



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

EL-5116 TALLER INTEGRADOR

ANTEPROYECTO

Medición de consumo y calidad de agua en la planta de matanza del
Campus Tecnológico Local San Carlos

Integrantes:

Samuel Cabrera Agüero

Jose David Leiva Reina

Joshua Valverde Sotovando

II Semestre 2024

CONTENIDOS

CONTENIDOS	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Entorno.....	3
1.2. Síntesis del problema.....	3
1.3. Justificación del proyecto.....	3
1.4. Descripción del alcance del proyecto	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.1. Descripción del problema.....	4
2.2. Limitaciones	4
2.3. Consideraciones	4
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. ESTADO DEL ARTE.....	6
4.1. Resumen de referencias	6
4.2. Elementos clave de las referencias	8
4.3. Matriz de Pugh.....	11
4.3.1. Sensores:	11
4.3.2. Portabilidad:.....	11
4.3.3. Acceso a datos:	11
4.3.4. Costo:	11
5. ENFOQUE DE LA SOLUCIÓN	13
5.1 Posibles Soluciones	13
5.2 Análisis de las soluciones y selección de la más adecuada.....	13
5.3. Diagrama de Bloques	13
6. ACTIVIDADES.....	15
7. PRESUPUESTO	17
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Entorno

Este proyecto se desarrolla en la planta de matanza operada por la Escuela de Agronomía en la sede de San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La situación radica en que esta planta es una de las principales consumidoras de agua en dicho campus, lo cual presenta una necesidad de monitoreo constante de consumo, además de asegurar los estándares de cloración y calidad del agua definidos por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA). El proyecto consiste en un sistema electrónico de sensores basado en Arduino que permita cuantificar el consumo de agua y diferentes parámetros de calidad.

1.2. Síntesis del problema

La planta de matanza de la sede San Carlos del ITCR no posee un monitoreo constante del consumo de agua y una medición en tiempo real de cloro, acidez y sólidos disueltos.

1.3. Justificación del proyecto

Este proyecto es de suma importancia para garantizar que se estén cumpliendo las normativas de SENASA y medir el consumo de agua, además de reducir la carga laboral de las personas encargadas del monitoreo de la calidad del recurso hídrico. Actualmente, no se cuenta con un sistema que mida en tiempo real las variables de calidad del agua, además el consumo se cuantifica mediante los medidores dados por el AyA por lo que mediante este proyecto se simplificaría la tarea de realizar las mediciones y la adquisición de datos. Por otra parte, al ser un proyecto de costo relativamente bajo, puede ser replicado en otros tipos de industria e incluso hacerse a una mayor escala.

1.4. Descripción del alcance del proyecto

La construcción de este prototipo integra el diseño de un sistema electrónico basado en Arduino para la planta de matanza que se encargará de medir el consumo y la calidad del agua, todo esto en tiempo real. Se medirá el pH, la cloración, el total de sólidos disueltos y el consumo de agua mediante su caudal; la medición será en tiempo real y se mostrará mediante una pantalla LCD. El sistema planteado será modular por lo que tendrá capacidad de ser expandido en el futuro para agregar mediciones como el ácido paracético, el cual también es medido en la planta pero que no se va a realizar en este proyecto por motivos de costo.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

La planta de matanza ubicada en el Campus Tecnológico Local San Carlos utiliza agua de pozo, por lo que requiere una medición del consumo de agua que sea preciso a un nivel litros por minuto y sencillo a la hora de extraer los datos además de mediciones en referencia a la calidad del agua. Actualmente se hacen mediciones de cantidad de cloro en el agua y de ácido peracético, pero se determina un rango utilizando métodos colorimétricos que son poco precisos por lo que se necesita modernizar el proceso. La planta actualmente no realiza ninguna medición de acidez del agua y la presencia de coliformes fecales por lo que es necesario añadir una forma de medir estos datos.

2.2. Limitaciones

Existen limitaciones en el presupuesto ya que la medición de ácido peracético utiliza sensores de alto costo económico de \$1500, por lo cual no es posible considerarlo para el proyecto actual. La planta de matanza en la cual se va a colocar el sistema de medición no posee un lugar específico por lo cual se debe crear un sistema portátil y fácil de transportar en caso de que en el futuro sea necesario moverlo a una ubicación distinta.

2.3. Consideraciones

Es importante considerar que en la planta en matanza hay un constante movimiento de personas, muchas de ellas moviendo objetos pesados, por lo cual la solución que se va a implementar debe ser claramente visible y no debe poseer cables sueltos cercanos al suelo que pueden ser peligrosos para los trabajadores y además generar daños al sistema de medición. El sistema de medición debe colocarse en un lugar accesible, pues es necesario controlar el consumo y los rubros de calidad del agua varias veces al día.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Medir el consumo y la calidad del agua en la planta de matanza del Campus Tecnológico Local San Carlos, asegurando el cumplimiento de los estándares definidos por SENASA (Servicio Nacional de Salud Animal).

3.2. Objetivos específicos

Diseñar un sistema electrónico basado en Arduino que cuantifique consumo y calidad del agua de manera precisa.

Medir el contenido de cloro, acidez del agua y presencia de poliformes fecales a un nivel de ppm para garantizar la correcta desinfección del agua utilizada en la planta.

Enviar los datos de manera fiable a una computadora mediante una conexión cableada al sistema de medición para posteriormente ser analizados.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. Resumen de referencias

Título del artículo	Autores	Problema por resolver	Solución implementada	Referencia	Año
Water Quality Monitoring with Arduino Based Sensors	W. J. Hong, N. Shamsuddin, E. Abas, R. A. Apong, Z. Masri, H. Suhaimi, S. H. Gödeke, and M. N. A. Noh	Monitoreo de la calidad del agua a partir de sensores compatibles con Arduino	Microcontrolador al que van conectados sensores de pH, temperatura, turbiedad y sólidos disueltos.	[1]	2021
Design and Implementation of a Low-Cost Real-Time In-Situ Drinking Water Quality Monitoring System Using Arduino	S. O. Osman, M. Z. Mohamed, A. M. Suliman, and A. A. Mohammed	Monitoreo de la calidad del agua a partir de sensores de bajo costo, compatibles con Arduino en tiempo real	Sensores conectados a acondicionadores de señal seguidos de un microcontrolador con una interfaz digital que activa notificaciones cuando las variables de los sensores superan los límites, mediciones en tiempo real	[2]	2018
Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural	A. Conejeros Molina, C. Hueichaqueo Pichunman, B. L. Martínez-Jimenez, and A. Placeres Remior	Monitoreo de la calidad del agua en zonas rurales a partir de sensores de bajo costo, compatibles con Arduino en tiempo real	Sensores conectados a acondicionadores de señal seguidos de un microcontrolador con una interfaz digital que activa notificaciones cuando las variables de los sensores superan los límites, mediciones en tiempo real. Posee alarmas químicas, físicas y microbiológicas, adicionalmente se adapta a un Raspberry pi para procesar los datos y ser trasladados a una nube	[3]	2021
Evaluación de tecnologías de cloración mediante sistemas de pastillas y cloro líquido controlado con ORP	M. D. Vargas-Portuguez	Evaluación de un sistema de desinfección por cloro en asadas por medio de sensor de potencial de oxidación reducción.	Consiste en un sensor de ORP colocado en la salida del tanque de agua clorada que envía datos a un panel de control. Realiza la revisión de los datos en tiempo real para determinar que la	[4]	2021

en agua para consumo humano			clorificación se encuentre dentro de los parámetros adecuados.		
Monitoring System of Water Quality on Hydroponic Planting Media using Total Dissolved Solid (TDS) Sensor Based Arduino Uno R3.	Muhammad Hidayatullah, Sofyan Sofyan, Paris Ali Topan, Titi Andriani, & Nurhairunnisah Nurhairunnisah	Monitoreo de calidad del agua en una planta hidropónica con enfoque de sensor de total de sólidos disueltos basado en Arduino.	Posee un sensor TDS (Total dissolved solids) conectado a un Arduino para enviar los datos recolectados, adicionalmente proyectará en una pantalla LCD los datos en tiempo real y tendrá un buzzer que indicará cuando esté fuera de los límites establecidos.	[5]	2022
Prototipo de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de la calidad de agua para uso recreativo	V. V Ramos, L. N Layedra, S. J Guerra and V, J Montero	Red de sensores para monitoreo de calidad del agua en balneario natural para cumplir con parámetros de calidad según la norma de Ecuador.	Red de sensores inalámbricos compatibles con Arduino mediante un software de muestreo, un sistema de recolección de datos mediante Raspberry pi y una interfaz de usuario para acceder a los datos en tiempo real.	[6]	2020
IoT System for Real-Time Water Quality Measurement and Data Visualization	R. Koleva, E. Zaev, D. Babunski, G. Rath and D. Ninevski	Monitoreo en tiempo real para la calidad del agua y visualización de datos a partir de una interfaz de usuario.	Se realiza un nodo de sensores de pH, turbiedad, temperatura y sólidos solubles; al ser la mayoría analógicos se requería una previa calibración realizada con una conexión ADC para establecer los límites. Seguidamente se realiza la interfaz gráfica en Grafana, un programa que muestra, mediante gráficos de tendencia, los valores tomados.	[7]	2023
Arduino-based automated system for determining water flow consumption in open flow	Koshoeva, B. B., Mikheeva, N. I., Mikheev, D. I., & Bakalova, A. T	Monitoreo automatizado de consumo de agua en canales abiertos.	En este proyecto se toma un sensor de flujo de agua. Como no se puede conectar a una llave fija, se realiza es una canalización del agua para que pueda entrar por el sensor y medir el flujo y la presión del agua. El sensor está	[8]	2021

			conectado vía Arduino y los datos se muestran en una computadora.		
Water Quality Identification System Using Arduino	P. Manikandan, S. M. Kanna, S. D. K. Reddy and S. Subhash	Monitoreo en tiempo real de la calidad del agua con sensores de bajo presupuesto utilizando Arduino.	En este proyecto se realiza un nodo de sensores de pH, cloro y turbiedad del agua. Se presta especial atención al tema del sensor de niveles de cloro en el agua. Esto se realiza mediante un sensor de ORP (Potencial de Oxidación Reducción). El arduino está conectado a una pantalla LCD que muestra los datos en tiempo real y cambia de color si algún dato se encuentra fuera de los límites.	[9]	2021

4.2. Elementos clave de las referencias

Título del artículo	Problemas encontrados	Aportes de la solución	Ventajas de la solución	Desventajas de la solución
Water Quality Monitoring with Arduino Based Sensors	Necesidad de monitoreo de calidad del agua con sensores de bajo costo y alta precisión	Uso de sensores pH, temperatura, turbidez y sólidos disueltos conectados a un microcontrolador Arduino	Monitoreo económico, preciso y de fácil implementación en diversas industrias	Requiere conocimientos técnicos para configuración y mantenimiento
Design and Implementation of a Low-Cost Real-Time In-Situ Drinking Water Quality Monitoring System Using Arduino	Necesidad de un sistema de monitoreo en tiempo real y de bajo costo para la calidad del agua potable	Sensores conectados a un microcontrolador con notificaciones automáticas cuando los parámetros exceden los límites, interfaz digital	Provee alertas en tiempo real, fácil de usar e implementar	Requiere una calibración constante de los sensores

		para visualización de datos		
Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural	Monitoreo constante y económico de calidad del agua en zonas rurales	Uso de sensores conectados a un microcontrolador con interfaz digital y alarmas inteligentes, además de un sistema de almacenamiento y procesamiento en la nube	Implementación en zonas rurales con tecnología accesible, mejora la calidad del agua	Al ser un sistema con almacenamiento de datos en la nube y al estar ubicado en una zona rural, corre el riesgo de una débil conexión a internet.
Evaluación de tecnologías de cloración mediante sistemas de pastillas y cloro líquido controlado con ORP (Potencial de Oxidación-Reducción) en agua para consumo humano	Desafíos en la desinfección efectiva y constante del agua potable en pequeña escala	Evaluación y modificación de sistemas de cloración por pastillas y cloro líquido, utilizando sensores ORP (Potencial de Oxidación-Reducción) para un control preciso	Mejora en la calidad del agua clorada, implementación de tanques de premezcla	Variaciones en los niveles de cloro durante el día ya que el sistema de cloración es manual.
Monitoring System of Water Quality on Hydroponic Planting Media using Total Dissolved Solid (TDS) Sensor Based Arduino Uno R3.	Necesidad de monitoreo de sólidos disueltos en medios de cultivo hidropónico	Uso de un sensor de sólidos solubles conectado a un Arduino para enviar datos recolectados y proyectar en una pantalla LCD, con alertas audibles cuando los datos exceden límites establecidos	Precisión en el monitoreo de calidad del agua para cultivo hidropónico, integración con tecnología accesible	Limitado a la detección de sólidos disueltos, no incluye otros parámetros importantes

Prototipo de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de la calidad de agua para uso recreativo	Necesidad de monitoreo constante y en tiempo real de la calidad del agua en áreas recreativas	Red de sensores inalámbricos compatibles con Arduino y Raspberry Pi, con almacenamiento de datos en memoria USB y Google Drive	Fácil acceso a datos en tiempo real, buena precisión de sensores	Limitaciones de distancia para comunicación inalámbrica, requerimientos de energía para sensores
IoT System for Real-Time Water Quality Measurement and Data Visualization	Monitoreo en tiempo real y visualización de datos de calidad del agua	Sistema basado en Raspberry Pi para medición y transmisión de datos en tiempo real, accesible desde la nube.	Visualización de datos en tiempo real con acceso remoto, mejora en la gestión de la calidad del agua	Requiere una infraestructura de red y enlace a internet muy estable para poder ver los datos en tiempo real en la nube.
Arduino-based automated system for determining water flow consumption in open flow	Necesidad de medición precisa del consumo de agua en flujo abierto	Uso de un sensor de flujo de agua compatible con Arduino, con transmisión de datos en tiempo real mediante Bluetooth	Alta precisión en la medición del consumo de agua ya que la medición es para un flujo constante de agua.	Necesita infraestructura para canalización del agua y puede tener limitaciones en entornos con alta variabilidad de flujo
Water Quality Identification System Using Arduino	Necesidad de monitoreo económico y en tiempo real de la calidad del agua	Uso de sensores de pH, cloro y turbidez conectados a un microcontrolador Arduino, con visualización en pantalla LCD y alertas de cambio de color cuando los datos exceden límites.	Monitoreo económico y preciso, integración fácil con tecnología accesible.	El uso de sensores económicos puede representar el uso de sensores que no tienen mucha efectividad.

4.3. Matriz de Pugh

Antes de analizar los resultados de la matriz, es fundamental comprender cómo se han asignado los puntajes y cómo se comparan las diferentes referencias. Todas las alternativas o referencias (Ref 1 a Ref 9) han sido evaluadas en comparación con una solución base, que se discutirá en detalle en la sección 5.1.

4.3.1. Sensores:

En esta categoría, se asigna un puntaje de "1" cuando una referencia presenta una implementación más eficiente o superior en términos de calidad y costo en comparación con la solución base. Un puntaje de "0" indica que la alternativa es equivalente a la solución base, y un "-1" sugiere que la referencia es inferior o menos eficiente.

4.3.2. Portabilidad:

- Acceso inalámbrico: Se otorga un "1" si la referencia tiene acceso inalámbrico, un "0" si es equivalente, y un "-1" si no tiene acceso inalámbrico.
- Tamaño: Un puntaje de "1" indica que la referencia es más compacta que la solución base, "0" si es equivalente, y "-1" si es más grande.
- Facilidad de mantenimiento: "1" si la referencia es más fácil de mantener, "0" si es igual, y "-1" si es más difícil de mantener en comparación con la solución base.

4.3.3. Acceso a datos:

En esta sección, se evaluó el acceso a datos en tiempo real, la interfaz y la compatibilidad con Arduino. Se utiliza la misma escala de "1", "0" y "-1" para reflejar si la referencia es superior, equivalente o inferior a la solución base en estos aspectos.

4.3.4. Costo:

Finalmente, se consideró el costo general de la implementación, donde "1" indica un costo menor, "0" un costo equivalente, y "-1" un costo mayor en comparación con la solución base.

	Variable	Peso	Ref 1	Ref 2	Ref 3	Ref 5	Ref 6	Ref 7	Ref 8	Ref 9
Sensores	Consumo	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
	OR	5	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1
	TDS	5	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
	pH	5	1	1	-1	-1	1	1	-1	1
Portabilidad	Acceso inalámbrico	2	0	0	1	0	1	1	1	0
	Tamaño	4	0	0	-1	1	1	0	-1	0
	Facilidad de mantenimiento	4	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0
Acceso a datos	Tiempo real	3	0	1	1	0	1	1	1	0
	Interfaz	1	0	1	1	0	1	0	0	1
	Arduino	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo	Costo	5	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
Total por referencia			0	-6	-27	-15	-4	-5	-18	1

Analizando los resultados de la matriz de Pugh:

- Para la categoría de sensores tenemos que Ref 1 y Ref 9 destacan positivamente en algunas categorías como TDS y pH, mientras que la mayoría de las referencias se consideran menos eficientes que la solución base en consumo y otros aspectos de sensores.
- La portabilidad se evaluó en términos de acceso inalámbrico, tamaño y facilidad de mantenimiento. Ref 5 y Ref 6 sobresalen en tamaño y acceso inalámbrico. Sin embargo, la mayoría de las referencias presentan dificultades en cuanto a la facilidad de mantenimiento, lo que afecta su portabilidad.
- Las referencias 2, 3, 6 y 7 ofrecen una mejor capacidad de acceso a datos en tiempo real y compatibilidad de interfaz en comparación con las otras alternativas. Como parte de acceso a datos, Ref 3 y Ref 6 se destacan particularmente en este aspecto, aunque todas las referencias tienen una compatibilidad similar con Arduino.
- A nivel de costos, ninguna de las referencias sobresale significativamente en cuanto a costo, con varias de ellas (Ref 3, Ref 5, Ref 6) teniendo un costo mayor que la solución base.

En resumen, la referencia más favorable es Ref 9, que obtiene el puntaje total más alto (+1), destacándose principalmente en sensores y portabilidad. Por otro lado, Ref 2 y Ref 7 son las alternativas menos favorables, con puntajes muy bajos (-27 y -18 respectivamente), debido a su menor rendimiento en la mayoría de las categorías. Ref 6 también ofrece un buen balance, aunque su puntaje se ve afectado negativamente por el costo y la facilidad de mantenimiento.

5. ENFOQUE DE LA SOLUCIÓN

5.1 Posibles Soluciones

- Solución 1: Implementar un sistema de medición basado en sensores conectados a un microcontrolador Arduino que mida el pH, el ORP (Potencial de Oxidación-Reducción), sólidos solubles y el caudal de agua. Los datos se mostrarán en tiempo real en una pantalla LCD y se registrarán en una computadora para su almacenamiento y análisis en Excel.
- Solución 2: Utilizar un sistema similar al anterior, pero con la incorporación de una plataforma en la nube para almacenar y procesar los datos. Esta solución facilitaría el acceso remoto a la información y permitiría un monitoreo continuo desde cualquier ubicación con acceso a internet.
- Solución 3: Desarrollar un sistema completamente autónomo con capacidades de notificación automática mediante señales de alarma o mensajes de texto cuando los parámetros medidos excedan los límites predefinidos, garantizando una respuesta inmediata.

5.2 Análisis de las soluciones y selección de la más adecuada

La solución 1 es la más adecuada, ya que cumple con los requerimientos establecidos por el proyecto y utiliza componentes accesibles y de bajo costo, con los cuales se logra la funcionalidad de los requerimientos para la planta de matanza del Campus Tecnológico Local San Carlos. Aunque la solución 2 ofrece beneficios adicionales como el acceso remoto, su implementación incrementa el costo, además, se ha concluido que un enlace local como en la solución 1 se alcanzan los requerimientos del sistema. La solución 3, aunque es efectiva, puede requerir infraestructura adicional y un mayor grado de complejidad en la programación.

5.3. Diagrama de Bloques

Se muestra en la figura 1, el diagrama de bloques del sistema de monitoreo y calidad de agua basado en Arduino. Los sensores conectados al Arduino miden los parámetros especificados para la solución; los datos se procesan y se muestran en una pantalla LCD en tiempo real, y además se almacenan en una computadora para su análisis posterior en Excel.

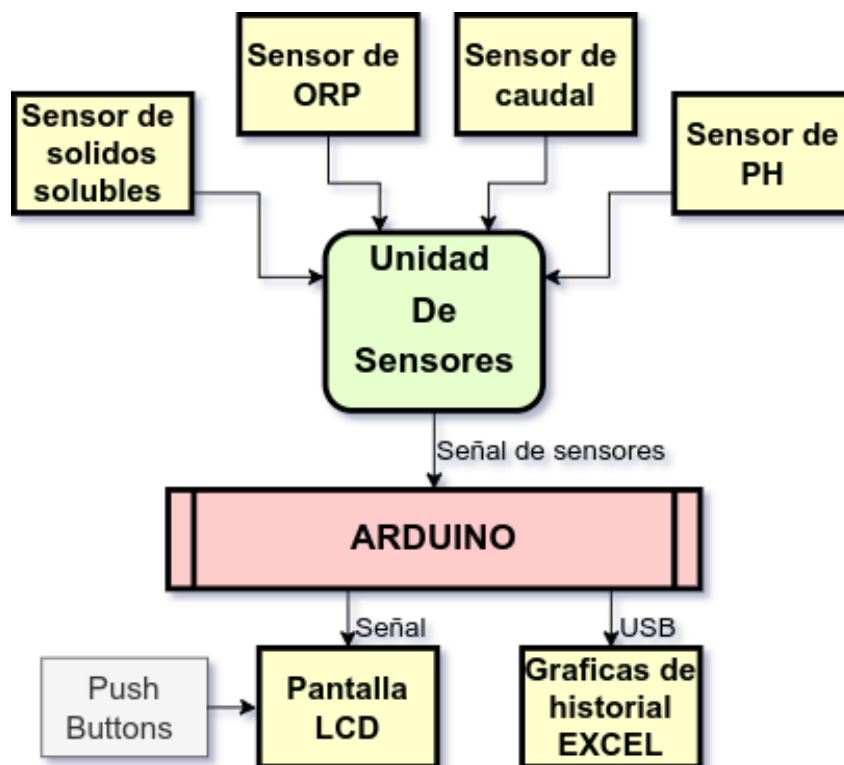


Figura 1. Diagrama de bloques de la solución del sistema

- **Bloque de Sensores:** Este bloque incluirá sensores de pH, ORP, sólidos solubles y un sensor de caudal de agua; estos sensores estarán conectados al Arduino, encargado de leer y procesar las señales recibidas.
- **Bloque de microcontrolador:** El Arduino será el microcontrolador del sistema, encargado de procesar los datos de los sensores; se desarrollará un código que permita la operación simultánea de todos los sensores y la conversión de las lecturas a unidades de medida correspondientes.
- **Bloque de Visualización:** Una pantalla LCD conectada al Arduino mostrará en tiempo real los valores medidos de cada parámetro; esto permitirá un monitoreo constante por parte del personal de la planta. Este bloque tendrá un sub-bloque de push buttons para seleccionar el sensor del que se quiere realizar la captura de información.
- **Bloque de Comunicación y Almacenamiento:** Mediante un cable USB, el Arduino se conectará a una computadora que recibirá los datos muestreados cada 20 minutos y los almacenará en un archivo de Excel; este archivo servirá para el análisis histórico de las mediciones y la generación de gráficos actualizándose de forma automática con cada muestra que se realice.

El sistema propuesto permitirá un monitoreo en tiempo real de la calidad y el consumo del agua en la planta de matanza, aunque se ha descartado la medición de ácido peracético, la solución seleccionada asegura la correcta medición de cada uno de los parámetros.

6. ACTIVIDADES

Fecha	Tarea	Encargado	Hito
9-Ago-2024	Enumerar lista de componentes a utilizar en el proyecto	Jose Leiva	Obtención de componentes
12-Ago-2024	Reconocimiento de la planta de matanza y del sector para el desarrollo del proyecto	Todos	Planteamiento del proyecto
14-Ago-2024	Realizar cotización del sensor de ácido peracético	Samuel Cabrera	Obtención de componentes
16-Ago-2024	Diagrama de flujo y diagrama de bloques	Samuel Cabrera	Planteamiento del proyecto
30-Ago-2024	Introducción	Jose Leiva	Anteproyecto
30-Ago-2024	Descripción del problema	Joshua Valverde /Samuel Cabrera	Anteproyecto
30-Ago-2024	Objetivos	Joshua Valverde	Anteproyecto
30-Ago-2024	Estado del arte	Todos	Anteproyecto
30-Ago-2024	Enfoque de la solución	Samuel Cabrera	Anteproyecto
11-Set-2024	Primer borrador del anteproyecto	Todos	Anteproyecto
18-Set-2024	Recepción de componentes	Jose Leiva	Obtención de componentes
20-Set-2024	Presentación del anteproyecto corregido	Todos	Anteproyecto
27-Set-2024	Desarrollo del script para el sensor ORP	Joshua Valverde	Desarrollo del prototipo
27-Set-2024	Desarrollo del script para el sensor de pH	Jose Leiva	Desarrollo del prototipo
27-Set-2024	Desarrollo del script para el sensor de flujo del agua	Samuel Cabrera	Desarrollo del prototipo
04-Oct-2024	Desarrollo del script para el sensor de solidos solubles	Joshua Valverde	Desarrollo del prototipo
04-Oct-2024	Calibración y ensamblaje del sensor ORP	Joshua Valverde	Desarrollo del prototipo
04-Oct-2024	Calibración y ensamblaje del sensor analógico de pH	Jose Leiva	Desarrollo del prototipo

04-Oct-2024	Calibración y ensamblaje del sensor de flujo de agua	Samuel Cabrera	Desarrollo del prototipo
09-Oct-2024	Calibración y ensamblaje del sensor de solidos solubles	Jose Leiva	Desarrollo del prototipo
9-Oct-2024	Desarrollo de interfaz para medición en tiempo real	Joshua Valverde	Desarrollo del prototipo
9-Oct-2024	Pruebas finales antes de ir a la planta	Samuel Cabrera	Pruebas
21-Oct-2024	Pruebas en la planta	Todos	Resultados

7. PRESUPUESTO

Como parte del presupuesto, se dispone de aproximadamente 150 000 colones, los cuales serán invertidos para realizar un pedido vía Internet con los principales componentes a utilizar en el proyecto. Véase en la siguiente tabla los componentes:

Producto	Precio (dolar)	Link de referencia
Sensor de flujo de agua	\$9	https://www.dfrobot.com/product-1517.html
Sensor analógico de pH	\$40	https://www.dfrobot.com/product-1782.html
Sensor analógico de ORP	\$90	https://www.dfrobot.com/product-1071.html
Sensor de sólidos solubles	\$12	https://www.dfrobot.com/product-1662.html
Arduino UNO	\$25	https://www.dfrobot.com/product-610.html
Módulo de pantalla LCD compatible con Arduino	\$10	https://www.dfrobot.com/product-1723.html
Precio total	\$186 dólares sin envío	

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. J. Hong, N. Shamsuddin, E. Abas, R. A. Apong, Z. Masri, H. Suhaimi, S. H. Gödeke, and M. N. A. Noh, "Water Quality Monitoring with Arduino Based Sensors," *Environments*, vol. 8, no. 1, p. 6, Jan. 2021. Disponible: <https://www.mdpi.com/2076-3298/8/1/6>.
- [2] S. O. Osman, M. Z. Mohamed, A. M. Suliman, and A. A. Mohammed, "Design and Implementation of a Low-Cost Real-Time In-Situ Drinking Water Quality Monitoring System Using Arduino," 2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE), Khartoum, Sudan, 2018. Disponible: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8515886?casa_token=4ymsp4zlrGwAAA:spFVsmdryqWnRPOreCUUXrAIYE2RVtLj3NPhMknPYswk2P0Kk0w-eYZdaG4zdM6beQm95Q7NeA
- [3] A. Conejeros Molina, C. Hueichaqueo Pichunman, B. L. Martinez-Jimenez, and A. Placeres Remior, "Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural," *RIELAC*, vol. 42, no. 3, pp. 60-70, Sept.-Dec. 2021. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282021000300060&script=sci_arttext&tlng=pt
- [4] M. D. Vargas-Portuguez, "Evaluación de tecnologías de cloración mediante sistemas de pastillas y cloro líquido controlado con ORP en agua para consumo humano," Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Química, Cartago, Costa Rica, 2021. Disponible: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13310>
- [5] Muhammad Hidayatullah, Sofyan Sofyan, Paris Ali Topan, Titi Andriani, & Nurhairunnisah Nurhairunnisah. (2022). Monitoring System of Water Quality on Hydroponic Planting Media using Total Dissolved Solid (TDS) Sensor Based Arduino Uno R3. *JIF (Jurnal Ilmu Fisika)*, 14(2), JIF (Jurnal Ilmu Fisika), 2022-08, Vol.14 (2).
- [6] V. V Ramos, L. N Layedra, S. J Guerra and V, J Montero. "Prototipo de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de la calidad de agua para uso recreativo". Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ago 2020. Disponible:

<https://www.proquest.com/docview/2452331582/fulltextPDF?pq-origsite=primo&sourcetype=Scholarly%20Journals>

[7] R. Koleva, E. Zaev, D. Babunski, G. Rath and D. Ninevski, "IoT System for Real-Time Water Quality Measurement and Data Visualization," 2023 12th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Budva, Montenegro, 2023, pp. 1-4.

[8] Koshoeva, B. B., Mikheeva, N. I., Mikheev, D. I., & Bakalova, A. T. (2021). Arduino-based automated system for determining water flow consumption in open flow. *Journal of Physics. Conference Series*, 2142(1), 12009.

[9] P. Manikandan, S. M. Kanna, S. D. K. Reddy and S. Subhash, "Water Quality Identification System Using Arduino," 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N), Greater Noida, India, 2021, pp. 704-708.