

LLAMAYUMA: PROTOTIPO PARA LA OPTIMIZACIÓN Y MONITOREO DEL RIEGO DE CULTIVO DURANTE LA ÉPOCA DE SEQUÍA

Natalie Quiñonez, Luciana Aychasi, Yassmin Parillo, Anamelba Fernández, Aracely Taipe, Jhonatan Guevara
Fundamentos de Diseño 2023-0, Ingeniería Ambiental UPCH

Resumen—El documento describe el trabajo que se ha realizado durante las 5 semanas del curso, en las cuales se planteó el objetivo de diseñar un prototipo de un sistema adaptado a los microreservorios del distrito de Mañazo en Puno para la optimización y monitoreo de la disponibilidad del agua para el riego de cultivo. Este prototipo está diseñado para medir parámetros fisicoquímicos del agua, tales como el nivel de precipitación, humedad del suelo y nivel de agua. Los datos extraídos de los sensores son utilizados para el correcto funcionamiento del sistema de riego optimizado. El diseño cuenta con 3 sensores que son conectados a una placa de Mega Arduino, la cual se encuentra dentro de una caja de circuitos electrónicos junto a los otros elementos electrónicos. Como parte de los resultados, se espera que el dispositivo sea capaz de medir, procesar y remitir los datos de los parámetros para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema de riego de cultivos. Además, se propone implementar una serie de 3 alternativas de cultivos agrícolas expresados en botones, para que así el usuario elija la opción con la especie que se va a cultivar, esto debido a que los niveles de humedad y el periodo de riego necesarios para el desarrollo del cultivo varían dependiendo del tipo de planta. En el presente informe, mostraremos la investigación preliminar realizada para la definición de nuestra problemática, el estado de arte, proyectos preliminares, modelado 3D y desarrollo del circuito electrónico.

Palabras clave: Monitoreo de calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, sensor de humedad, sensor de lluvia, sensor de nivel de agua, modelado 3D, circuito electrónico.

I. INTRODUCCIÓN

A. Contexto:

La escasez de agua en zonas agropecuarias, producto del bajo nivel de precipitaciones durante periodos prolongados, representa una amenaza y peligro para las poblaciones que realizan actividad agropecuaria y tienen un difícil acceso a agua potable.

Según el informe de la UNESCO, las pérdidas del volumen del almacenamiento del agua al año equivale

alrededor del 1% de la capacidad de reserva, y se estima que restaurar estas pérdidas costaría alrededor de 13 mil millones de dólares anuales (Gaupp et al, 2015, como se citó en UNESCO, 2021). En nuestro país, son diversos departamentos los afectados por la sequía, entre ellos, aquellos productores agropecuarios, en su mayoría de productos de consumo nacional y con un deficiente plan de contingencia frente a estos eventos.

B. Problemática:

Los pobladores del distrito de Mañazo, en Puno, son severamente afectados durante la época de sequía por la escasez hídrica ocasionada por las bajas precipitaciones, el difícil acceso a agua potable y falta de reservorios optimizados que puedan evitar las pérdidas económicas en zonas agrícolas y ganaderas.

C. Estado del arte:

En base a la problemática, se investigó sobre las patentes o tecnologías para la preservación del agua durante épocas de sequía a nivel mundial. Dado nuestro enfoque, encontramos la patente registrada por Heitker Philipp DE202018106734 - Dispositivo de almacenamiento de agua para un sistema de riego y dispositivo de riego para áreas útiles, el cual cuenta con un sistema de recogida de agua que va conectada al sistema de almacenamiento por una línea de suministro, esta patente fue utilizada como idea base para el desarrollo del prototipo.

D. Objetivo del Proyecto:

El objetivo principal de este diseño de prototipo es lograr optimizar la disponibilidad del agua para riego de 3 tipos de cultivo (papa, yuca y cañihua) monitoreando los parámetros de nivel del agua, precipitación y humedad del suelo del distrito de Mañazo, Puno. Transformando energía solar a eléctrica mediante un panel solar y de esta manera optimizar los microreservorios distribuidos en este distrito y facilitar la medición de los parámetros fisicoquímicos para lograr reducir las pérdidas en actividades agropecuarias.

II. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Para el desarrollo de nuestra propuesta, se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales que necesita el diseño, las cuales son:

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	
Transformar	Transformar la energía renovable en energía eléctrica.
Suministrar	Suministrar con energía eléctrica al sistema.
Procesar	Procesar los datos provenientes de los sensores.
Regular	Regular el flujo del agua con la válvula solenoide.
Operar	Operar con un adecuado funcionamiento durante todo el día.

Tabla 1. Requerimientos funcionales

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	
Ecoamigable	Debe evitar contaminar y preservar lo máximo posible el entorno que rodea.
Económico	Debe ser accesible en el mercado, factible en la fabricación y ensamblaje.
Intuitivo	Debe ser simple y didáctico para que el usuario comprenda el manejo.
Rendimiento	Debe ser capaz de dar abasto a la superficie agrícola requerida.
Durabilidad	Debe garantizar el funcionamiento y mantenimiento adecuado de las piezas.
Calidad	El equipo debe garantizar que el producto sea apto para uso agrícola.

Tabla 2. Requerimiento no funcionales

Luego, se identificaron las entradas y salidas del sistema que tendría el esquema de nuestro prototipo, como así también su desarrollo secuencial, las cuales se presentan en el siguiente esquema de funciones:

Entradas:

- Energía renovable
- Agua de manantial y precipitación
- Datos

Salidas:

- Riego por goteo subterráneo
- Señales: Aviso de riego culminado

Esquema de funciones:

En este esquema se especifican las funciones realizadas durante todo el sistema (entrada, caja negra y salida).

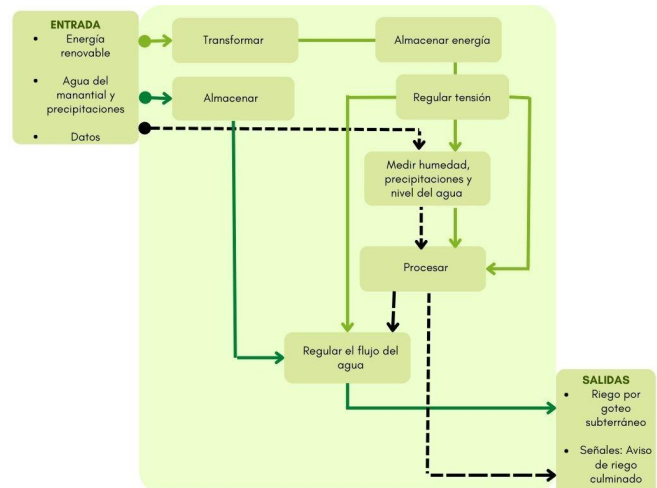


Figura 1. Esquema de funciones

Se transforma la energía renovable en energía eléctrica para alimentar los dispositivos de medición almacenados en la batería donde se controla la tensión de carga entre el modelo fotovoltaico y la batería. De igual manera, se regula la tensión para mantener el voltaje de línea dentro de los límites predeterminados. Seguido, se almacena el agua en microreservorios y con los sensores se mide la humedad, precipitación y nivel de agua. Finalmente, con los datos procesados mediante el microcontrolador, el sistema culmina con la distribución regulada del flujo de agua.

III. DISEÑO DE LA PROPUESTA

Para el diseño del prototipo, se realizó una serie de procesos que permitieron empezar con una idea general (boceto) hasta obtener el prototipo ideal (modelado 3D).

A. Boceto

Primero, se realizaron los bocetos de los proyectos preliminares a partir del concepto de solución ganador, el cual fue el más semejante en cuanto a los criterios de la lista de requerimientos funcionales y no funcionales.

Segundo, para este prototipo se cambió el diseño del techo del reservorio con 2 soportes con un diámetro menor al de los otros.

E. Esquemático de circuito electrónico

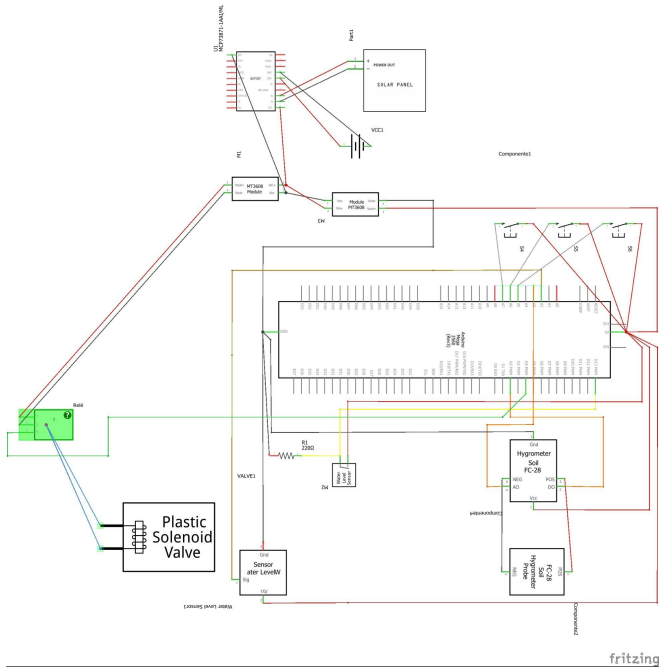


Figura 7. Esquemático de circuito electrónico

F. Circuito electrónico en protoboard

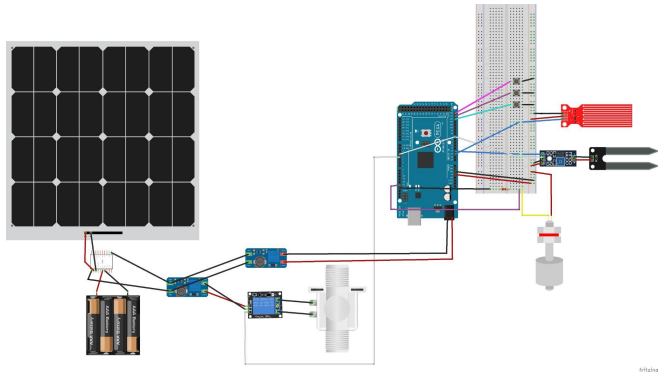


Figura 8. Circuito electrónico en protoboard

G. Tabla de componentes de circuito electrónico

Nº	Componentes del circuito electrónico	
	Nombre del componente	Cantidad
1	Mega Arduino	1
2	Protoboard	1
3	Alambres 220Ω.	12
4	Panel solar 5V	1

5	Relay	1
6	Controlador de carga	1
7	Regulador Step up	2
8	Batería recargable de litio 3.7 V	3

Tabla 3. Componentes del circuito electrónico

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante el proceso del prototipo, se desarrollaron diversos objetivos como resultados esperados para la finalización del diseño de prototipado, entre los cuales son:

- El correcto funcionamiento del sistema de riego de acuerdo a las especificaciones de la lista de requerimientos funcionales y no funcionales.
- La obtención de datos verídicos y constantes sobre el nivel de humedad, precipitación y de agua durante el riego para la verificación durante época de sequía con baja precipitación.
- Lograr que el usuario pueda hacer un buen uso y manejo de prototipo en cuanto a la elección de cultivo y sistema de irrigación.
- Conseguir que el microreservorio cumpla su función y pueda evitar la evaporación del agua mientras sirve como recolector hídrico.

V. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Concluído el desarrollo de nuestro prototipo, como equipo presentamos diversas mejoras en habilidades tanto de investigación, análisis y programación, como así también se exploró nuevos destrezas en el equipo sobre temas como modelado 3D, fabricación de planos o desarrollo de esquema de circuitos electrónicos.

En cuanto al proyecto, se realizó el diseño de un prototipo accesible al usuario que cumple con el objetivo de medir el nivel de precipitación, agua y humedad durante el funcionamiento del sistema de riego en época de sequía en el distrito de Mañazo, Puno. Además, se ofrecen opciones al usuario en cuanto a tres tipos de cultivos, los cuales son papa, yuca y cañihua, cultivos similares en cuanto a la necesidad de profundidad de riego bajo suelo a través de un sistema de irrigación.

Se concluye durante el desarrollo del proyecto, que a pesar de encontrar diversas complicaciones o limitantes tanto como el presupuesto o brindar una fácil manejabilidad del sistema para el usuario, el prototipo final pudo cumplir con los objetivos establecidos en un principio.

Como equipo, se espera a futuro:

- Implementar cambios al prototipo para asegurar una mejor eficacia y adaptabilidad.
- Agregar más opciones de cultivo que pueden cumplir con los requerimientos del usuario.
- Programar el sistema de irrigación para que se pueda cambiar de opción de tipo de cultivo mediante el uso de botones, facilitando el manejo del sistema para el usuario.

VI. REFERENCIAS

- [1] SENAMHI (2021). Seguimiento agrícola y tendencia mensual - Enero 2021.
https://observatorioagro.gob.bo/wp-content/uploads/2021/11/1-boletin-agroclimatico_ENERO.pdf
- [2] UFC Senamhi. (2022). Sierra: octubre de 2022 registró un déficit de lluvias similar al octubre de 1976. gob.pe.
<https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/670635-sierra-octubre-de-2022-registro-un-deficit-de-lluvias-similar-al-octubre-de-1976>
- [3] UICN. (2022). Una mirada a la sequía en América del Sur.
<https://www.iucn.org/es/news/south-america/202206/una-mirada-a-la-sequia-en-america-del-sur>
- [4] Banco Mundial (2016). La escasez de agua provocada por el clima podría afectar en hasta un 6 % la tasa de crecimiento económico de algunas regiones.
<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2016/05/03/climate-driven-water-scarcity-could-hit-economic-growth-by-up-to-6-percent-in-some-regions-says-world-bank>
- [5] UNESCO. (2021). El valor del agua.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_spa?posInSet=9&queryId=84896d88-79b6-4a07-92a4-82a6352fa98d
- [6] Universidad de la República (s.f.). Agua en el suelo.
<http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>
- [7] IICA (2017). El arte de cultivar cañihua.
https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3005/BVE1706891_4e.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] Midagri (s.f.). Cultivos de importancia nacional - papa.
<https://www.midagri.gob.pe/portal/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa?start=1>
- [9] Departamento de Ingeniería Agrónoma. (s.f.). El cultivo de la yuca.
<https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>

VII. ANEXOS

A. Cálculos de los caudales con la ecuación de Bernoulli

$$P_1 + \rho * g * h_1 + 1/2 * (\rho * v_1^2) = P_2 + \rho * g * h_2 + 1/2 * (\rho * v_2^2)$$

$$P_1 = 1/2 * (\rho * v_2^2)$$

$$\rho * g * \Delta h = 1/2 * (\rho * v_2^2)$$

$$v_2 = \sqrt{(2 * g * \Delta h)}$$

B. Caudal del micro reservorio en Puno

Datos del micro reservorio:

$$l = 11,4 \text{ m}$$

$$a = 10 \text{ m}$$

$$h = 1,7 \text{ m}$$

$$r = 0,05 \text{ m}$$

$$v_2 = \sqrt{(2 * (9,8 \text{ m/s}) * (1,4 \text{ m}))}$$

$$v_2 = 5,2383 \text{ m/s}$$

$$Q = A * v$$

$$Q = (\pi * r^2) * v$$

$$Q = (\pi * (0,05 \text{ m})^2) * (5,2383 \text{ m/s})$$

$$Q = 0,0411 \text{ m}^3/\text{s} = 2466 \text{ L/min}$$

C. Caudal de la válvula para el proyecto en Puno

Datos de la válvula:

$$2r = 4" = 10,2 \text{ cm} = 102 \text{ mm} = 0,102 \text{ m}$$

$$r = 0,051 \text{ m}$$

D. Caudal de la válvula según el fabricante en m^3/s y L/min :

$$Q = 0,044 \text{ m}^3/\text{s} = 2666,67 \text{ L/min}$$

$$Q = (\pi * r^2) * v$$

$$Q = (\pi * (0,102 \text{ m})^2) * (5,2383 \text{ m/s})$$

$$Q = 0,1712 \text{ m}^3/\text{s} = 2531,25 \text{ L/min}$$

La válvula que se debe comprar para el proyecto en Puno es de 0,051 m de radio aproximado para una óptima salida del caudal.

E. Caudal de la válvula para el prototipo

Datos de la válvula:

$$2r = 0,5" = 1,27 \text{ cm} = 12,7 \text{ mm} = 0,0127 \text{ m}$$

$$r = 0,00635 \text{ m}$$

F. Caudal de la válvula según el fabricante en m^3/s y L/min :

$$Q = 0,000533 = 32 \text{ L/min}$$

$$Q = (\pi * r^2) * v$$

$$Q = (\pi * (0,00635 \text{ m})^2) * (5,2383 \text{ m/s})$$

$$Q = 0,0006636 \text{ m}^3/s = 39,816 \text{ L/min}$$

La circunferencia del reservorio en el prototipo debe tener un radio de $0,00636 \text{ m}$ para obtener una salida óptima del caudal del agua según la válvula que usaremos.

G. Punto de marchitez permanente (PMP)

$$\text{PMP \%ps} = 0.001(\% \text{arena}) + 0.12(\% \text{limo}) + 0.57(\% \text{arcilla})$$

H. Capacidad de campo (CC)

$$\text{CC \%ps} = 0.023 (\% \text{ arena}) + 0.25 (\% \text{ limo}) + 0.61 (\% \text{ arcilla})$$