

PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y USO DE AGUAS LLUVIAS EN UNA VIVIENDA RURAL DEL VALLE DEL CAUCA

AUTOMATION PROPOSAL OF A USE AND STORAGE RAINWATER SYSTEM AT A COUNTRY HOUSE IN VALLE DEL CAUCA

Juan Esteban Guzmán Leiva
Estudiante de Ingeniería Electrónica
de la Universidad de Pamplona.

Juan Carlos Cruz Ardila
Ingeniero electricista con
Maestría en Educación, Maestría
en Ingeniería con énfasis en
automática y especialización en
Finanzas. Actualmente lidera el
grupo de investigación Communitas
Sinergia y es el Decano asociado
de Investigaciones de la Institución
Universitaria Antonio José
Camacho. Correo: jcarloscruz@
admon.uniajc.edu.co

AUTORES

Juan Esteban Guzmán Leiva y Juan Carlos Cruz Ardila.

Grupo de investigación de Sistemas Multisensoriales y Reconocimiento de Patrones
Universidad de Pamplona
Grupo de investigación INTELIGO
Decano Asociado de Investigaciones
Institución Universitaria Antonio José Camacho
Recibido: 28/03/2023 - Aceptado: 18/05/2023

Para citar este artículo: Guzmán Leiva, J. E. y Cruz Ardila, J.C. (2022). Propuesta de automatización de un sistema de almacenamiento y uso de aguas lluvias en una vivienda rural del Valle del Cauca. Revista Sapientia, 15(29), 74-86. <https://doi.org/10.54278/sapientia.v15i29.140>

RESUMEN

Se presenta una propuesta de automatización para el uso de agua lluvia en un cultivo casero, como respuesta a la necesidad de proponer un sistema adecuado de recolección de aguas lluvias que tiene una vivienda en un corregimiento del Queremal, Municipio de Dagua, Valle del Cauca. Metodológicamente inició con una visita de campo a la vivienda donde se encuentra el sistema de almacenamiento de agua lluvia montado y funcionando con algunos percances descritos por el usuario y atendidos en la propuesta como resultado de esta investigación. Con base en un proceso de observación y entrevista con el usuario, se planteó un diseño de control, apoyado en lógica combinatorial, donde la selección de los dispositivos se basó en un método de ponderación, el cual generó resultados para la adquisición de los elementos que se ajustaran a los requerimientos del proyecto. Se eligió como controlador principal del proceso una tarjeta de desarrollo Arduino. Fue necesario elaborar un diagrama de flujo para la programación y se elaboró el esquema P&ID para el control, apoyado en las normas ISA, donde se describe el funcionamiento y la forma en la que se ejecuta el proceso. Finalmente, se comprobó mediante una simulación en el software Proteus cargando el algoritmo creado en Arduino IDE para la automatización, concluyendo que técnicamente funciona y responde según las necesidades presentadas por el usuario. Se muestran los principales resultados obtenidos en el ejercicio investigativo donde se da a conocer una propuesta básica que apunta al aprovechamiento del agua lluvia.

Palabras clave: Automatización, recolección de agua lluvia, almacenamiento de agua, vivienda rural, riego, cultivo.

ABSTRACT

An automation proposal for using rainwater in a home crop is presented in response to the need to better manage the rainwater collection system installed in a house near El Queremal village, municipality of Dagua, Valle del Cauca. Methodologically began with a field visit to the house where the rainwater storage system is located, mounted, and operating, with some mishaps described by the user and addressed in the proposal as a result of this research. Founded on a process of observation and interview with the user, a control design based on combinational logic was proposed where the selection of the devices was based on a weighting method which generated results for the acquisition of the elements that will fit the requirements of the project. An Arduino development board was chosen as the main controller of the process. It was necessary to elaborate a flowchart for the programming, also a P&ID scheme for the control process was elaborated, supported by the ISA standards, describing the operation and the way in which the process is executed. Finally, it was verified through a simulation using Proteus software loading the algorithm created in Arduino IDE for automation, concluding that it technically works and responds according to the needs presented by the user. The main results obtained in the research exercise are shown where a basic proposal that points to the use of rainwater is made known.

Key words: Automation, rainwater harvesting, water storage, country house, irrigation, farming.

Al hablar de los recursos naturales, el agua es el más preocupante debido a que ya se está experimentando la ausencia de esta en algunos lugares, porque están tratando de racionar adecuadamente para que alcance a suplir las necesidades actuales, mientras se implementan nuevas alternativas para el aprovechamiento de esta. Por eso las investigaciones formales de cómo suplir esta necesidad han tomado fuerza. Una de las fuentes más grandes de agua es la lluvia y a partir de allí surgen desarrollos, proyectos, investigaciones e ideas de innovación, descubriendo cómo se puede obtener y usar eficazmente una gran cantidad de agua para lo necesario en cualquier tarea.

76 La idea de almacenar el agua lluvia recolectada en tanques proveniente de los techos de las viviendas para su uso posterior en consumo animal, en los baños, lavado de ropa, entre otros usos es buena, pero al querer hacer una tarea específica, como riego, se puede mejorar el concepto, añadiendo la automatización, dado que este proceso sistematizado es autónomo, efectivo y de bajo costo, mejorando así el aprovechamiento del agua lluvia y facilitando la vida de los habitantes del lugar donde se implemente.

Este trabajo está en consonancia con la línea de investigación de procesos industriales y sistemas embebidos, del grupo INTELIGO. Se enfocó en generar una propuesta de solución a un problema de automatización de un sistema de recolección de agua lluvia en una vivienda rural, el cual requería optimizar el uso del agua almacenada para el riego de un cultivo casero. Es un trabajo de investigación desarrollado durante el XXVII Verano de Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico 2022 que le apuesta al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°6 sobre el uso eficiente del agua y asegurar la sostenibilidad para los años futuros.

La razón de hacer una investigación de esta índole radica en la falta de agua que sufren los habitantes de la vivienda. Al estar ubicada en las afueras de un municipio, hay cortes intermitentes y en ocasiones por un tiempo prolongado del suministro de agua. De acuerdo con González, Carvajal & Loaiza (2016) se conoce que la cuenca del río Dagua tiene buen índice de precipitación, lo cual pretende ser aprovechado para la recolección y almacenamiento del agua lluvia. El sistema actual, implementado en la vivienda (Figura 1), almacena 500L de agua en un tanque, agua que previamente pasa por un tanque interceptor donde se retienen los residuos sólidos que estaban en el techo y son movidos por la lluvia, como hojas, ramas, desechos grandes traídos por el viento, entre otros. Para los habitantes de la vivienda, el proceso de la limpieza del interceptor es complejo, dado que se debe desacoplar una unión de 2 pulgadas y levantar este contenedor lleno, para posteriormente vaciarlo. Esta fue una de las problemáticas expresadas por el propietario. Adicionalmente, en su solicitud de tecnificación, quiere contar con el funcionamiento efectivo del proceso de riego cuando la vivienda rural se encuentre sola, esto con el fin de que el cultivo no se dañe por falta de humedad.

El hecho de recolectar el agua lluvia es una estrategia ambiental que quiere mitigar el gasto de agua potable, ayuda ahorrar dinero y continúa con el ciclo del agua, favoreciendo su uso en diferentes aplicaciones. Al combinar el uso del agua almacenada con la automatización del proceso se obtendrá un mayor beneficio para los habitantes del lugar y para el cultivo, porque no requerirá supervisión de personal, el consumo energético es bajo y un mantenimiento mínimo.

Cuando se quiere hacer un cultivo de cualquier índole en algún terreno una de las cosas que más importa es como se va a suplir la necesidad hídrica para que el sembrado crezca con todos los nutrientes que necesita y logre ser productiva la plantación. Sin embargo, garantizar la humedad necesaria en el terreno es una tarea de cuidado y está sujeta a las condiciones climáticas del sector; a lo que suman también los costos de usar tecnología y el sostenimiento de la misma. La falta de agua es un problema que afecta en general a muchas viviendas rurales y en la búsqueda de solución se propuso el diseño de un sistema de bajo costo y automático para riego de cultivos, con agua lluvia almacenada, en una zona rural del Valle del Cauca.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

La preocupación del mundo por la falta de agua, que se prevé afectará a la población mundial en un lapso relativamente corto, ha impulsado la búsqueda de nuevas soluciones o fuentes que mitiguen el gasto actual del preciado líquido. Dentro de las soluciones que la humanidad está investigando se encuentra la posibilidad de usar el agua lluvia como fuente complementaria de abastecimiento, llevando así a que esta se convierta en una nueva temática de investigación con alto potencial de impacto en el mundo actual. Colombia, siendo un país de clima tropical, ubicado sobre el paralelo 0°, tiene un gran afluente de lluvia promedio anual que se ve desaprovechado. Se hizo una estimación de alrededor de los 77000mm de agua precipitada mensualmente en el Departamento del Valle del Cauca, según datos abiertos del gobierno de Colombia en los últimos 5 años (Datos abiertos, 2022).

Senevirathna et al. (2019) mencionan en su documento que hay muchos factores que influyen en la pureza del agua recolectada después de la lluvia, incluyendo microbios, patógenos zoonóticos y químicos. Dichos contaminantes van de la mano con la ubicación geográfica, especialmente la región donde se esté haciendo el proceso de recolección, y la ubicación ambiental, teniendo en cuenta arborización, fauna habitual y condiciones climáticas que perjudican directamente la contaminación del líquido. También, en algunos casos, los materiales que constituyen la edificación y el tanque donde se almacena el agua. Todos esos elementos, plantea la autora, pueden ser definitivos en la afectación de la calidad del agua almacenada.

En el ámbito de la automatización, Shufian et al. (2021) mostraron unos resultados en la automatización del uso de agua para el riego de tierra con el método de alternar la humectación y el secado en el cultivo, concluyendo que la tecnificación del proceso de riego en los sembrados reduce el gasto de agua en un 30% por la precisión en las lecturas de las variables a manipular y el cambio de estado en los efectores que hará que no fluya más agua de inmediato, sin esperar a que una persona recorra un largo trayecto desde donde está la plantación hasta el lugar de las válvulas o fuente hídrica usada.

Además de disminuir el gasto de agua, genera menos estrés entre la vegetación, dados los niveles controlados de humedad; como también ahorro en la mano de obra que se debe tener en la temporada de crecimiento del cultivo.

METODOLOGÍA

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector. Es así como este proyecto se ha desarrollado metodológicamente utilizando cuatro etapas concomitantes que se describen a continuación:

Construcción teórica

En esta parte se hizo la investigación pertinente de la literatura referente a los temas que se tomaron de base para el proyecto. En la base de datos bibliográfica de Scopus se buscó información relacionada con el tema: "Automatización en el uso de agua lluvia", luego de filtrarla a publicaciones de los últimos 3 años y enfocada en ingeniería y agricultura, se identificaron 26 documentos. Se observó un decremento en la cantidad de publicaciones en esta base de datos y que el país con más documentos publicados ha sido India. Se hizo la lectura de los documentos tomando como elemento transversal el almacenamiento de aguas lluvias con un sistema de interceptación de residuos sólidos y la automatización relacionada con almacenamiento y distribución del agua, especialmente para una tarea específica como lo es el riego. Esta fase permitió conocer los avances actuales en sistemas de recolección de agua lluvia y la importancia que tienen para el desarrollo rural en países de desarrollo.

Desarrollo de la aplicación

Se inició con una visita de campo a la vivienda rural donde se encuentra el sistema de almacenamiento como se muestra en la Figura 1. Allí, se destaca el tanque interceptor que recoge el agua proveniente del techo, la conexión al tanque de almacenamiento principal usando tubería PVC y una válvula manual de salida, la cual es usada para diversos usos de tipo casero (multiusos). Apoyado en la narrativa de las problemáticas del usuario se hizo el levantamiento de requerimientos. Los principales problemas que se expusieron fueron:

1. La limpieza del interceptor, puesto que, a los



habitantes del lugar se les olvida y/o dificulta vaciar dicho tanque cada vez que termina una lluvia y esto no permite que, para la siguiente lluvia haya un buen proceso de intercepción de residuos; 2. En el momento que no se encuentre ninguna persona en la finca y el cultivo demande riego, se debe suplir esta necesidad, además de usar preferiblemente el agua almacenada en lugar del agua de la red pública.



Figura 1. Sistema actual de almacenamiento de agua lluvia.

Estas dos consideraciones se tuvieron en cuenta para iniciar con la propuesta de solución (diagrama de flujo mostrado en la Figura 2), planteando el algoritmo que da cuenta del proceso. Dentro de la lógica combinatorial que comanda el funcionamiento del sistema, se tienen dos procesos principales que son: la medición del nivel de cada tanque y la medición de la humedad en la tierra. Con las variables identificadas se analizaron cuatro situaciones:

1. Si no hay agua en el tanque principal y no hay suficiente humedad en el cultivo; en este caso se abriría la válvula de la red de acueducto para el riego.
2. Si hay agua en el tanque principal, pero no está húmeda la tierra; se abriría la válvula del tanque principal para que el cultivo pueda humedecerse.
3. Si está húmeda la tierra, cerrar las válvulas que suministran agua al cultivo. No se necesita riego de ninguna fuente.
4. En el caso de que se inicie el riego con el agua del tanque principal, pero no sea suficiente porque la tierra estaba muy seca, se cerrará la válvula del tanque y se abrirá la válvula de la red pública, para que dé paso al agua y cuando se esté lo suficientemente húmeda la tierra, se cerrarán las válvulas que estén abiertas en el momento.

Se previó darle la instrucción al microcontrolador de enviar un estado bajo en los pines de salida para que no funcionen las válvulas, no habrá ningún consumo energético, ningún cambio de estado por la sobrescritura de información en las salidas.

Por otra parte, se tuvo presente el proceso de la limpieza del interceptor, sistema de tipo secuencial que opera con un temporizador programado para que cada 12 horas el controlador inicie el proceso de limpieza (abra la válvula del interceptor para que con el flujo del agua saliente se expulsen los sólidos que están allí hasta que el sensor de nivel de este tanque indique el mínimo). Es importante mencionar que el agua donde se expulsan los residuos se redirecciona para área cultivada y de esta manera es

también aprovechada. Una lluvia, en promedio, no dura más de 6 horas entonces se hará la limpieza en el tiempo que se estimó, porque el techo no se va a ensuciar en ese corto lapso, dado que para que se ensucie deben pasar días sin que llueva. En la Figura 2 se muestra el diagrama del proceso descrito.

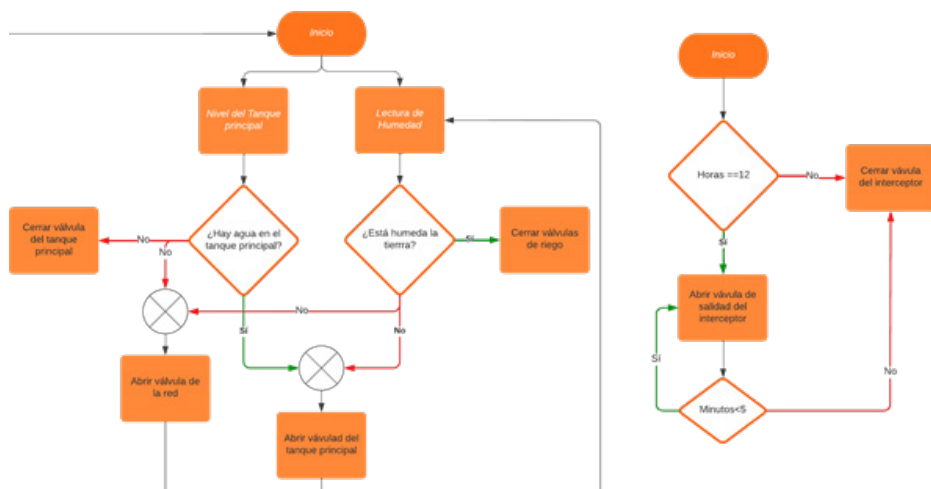


Figura 2. Diagrama de flujo que describe el control del riego y la limpieza del interceptor.

Viendo la funcionalidad del desarrollo y escuchando los requerimientos del propietario de la finca se establecieron algunos dispositivos necesarios para la realización de la automatización, teniendo como principales los sensores de nivel para cada uno de los tanques, las válvulas que permiten el paso para el riego y la limpieza del interceptor y, por último, la tarjeta de desarrollo que servirá como controlador de todo el proceso y quien mandará las señales para controlar la variable de la práctica. En la Figura 3 se muestra el diagrama P&ID de control con normas ISA que contiene los elementos y las señales que se van a manejar.

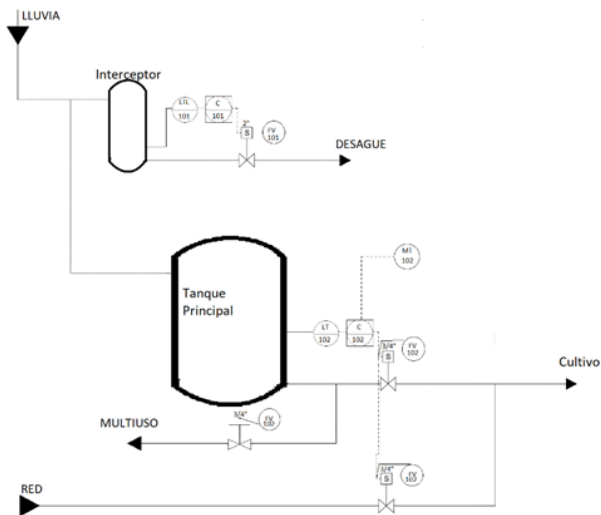


Figura 3. Diagrama de control ISA.

Para la elección del sensor de nivel se establece una ponderación, basada en la importancia de cada uno de los criterios expuestos en la Tabla 1, buscando que la elección del sensor sea la adecuada, favoreciendo el presupuesto del usuario y la funcionalidad óptima del proyecto.

Tabla 1. Criterios de selección para el sensor de nivel.

Dispositivos	Interruptor flotador		Interruptor de flotador PP		XKC-Y25-NPN	ALS-MPM-2F		
Criterios					Fig. 2			
De Selección								
Tipo de sensor	Flotador	5%	Flotador	5%	Capacitivo	20%	Conductivo	10%
Alimentación/ Salida	Input: N/A	10%	Input: N/A	10%	Input: 5-24VDC	20%	Input:24VDC	5%
	Output: N/A		Output: N/A		Output: In (Nivel alto)		Output: N/A	
	V Max. de conmutación: 250V		V Max. de conmutación: 100V		0 V (Nivel bajo)		V Max. de conmutación: N/A	
	I Max. de Conmutación: 10 A		I Max. de Conmutación: 0.5 A		V Max. de conmutación: N/A		I Max. de Conmutación: N/A	
Señal de salida	N/A	3%	N/A	3%	1-100mA	5%	4-20mA	10%
Tamaño/ Alcance	8 x 10 x2 cm/ 3m	5%	11 x 6 x 3 cm/N/A	5%	2.8 x 1.69 cm/N/A	10%	10.5 x 2.8 cm / 5m	5%
Análogo/Digital	Análogo	10%	Análogo	10%	Digital	20%	Digital	20%
Precio	\$35000 COP	20%	\$30000 COP	20%	\$86000 COP	10%	\$180000 COP	5%
Ponderación total	53%		53%		85%		55%	

El dispositivo que más se adecua a las características necesarias para el trabajo es el XKC-Y25-NPN, que se muestra en la Figura 4, el cual ofrece garantía en su señal; al ser de tipo capacitivo no depende del movimiento de agua, por lo que facilita el manejo de la salida al ser digital para la lectura con la tarjeta de desarrollo. Su tamaño también hace que sea una elección propicia.



Figura 4. Sensor de nivel XKC-Y25-NPN.

Los criterios usados para elegir el sensor de humedad se pueden observar en la Tabla 2, donde se proponen ponderaciones pertinentes para la elección del dispositivo que mejor funcione en el proyecto a desarrollar.

Tabla 2. Criterios de selección para el sensor de humedad.

Dispositivos	Hd-38		Sensor Fundido		Higrómetro HI-69 Fig. 3		Higrómetro capacitivo	
Criterios								
De Selección								
Tipo	Resistivo	10%	Capacitivo	5%	Resistivo	10%	Capacitivo	5%
Alimentación	V: 3.3-12VDC I= < 20-30mA	15%	V: 3.3 – 5VDC I= <20mA	30%	V: 3.3 – 5VDC I= <50mA	30%	V : 3.3 – 5.5VDC I= <50mA	30%
Interfaz salida	D0 digital A0 análogo	30%	Análoga	30%	Digital Análogo	30%	Análoga	30%
Precio	\$30000 COP	10%	\$5000 COP	30%	\$6000 COP	30%	\$15400 COP	20%
Ponderación total	65%		95%		100%		85%	

El higrómetro con el módulo HI-69 (Figura 5) se elige como el dispositivo con todas las características buscadas para este uso; su convertor de señal, requerido para la tarjeta de desarrollo, lo vuelve versátil para la programación. También, por su economía, podría pensarse en una matriz de sensores para abarcar una extensión mayor de tierra. La alimentación es óptima para un consumo energético bajo y, al ser de tipo resistivo, genera garantía en la lectura.

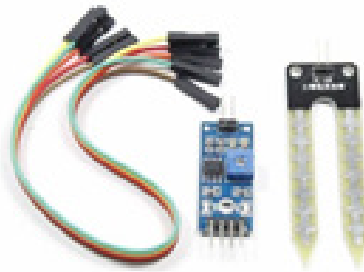


Figura 5. Sensor de humedad HI-69.

Fuente: Electrónica Caribe.

Se puede ver en la Tabla 3 los criterios que se tuvieron en cuenta para la elección de las válvulas de 2". A continuación, se explican las ponderaciones propuestas que se tuvieron en cuenta en esta selección, con el fin de encontrar la válvula más asequible al usuario, dado que este elemento fue uno de los más difíciles de conseguir comercialmente por sus características.

Tabla 3. Criterios de selección para la válvula de 2".

Dispositivos	638 válvula motorizada de esferas.		Fluidra 46041-415600 Fig. 4		Gardena 1278		Altuna 1820	
Criterios								
De Selección								
Presión	16 bar	20%	10 bar	12%	12 bar	14%	N/A	5%
Alimentación	230 VAC	10%	24VAC	30%	24V AC	30%	V : N/A	5%
	I: N/A		350mA arranque 190mA operando		I: N/A		I: N/A	
Potencia	12W	20%	12W	20%	20W	15%	N/A	5%
Precio	\$4500000 COP	10%	\$130000 COP	30%	\$180000 COP	30%	\$500000 COP	20%
Ponderación total	40%		92%		89%		35%	

Para la elección de la válvula Fluidra (Figura 6) se tuvo en la cuenta el precio de compra, porque las válvulas de este diámetro no son tan comerciales, su uso es más industrial y a nivel de piscinas; también influyó en la elección la alimentación para que no generara un gasto considerable. La presión que se va a manejar en el flujo del agua va a ser pequeña (0.6Mpas), adaptándose así este dispositivo a los requerimientos.

**Figura 6.** Válvula de 2" Fluidra.

Fuente: Amazon

Para la elección de las válvulas de ¾" se tuvieron en cuenta los mismos criterios anteriores con una ponderación distinta; como se pueden ver a continuación y en la Tabla 4.

Tabla 4. Criterios de selección para las válvulas de ¾".

Dispositivos	Plástico Fig. 5		Electroválvula 2N20		Irritrol 2500MT		Electroválvula solenoides	
Criterios								
De Selección								
Presión	0.8Mpa	15%	10 bar	20%	10Atm	20%	0.8Mpa	15%
Alimentación	12VDC	30%	AC: 230V 110V 48V 24V DC: 24V 12V I: N/A	30%	9VAC	30%	110 VAC	15%
	I: N/A				I: 340mA arranque 200mA operando		I: N/A	
Potencia	12W	15%	31W	10%	12W	15%	5W	20%
Precio	\$26775 COP	30%	\$120000 COP	15%	\$190000 COP	15%	\$425000 COP	15%
Ponderación total	90%		75%		80%		65%	

Para válvula de ¾ de pulgada se tuvo en cuenta el precio, dado que para esta propuesta se necesitan dos, una para la salida del tanque principal y otra para el paso de agua de la red. La alimentación y la potencia en conjunto lo hacen un dispositivo óptimo, además de fácil de usar.

Las tarjetas de desarrollo son muy útiles para cualquier tipo de aplicación, pues su facilidad de manejo de entradas y salidas las convierten en dispositivos muy utilizados para automatizaciones de pequeñas dimensiones. En la Tabla 5 se pueden observar cuatro opciones disponibles que cumplen con los requerimientos exigidos para este proyecto.

La mínima cantidad de pines que se necesitan son 5 digitales y 1 análogo. Bajo la anterior premisa se otorgará un 20% a la que cumpla con este requisito y 0% a la que no, en el criterio de PinOut.

Tabla 5. Criterios de selección para la tarjeta de desarrollo.

Dispositivos	Arduino UNO		Arduino Micro		Raspberry Pi Pico W		PSoC 5LP	
Criterios De Selección	Fig. 18		Fig. 19		Fig. 20		Fig. 21	
PinOut	32 pines	20%	24 pines	20%	40 pines	20%	72 pines	20%
	6 análogos		4 análogos		26 gpio		8 análogos	
	20 digitales		16 digitales				24 digitales	
Dimensiones	68.6 x 53.4 mm	14%	48 x 18 mm	20%	21 x 51 mm	18%	120 x 24 mm	16%
Velocidad del Reloj	16MHz	20%	16MHz	20%	133MHz	16%	80MHz	18%
Precio	\$48000 COP	40%	\$36000 COP	40%	\$25000 COP	40%	\$92000 COP	20%
Ponderación total		94%		100%		92%		74%

Las tarjetas de desarrollo acá propuestas tienen un funcionamiento válido para este proceso de control, pero no hay necesidad de usar un dispositivo grande o uno con velocidad muy alta de procesamiento, porque la implementación de un control combinatorial no lo demanda. El precio de compra también influye frente a otras, se necesitan dispositivos óptimos a precios asequibles, siendo esta una premisa transversal en la propuesta investigativa.

También hay otros accesorios que son necesarios para completar el sistema como cables de conexión, caja para guardar el microcontrolador, pero esto hace parte de un diseño de tipo industrial, donde ellos deben ser dimensionados cuando se vaya a realizar la implementación. Adicionalmente, se emplea un relé de estado sólido (Figura 7), controlado con la señal enviada por el microcontrolador, encargado de facilitar la conexión o desconexión de los elementos finales de control. Finalmente, para los dos dispositivos que requieren alimentación diferente a 5VDC o 120 VAC se tendrá un adaptador adecuado para su funcionamiento.

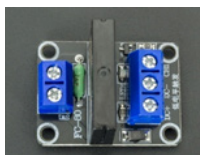


Figura 7. Relé de estado sólido.

Fuente: MercadoLibre.



El microcontrolador Arduino Micro se programó en lenguaje C usando la interfaz de Arduino IDLE. Fue necesario programar el temporizador para el proceso de la limpieza del interceptor. Tiene variables auxiliares que permite, durante la simulación, se vea el proceso y los cambios de estados de cada una de las salidas y entradas del sistema, como lo son el nivel del tanque principal, las válvulas de riego y la de limpieza del interceptor.

Se configuran las variables, cada una de las entradas y salidas, y se programaron los pines de tal modo que se asignan a esas variables y a la forma en que se necesitan, una de ellas es destinada a guardar la información de la humedad en cada ciclo del proceso. Hay líneas de código para la comunicación serial, en el algoritmo de simulación, que se podrían omitir en el funcionamiento real, dado que no se ha presupuestado una alarma y/o información "visual" al usuario, que podría ser una de las mejoras que más adelante se van a hablar. La inicialización del timer es el paso más importante en la limpieza del interceptor dado que solo esta función y ese tiempo van a hacer que el proceso de vaciado se cumpla.

Cabe señalar que se implementaron los condicionales y preguntas: primero, si hay agua en el tanque para darle un aviso al usuario de que sí está disponible; segundo, si la humedad es menor a un límite que se especifica y hay agua en el tanque, se va a abrir la válvula del mismo y, tercero, si luego que inició el funcionamiento, regando con agua del tanque, la humedad es menor aún y no hay agua en el almacenamiento entonces se abrirá la válvula de la red para riego y así continuar sin que se llegue a dañar el cultivo. Cuando se supere la humedad establecida por el usuario, en cualquiera los dos casos de riego, se cerrarán ambas válvulas para terminar el proceso. La función de la válvula de desagüe del interceptor simplemente se cumplirá cuando el timer finalice y ella se cerrará cuando el detector de nivel bajo del interceptor se active, es decir, cuando diga que no hay.

Validación

Se verificó el algoritmo de Arduino, simulado en el software Proteus donde se analiza la estrategia de control implementada. De esta manera, se valida que cada uno de los controles estimados son funcionales y se pueden implementar directamente en el sitio de la vivienda. En la Figura 8 se muestra una impresión de pantalla donde se destacan los elementos usados para la simulación.

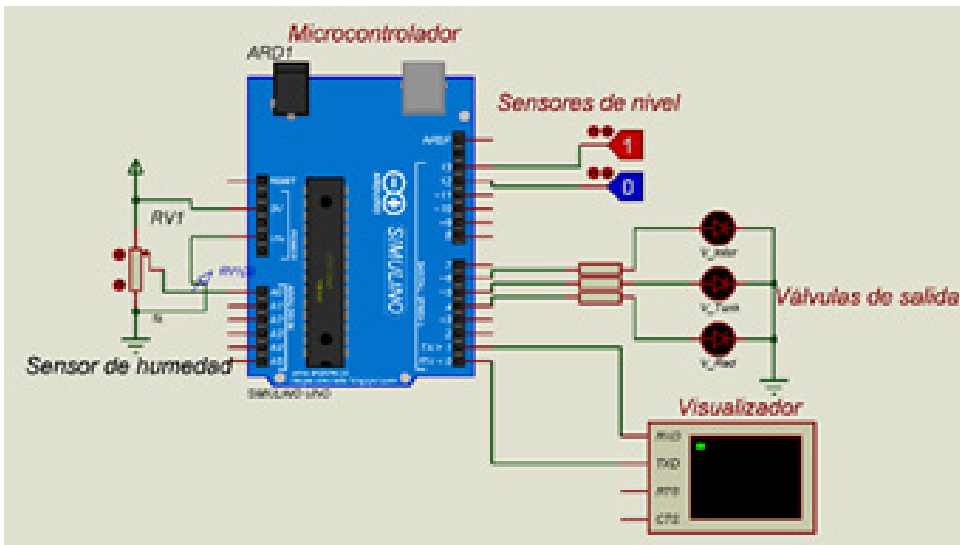


Figura 8. Diseño en Proteus para simulación del sistema de control implementado en el Arduino.

De izquierda a derecha se puede ver una fuente con una resistencia variable, simulando la entrada analógica proveniente del sensor de humedad. Se tiene un Simulino UNO, si bien es cierto que dentro del proyecto se eligió un Arduino micro para el control, dentro de la simulación es mucho más fácil trabajar con este paquete ya creado por un tercero; como la programación es igual, sólo se deben cambiar los pines y la tarjeta para la cual se programa, cuando se vaya a implementar esta propuesta. Se tienen dos estados lógicos digitales, para la simulación de los de los dos sensores de nivel de cada uno de los tanques, y como salidas se tienen 3 leds, con sus respectivas resistencias de protección, haciendo las veces de válvulas, del interceptor(V_Inter), del tanque(V_TanI) y de la red(V_Red). Por último, está un visualizador que es donde se muestra la información de cada cambio de estado y variables dentro del proceso.

RESULTADOS

Se logró construir una propuesta de automatización para el sistema de almacenamiento de agua lluvia en una vivienda rural, el cual contribuye al uso adecuado para fines domésticos y de riego de las aguas lluvias y está en consonancia con el ODS N°6, que quiere garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, debido a que aportará a disminuir el uso de agua derivado de la red pública que suministra el líquido a la vivienda desde una fuente hídrica.

Se diseñó la automatización pensando en costos moderados para un sistema de almacenamiento de aguas lluvias. Adicionalmente, se destaca su viable implementación en viviendas rurales y que puede ser usado para el riego de cultivos caseros como se describió en este documento o ajustarse, con pequeñas variaciones en el software, para el uso en labores domésticas.

Gracias a la facilidad de uso de la tarjeta de desarrollo Arduino, se logró crear un algoritmo apropiado para el funcionamiento del proceso, su lectura análoga en los pines agiliza el ingreso de datos, lo cual evita conversiones adicionales que pueden saturar el procesamiento. Las salidas digitales, conectadas a los relés de estado sólido propuestos para activar las válvulas de riego y limpieza, realizan su proceso simulado como se esperaba.

CONCLUSIONES

Se pudo inferir que fue necesario hacer un control de la humedad de la tierra en donde está el cultivo, para garantizar la humedad requerida en tiempos secos o cuando no haya nadie en la vivienda para hacer la labor de riego, por encima del control de nivel de los tanques de almacenamiento. Esta aplicación, al ser considerada una automatización casera de un sistema de recolección de lluvia que funciona para riego de un cultivo casero, puede cambiar a una alternativa útil en el uso de agua lluvia para uso doméstico, ayudando así a que el consumo de agua de la red pública sea menor y ayudar la preservación de ríos y fuentes de agua natural. La implementación de este proyecto va ligada a los requerimientos del usuario, para así crear un sistema que ayuda al medio ambiente y potencia los recursos necesarios en las viviendas.

Esta investigación aplicada está en consonancia con la meta 6.4 del ODS N°6 de la ONU, dando así opciones de implementación que mejoren la calidad de vida para generaciones futuras y ayuden a mitigar las faltas de suministro actual del líquido. Teniendo cuidado con verificar la calidad del agua lluvia almacenada, se pueden proponer proyectos complementarios cuyo objetivo sea filtrar y lograr la potabilización de la misma o usar simplemente para higiene y aseo de los habitantes de la casa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future. Oxford University Pres. pág. 291-294

Datos Abiertos. (2022). Precipitaciones. Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tomado del sitio web: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Precipitaciones/ksew-j3zj>

Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. Water Resources Research. Vol. 44. Tomado del sitio web: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2007WR006200>
Gonzalez L., N., Carvajal E., Y., & Loaiza C., W. (2016). Análisis de Sequías meteorológicas para la cuenca del río Dagua, Valle del Cauca. Tecnura, 101-113.

Madias, K., & Szymkowiak, A. (2022). Residential Sustainable Water Usage and Water Management: Systematic Review and Future Research. MDPI. Vol. 14(7). Tomado del sitio web: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/7/1027>

Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. (11 de 07 de 2022). Datos abiertos. Obtenido de GOV.CO: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Precipitaciones/ksew-j3zj>

Senevirathna, S., Ramzan, S., & Morgan, J. (2019). A sustainable and fully automated procesto treat stored rainwater to meet drinking water quality guidlines. Process Safety and Environmental Protection. Elseiver. Vol. 130. pág. 190-196

Shufian, A., Haider, M. R., & Hasibizzman, M. (2021). Results of a simulation to propose an automated irrigation & monitoring system un crop production using fast charging & solar charge controler. Cleaner Engineering and Technology. Vol. 4 . Tomado del sitio web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821001257>