

Integration of an IoT System - Photovoltaic System to Optimize the Consumption of Drinking Water in the Irrigation of Gardens in the City of Arequipa

José Esquicha-Tejada Mg¹, Juan Copa-Pineda Dr²

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, jesquichat@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, jcopa@unsa.edu.pe

Abstract– Due to the indiscriminate use of drinking water through the system of flooding in an irregular way to the different plants in the gardens of the population of Arequipa; this research is presented, that integrates an IoT system that is executed in a Raspberry Pi and through its GPIO allows to control the electric solenoid valve; and with the Arduino Uno with its Shield Ethernet it achieves the monitoring in real-time, of the humidity of the soil and the water consumption of the gardens. Finally, with the integration of the Telegram instant messaging application, alerts are managed when the garden is dry or wet. The proposal generated significant savings in drinking water consumption for the Arequipa population.

Keywords – Solar Energy, IoT System, Raspberry Pi, Arduino, Garden.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.212>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Integración de un Sistema IoT – Sistema Fotovoltaico que Permita Optimizar el Consumo del Agua Potable en el regado de Jardines de la Ciudad de Arequipa

José Esquicha-Tejada Mg¹, Juan Copa-Pineda Dr²

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, jesquichat@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, jcopa@unsa.edu.pe

Resumen– Debido al uso indiscriminado del agua potable mediante el sistema de inundación de forma irregular a las diferentes plantas en los jardines de la población de Arequipa; se presenta esta investigación, que integra un sistema IoT que es ejecutado en un Raspberry Pi y mediante su GPIO permite controlar la electroválvula; y con el Arduino Uno con su Shield Ethernet logra el monitoreo en tiempo real, de la humedad del suelo y el consumo de agua de los jardines. Finalmente, con la integración de la aplicación de mensajería instantánea Telegram se gestiona las alertas cuando el jardín está seco o mojado. La propuesta generó un ahorro significativo del consumo del agua potable a la población arequipeña.

Palabras Clave -- Energía Solar, Sistema IoT, Raspberry Pi, Arduino, Jardín.

Abstract– Due to the indiscriminate use of drinking water through the system of flooding in an irregular way to the different plants in the gardens of the population of Arequipa; this research is presented, that integrates an IoT system that is executed in a Raspberry Pi and through its GPIO allows to control the electric solenoid valve; and with the Arduino Uno with its Shield Ethernet it achieves the monitoring in real-time, of the humidity of the soil and the water consumption of the gardens. Finally, with the integration of the Telegram instant messaging application, alerts are managed when the garden is dry or wet. The proposal generated significant savings in drinking water consumption for the Arequipa population.

Keywords – Solar Energy, IoT System, Raspberry Pi, Arduino, Garden.

INTRODUCCIÓN

La OMS (Organización Mundial de la Salud) menciona que, en el mundo aún hay 2200 millones de personas que no cuentan con acceso al agua potable de forma segura [1]. En el Perú solo la tercera parte de la población no tiene acceso al agua potable [2], siendo indispensable para la población peruana saber usar el agua potable inteligentemente.

En Arequipa se dispone de un gran potencial de energía solar, ya que la ciudad tiene un sol resplandeciente con cielo despejado en la gran mayoría de los días del año, por tal motivo

el Ministerio de Energía de Minas (en Perú), aprobó la concesión a la empresa Internacional (Continua Energías Positivas) este año para desarrollar dos proyectos de centrales solares en Arequipa: Pichu Pichu 60MW y Chachani 100 MW [3]. Por tal razón, es idóneo aprovechar la energía solar mediante la generación de proyectos de investigación [4], que aporte beneficios a la población arequipeña.

La consultora Gartner indicó en el 2017 [5], que una de las tecnologías emergentes que tomará relevancia será el uso de la plataforma IoT (Internet de las Cosas), teniendo una vigencia entre 5 a 10 años. Esto conllevará a mejorar la calidad de vida de la población mundial, porque conectará y comunicará a miles de dispositivos que integran sensores y actuadores ayudando a las personas en diferentes áreas [6],[7],[8],[9],[10].

Tanto el computador de bajo consumo: Raspberry Pi y el microcontrolador: Arduino, son placas que permiten complementarse [6], gracias a que ambas permiten la integración de diferentes sensores y actuadores, sin llegar a tener un conocimiento muy avanzado en electrónica; pero, siendo necesario tener un grado de conocimiento en los lenguajes de programación [11].

Por consiguiente, se propone utilizar un sistema fotovoltaico para alimentar el sistema propuesto que incluye Raspberry Pi, Arduino, sensores y actuadores que permitirán ser visualizados en tiempo real en el Sistema IoT (Home Assistant); además se integra la aplicación de mensajería instantánea Telegram, para el envío de alertas.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La población arequipeña actualmente tiene un alto consumo de agua potable, llegando a consumir al día 120 litros en diferentes actividades por cada poblador, dado al inadecuado uso del recurso hídrico por parte de la población [12].

Entonces para realizar un análisis de la problemática se deberá realizar una muestra significativa, para cumplir con la investigación propuesta.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.212>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Según [13], para calcular el tamaño de la muestra de una población finita, se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \dots (1)$$

Donde:

p: Proporción (o porcentaje) de individuos que tienen una característica.

q: Proporción (o porcentaje) de individuos que no tienen la característica.

Z²: El número de unidades de desviación que indica el nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado. (Se utilizará el 90%, siendo el valor de Z = 1.645).

N: Tamaño de la población.

d: El error muestral considerado, elevado al cuadrado (Se utilizará el 90% siendo el valor de d = 0.1).

n: Tamaño de la muestra de la población.

Considerar que el tamaño de la población (N) de la provincia de Arequipa en el año 2017 según el Instituto Nacional de Estadística e Informática [14], es de 980221 habitantes.

$$n = \frac{980221 * 1.645^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (980221 - 1) + 1.645^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 100 \text{ encuestados}$$

Entonces se ha realizado una encuesta a 100 pobladores de Arequipa, para conocer el sistema de riego y el tamaño que tiene sus jardines. Se aprecia que 36% riega por aspersión y un 33% riega por inundación o por gravedad (Ver Fig. 1).

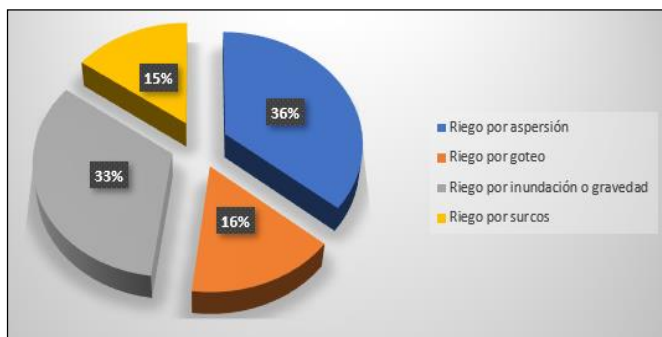


Fig. 1. Resultado de los sistemas de riego

Además, se resalta el tamaño del jardín que utilizan, con 61% menor a 10 metros cuadrados y un 27% entre 10 a 30 metros cuadrados que vienen utilizando los arequipeños (Ver Fig. 2).

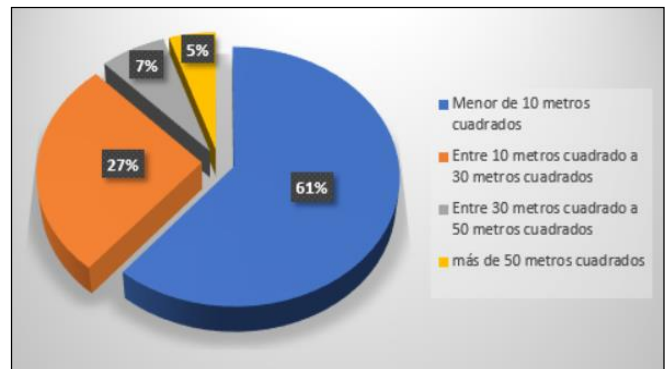


Fig. 2. Resultado del área promedio de jardín.

Analizando los resultados de la encuesta, esta investigación propone la reducción del consumo del agua potable mediante la implementación del regadío por goteo que se gestionará en un sistema IoT con sensores y actuadores; además de utilizar la energía solar, con la implementación de un sistema fotovoltaico.

II. SITUACIÓN ACTUAL

Sabiendo que la población Arequipeña tiene jardines de menos de 10 metros cuadrados y entre 10 a 30 metros cuadrados (Ver Fig. 2) se comenzó a realizar un análisis del gasto del agua potable en un regadío por inundación o por gravedad en dos jardines de esas dimensiones.

En ambos jardines se colocó un flujómetro para evaluar la cantidad de agua que se utiliza, además de instalar un sensor de humedad de suelo que permita estratégicamente saber si cumplió con este parámetro.

El primer jardín que se evaluó tiene un tamaño de 8 metros cuadrados. Al terminar de regar se detectó que uso 30.9 litros de agua, siendo su humedad 376 (63%), sabiendo que este sensor detecta 1024 (0%) cuando el terreno está seco. (ver Fig. 3)

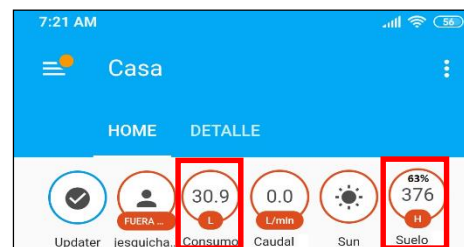


Fig. 3. Resultado del jardín 1 por sistema de inundación.

El segundo jardín tiene 28 metros cuadrados. En este se usó 230.2 litros de consumo de agua potable, siendo su humedad del suelo 451 (56%). (Ver Fig. 4)

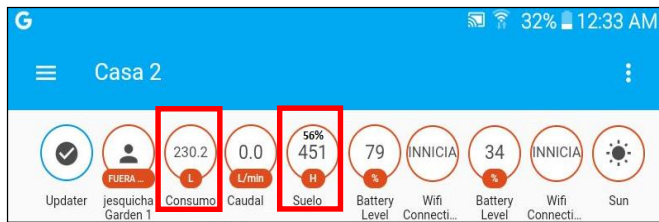


Fig. 4. Resultado del jardín 2 por sistema de inundación.

III. PROPUESTA DE MEJORA

Para el diseño de la propuesta se utilizó el Raspberry Pi como servidor de bajo consumo que tiene instalado el Home Assistant, que estará conectado con un Relay para controlar la electroválvula; y el Arduino Uno integrado con el Ethernet Shield para que se comuniquen con el servidor y se logre capturar la humedad exacta, así mismo se obtenga la medición del consumo del agua potable mediante el flujómetro (Ver Fig. 5).

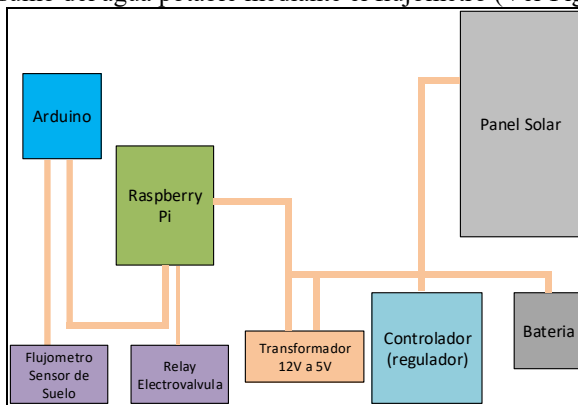


Fig. 5. Diseño de la propuesta.

Después, se instalará mangueras en los jardines y se posicionará los conectores del sistema por goteo cerca a las plantas. Finalmente toda esta propuesta se alimentará con un sistema fotovoltaico.

La propuesta es integrar diferentes componentes, que permitan automatizar el riego de las plantas por medio de sensores y actuadores. Los componentes necesarios son:

- Sistemas Fotovoltaico**, es un sistema que engloba el Panel fotovoltaico, el controlador (regulador de la carga digital) y la batería que almacenará y distribuirá la energía solar capturada.
- Home Assistant (sistema IoT)**, es una plataforma de código abierto para domótica que permite ser instalado en diferentes Sistemas Operativos, para llegar a interactuar con diferentes dispositivos comerciales IoT [15].
- El computador de bajo consumo Raspberry pi** (Ver Fig. 6), es una placa de bajo costo que tiene todos los componentes integrados, su objetivo inicial fue el de

potenciar la enseñanza de las ciencias en las escuelas del Reino Unido [6].



Fig. 6. Raspberry Pi 3 modelo B.

- La tarjeta Arduino Uno** (ver Fig. 7), es una placa de desarrollo para microcontroladores, que permite usar sensores y actuadores, sin la necesidad de tener un conocimiento muy avanzado en electrónica, actualmente es utilizado en proyectos creativos [16].



Fig. 7. Tarjeta Arduino Uno

- El Shield Ethernet** (ver Fig. 8a), es un escudo que se coloca arriba de la placa de Arduino y permite facilitar la configuración de la comunicación por Internet. Solo es necesario utilizar la librería Ethernet de Arduino [11]

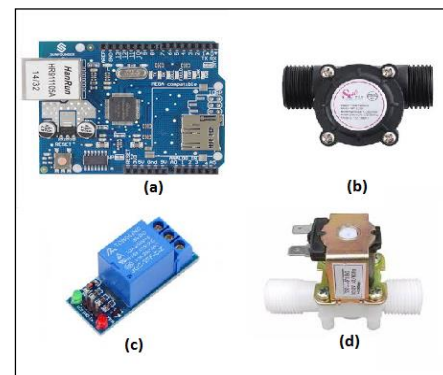


Fig. 8. Complementos necesarios

- Ethernet Shield**
 - Flujómetro**
 - Relay**
 - Electroválvula**
- El flujómetro** (Ver Fig. 8b), es usado para medir el flujo o el caudal del agua en una tubería. El modelo a usar es el YF-S201 de 1/2" [17].
 - El Relay** (Ver Fig. 8c), es un dispositivo electromecánico usado para conmutar circuitos, es un interruptor controlado por un electro imán [18].

- h) **La electroválvula.** (Ver Fig. 8d), es un dispositivo mecánico eléctrico que controla (control ON OFF) el paso de fluidos (líquidos o gases), de forma continua [19].

IV. INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA IOT

Desde la Raspberry Pi 3 Modelo B, se debe instalar el Home Assistant que se integra con Hass.io, desde la página web oficial muestra la instalación (Ver [20]), siendo Hass.io un ecosistema completo de automatización del hogar, administrado por UI que ejecuta el Home Assistant [21].

Luego de haber instalado va requerir una contraseña que permitirá ingresar a la plataforma. Lo recomendable para facilitar la configuración es instalar desde la opción Hass.io los siguientes Add-on Store:

- **Configurator.-** Es una aplicación web, que proporciona un navegador de sistema de archivos y un editor de texto, para modificar archivos en el servidor, donde se ejecuta la edición de archivos [22].
- **MQTT Server & Web Client.-** Es un servidor y cliente MQTT (MQ Telemetry Transport) basado en web [23].
- **Samba Share.-** Permite habilitar el intercambio de archivos en diferentes sistemas operativos a través de una red [24].

Mediante la instalación de estos complementos desde el explorador de Windows se logra acceder al archivo de forma remota (\\Dirección ip\\config), que mediante un procesador de texto se podrá manipular el archivo configurator.yaml.

VI. CONFIGURACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADOR

Teniendo ya instalados los Add-on Store recomendados se podrá ingresar remotamente al Raspberry Pi, al archivo configurator.yaml para agregar el siguiente código:

```
switch:
- platform: rpi_gpio
  invert_logic: true
  ports:
    5: Electrovalvula
```

En el caso de Arduino se debe colocar el Shield Ethernet y agregar el código del sensor de humedad de suelo (Ver [25]), además el código del caudal y del consumo de agua (Ver [26]).

Para el caso del Relay, se deberá conectar un cable al Pin 5 GPIO del Raspberry Pi, para ser alimentado por una fuente de 12 voltios y lograr activar la electroválvula.

En el jardín donde se ubica el caño de agua (válvula) estará instalado el flujómetro y la electroválvula. (Ver Fig. 9)

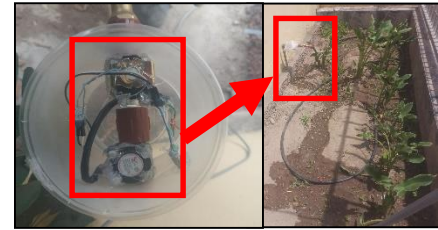


Fig. 9. Complementos: Flujómetro y electroválvula

V. COMUNICACIÓN ARDUINO AL HOME ASSISTANT

La comunicación se realiza por medio del MQTT, para esto requerimos de Shield Ethernet que permitirá enviar la información de los sensores hacia el Home Assistant [27].

Lo importante es colocar la dirección IP del Home Assistant en la instrucción: IPAddress mqtt_server (colocar_direccion_ip).

Para que se envíen los datos del sensor de humedad de suelo al Home Assistant se requiere ingresar el siguiente código al Arduino:

```
int sensorValue1 = analogRead(SueloPinP);
Serial.print(sensorValue1);
if(sensorValue1 < thresholdValue)
{
  Serial.println(" - Suelo húmedo, no necesita regarse");
  dtostrf(sensorValue1,0, 0, buffer);
  client.publish(topicSueloP, buffer);
  delay(1000);
}
else
{
  Serial.println(" - Suelo seco, necesita regarse");
  dtostrf(sensorValue1,0, 0, buffer);
  client.publish(topicSueloP, buffer);
  delay(1000);
}
```

Para el caso del flujómetro deberán adicionar las funciones ya elaboradas anteriormente (Ver [26]) y además el siguiente código:


```

float frequency = GetFrequency();
float flow_Lmin = frequency / factorK;
SumVolume(flow_Lmin);
Serial.print(" Caudal: ");
Serial.print(flow_Lmin, 3);
Serial.print(" (L/min)\tConsumo :");
Serial.print(volume, 1);
Serial.println(" (L)");
dtostrf(flow_Lmin,0, 1, buffer);
client.publish(topicCaudal, buffer);
dtostrf(volume,0, 1, buffer);
client.publish(topicConsumo, buffer);

```

En el Home Assistant se deberá agregar al archivo configurator.yaml, con el siguiente código:

```

mqtt:
  broker: #Direccion IP del Servidor
  client_id: central
  discovery: true

sensor:
  # Sensor de Suelo
  - platform: mqtt
    state_topic: "Home/AJardinP/SueloP"
    name: "Suelo P"
    value_template: "{{ value }}"
    unit_of_measurement: "H"

  # Sensor de Flujo metro el caudal
  - platform: mqtt
    state_topic: "Home/AJardinP/CaudalP"
    name: "Caudal P"
    value_template: "{{ value | float }}"
    unit_of_measurement: "L/min"

  # Sensor de Flujo metro el consumo
  - platform: mqtt
    state_topic: "Home/AJardinP/ConsumoP"
    name: "Consumo P"
    value_template: "{{ value | float }}"
    unit_of_measurement: "L"

```

VII. INTEGRACIÓN CON TELEGRAM

Para la integración es necesario la creación de un bot en Telegram, en la opción de contactos deberá buscar @BotFather y al colocar el comando /newbot les pedirá un nombre del bot (robot). Finalmente le saldrá el Api_key (xxxxxxxx:xxxx-xxxx-xxxx), que será colocado en el Home Assistant [27].

Luego se debe conseguir el chat_id, enviando un mensaje al contacto @GetIDs Bot (xxxxxxxx), se conseguirá el id. Después se debe configurar en el configuration.yaml. El siguiente código [29].

```

telegram_bot:
  platform: polling
  api_key: Colocar_el_API_key
  allowed_chat_ids:
    - Colocar_ID

notify:
  - name: telegram
    platform: telegram
    chat_id: Colocar_ID

```

Para crear la alerta se ingresa a la opción de automatizaciones de Home Assistant, crear un desencadenante de la Entidad del sensor de humedad del suelo y asignar un valor que sea por debajo de 600 o menor, después en la caja de texto de acciones se deberá colocar un mensaje: “El jardín esta mojado”. Luego deberá repetir lo mismo cambiando ahora por encima de 700 o mayor, para luego colocar el mensaje: “El jardín está seco”. Al probar el resultado se obtiene (Ver Fig. 10):

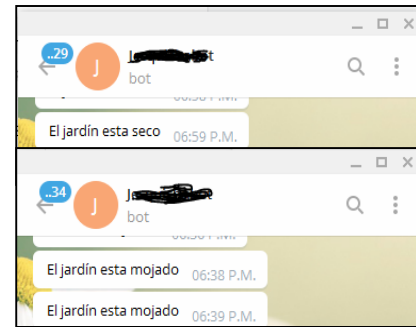


Fig. 10. Enviando mensajes por Telegram

VII. INTEGRACIÓN CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para la integración de toda la propuesta se va requerir un panel fotovoltaico de 40W, un regulador y una batería seca de 12v de 18AH. Estas deben ser conectada de acuerdo al esquema (Ver Fig. 11).

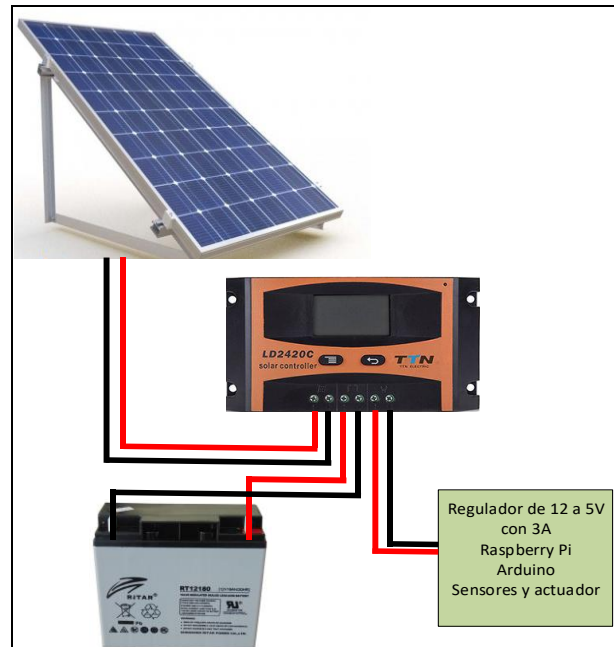


Fig. 11. Sistema fotovoltaico

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la propuesta de investigación en la plataforma Home Assistant se visualizó 18 litros de consumo del agua en el jardín 1 al termino del regadío (Ver Fig. 12), teniendo una humedad del suelo de 205 (80%).

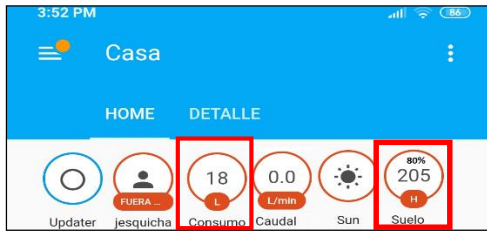


Fig. 12. Regado de jardín 1 por sistema de goteo.

Para el caso del jardín 2 de 28 metros cuadrados se consumio 133.3 litros de agua potable con 429 de humedad de suelo, que equivale a 58% (ver Fig. 13)

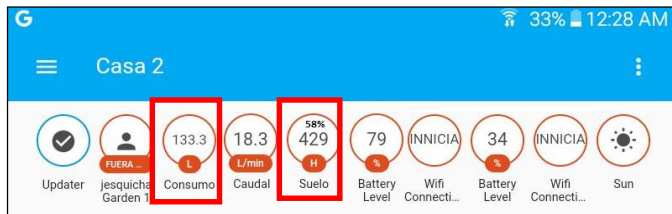


Fig. 13. Regado de jardín 2 por sistema de goteo.

En la Tabla 1 y Fig. 14, se analiza que hay un ahorro de consumo del agua en un 42% en ambos casos, eso quiere decir que se ha logrado optimizar el consumo del agua potable en el regadío de las plantas.

Tabla 1: Comparativo de regado de jardines (consumo y ahorro)

Jardines	Consumo Normal (L) Por Inundación	Consumo Optimizado (L) Por goteo	Ahorro (%)
Jardín 1	30.9	18	41.7%
Jardín 2	230.2	133.3	42.1%



Fig. 14. Comparativa (por inundación y por goteo).

Los resultados fueron satisfactorios, ya que permitió utilizar el Home Assistant como servidor, actualmente es una de las mejores plataformas IoT que son compatibles con diferentes equipos inteligentes, llegando a domotizar viviendas, en cambio el autor [30] creo su propia aplicación que permite domotizar la casa e integra la automatización del regado de jardines [31], [32], [33], estas propuestas no son escalables y compatibles con diferentes equipos inteligentes como sucede con Home Assistant.

Además, nuestra propuesta utiliza como servidor el Raspberry Pi como sucede en [34], [30], pero estas investigaciones solo crean una aplicación propia para generar un regadío inteligente de jardines utilizando los pines digitales del GPIO que son del Raspberry Pi, pero esta investigación agrega el Arduino Uno como las investigaciones [9], [32], [33] para utilizar los sensores de humedad de suelo, esto es debido a que el Arduino posee pines analógicos que son más sensibles al detectar la humedad del suelo.

IX. CONCLUSIONES

- Utilizando la propuesta de esta investigación en la ciudad de Arequipa, se ahorra agua potable en un 42%, comparando con el sistema de regadío por inundación o gravedad en el proceso al regar jardines.
- Con el aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía eléctrica se logró alimentar toda la propuesta, eso permitió ahorrar el consumo de energía que provee la Sociedad Eléctrica a domicilio.
- Mediante el computador de bajo consumo (Raspberry Pi), se logró instalar el Home Assistant que permitió administrar los diferentes sensores (flujómetro y sensor de humedad de suelo) y el actuador (electroválvula).
- Con la integración del Arduino Uno, el Ethernet Shield, el sensor de humedad de suelo y el flujómetro se logró obtener valores más exactos (pines analógicos) de lo que está sucediendo en tiempo real al regar los jardines.
- Siendo un protocolo de transporte de mensajes Cliente/Servidor el MQTT, permitió que el Arduino se comunice con el Home Assistant con un ancho de banda mínimo y un consumo mínimo de energía.
- Con la aplicación de mensajería instantánea Telegram, se generó las alertas necesarias cuando el jardín está seco o mojado, permitiendo tomar la decisión por parte del usuario en iniciar el regadío o parar el regadío desde su dispositivo móvil.

X. TRABAJO FUTURO

Para finales del 2020 se le propondrá a la autoridad universitaria la implementación de la propuesta mediante el uso de sensores y actuadores en los jardines de la Universidad; para lograr ser administrado por Home Assistant, y tener conocimiento en tiempo real el estado de cada jardín prioritario mediante un dispositivo móvil.

RECONOCIMIENTO

Agradecimiento a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa en Perú, por financiar el proyecto con Nro. contrato: TD-002-2018-UNSA, para el desarrollo de esta propuesta que va en beneficio de la ciudad de Arequipa.

REFERENCIAS

- [1] Página oficial de Home Assistant. “Telegram”. <https://www.home-assistant.io/integrations/telegram/>. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [2] Página oficial de diario Peru21. “Agua tercera parte de la población no tiene acceso al agua potable”. <https://peru21.pe/peru/agua-tercera-parte-poblacion-acceso-agua-potable-486109-noticia/>. Revisado el 20 de febrero del 2020.
- [3] Página oficial del diario la Republica. “Empresa Continua Energías obtienen concesión para dos centrales solares en Arequipa”. <https://larepublica.pe/economia/2020/02/12/empresa-continua-energias-obtiene-concesion-para-dos-centrales-solares-en-arequipa/>. Revisado el 21 de febrero del 2020.
- [4] M. Castro, A. Colmenar, R. P. Fiffe, M. Pérez, O. Perpiñán, J. M. Perulero. “Sistemas de Bombeo Eólicos y Fotovoltaicos. Editorial PROGENSA. 2011.
- [5] Página oficial de Gartner. “Gartner Identifies the top 10 Internet of things Technologies for 2017 and 2018”. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2016-02-23-gartner-identifies-the-top-10-internet-of-things-technologies-for-2017-and-2018>. Revisado el 21 de febrero del 2020.
- [6] F. Fábregas, “Aprender Raspberry Pi con 100 ejercicios prácticos”, Edición Marcombo. 2016.
- [7] P. Porcuna, “Robótica y domótica básica con Arduino” Ediciones de la U. Colombia. 2016.
- [8] P. Sanmartín Mendoza, K. Ávila Hernández, C. Vilora Núñez, and D. Jabba Molinares, “Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar,” *Salud Uninorte. Barranquilla*, vol. 32, no. 2, pp. 337–351, 2016.
- [9] A. Zaki, A. Karim, N. Suhaizah, and A. Mazri, “Development of Internet of Things (IoT) application for garden irrigation system,” *J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 48–54, 2018.
- [10] S. Khattar, A. Sachdeva, R. Kumar, and R. Gupta, “Smart Home with Virtual Assistant using Raspberry Pi,” in *Proceedings of the 9th International Conference On Cloud Computing, Data Science and Engineering, Confluence 2019, 2019*, pp. 576–579.
- [11] G. Tojeiro. “Taller de Arduino un enfoque práctico para principiantes”. Editorial Marcombo. México 2015.
- [12] Página oficial del diario el correo. “Arequipeños consumen 120 litros de agua por día”. <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/arequipenos-consumen-120-litros-de-agua-por-dia-876051/>. Revisado el 21 de febrero del 2020.
- [13] P. López-Roldán, S.Fachelli “Metodología de la Investigación Social Cuantitativa”. Universitat Autònoma de Barcelona. 2015.
- [14] Página Oficial de INEI. “Arequipa alberga a 1 millón 3001 mil habitantes”. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/arequipa-alberga-a-1-millon-301-mil-habitantes-a-los-476-anos-de-su-creacion-politica-9246/>. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [15] Página oficial de Home Assistant. Glossary. <https://www.home-assistant.io/docs/glossary/>. Revisado el 22 de febrero del 2020.
- [16] R. Oliva, “Monitoreo, control y adquisición de datos con Arduino y Visual Basic .net”, Edición Alfaomega, México, 2017.
- [17] Página oficial de naylampmechatronics. “Tutorial sensor de flujo de agua”. https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html. Revisado el 22 de febrero del 2020.
- [18] Página oficial de panamahitek. “Herramientas de control para Arduino: El relay o relevador”. <http://panamahitek.com/herramientas-de-control-para-arduino-el-relay-o-relevador/>. Revisado el 22 de febrero del 2020.
- [19] Página oficial de naylampmechatronics. “Valvula solenoide 1/2” 12V DC”. <https://naylampmechatronics.com/valvulas/314-valvula-solenoide-12-12v.html>. Revisado el 22 de febrero del 2020.
- [20] Página oficial de Home Assistant. “Installing Home Assistant”. <https://www.home-assistant.io/hassio/installation/>. Revisado el 23 de febrero del 2020.
- [21] Página oficial de Home Assistant. “Glossary” <https://www.home-assistant.io/docs/glossary/>. Revisado el 23 de febrero del 2020.
- [22] Página oficial de de GitHub. “Hassio-addons”. <https://github.com/home-assistant/hassio-addons/tree/master/configurator>. Revisado el 23 de febrero del 2020.
- [23] Página oficial de GitHub. “Home Assistant Community Add-on: MQTT Server &web client”. <https://github.com/hassio-addons/addon-mqtt/blob/master/README.md>. Revisado el 23 de febrero del 2020.

- [24] Página oficial de de GitHub. “Home Assistant Add-on: Samba” <https://github.com/home-assistant/hassio-addons/tree/master/samba>. Revisado el 23 de febrero del 2020.
- [25] Página curso Arduino. “Tutorial 31: Sensor de humedad de suelo”. <http://cursoarduino.proserquisa.com/2016/10/19/tutorial-31-sensor-de-humedad-del-suelo/>. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [26] Página oficial de naylampmechatronics. “Tutorial sensor de flujo de agua”. https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [27] R. Vega. “Configurando Arduino y MQTT”. <https://ricveal.com/blog/arduino-mqtt/>. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [28] D. Martin. “Notificaciones de Home Assistant en Telegram”. <https://www.danielmartingonzalez.com/notificaciones-de-home-assistant-en-telegram/>. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [29] Página oficial de Home Assistant. “Telegram”. <https://www.home-assistant.io/integrations/telegram/>. Revisado el 24 de febrero del 2020.
- [30] H. M. Torres S, G. E. Meneses P, and C. J. Pesántez A, “Implementation of a low cost smart home based on standard 802.11 b/g/n WiFi,” in *Proceedings - 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019*, 2019, pp. 520–525.
- [31] T. Thamaraimanalan, S. P. Vivekk, G. Satheeshkumar, and P. Saravanan, “Smart Garden Monitoring System Using IOT,” *Asian J. Appl. Sci. Technol. (Open Access Q. Int. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 186–192, 2018.
- [32] W. F. Vásquez alvarado, “Sistema de Riego Automatizado Controlado por Arduino para las Plantas Ornamentales de la Piscina del Complejo Universitario,” Universidad Estatal del Sur de Manabí facultad, 2018.
- [33] A. A. Guijarro-Rodríguez, L. J. Cevallos Torres, D. K. Preciado-Maila, and B. N. Zambrano Manzur, “Sistema de riego automatizado con arduino,” *Espacios*, vol. 39, p. 27, 2018.
- [34] S. B. Pawar, P. Rajput, and A. Shaikh, “Smart Irrigation System Using IOT And Raspberry Pi,” *Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJE T)*, vol. 05, no. 08, p. 4, 2018.