechos en el agua.[27]

3. Conductividad

En el agua se encuentran sólidos (minerales) de forma disueltos, que se desintegran en iones cargados positiva o negativamente. Los minerales y también otras sustancias afectan la calidad del agua potable. Para medir esta variable se usa una sonda electrónica que aplica un voltaje entre dos electrodos. La conductividad es el valor inverso de la resistencia y se mide como la cantidad de conductancia en una distancia determinada, en agua potable estos niveles deben estar entre 30 - 1500 μ S/cm [27]

4. Turbidez

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. El instrumento usado para su medida es el turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.[27]

5. pH

El pH es un importante parámetro operativo de la calidad del agua. Las aguas demasiado ácidas disuelven los metales empleados en las conducciones (plomo, cobre, zinc), los cuales, al ser ingeridos, afectan negativamente la salud, por lo tanto, La medida del pH debe estar en alrededor de 6,5 para ser un valor recomendable

[27]. Los sensores para pH son construidos con una sonda que está hecha de un electrodo de grafito que tiene las características de rendimiento estable, alta sensibilidad y amplio alcance de aplicación.

6. Sólidos disueltos (TDS)

La medición de TDS resulta ser el método más sencillo y económico para la determinación de la calidad del agua. Según la OMS, el nivel de TDS ideal en agua es menos de 300mg/l. Estos sensores, al igual que los de conductividad, utilizan electrodos.

Operabilidad y automatización

Ordenador

Dado el carácter autónomo del dispensador que se propone, se necesita un sistema controlador. Para esto, se tienen las siguientes alternativas:

1. Raspberry Pi

La Raspberry Pi es un miniordenador, por lo que requiere de un sistema operativo completo. Cuenta con un puerto Wi-Fi y una conexión Ethernet, una entrada HDMI y 4 puertos USB para conectarle diferentes periféricos que facilitarían su programación. En general se pueden hacer todo tipo de tareas, pero dada su robustez, es más conveniente en tareas complejas. [28]

2. Arduino

Arduino es básicamente un microcontrolador en el que se pueden programar pequeñas aplicaciones para usos concretos. A él se pueden conectar muchos componentes y sensores. Una de sus desventajas es que no cuenta con conexión a internet, por lo que se necesitaría una placa de expansión para poder conectarse a internet y esto supone un coste más en el caso de que necesitemos conexión a internet en nuestro proyecto. [28]

Base de datos

Para dar cumplimiento al monitoreo de los hábitos de ingesta de agua del animal, se hace necesario el uso de una base de datos donde se aloje la información arrojada por el dispensador. En este sentido, se trabajará con bases de datos relacionales, debido a la posibilidad que estas ofrecen de hacer conexiones lógicas entre diferentes categorías de información, por su forma de organizar los datos. Las alternativas consultadas fueron:

1. Microsoft SQL Server

Es un gestor de base de datos relacional desarrollado como un servidor que da servicio a otras aplicaciones de software. Esta base de datos suele presentar como principal característica una alta disponibilidad porque permite un gran tiempo de actividad y rápida conmutación. Sin embargo, es un sistema closed-source.

2. Oracle

Es también un gestor de base de datos, fabricado por Oracle que es un de las mayores compañías de software en el mundo. Es una herramienta intuitiva y cómoda de usar, que ofrece seguridad completa en el entorno de producción y de pruebas y gestión de copias de seguridad. [29]

3. PostgreSQL

Es el gestor de bases de datos open-source más avanzado capaz de trabajar con proyectos grandes sin aumentar su complejidad. PostgreSQL tiene dos ventajas fundamentales, primero en lo que respecta a su funcionalidad y capacidad de trabajar con mayores cantidades de datos, pero también en lo que respecta a su licencia, la cual es totalmente abierta para cualquier uso. [30]

Framework

Con el fin de cumplir con los requerimientos relacionados con la Web App, se hace necesario elegir un framework que permita agilizar los procesos de desarrollo de software. Las alternativas estudiadas fueron:

1. Angular

es un framework open-source en el marco de JavaScript con documentación confiable y asequible. Al usar TypeScript, cualquier cambio que deba hacerse en la aplicación podrá llevarse a cabo rápidamente y sin errores.

2. React

ReactJS es una librería JavaScript de código abierto creada por Facebook para desarrollar interfaces de usuarios mediante componentes. La principal ventaja de React es poder generar el DOM, con lo que, para visualizar el cambio, no es necesario renderizar toda la página, sino solamente el componente que haya sido actualizado. Finalmente, es utilizado por una gran comunidad por lo que existe suficiente documentación y librerías externas.

3. Vue

Por último, Vue es otro framework de JavaScript modularizado (los módulos son desacoplados) en diferentes librerías, que permiten ir añadiendo funcionalidad en el momento de necesitarla. Su principal ventaja es ser fácil, intuitivo y poco recargado. Es un proyecto open-source que cuenta con una comunidad activa que aporta todos los recursos relevantes a un repositorio común y disponible a cualquiera.

Localización

Fue necesario seleccionar un sistema de posicionamiento, que proveyera los datos para ser mostrados en la web app. Las alternativas estudiadas fueron:

1. Cámara de Video vigilancia IP

Esta cámara funciona sobre el protocolo de internet, y permite una habitación usando un software que se conecta directamente a internet. A diferencia de una cámara web, no se necesita una computadora para transmitir las imágenes de video en línea. Sin embargo, esto representa una desventaja, pues otras personas podrían acceder y ver lo que registra la cámara.

2. Raspberry Pi Zero W & Sensor de detección de movimiento

La Raspberry Pi Zero W, es una placa Raspberry que integra un adaptador WiFi y Bluetooth, es más rápida que la Raspberry Pi original. Su conexión inalámbrica hace que los proyectos de IoT que antes no tenían cabida por esta falta de conectividad integrada, ahora pueden reforzarse. A esta se acoplarían sensores de detección de movimiento, tal que cuando haya movimiento, se mande una alerta al sistema central.

b. Criterios de selección

Para cada alternativa anteriormente descrita, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Sensores y calidad del agua

- ✚ Costo: Valor pagado por la adquisición del equipo.
- ✚ Precisión: Valor máximo del error esperado en la medida
- ✚ Relevancia de la medida: A pesar de que todos los parámetros son indicadores de calidad, hay unos que dan más información respecto a la potabilidad del agua. En base a esto, se estableció una escala de evaluación del 3 al 5, donde:
 - 3, es poco relevante
 - 4 es medianamente relevante
 - 5 es muy relevante

Tabla 1 Criterio para selección de sensores

Sensor	Costo	Precisión	Relevancia de la medida
Ponderación [%]	40	40	20
ORP	\$535.000	±10mV	3
Oxígeno Disuelto	\$833.000	Calibración	3
Conductividad	\$428.400	±5%	3
Turbidez	\$48.185	±0.5%	4
pH	\$122.467	±0.25%	4
TDS	\$51.934	±10%	5

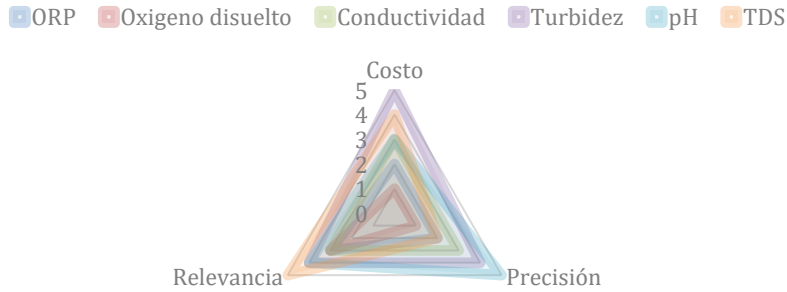


Figura 8 Diagrama de araña- Selección de sensores

Operabilidad y automatización

Ordenador

- ✚ Efectividad: Número de programas que el ordenador puede correr a la vez
- ✚ Respaldo eléctrico: Facilidad de ser alimentado usando un sistema de respaldo con baterías, por ejemplo.
- ✚ Costo: Valor pagado por la adquisición del equipo.
- ✚ Conectividad: posibilidad de conexión a internet
- ✚ Puertos: Números de puertos para periféricos con los que cuenta el ordenador.

Tabla 2 Criterios para selección de ordenador

Ordenador	Ponderación [%]	Raspberry Pi B modelo 3	Arduino
Efectividad	30	Más de uno	1
Respaldo eléctrico	10	Difícil	Posible
Costo	10	\$388.000	\$135.000
Conectividad	20	WiFi /Bluetooth	NA
Puertos	30	4	1

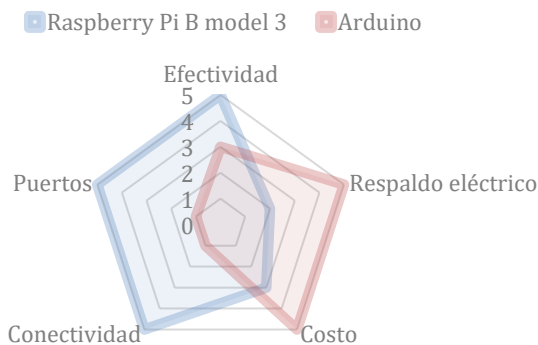


Figura 9 Diagrama de araña- Selección de ordenador

Base de datos

- ✚ Sistema Operativo: Se refiere a los SO en los que pueden ser instaladas.

- ✚ Lenguaje de programación: lenguaje estructurado y organizado que comprende varias instrucciones para producir diferentes resultados.
- ✚ Licencia: Se refiere al carácter de la licencia, sea código abierto o cerrado.
- ✚ Instalación: Se refiere a la facilidad de implementar el programa en el ordenador.

Tabla 3 Criterio para selección de DB

Base de datos	Ponderación [%]	Microsoft SQL Server	Oracle	PostgreSQL
Sistema operativo	30	Windows y Linux	Todos	Todos
Lenguaje de programación	10	C#, C++, Delphi, Java, Python, R, Ruby, VB	C#, C++, Delphi, Java, Python, R, Ruby, VB y más	C#, C++, Delphi, Java, Python, R, Ruby, VB y más
Licencia	40	Código cerrado	Basado en Oracle Cloud	Código abierto
Instalación	20	Difícil	Difícil	Fácil

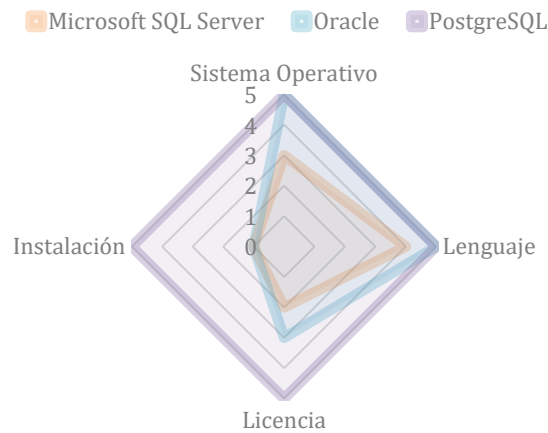


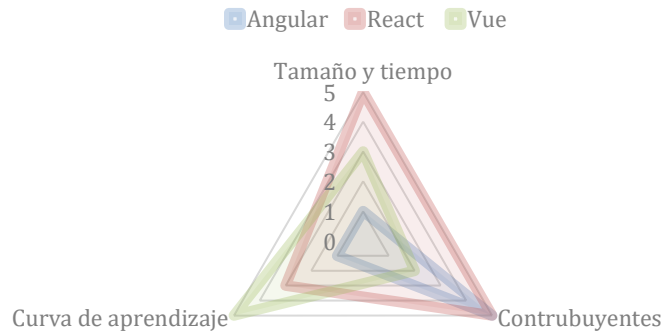
Figura 10 Diagrama de araña- Selección de DB

Framework

- ✚ Tamaño y tiempo de ejecución: peso y tiempo con el que un programa de computadora se ejecuta en un sistema operativo
- ✚ Contribuyentes: Se refiere al respaldo en documentación por parte de la comunidad.
- ✚ Curva de aprendizaje: Facilidad de aprender la alternativa en base al tiempo

Tabla 4 Criterio para selección de Framework

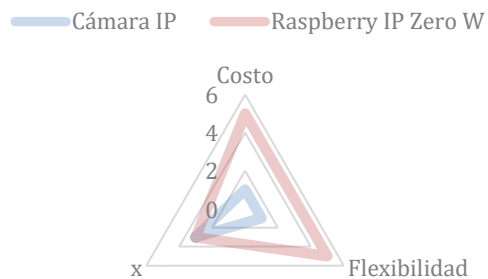
Frameworks	Ponderación [%]	Angular	React	Vue
Tamaño y tiempo	40	Mayor	menor	Media
Contribuyentes	30	Buen respaldo	Buen respaldo	Poco respaldo
Curva de aprendizaje	30	Lenta	Media	rápida



Localización

- ✚ Costo: Valor pagado por la adquisición del equipo.
- ✚ Flexibilidad: Hace referencia a la posibilidad de cargar una programación propia en el dispositivo.

Localización	Ponderación [%]	Cámara IP	Raspberry PI Zero W
Costo	50	Mayor	Menor
Flexibilidad	50	Menor	Mayor



En base a lo anterior se seleccionó para la medición de la calidad del agua los sensores de turbidez, pH y TDS, adicionalmente se integró un sensor de temperatura. La base de datos que almacenaría los datos fue PostgreSQL y el ordenador que central seleccionado fue Raspberry PI Modelo 4B. En cuanto al framework a usar en el desarrollo del front-end de la Web app, el elegido fue React.

c. Validación y pruebas del sistema final

Por último, se verificó el funcionamiento conjunto de los sensores y los actuadores para validar los requerimientos y con lo obtenido se realizaron los ajustes correspondientes.

d. Manual de usuario

Finalmente, con el hardware construido y la Web App funcionando, se procedio a escribir el manual de usuarios con los datos técnicos del hardware creado y las instrucciones de uso. El manual se encuentra en el Anexo 7

VI. Pruebas, Resultados y Análisis de Resultados.

Se realizaron pruebas sobre el sensor de pH y el sensor TDS debido a que sobre estos parámetros se contaba con un valor de referencia. La turbidez, por el contrario, es una medida relativa de la claridad del agua y por lo tanto no cuenta con un instrumento para referenciar.

i. Diseño experimental

Las pruebas de hipótesis que se realizaron a los sensores fueron sobre la media para analizar la exactitud de cada uno. A continuación, se describen los procesos:

a. Sensor pH

El pH o potencial de hidrógeno es una medida de la cantidad de acidez o basicidad de una solución acuosa. El rango normal del agua potable es de 6.5 - 8.5 en la escala de pH. Para configurar el sensor se tomaron 2 muestras de referencia de pH 4.01 y 6.81 a temperatura ambiente, y luego de pasar por el ADC MCP3008, se supo que estas mediciones correspondían a 3.54V y 2.98V respectivamente, con estos dos puntos (pH, Voltaje) y sabiendo que la relación entre estos parámetros es lineal, se obtuvo la Ecuación 1 de la línea recta mostrada en la Figura 11

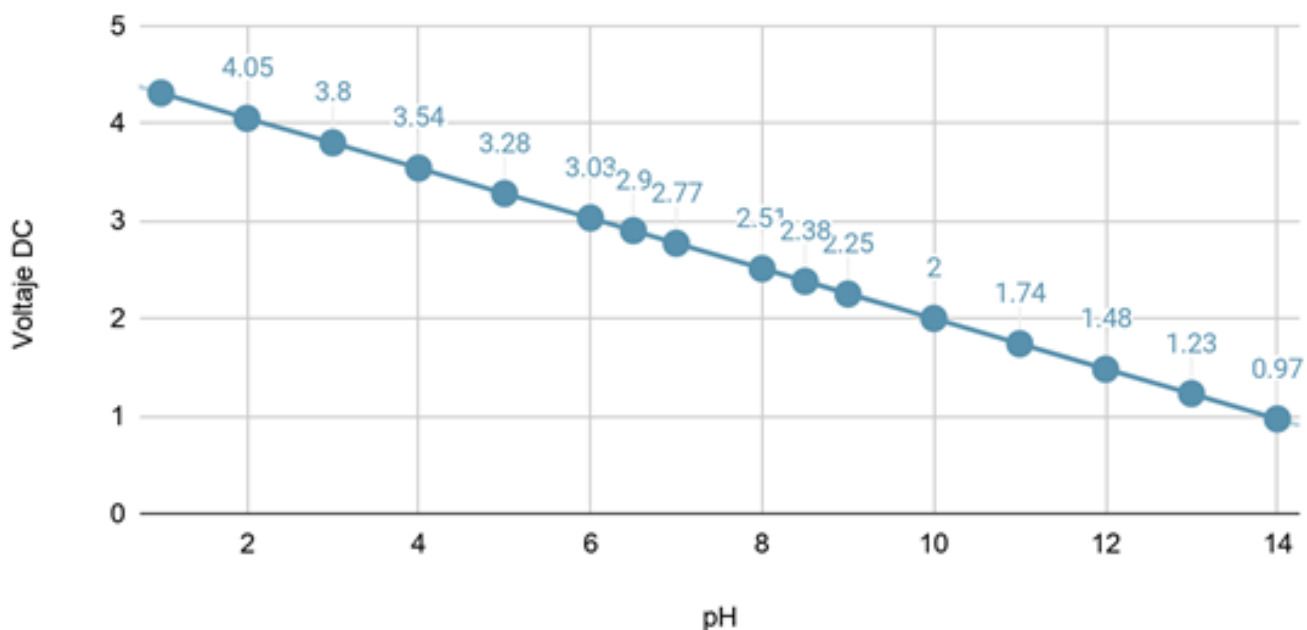


Figura 11 Función de sensor pH (pH VS Voltaje)

Ecuación 1 Ecuación Lineal pH vs Voltaje

$$Y(V) = -0.257X(pH) + 4.57$$

Luego, se encontró la función inversa de la Ecuación 1 para tener a partir del voltaje sensados, los pH de diferentes soluciones que se almacenarían para mostrarse en la Web App, la ecuación resultante se muestra a continuación:

Ecuación 2 Función Voltaje VS pH

$$Y(pH) = -3.89X(V) + 17.78$$

Para analizar la exactitud el sensor se tomó una solución de agua del grifo con un pH de 7.5 Se parte de la afirmación que el sensor de pH toma en esta muestra una medición de 7.5pH a temperatura ambiente. A partir de esta se tienen las hipótesis nula y alternativa:

- ✚ Hipótesis nula H0: $\mu = 7.5$
- ✚ Hipótesis alternativa H1: $\mu \neq 7.5$

Se escoge un valor de error tipo 1 $\alpha = 0,05$ que representa un nivel de significancia del 95% sobre una muestra de 30 mediciones (Ver Tabla 5) siguiendo una distribución normal, según la que:

Ecuación 3 Estadístico Z

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}}$$

donde:

- ✚ \bar{X} es la media muestral
- ✚ μ es la media muestral de la hipótesis
- ✚ σ es la desviación estándar muestral
- ✚ n es la cantidad de muestras

Tabla 5 Muestra de 30 mediciones del sensor de pH

Voltaje (V)	pH	Voltaje (V)	pH	Voltaje (v)	pH
2,586543	7,71773	2,531558	7,93168	2,611537	7,62048
2,476573	8,14563	2,676519	7,36763	2,702512	7,26649
2,647527	7,48044	2,566549	7,79553	2,657524	7,44154
2,550553	7,85777	2,618535	7,59325	2,628532	7,55435
2,605538	7,64382	2,579545	7,74496	2,740502	7,11867
2,52456	7,95891	2,763496	7,0292	2,689516	7,31706
2,682517	7,34429	2,686516	7,32873	2,56055	7,81887
2,444582	8,27011	2,689516	7,31706	2,78249	6,95529
2,676519	7,36763	2,695514	7,29372	2,399594	8,44516
2,692515	7,30539	2,437584	8,29734	2,740502	7,11867

Para definir las zonas de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula es preciso obtener el valor crítico en base a la significancia α y los grados de libertad a partir de la cantidad n de muestras. En este sentido, el valor crítico es Z (0.05/2) fue 1.960 tomado de la tabla de valores críticos Z.

En base al valor crítico, se divide la curva de distribución normal en 3 partes (Ver Figura 12), donde los $Z \geq \pm Z_{(0.05/2)}$ significaran rechazo de la hipótesis nula. El resultado obtenido fue:

$$Z = 1.1360 \leq Z_{\left(\frac{0.05}{2}\right)} = 1.960$$

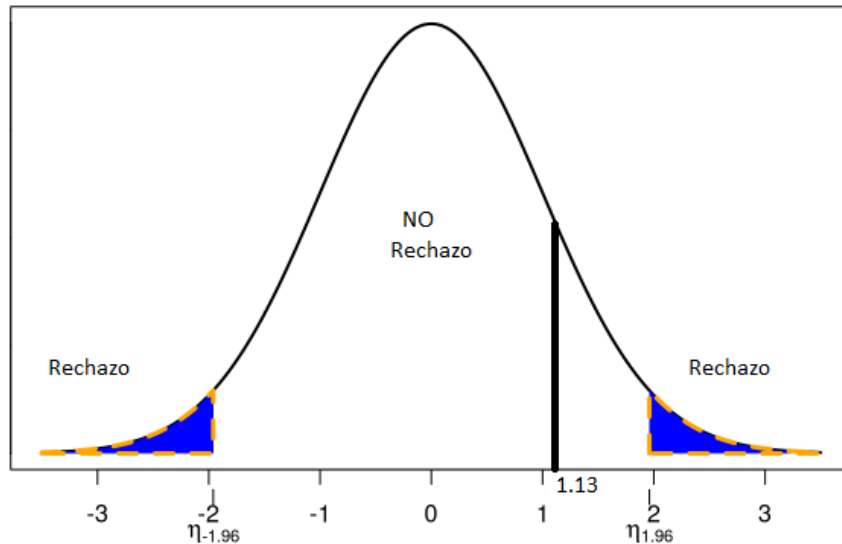


Figura 12 Prueba de hipótesis
Fuente: RStudio

Con lo anterior se puede concluir con un 95% de confiabilidad que la medida del sensor en una solución de 7.5pH es igual a 7-5pH, es decir el sensor de pH toma mediciones exactas.

b. Sensor TDS

El sensor TDS mide la cantidad de sólidos disueltos en una solución en partes por millón(ppm). El rango máximo aceptable para el agua es de entre 300 y 500 ppm. Una cantidad menor carece de los minerales necesarios y un mayor afecta el rendimiento de los filtros del sistema de agua. Sabiendo que este sensor presenta una relación exponencial entre el voltaje y la ppm, se tomaron 3 soluciones de referencia de 110, 760 y 1440ppm para las cuales los voltajes a la salida del ADC fueron 1.9, 2.35, 2.46 respectivamente. Se graficaron estos 3 puntos (voltaje, ppm) y se realizó un ajuste de función con la herramienta de Excel, como se muestra en la Figura 13, la Ecuación 4 muestra este ajuste

Ecuación 4 Función Voltaje VS ppm

$$Y(ppm) = 0.0122^{4.73X(V)}$$

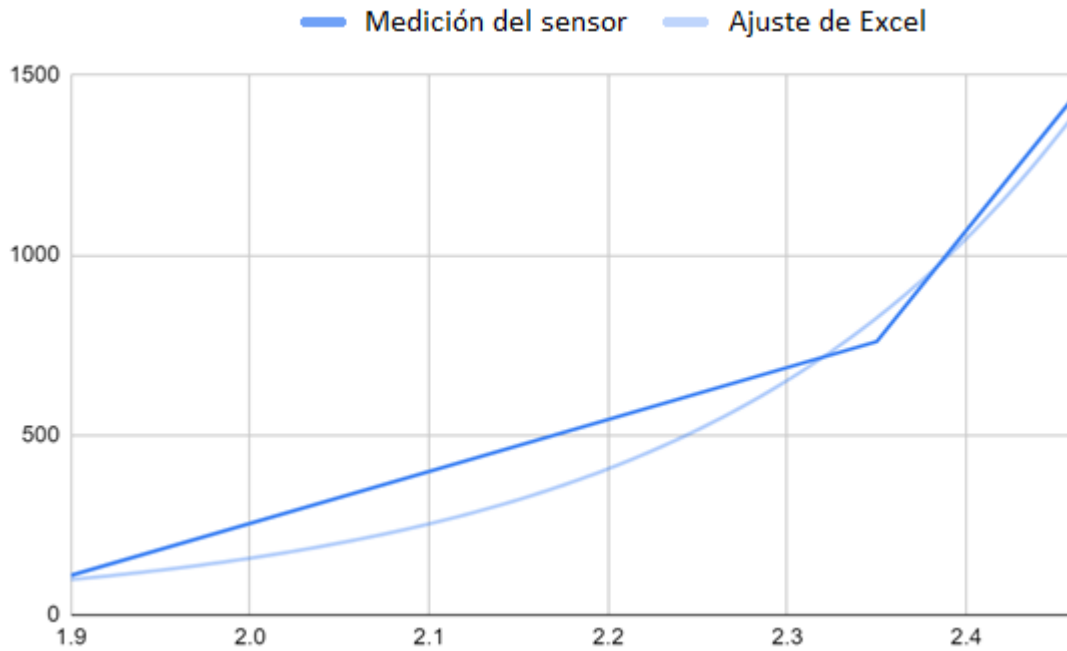


Figura 13 Función del sensor TDS (Voltaje VS ppm)

Para analizar la exactitud el sensor se tomó una solución de agua del grifo con un TDS de 840ppm. Se parte de la afirmación que el sensor de toma en esta muestra una medición de 840ppm a temperatura ambiente. A partir de esta se tienen las hipótesis nula y alternativa:

- ✚ Hipótesis nula $H_0: \mu = 840$
- ✚ Hipótesis alternativa $H_1: \mu \neq 840$

Se escoge un valor de error tipo 1 $\alpha = 0,05$ que representa un nivel de significancia del 95% sobre una muestra de 30 mediciones siguiendo una distribución normal, y se obtiene, con la Ecuación 3 el estadístico $Z = -0.94$.

Al igual que en la prueba para el sensor anterior el valor crítico en base a la significancia α es $Z (0.05/2)$ fue ± 1.960 , por lo que, con una confiabilidad del 95% se puede aceptar la hipótesis nula, estableciendo que el sensor TDS toma mediciones exactas también.

VII. Conclusiones y Recomendaciones

Después de haber finalizado el presente proyecto es factible afirmar que se cumplieron de forma idónea todos los objetivos propuestos siguiendo los alcances y limitaciones definidos en la etapa de planeación. En primera instancia, se logró identificar todas las variables a medir y controlar, con lo que se pudo seleccionar los materiales, diseño, construcción y funcionamiento del dispositivo. En este mismo sentido, fue posible establecer los parámetros de salubridad que permiten que el agua sea apta para consumo y con esto garantizar disponibilidad de agua potable.

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema, se realizaron las pruebas de hipótesis sobre la media de las mediciones de los sensores escogidos para concluir con suficiente confiabilidad que todos los dispositivos usados brindarían datos exactos sobre las mediciones y que por lo tanto la lógica que regiría el sistema funcionara correctamente según los límites establecidos por las entidades de salud para agua apta para consumo tanto humano como animal.

Por otro lado, para dar cumplimiento al objetivo de diseñar y construir el hardware que permitiera la oxigenación y el monitoreo de la ingesta de agua se usó la tecnología IoT. Sin embargo, considerando que los avances de esta tecnología aplicada en el mercado de mascota aún son bastante recientes, se requirió llevar a cabo más estudios relacionados con el tema, con el fin de encontrar más alternativas que favorezcan la operación del sistema. Por lo que se decidió usar una tarjeta Raspberry que otorga más flexibilidad, en conjunto con distintos sensores y actuadores con la posibilidad de comunicarse tanto por cable como inalámbricamente con el sistema central.

Se recomienda para futuras investigaciones:

- ✚ Tener en cuenta el manejo apropiado de la calibración según la documentación disponible para no tener inconvenientes con el cálculo de la función de conversión de voltios a unidad medida (voltaje a pH, por ejemplo)
- ✚ Buena comprensión de manejo de redes LAN para la rápida detección de errores y mejorar los tiempos de desarrollo
- ✚ El uso del sensor de turbidez es plausible como sensor de detección de nivel, pero en sentido práctico se desaconseja este uso porque puede lanzar resultados ambiguos para aplicar la lógica de activación del relay. Lo conveniente siempre será usar un sensor con el único fin para el cual ha sido optimizado.
- ✚ Antes de abordar el diseño y los criterios de selección de sensores, tener en cuenta el tipo de señales que puede leer la tarjeta de desarrollo o microcontrolador, la cantidad disponible y los valores máximos admisibles para operar de forma segura. Así se podrá escoger el tipo de sensor que mejor se ajuste

a los elementos disponibles o bien adaptar el diseño para integrar el nuevo elemento. Aquí es fundamental el manejo y configuración de conversores (ADC o ACD).

✚ La implementación óptima para un sistema de video citofonía pasa por el uso de la tecnología de webrtc. La desventaja de su uso está en la poca documentación disponible como barrera de entrada para nuevos desarrolladores, sobre todo en aplicaciones con funcionalidades especializadas como las del presente proyecto: control unidireccional con comunicación bidireccional.

✚ La mejor opción opensource para sistemas de videollamada es jitsi pero carece de la documentación y comunidad necesarias para proyectos especializados en desarrolladores. La solución intermedia es la provista por servicios como Daily, sin embargo, su experiencia freemium es limitada para los alcances de este proyecto y se incurriría en una alta inversión en costo fijos mensuales rápidamente.

✚ Conseguir sistemas de validación para ajustar de manera más confiable los sensores. Por ejemplo, usar un ph-metro con soluciones de ph estandarizadas para comparar instrumento y sensor en tiempo real. Esto requiere una inversión adicional y entre más especializado sea el sensor, así escalará el precio de muestras estandarizadas de prueba y de instrumentos asociados.

VIII. Referencias

- [1] Fenalco. (2012, marzo). Estudio de mascotas – Inteligencia Latinoamericana de mercado (Investigaciones)[Online] Available: <http://211.87.60.190.host.ifxnetworks.com/Investigaciones>
- [2] S. Aguirre. (2019, enero 22). Proyecciones del mercado para mascotas (Gerencia)[Online] Available: <https://petindustry.co/>
- [3] K. Seungcheon, "Smart Pet Care System using Internet of Things", *International Journal of Smart Home*, Vol. 10, No. 3, pp.211-218, octubre 2016.
- [4] Tu Granja en Casa. (2019, octubre 15). La importancia de una buena hidratación para tu perro (Información y Recomendaciones) [Online] Available: <https://www.tugranjaencasa.es/blog/> .
- [5] J. Salas-Salvadó, F. Maraver, L. Rodríguez, M. Sáenz, I. Vitoria, L. Moreno, "Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual." (2020). *Nutrición Hospitalaria*, Vol. 37, No3 5, pp.1072-1086, enero 2021.
- [6] M. B. Kalpana, "Online Monitoring Of Water Quality Using Raspberry Pi3 Model B", *IJITR*, Vol. No.4, pp.4790-4795, octubre-noviembre 2016
- [7] R. P. N. Budiarti, A. Tjahjono, M. Hariadi, M. H. Purnomo, "Development of IoT for Automated Water Quality Monitoring System," en *International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE)*, Jember, Indonesia, 2019, pp.211-216.
- [8] L. L Rodríguez, K. Ortiz, J. Diago, J. A. Caicedo, J. Mosquera, "Sistema Basado En Lógica Fuzzy Para La Detección Del Nivel De Riesgo De Contraer Enfermedades Relacionadas Con El Consumo De Agua No Salubre", tesis, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Ingeniería, Popayán, Colombia, 2020.
- [9] Software y Soluciones de Analítica (No especificada). Transformación Digital Qué es y por qué es importante (SAS Insights -Big Data Insights) [Online] Available: https://www.sas.com/es_co/home.html
- [10] G. Parker. W. Rhoda, (actualizado: 2021, enero 12). Top 10 Automatic Pet Feeders of 2019, (Pets)[Online] Available: <https://wiki.ezvid.com/>
- [11] Y. Chen, M. Elshakankiri, "Implementation of an IoT based Pet Care System" en *International Conference of Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)*, Regina, Canada, 2020, pp. 256-262.
- [12] Drinkwell, Manual de usuario Drinkwell Pet Fountain, Radio Systems Corporation, ©2019.
- [13] SYSTEM AND METHOD FOR COMPUTER-CONTROLLED PET WATER DISPENSER. United States Patent, 2008
- [14] Ourpets.com. [Online]. Available: <http://ourpets.com/>. [Accessed: Sep 09, 2019].
- [15] S. Subaashn, M.Sowndarya, DKS Sowmyalaxmi, SV Sivassan and C Rajasekaran. "Automatic Pet Monitoring and Feeding System Using IoT", *International Journal of ChemTech Research*, vol 10. no. 14. pp. 253-258, 2018.

- [16] S Kim, "Smart Pet Care System using Internet of Things" International Journal of Smart Home, Vol. 10, no 3. pp. 211-218, 2016.
- [17] A Luayen, G. Tolentino, V Almazan, P Pascual, M. Samonte, "PetCare A Smart Pet Care IoT Mobile Application" en ICAE, 2019.
- [18] Omkar M Parkhi¹, "Cats and Dogs", tesis, University of Oxford, Department of Engineering Science, United Kingdom. 2012.
- [19] L. Diaz, A. Tabernilla, "Sistema De Localización En Interiores", tesis, Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Madrid, España, 2019.
- [20] G. Nuño-Barrau y J.M. Páez-Borralló, "Algoritmos para localización en interiores mediante WLAN comerciales basados en funciones discriminantes lineales y modelos ocultos de Markov" Tesis, ETSI Telecomunicación, Madrid, 2006.
- [21] Guacaneme, D. Velasco, C. Trujillo "Revisión de las características de sistemas de almacenamiento de energía para aplicaciones en micro redes", SciELO Analytics, 2014.
- [22] AC&CC Ingenieros. (2018, septiembre 22). ¿En qué consiste un sistema de respaldo o de emergencia? (Categorías de productos) [Online] Available: <https://www.ac-cc.com/>.
- [23] American Veterinary Society of Animal Behavior (2021, abril 12). Returning to work outside of the home? Start preparing your dog for this change now [Online] Available: <https://avsab.org/>
- [24] Hospital Veterinario Nacho Menes. (2018, septiembre 26). Creo que mi perro sufre depresión ¿Qué puedo hacer? [Online] Available: <https://hvnachomenes.com/>
- [25] M. Mérida, "Propuesta de una metodología para el monitoreo de la calidad de agua a través del potencial de óxido reducción, en una planta potabilizadora", Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2018.
- [26] J. Romero, "Calidad de Agua", Escuela Colombiana de Ingeniería, Vol. 3, p. 54-55, 2009.
- [27] Pérez-López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Revista Tecnología En Marcha, 29(3), pág. 3-14.
- [29] NETEC, ¿Qué es Oracle? (Glosario)[Online] Available: <https://www.netec.com/>
- [30] Arsys, (2018, junio 16) ¿Por qué elegir PostgreSQL y llevarlo a Cloud? (Cloud>>Soluciones) [online] Available: <https://www.arsys.es/>

IX. Anexos

Anexo 1

[Delimitación del proyecto](#)

Anexo 2

[Lista de materiales usados y precios](#)

Anexo 3

[Códigos de sensores en el tanque](#)

Anexo 4

[Código sistema de localización](#)

Anexo 5

[Configuración módulo de video citofonía](#)

Anexo 6

[Código fuente de la Web App](#)

Anexo 7

Manual de usuario