

RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA MONITOREO Y CONTROL DE CULTIVOS DE CITRULLUS LANATUS (SANDÍA)

WIRELESS NETWORK OF SENSORS FOR MONITORING AND CONTROL OF CITRULLUS LANATUS (WATERMELON) CROPS

Vera-Macías Luigi Fernando

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
Facultad de Ciencias Informáticas. Manta, Ecuador.
Correo: e1313197038@live.ulead.edu.ec

Piloso-Loor Jhalmar Michael

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
Facultad de Ciencias Informáticas. Manta, Ecuador.
Correo: e2100659628@live.ulead.edu.ec

Machuca-Ávalos Mike

Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
Facultad de Ciencias Informáticas. Manta, Ecuador.
Correo: mike.machuca@uleam.edu.ec

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo mejorar los procesos agrícolas dentro del sector mediante la unión de sistemas electrónicos e informáticos. Se creó un prototipo de medición ambiental a partir de la Agricultura de Precisión, el cual se caracteriza por poseer la tecnología Wireless Sensor Networks que a partir del estándar IEEE 802.11 permitió armar la red inalámbrica de sensores. La red está conformada por varios módulos ESP32, los cuales están configurados de tal manera que uno actúe como nodo coordinador y los demás nodos como routers, que a su vez cuentan con sensores específicos ubicados estratégicamente para medir los factores ambientales abióticos que influyen en los cultivos tales como humedad de suelo, temperatura y humedad del ambiente. Estos nodos, además de sensores, tienen conexión a una electroválvula, la misma que permite controlar mediante el aplicativo el agua suministrada al cultivo. Para el almacenamiento de información se creó una base de datos la cual está enlazada al aplicativo en donde se pueden visualizar los valores proporcionados por los sensores. Se utilizó la metodología EDER para el desarrollo del prototipo, la cual es aplicada en proyectos de infraestructura tecnológica, y permitió el progreso de creación del mismo.

Palabras claves: red inalámbrica, nodos, sensores, routers, base de datos.

ABSTRACT

This project aims to improve agricultural processes within the sector through the union of electronic and computer systems. An environmental measurement prototype was created from Precision Agriculture, which is characterized by having the Wireless Sensor Networks technology that, based on the IEEE 802.11 standard, allowed the creation of

the wireless sensor network. The network is made up of several ESP32 modules, which are configured in such a way that one acts as a coordinating node and the other nodes as routers, which in turn have specific sensors strategically located to measure the abiotic environmental factors that influence crops. such as soil moisture, temperature and humidity of the environment. These nodes, in addition to sensors, are connected to a solenoid valve, which allows the water supplied to the crop to be controlled through the application. For the storage of information, a database was created which is linked to the application where the values provided by the sensors can be viewed. The EDER methodology was used for the development of the prototype, which is applied in technological infrastructure projects, and allowed the progress of its creation.

Keywords: wireless network, nodes, sensors, routers, database.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad brindar una solución eficiente en el sector agrícola, en este caso beneficiando la producción de sandía a una escala superior de la que se tenía antes de la implementación del sistema, a consecuencia de esto también ayuda al bienestar económico de las personas que se dedican a esta labor y a su vez amerita el avance tecnológico que se ha tenido en el sector agrícola en los últimos años, siendo así una apertura para que más proyectos relacionados a este sector puedan ser puestos en marcha en un futuro próximo.

La sandía es una fruta de gran tamaño con una forma más o menos esférica y se suele comer cruda como postre. Su pulpa es rojiza o amarillenta, de sabor dulce. Es un alimento muy refrescante que aporta pocas calorías al organismo, y además aporta algunas vitaminas y minerales. La sandía es una fruta de gran tamaño con un diámetro de hasta 25 cm y un peso de hasta 15 kg (Chemonics International, 2017).

La agricultura es una actividad que implica el cultivo y la producción de suelos, el desarrollo y la recolección de cosechas, la reproducción y el desarrollo de la ganadería. Es una de las actividades del primer sector en cada país, el recurso más importante y del que depende la humanidad, porque, parte de los productos agrícolas se consumen directamente y la otra parte se entrega a la industria para

la obtención de alimentos derivados, textiles, productos químicos o materiales de fabricación (Nicholls & Altieri, 2019).

Lo que se propone con el proyecto integrador es trabajar en conjunto con los agricultores de la Finca “Agustín Loor” con la finalidad de proporcionarles una herramienta tecnológica que les sea de apoyo para el control de los cultivos de sandía, al mismo tiempo mejorar y facilitar el proceso de siembra, permitiendo el aumento de la calidad de sus productos, disminuyendo las pérdidas y logrando el crecimiento económico tanto de los agricultores como de todas las personas que intervienen en el proceso. (García & Flego, 2018)

Como establece (Mots Mèlés, 2018), una red es básicamente un grupo de dispositivos que se conectan entre sí de forma física o inalámbrica, a través de dispositivos que permiten la interconexión (tarjetas de red, hubs / conmutadores, enrutadores). El hecho de la conexión permite que los dispositivos compartan recursos e información entre todos independientemente de dónde se encuentren estos recursos, ya sea en la red o en la computadora.

Los dispositivos o equipos electrónicos están compuestos por transistores, circuitos integrados, válvulas termoelectrónicas y muchos otros componentes, los cuales se combinan entre sí para generar y detectar señales de diferentes frecuencias y todas las funciones que pueden realizar las señales eléctricas (De la Rosa, 2017)

Las tecnologías empleadas en el sector agrícola se han desarrollado de forma acelerada al pasar los años, gracias a estas tecnologías se puede proveer de mecanismos o herramientas que permitan la administración de los cultivos de diferentes y eficientes maneras. (Zolezzi et al., 2017)

Es por esto, que se plantea el desarrollo de este proyecto, el cual permite incorporar sistemas informáticos dentro del área agrícola, brindándole un software equipado con herramientas que mejorarán la gestión de los cultivos puestos a su cargo, y que permita obtener información en tiempo real de los mismos, además de darle la posibilidad de controlar los procesos dentro del cultivo remotamente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de investigación.

➤ Campo

Para el desarrollo de este tipo de investigación se usarán distintos métodos para la recolección de datos, los cuales serán obtenidos de fuentes primarias para dar solución u obtener conocimiento de un tema determinado, en el caso estudiado ayudará a recolectar información de los procesos agrícolas dentro del cultivo de sandías en el cantón Shushufindi, para lo cual se hará énfasis en el uso de un método cualitativo para la recolección de información puesto que permite tener un mejor entendimiento de procesos complejos y relacionarlos directamente con las personas que trabajan en la Finca “Agustín Loor” en vista de que ellos conocen en su totalidad los procesos que intervienen y por ende poseen la información requerida para el proyecto, al usar el estudio de campo se podrá realizar el levantamiento de los datos en el lugar de los hechos y esto permitirá dar solución a la problemática de manera más eficiente al tener un mejor control sobre los datos que se obtendrán.

Dentro del trabajo presentado se usó además la investigación documental, la cual permite obtener información de otras fuentes que han tratado temas similares al que se está estudiando.

2.2. Métodos de investigación

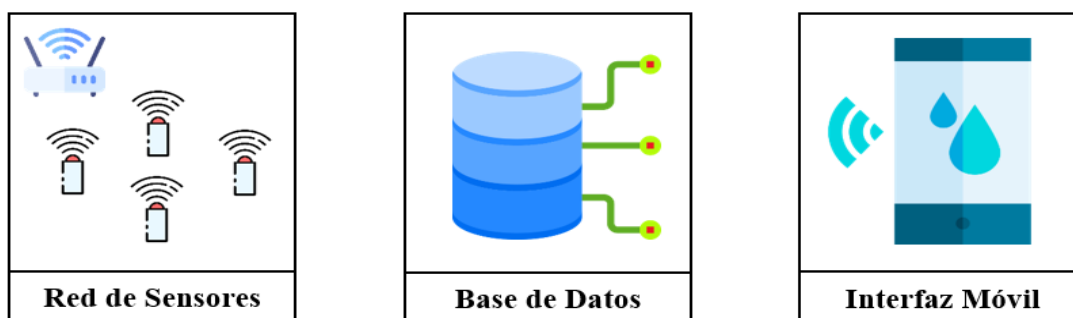
➤ Método inductivo

El método que se utilizó en el desarrollo del presente proyecto de titulación fue el inductivo, este método fue utilizado en la comprensión de todos los procesos agrícolas relacionados al cultivo de sandía que se llevan a cabo en el lugar de estudio, comenzando desde una visión general a una particular, permitiendo identificar todos los elementos necesarios para la realización de cada proceso y si estos son realizados de manera correcta. (Sumba & Torres, 2019)

2.3. Presentación de la propuesta.

FindiTec, se caracteriza por ser un sistema tecnológico constituido por una Red de Sensores Inalámbrica que funciona a través de varios componentes que interactúan entre sí, como es el módulo ESP32 el cual opera como procesamiento de datos y comunicación inalámbrica, sensores ambientales como son el FC-28, FC-37 y DHT11 que conectados al módulo antes mencionado (ESP32) establecen nodos y estos se designan como coordinador y R. (Vera & Pabón, 2017). El prototipo a través de puntos estratégicos permite obtener información concreta del terreno en donde se encuentra el cultivo, el nodo coordinador actúa como servidor web y mantiene una conexión con la base de datos mientras que el aplicativo extrae la información de la misma y la muestra en la interfaz. El sistema manifiesta la información en tiempo real recibida por los sensores, exponiendo así datos exactos de humedad del suelo, temperatura y detección de lluvia, esto con la finalidad de ayudar en la toma de decisiones de abastecimiento de agua al sembrío. En la ilustración 1 se muestran las partes que intervienen en el proyecto.

Ilustración 1. Partes de la creación del proyecto (autores)



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

➤ Pruebas

Las pruebas realizadas permitieron identificar algunos errores en el sistema, los cuales afectaban el funcionamiento y usabilidad del mismo. Mediante estas se pudieron corregir los problemas para lograr la funcionalidad óptima del sistema. En la tabla 1, la cual se muestra a continuación se detallan las pruebas realizadas al sistema.

Tabla 1. Pruebas al sistema (autores).

Prueba	Descripción	Prerrequisito	Estado	Observación
P01	Lectura de sensor de humedad de suelo.	Conectar el sensor a la placa ESP32.	Correcto	Lectura de valores de sensor correcta.
P02	Lectura de sensor de temperatura y humedad del ambiente.	Conectar el sensor a la placa ESP32.	Correcto	Lectura de valores de sensor correcta.
P03	Lectura del sensor de lluvia.	Conectar el sensor a la placa ESP32.	Correcto	Lectura de valores de sensor correcta.
P04	Apertura de electroválvula.	Conectar el dispositivo a la placa ESP32.	Correcto	El dispositivo funciona correctamente.
P05	Conexión entre nodos.	Realizar la configuración de los nodos.	Correcto	Existe la conexión entre nodos.
P06	Envío de datos obtenidos por los sensores.	Conectar al servidor web.	Correcto	Los datos se envían correctamente.
P07	Conexión de nodo coordinador a Router.	Configurar y revisar la conexión.	Correcto	Existe la conexión.
P08	Carga de información a la base de datos.	Conectar servidor web con la base de datos.	Correcto	Los datos son almacenados correctamente.
P09	Muestra de resultados en la interfaz.	Realizar la conexión a la base de datos.	Correcto	Los datos son mostrados en la interfaz.

➤ Evaluación y análisis de resultados

FindiTec, como es denominado el sistema prototipo de red inalámbrica de sensores, realizó la recolección de datos dentro del lugar de estudio en distintos horarios, se realizó la lectura en horas de la mañana (8:00 am – 10:00 am) y en horas de la tarde (3:00 pm – 5:00 pm), lo que permite llegar a la conclusión de un correcto funcionamiento del sistema propuesto.

➤ Recopilación de datos

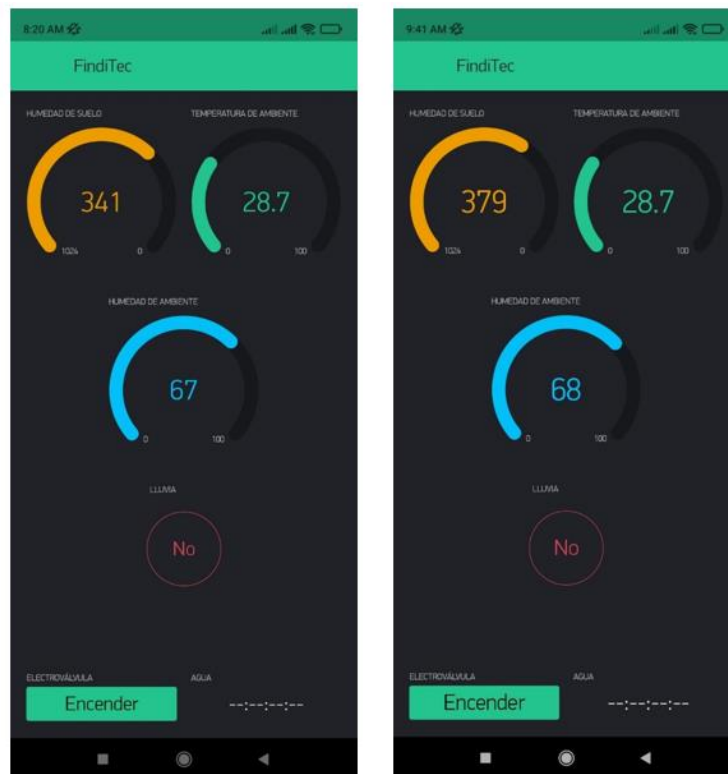
Para la lectura de los sensores y recopilación de datos, se utilizó una tabla de valores ofrecida por los fabricantes con datos referenciales de cada sensor. La tabla 2 muestra los datos mencionados.

Tabla 2. Datos referenciales de los sensores (autores)

SENSOR	RANGOS DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
FC-28	0 – 599	Suelo Húmedo
	600 -799	Suelo ligeramente húmedo
	800 - 1024	Suelo seco
DHT-11	-40°C a +80°C 0 a 100% RH	Rangos temperatura Rangos de humedad
FC-37	1	Lluvia
	0	Sin lluvia

A continuación, se muestran capturas realizadas a las mediciones de los sensores en distintos horarios para observar el correcto funcionamiento del sistema. Mediciones realizadas de 8:00 a 10:00 am.

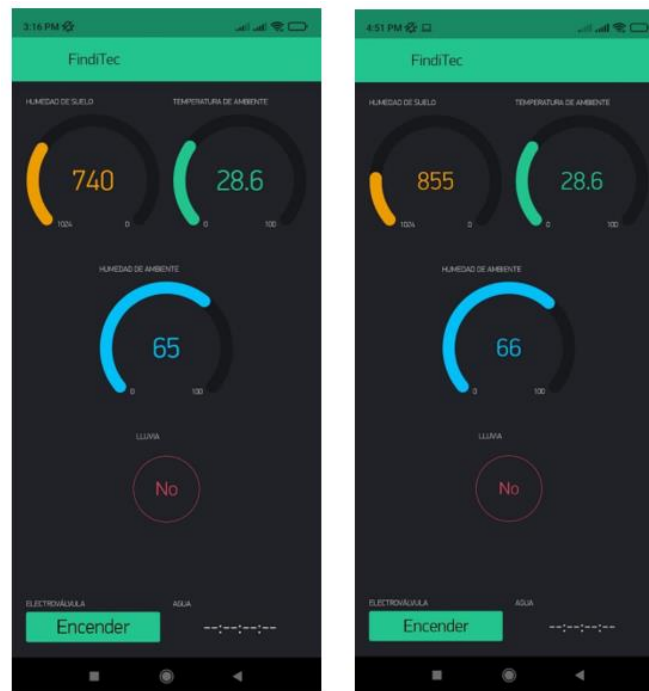
Ilustración 1. Mediciones realizadas por los sensores (autores)



En la ilustración 2 se puede observar el cambio de valores entre un horario y otro (8:00 am a 10:00 am) según el rango de humedad del suelo encontrado en la tabla 28 se puede señalar que se encuentra en estado húmedo, la temperatura y humedad de ambiente no varían significativamente.

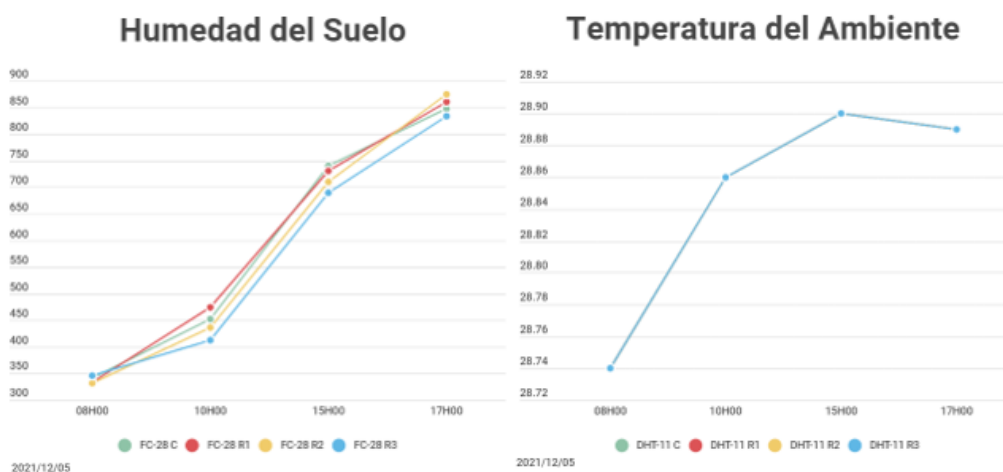
Mediciones realizadas de 3:00pm a 5:00pm.

Ilustración 2. Mediciones realizadas por los sensores (autores).



En la ilustración 3 podemos observar el cambio de valores entre un horario y otro (3:00 pm a 5:00 pm) según el rango de humedad del suelo encontrado en la tabla 28 se puede señalar que se encuentra en ligeramente húmedo y pasa al estado seco, la temperatura y humedad de ambiente no varían significativamente.

Ilustración 3. Histograma humedad de suelo y temperatura de ambiente (autores)



En la ilustración 3 podemos observar el histograma de humedad de suelo y temperatura de ambiente de un determinado tiempo de uso de los equipos.

Análisis de resultados

Tabla 3. Análisis de resultados (autores)

	FC-28 C	FC-28 R1	FC-28 R2	FC-28 R3
08H00	341	334	331	346
10H00	352	474	436	413
15H00	740	730	710	689
17H00	847	860	875	834

Los valores presentados en la tabla 3, son la recopilación que realizaron los sensores en determinadas horas del día sobre la humedad del suelo, estos están vinculados a los valores referenciales, realizando una comparación entre ellos se puede observar que los sembríos necesitan de mayor humedad entre los horarios de 15:00 a 17:00 pm. Las plantaciones reciben agua diariamente a las 7:00 am, por lo que el suelo se encuentra con una mayor humedad en horas de la mañana, y reciben un segundo riego en horas de la tarde donde el sistema muestra un decaimiento de la humedad.

4. CONCLUSIONES

La red de sensores inalámbrica diseñada a partir de los módulos ESP32 demuestra ser un sistema de alta confiabilidad; su implementación y ejecución no presento inconvenientes de conexión que hicieran posible una pérdida de datos.

El estudio de la agricultura de precisión brindó conocimientos para el tratamiento y suministración de agua en el suelo, se realizó esta investigación con la finalidad de comprender como se aplicaría la tecnología WSN en un campo de cultivo.

El prototipo es óptimo para cualquier terreno similar al tratado en este proyecto, permite aumentar la funcionalidad de los sensores inalámbricos por la ubicación en la que se encuentran los nodos, de esta manera se pueden ahorrar recursos que servirían en caso de la incorporación de nuevos nodos o dispositivos electrónicos.

Los resultados obtenidos mediante el prototipo fueron analizados y comparados entre sí para determinar en qué tiempos el cultivo necesitaría de agua.

REFERENCIAS

- Chemonics International, Inc. G. (2017). Guía para el cultivo de sandía (*Citrullus Lanatus*).
- De la Rosa, J. (2017). Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en internet de las cosas (IOT). – Caso de estudio cultivo de frijol. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2294/TESIS_MORAROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GAD Shushufindi. (2018). Geografía y diagnóstico ambiental del cantón Shushufindi.
- García, E., & Flego, F. (2018). Agricultura de Precisión.
- Morales, J. J., Cedeño, L. C., Parraga-Alava, J. A., & Molina, B. A. (2018). Methodological proposal for technological infrastructure projects in degree thesis. *Informacion Tecnologica*, 29(4), 249–258. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000400249>
- Mots Mêlés. (2018). Mots Mêlés: Introducción a las redes de datos (D) (redes - telecomunicaciones). https://fr.educaplay.com/ressources-pedagogiques/10822481-introduccion_a_las_redes_de_datos.html?rel=act950659
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2019). Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático (Vol. 11, Issue 1).
- Sumba, L., & Torres, D. (2019). Diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de factores ambientales abióticos que afectan al cultivo de *solanum phureja* (papa chaucha amarilla). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17547/1/UPS-CT008363.pdf>
- Vera Romero, C., Barbosa Jaimes, J., & Pabón González, D. (2017). La Tecnología ZigBee estudio de las características de la capa física. *Scientia et Technica*, 22(3), 238–245. <https://doi.org/10.22517/23447214.9831>
- Zolezzi, M., Ing, V., Agrónomo, M. S., Romero, A., Periodista, G., Bierwirth, F., Periodista, M., Esquivel, C., Del, R., Boletín, R., & No, I. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6667/NR40898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>