

PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO CON ELEMENTOS DE DOMÓTICA.

¹ Wiliam Santiago Sierra Guemez, guemez192@gmail.com/estudiante

¹ Jesús Antonio Santos Tejero, jesus.st@valladolid.tecnm.mx/docente

¹ Delghi Yudire Ruiz Patrón, delghi.rp@valladolid.tecnm.mx/docente

RESUMEN

El proyecto se enfocó en la realización de un prototipo de un sistema de riego automático con la integración de elementos de domótica, este prototipo tiene el propósito de impulsar e implementar nuevas tecnologías en el sector productivo, por ende, el principal motivo de la implementación de esta tecnología dentro del Instituto Tecnológico Superior de Valladolid es la generación de un sistema de riego innovador que permita maximizar la producción de hortalizas y permita analizar el impacto que esto genera. El prototipo se limita a la realización del monitoreo de las hortalizas por medio de la integración de sensores de humedad de tierra y proveer agua a estas mismas de acuerdo a las mediciones obtenidas accionando las electroválvulas. Así mismo, al analizar la información resultante de los sensores, demostrar las mejoras significativas que se han obtenido con el sistema, aludiendo a una reducción del consumo del agua al establecer parámetros de riego que permiten el mayor aprovechamiento de este líquido. Este proyecto forma parte de la primera etapa del proyecto financiado por el TECNOM denominado “Diseño de prototipo de monitoreo y optimización inteligente de producción de hortalizas en cultivos mayas, en la zona oriente de Yucatán”.

PALABRAS CLAVE

Arduino
Hortalizas
Monitoreo

ABSTRACT

The project focused on the development of a prototype of an automatic irrigation system with the integration of home automation elements. This prototype aims to promote and implement new technologies in the productive sector. Therefore, the main reason for implementing this technology within the Instituto Tecnológico Superior de Valladolid is to create an innovative irrigation system that allows maximizing vegetable production and analyzing the impact it generates. The prototype is limited to monitoring vegetables by integrating soil moisture sensors and providing water to them according to the measurements obtained by activating solenoid valves. Additionally, by analyzing the information from the sensors, it aims to demonstrate the significant improvements achieved with the system, referring to a reduction in water consumption by establishing irrigation parameters that allow for more efficient use of this resource. This project is part of the first stage of the project funded by TECNOM, titled “Design of a prototype for intelligent monitoring and optimization of vegetable production in Mayan crops in the eastern region of Yucatán.”

KEY WORDS

Arduino
Vegetables
Monitoring

1 TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Valladolid

I. INTRODUCCIÓN

La investigación en los distintos usos de la tecnología es un tema muy importante, pues es empleada diariamente dentro de la vida cotidiana de las personas, empresas y grandes organizaciones, actualmente la tecnología se ha hecho presente en la mayoría o en todas las actividades que desempeñamos, incluso dentro del área productiva se encuentra presente, ya sea en la ganadería, pesca o agricultura, un claro ejemplo de esta última es la implementación de tecnologías en sistemas de riego, monitoreo y control de ambiente para la siembra, etc.; (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2016). En Yucatán, del 9.7% de personas que se desenvuelven en el sector primario (112,743), se tiene el 68.2% en la agricultura, el 24.3% en el pecuario y el 7.5% en la pesca (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022). Por lo tanto, predomina el desarrollo en el área productiva, en la siembra y cosecha de alimentos, tales como el maíz y frijol, o de manera más presente la cosecha de limones, naranjas dulces y agrias, en donde muchos de estos procesos siguen realizándose de manera tradicional. Cabe mencionar que el sector productivo es un factor importante dentro de la economía de una ciudad, estado o país, ya que de ahí se obtienen la mayoría de materias primas para la realización de diversos productos, y es por eso que el enfoque e impulso en esta área debe ser considerado como prioritario.

El estudio se enfocó en la automatización y optimización del proceso de riego en el área de huertos, donde el objetivo principal es utilizar la tecnología para mejorar la eficiencia del riego, minimizando el desperdicio de agua y asegurar que las hortalizas reciban la cantidad adecuada de agua en el momento oportuno. Para este prototipo, se determinó usar el microcontrolador Arduino, que hace referencia a una plataforma 'basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla' (Arduino.cl, 2010).

De igual forma, Arduino "puede tomar información y datos del entorno a través de sus pines de entrada por medio de toda la gama de sensores que existen en el mercado, en base a ellos puede ser usada para controlar y actuar sobre todo aquello que le rodea" (Calaza, 2015), como, por ejemplo, luces, motores, entre otros. Un sensor puede conceptualizarse como "un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable

de la variable física medida" (Rorona Ramirez, Abarca Jimenez, & Mares Carreño, 2014), por lo que los sensores pueden captar y medir datos del medio ambiente físico y convertirlos en señales digitales o análogas, para su procesamiento.

Por lo que, para este proyecto, la implementación del microcontrolador de Arduino fue fundamental para la obtención de datos e interconexión con los sensores alámbricos que notificarán en todo momento el estado de las variables a censar, como lo son la humedad y la temperatura del ambiente y del suelo.

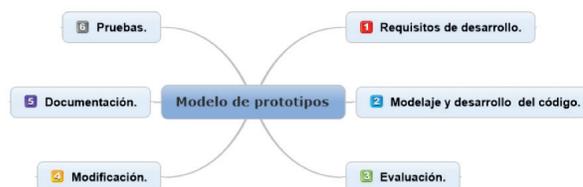
II. METODOLOGÍA

La metodología a trabajar es la de prototipado. Esta metodología es un proceso que se utiliza para desarrollar un prototipo o modelo de un producto o sistema. "Se centra en un diseño rápido que representa las características principales del programa que el usuario podrá ver o utilizar" (Hostingplus, 2021). Con el fin de probar y validar ideas y conceptos antes de crear la versión final.

Sus etapas se presentan a en la Figura 1:

Figura 1.

Etapas del modelo de prototipos.



Nota. Elaboración propia.

1. Requisitos de desarrollo. En esta etapa se definen los requisitos del prototipo, como se muestran en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 1.

Requerimientos funcionales que intervienen en el desarrollo del proyecto.

| Requerimiento | Descripción |
|---------------|---|
| RF-01 | El sistema debe ser capaz de detectar la humedad del suelo y ajustar automáticamente el riego según los niveles de humedad. |
| RF-02 | El sistema debe permitir configurar el tiempo de riego. |
| RF-03 | El sistema debe poder ser controlado y monitoreado a través de una aplicación. |
| RF-04 | El sistema debe poder ser encendido y apagado manualmente. |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2

Requerimientos no funcionales del proyecto.

| Requerimientos no funcionales del proyecto. | |
|---|---|
| Requerimiento | Descripción |
| RNF-01 | El sistema debe ser fácil de instalar y usar. |
| RNF-02 | El sistema debe ser lo suficientemente robusto para resistir las condiciones climáticas adversas. |
| RNF-03 | El sistema debe ser eficiente en cuanto al consumo de energía. |
| RNF-04 | La aplicación debe ser fácil de usar y multiplataforma. |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3.

Requerimientos de funcionamiento para el sistema.

| Requerimientos de funcionamiento para el sistema. | |
|---|--|
| Requerimiento | Descripción |
| Arduino | Placa de Arduino que será utilizado como microcontrolador. |
| Cable | Cable para interconexión y alimentación de los distintos dispositivos. |
| Sensores | Sensores de humedad de suelo para la medición y monitoreo. |
| Válvulas | Electroválvulas para el control del flujo del agua. |
| Energía eléctrica | Una conexión segura y estable a energía eléctrica para la alimentación del sistema de riego. |
| Tuberías | Sistema de tuberías para transporte y distribución del agua. |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.

Materiales necesarios para el funcionamiento del sistema.

| Materiales necesarios para el funcionamiento del sistema. | |
|---|--|
| Material | Definición |
| Sensor de humedad de tierra YI-69 | Se trata de un higrómetro que tiene por utilidad detectar la humedad del suelo; está conformado por dos componentes que son una tarjeta electrónica para la interconexión con la placa Arduino y una sonda con dos almohadillas en la punta que son las que al entrar en contacto con la superficie pueden detectar el contenido de agua en el suelo (Rivas Domínguez, Cano, Monterroza Alemán, & Escuintla Morán, 2021, pág. 19). |
| Sensor DHT22 | Es un sensor digital que como su nombre lo indica se encarga de medir la humedad(H) y la temperatura(T) del ambiente, siendo su rango de medición de -40°C a 80 °C con precisión de ±0.5 °C (Laverde Mena & Laverde Mena, 2021, p. 6). |
| Relevador | Por definición, los relevadores de protección en equipo eléctrico están diseñados para detectar y responder cuando se cumpla una condición de entrada previamente señalada como anormal causante de cambios abruptos en los valores de los parámetros eléctricos normalmente estables en componentes de circuitos de control (Martínez Osuna, 2017, p. 10). |
| Fuente de alimentación 60W AC110V-220V-DC 12V | Las fuentes de poder o fuentes de alimentación, son equipos cuya principal función es transformar la energía (Gastellou, 2020). |
| Conector RJ45 | Es un conector que se utiliza para conectar a redes dispositivos mediante un cable que puede ser de hasta 8 hilos en su interior, el conector posee estos 8 pines, aunque no siempre se utilizan todos. El conector RJ45 puede ser macho o hembra, aunque lo más común es ver el macho en cables de red de ordenadores, también para conectar a una pared y hacer la conexión más cómoda se puede usar un conector hembra (Delgado, 2020). |

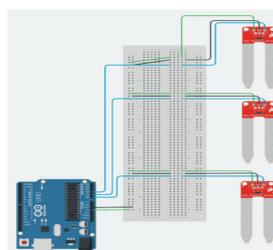
2. Modelaje y desarrollo del código.

Para el modelaje y codificación del prototipo se utilizaron varios elementos entre ellos el Arduino, cableado, sensores de humedad de tierra y Arduino IDE.

En la Figura 2 se presenta el ejemplo de las conexiones entre los sensores y Arduino. Para su conexión se hace uso de los puertos del Arduino que alimentan con 5 voltios, conexión a tierra (GND) y un pin de señal para cada sensor. En la Figura 3 se muestra el modelo 3D de la carcasa que contendrá los elementos del prototipo.

Figura 2.

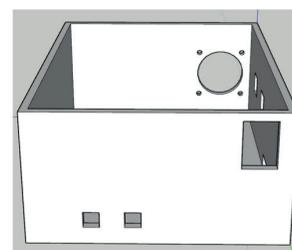
Conexión de cableado al Arduino.



Nota. La imagen muestra el esquema de conexión que tendrán los sensores con el Arduino en la versión de prueba del prototipo. Elaboración propia.

Figura 3.

Modelo 3D de la carcasa.



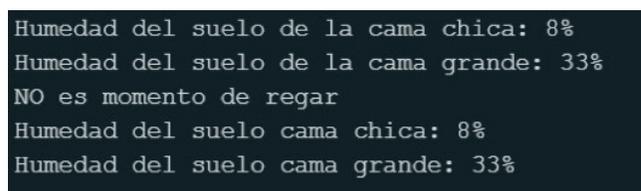
Nota. La imagen muestra el modelo 3D en donde se integrarán los elementos del prototipo. Elaboración propia.

3. Evaluación.

Una vez realizada la conexión de los sensores al Arduino, se procedió a compilar el código en el IDE del microcontrolador, con la intención de verificar que el código empleado es capaz de leer los datos de los sensores y se obtuvieron los valores que se muestran en la Figura 4.

Figura 4.

Valores de lectura obtenidos.



Nota. Valores de los sensores obtenidos por medio del puerto serial. Elaboración propia.

Tras haberse realizado varias lecturas de los sensores obteniendo distintos valores de humedad, se puede determinar que la conexión y lectura de información es correcta.

4. Modificación.

Tras evaluar las pruebas, se determinó que se cumplen con las características iniciales; sin embargo, al tratarse de un modelo de conexión que contiene únicamente sensores de tierra, dichas modificaciones a realizar son las siguientes:

- Pasar a un entorno más completo.
- Adecuar la conectividad de los sensores a la medida en la que se encuentran las hortalizas.
- Instalar cableado para llevar energía tanto a las electroválvulas como a los sensores.
- Instalar tuberías para el riego de las hortalizas
- Instalar micro aspersores.

5. Documentación.

La principal documentación que se realiza del prototipo fue el manual técnico. Dicho manual es vital para la comprensión de la mecánica y funcionamiento del sistema de riego.

Este manual tiene el objetivo de instruir y guiar a otras personas acerca del desarrollo del sistema de riego, la lectura, el monitoreo y la activación de válvulas que comprenden su funcionamiento, así como el manejo de las variables e información captada por los sensores.

6. Pruebas.

Una vez realizadas las modificaciones al prototipo, adecuándolo al entorno real, se procedió a realizar pruebas y así poder evaluar su utilidad. En las Figura 5 y 6 se pueden observar los valores de lecturas obtenidos de los sensores en diferentes momentos.

Figura 5.

Primeras lecturas obtenidas.

```
Fecha: 5/7/2023 Hora: 12:49
Temperatura del aire: 35.90 °C, Humedad del
Humedad del suelo de la cama chica: 4%
Humedad del suelo de la cama grande: 31%
NO es momento de regar
Humedad del suelo cama chica: 4%
Humedad del suelo cama grande: 31%

Humedad del suelo de la cama chica: 5%
Humedad del suelo de la cama grande: 26%
NO es momento de regar
Humedad del suelo cama chica: 5%
Humedad del suelo cama grande: 26%
```

Nota. Primeras lecturas obtenidas al cargar y ejecutar el código dentro del Arduino. Elaboración propia.

Figura 6.

Lecturas momentos después.

```
Fecha: 5/7/2023 Hora: 12:55
Temperatura del aire: 35.30 °C, Humedad del aire: 68.00 %
Humedad del suelo de la cama chica: 3%
Humedad del suelo de la cama grande: 30%
NO es momento de regar
Humedad del suelo cama chica: 3%
Humedad del suelo cama grande: 30%
Fecha: 5/7/2023 Hora: 12:56
Temperatura del aire: 35.20 °C, Humedad del aire: 67.10 %
Humedad del suelo de la cama chica: 3%
Humedad del suelo de la cama grande: 31%
NO es momento de regar
Humedad del suelo cama chica: 3%
Humedad del suelo cama grande: 31%
```

Nota. Segundas lecturas obtenidas de los sensores minutos más tarde. Elaboración propia.

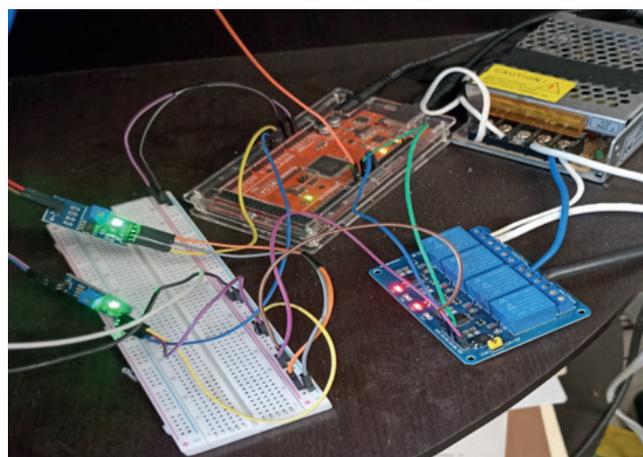
Las pruebas del proyecto se realizaron en el Instituto Tecnológico Superior de Valladolid, este se encuentra ubicado en la carretera Valladolid - Tizimín, Km. 3.5 Tablaje Catastral No. 8850, Valladolid, Yucatán, México. C.P. 97780. El Instituto Tecnológico Superior de Valladolid es una escuela de carácter público, fue fundada en el año 2000 y es una institución comprometida con el desarrollo tecnológico y económico de la región y del país, hasta la fecha se ha consolidado como una institución de prestigio en el oriente del estado.

III. RESULTADOS

Como resultado de este proyecto, se obtuvo un prototipo de sistema de riego. Finalmente, en la Figura 7 se puede observar la conexión del cableado necesario al Arduino para el monitoreo y activación de actuadores. En la Figura 8, se puede observar la conexión de la electroválvula a la tubería de riego, así como también su conexión al cableado que le brinda energía y el que sirve para la comunicación. Del mismo modo, en la Figura 9 se puede observar la instalación del sistema de riego, que se activa mediante el Arduino y sus actuadores.

Figura 7.

Conexión del cableado al Arduino.



Nota. Por medio del Arduino se hicieron las conexiones necesarias (positivo, negativo y señal) para la alimentación y comunicación de este mismo a los diferentes sensores y electroválvula, elaboración propia.

Figura 8.
Conexión del cableado a la electroválvula.



Nota. Antes y después de la conexión de la electroválvula durante las pruebas, elaboración propia.

Figura 9.
Instalación del sistema de riego.



Nota. La instalación del sistema se llevó a cabo en el área designada por la institución. Elaboración propia.

En las Figuras 10 y 11 se puede observar el funcionamiento de la versión inicial del sistema de riego y los ajustes que se hicieron para evitar el derrame excesivo de agua. Los resultados son satisfactorios, pues se determinó que pese a las medidas y distancia que comprenden las camas de las hortalizas, la comunicación entre los sensores, activación y cierre de la electroválvula funcionan de manera correcta y esto se refleja en los valores de humedad reflejados en la Tabla 5.

Figura 10.
Riego funcional.



Nota. Camas de cultivo antes y después de realizar los ajustes para el riego. Elaboración propia.

Figura 11.
Resultados del sistema de riego.



Nota. Ciclo final del proceso de cultivo previo a la cosecha. Elaboración propia.

Tabla 5.
Porcentajes de humedad obtenidos de los sensores de tierra

| Sensor 1 | | Sensor 2 | |
|----------|----|----------|----|
| N.º | % | N.º | % |
| 1 | 42 | 1 | 22 |
| 2 | 42 | 2 | 22 |
| 3 | 71 | 3 | 70 |
| 4 | 71 | 4 | 70 |
| 5 | 71 | 5 | 70 |
| 6 | 71 | 6 | 71 |
| 7 | 72 | 7 | 71 |
| 8 | 72 | 8 | 71 |
| 9 | 72 | 9 | 71 |
| 10 | 72 | 10 | 70 |
| 11 | 72 | 11 | 70 |
| 12 | 72 | 12 | 70 |
| 13 | 72 | 13 | 70 |
| 14 | 72 | 14 | 70 |
| 15 | 71 | 15 | 70 |
| 16 | 71 | 16 | 70 |
| 17 | 72 | 17 | 70 |
| 18 | 72 | 18 | 70 |
| 19 | 72 | 19 | 70 |
| 20 | 72 | 20 | 70 |

Fuente: Elaboración propia.

Se pudo observar que las semillas germinaron satisfactoriamente y se obtuvo la producción completa del cultivo. En estas pruebas, no hubo intervención humana en la cama de cultivo, más que para la revisión de los sensores y conexiones. De igual forma, se pudo validar el funcionamiento del sistema acorde a las variables de configuración, como horario de riego y parámetros de temperatura y humedad, donde se validó el cumplimiento de todos los parámetros tal como fueron definidos. En la programación se consideraron los parámetros de lluvia para evitar la activación del riego, lo cual funcionó sin inconvenientes. El prototipo se probó a partir del mes de abril hasta julio de 2023.

IV. CONCLUSIONES

En conclusión, las pruebas realizadas en el sistema de riego automático utilizando Arduino han demostrado viabilidad y eficacia de la automatización en el suministro de agua a cultivos. A través de la implementación de sensores, actuadores y un controlador Arduino, se ha logrado un sistema que puede monitorear y regular el riego de manera precisa y eficiente.

Durante las pruebas, se observó que el sistema es capaz de ajustar los niveles de humedad del suelo de acuerdo a parámetros predefinidos en la programación, evitando el exceso o la falta de riego. Los sensores de humedad del suelo permiten al sistema tomar decisiones informadas basadas en las condiciones reales del entorno, lo que lleva a un uso más racional del agua y a un mejor crecimiento de las plantas. Aunque las pruebas fueron exitosas en términos generales, es importante destacar que cualquier sistema automatizado está sujeto a posibles fallas técnicas, entre las cuales se tuvo presente los problemas de conexión, fallos en los sensores o errores en la lectura de los valores proporcionados por estos mismos, así como fallos en el suministro de energía eléctrica al Arduino y la electroválvula. Por lo tanto, es esencial mantener un monitoreo regular del sistema y llevar a cabo una revisión periódica del cableado y conexiones para garantizar un funcionamiento continuo y confiable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino.cl. (2010). ¿Qué es Arduino? Recuperado el 13 de junio de 2023, de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Calaza, T. (2015). Taller de arduino. Un enfoque práctico para estudiantes. México: Alfaomega.
- Delgado, A. (8 de Octubre de 2020). ¿Qué es RJ45 y para qué sirve? Obtenido de Geeknetic: <https://www.geeknetic.es/RJ45/que-es-y-para-que-sirve>
- Gastellou, E. (30 de Junio de 2020). ¿Qué es una fuente de poder? Obtenido de AcMax Solución estratégica : <https://acmax.mx/que-es-una-fuente-de-poder>

Hostingplus. (6 de julio de 2021). Modelo de prototipos: ¿qué es y cuáles son sus etapas? Obtenido de <https://www.hostingplus.mx/blog/modelo-de-prototipos-que-es-y-cuales-son-sus-etapas/>

Laverde Mena, J. A., & Laverde Mena, C. G. (30 de Abril de 2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores., 6. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78902021000100031

Martines Osuna, M. A. (2017). CARACTERIZACION DE CONVERTIDORES ANALOGICO-DIGITAL A SISTEMAS DE MEDICION DE CORRIENTE ALTERNA. TUXTLA GUTIÉRREZ: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.

Rivas Domínguez, M. R., Cano, S. A., Monterroza Alemán, J. N., & Escuintla Morán, J. J. (2021). SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE CON SENSORES Y MONITOREO. San Salvador: Universidad Doctor Andrés Bello . doi:978 – 99961 – 65 – 42 – 9

Rorona Ramirez, L., Abarca Jimenez, G., & Mares Carreño, J. (2014). Sensores y Actuadores. México: Grupo editorial patria.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (22 de junio de 2022). ¡Bomba! Yucatán y su producción agroalimentaria y pesquera. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/bomba-yucatan-y-su-produccion-agroalimentaria-y-pesquera>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (11 de septiembre de 2016). Existen diferentes sistemas de riego en la agricultura. Obtenido de <https://www.gob.mx/senasica/articulos/existen-diferentes-sistemas-de-riego-en-la-agricultura?idiom=es>