

Prototipo Nivel TRL 5. Modelado de Propiedades de Conductividad Hidráulica en el Suelo en Tiempo Cuasi Real y Telemetría

Marco Antonio Lopez Chavez¹, Marco Vinicio Chávez Báez¹
m17120369@morelia.tecnm.mx, marco.cb@morelia.tecnm.mx

¹Posgrado en Ciencias en Ingeniería Electrónica, ITM

Introducción

La gestión eficiente del recurso hídrico es una prioridad en la agricultura moderna, especialmente ante los desafíos de la escasez de agua. En México, el sector que más agua consume: el sector agropecuario (agricultura y ganadería). Las estimaciones de la Comisión Nacional del Agua mencionan que 57% del agua que consume se pierde por evaporación, pero, sobre todo, por infraestructura de riego ineficiente, en mal estado u obsoleta. La superficie irrigada es de 6.3 millones de hectáreas y aporta el 42% de la producción agrícola nacional. Las pérdidas por infiltración y evaporación ascienden a más de 60% del agua almacenada y distribuida para fines agrícolas [1]. En este contexto, el presente trabajo busca desarrollar un sistema de medición y monitoreo de humedad en suelos agrícolas, utilizando tomografía por impedancia eléctrica para obtener datos precisos y en tiempo real sobre la variabilidad de la humedad en el suelo. Estos datos, obtenidos a través de un detector de frentes de humedad, permitirán un modelado detallado que facilitará la toma de decisiones informadas para ajustar el riego en función de las necesidades específicas de cada cultivo, mejorando así la eficiencia en el uso del agua [2].

De forma específica, se busca lograr una transmisión de datos eficiente, realizar un modelado preciso de la información recopilada y validar el dispositivo en un ambiente realista. La implementación de este dispositivo de medición permitirá detectar variaciones de humedad con precisión, optimizando el riego y generando beneficios tangibles para los productores agrícolas.

Propósito y objetivo

El propósito de este proyecto es implementar un sistema que permita monitorear la humedad del suelo de manera precisa y en tiempo real. Se busca contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas al optimizar el uso de agua y reducir el impacto ambiental.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de riego inteligente que permita optimizar el uso del agua en la agricultura mediante un monitoreo preciso y en tiempo real de la humedad en el suelo. Con esto, buscamos reducir el consumo de agua y maximizar la eficiencia del riego.

Objetivos Específicos

- 1. Implementar un módulo de transmisión de datos eficiente:** Integrar un módulo de comunicación (Bluetooth o Wi-Fi) que permita enviar los datos de humedad del suelo a un servidor o la nube. Esto facilitará el monitoreo en tiempo real y permitirá una gestión remota del riego.
- 2. Modelar los datos de humedad obtenidos:** Analizar la variabilidad de la humedad en el suelo a través de modelos predictivos, permitiendo optimizar la distribución del agua y mejorar la eficacia del riego.
- 3. Validar el sistema en un entorno relevante:** Realizar pruebas en condiciones de campo para verificar la precisión y funcionalidad del sistema, asegurando que cumpla con los requisitos necesarios para su uso en la agricultura.

Metodología

•Fase de Implementación de Módulo de Transmisión de Datos Los datos se procesan y luego se transmiten a un servidor en la nube utilizando un módulo de comunicación inalámbrica. Este paso es crucial para asegurar que la transmisión sea estable y los datos estén disponibles en tiempo real para el usuario final.

•Fase de Modelado de Datos de Humedad Una vez recolectados los datos de impedancia, se desarrollará un modelo de distribución de humedad que permitan visualizar cómo el agua se mueve y se retiene en el suelo. Este modelo nos ofrece una representación gráfica de la humedad en el suelo, permitiendo identificar patrones de riego y puntos críticos donde el suelo requiere una mayor o menor cantidad de agua.

•Fase de Validación en Campo Esta fase implica llevar el sistema a un entorno real para evaluar su precisión y rendimiento bajo condiciones reales de uso. Durante las pruebas en campo, se monitorea la capacidad del sistema para recopilar datos precisos y transmitirlos en tiempo real. Los resultados obtenidos nos permitirán realizar ajustes y optimizar el sistema para mejorar su eficacia.

•Fase de Análisis y Optimización de Resultados Finalmente, se analizarán los datos obtenidos para verificar si el sistema cumple con los objetivos propuestos de eficiencia en el riego y reducción en el consumo de agua. A partir de estos resultados, realizaremos ajustes en la calibración de los sensores, en el sistema de transmisión de datos y en el modelo predictivo, optimizando la precisión y el rendimiento del sistema. Estos ajustes finales permitirán afinar el sistema para que sea más confiable y efectivo en condiciones de uso prolongado.

Obtención de datos del suelo

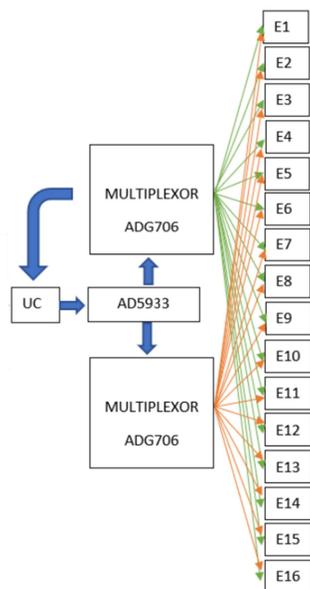


Figura 1: Estructura de Detector de Frente de Humedad

El sistema de medición de humedad en el suelo se basa en el uso de técnicas electromagnéticas de impedancia para determinar el contenido de agua en diferentes puntos del terreno. Este método consiste en medir la impedancia eléctrica, la cual está inversamente relacionada con el contenido de agua en el suelo: cuanto mayor es la humedad, menor es la impedancia medida, ya que el agua es un buen conductor de electricidad.

Para capturar esta información, se utiliza un arreglo de 16 electrodos distribuidos estratégicamente en el área de estudio. Cada electrodo (E1, E2, ..., E16) se inserta en el suelo para captar los cambios en distintos puntos y profundidades. Este arreglo permite realizar un análisis detallado de la distribución de la humedad en el terreno, lo cual es fundamental para ajustar de manera precisa las necesidades de riego según la zona y el tipo de cultivo.

El sistema que se muestra en la figura 1, gestiona la activación secuencial de cada electrodo, permitiendo que los datos de cada uno sean leídos individualmente y enviados al convertidor, el cual transforma las señales de impedancia en datos digitales procesables. Esta configuración permite capturar lecturas de múltiples puntos en un solo ciclo, optimizando así el tiempo de medición y reduciendo el consumo de energía.

Los datos obtenidos se envían a un microcontrolador, donde se procesan y transmiten. Esta información permite estudiar las propiedades de retención y propagación de la humedad, facilitando decisiones informadas sobre cuándo y cuánto regar.

Modelado de datos

El modelado de datos nos permite interpretar y visualizar como se comporta la humedad en el suelo. Esta etapa busca transformar los datos obtenidos en una representación gráfica que facilite la toma de decisiones sobre la aplicación de riego en función de la propagación de la humedad.

La figura 2 muestra como pretende visualizar la información sobre los patrones de propagación de humedad, reflejando en diferentes niveles de color en la cuadrícula de la derecha, donde las zonas más oscuras indican áreas con mayor concentración de agua.

El propósito es ofrecer una vista detallada que muestre como la humedad se desplaza y se mantiene en distintas partes del terreno. Esto permite identificar zonas con déficit o exceso de agua y ajustar el riego de manera precisa para optimizar el uso del recurso hídrico.

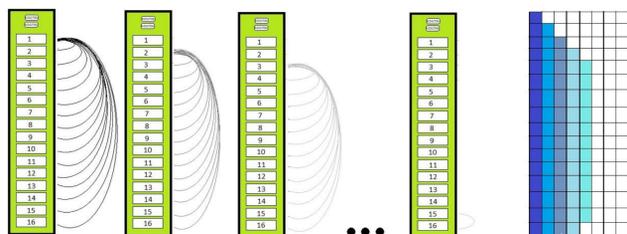


Figura 2: Visualización de la toma de datos de detector de frente de humedad y modelado de como se propaga la humedad

Transmisión de datos

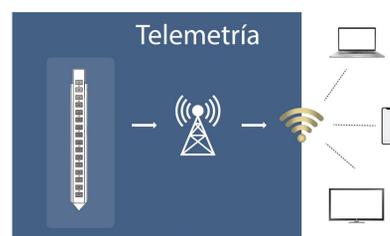


Figura 3: Esquema de la telemetría del sistema

El diseño del sistema tiene el objetivo de obtener datos por telemetría para capturar y transmitir en tiempo real el estado y las necesidades de riego. Al enviar la información a través de una red inalámbrica como se muestra en la figura 3, permite a los usuarios acceder a estos datos desde dispositivos como computadoras o teléfonos inteligentes.

Beneficios del sistema de telemetría:

- Monitoreo en tiempo real: proporciona actualizaciones constantes sobre el estado del riego, lo que permite a los usuarios ver datos en el momento en que ocurren, como el nivel de humedad o el flujo de agua.
- Detección de anomalías: permite identificar problemas de manera rápida, como fugas o fallos del sistema, lo cual ayuda a reducir el desperdicio de agua y mejorar la eficiencia.
- Control remoto: los usuarios pueden ajustar y controlar el sistema de riego a distancia, optimizando el consumo de agua según las necesidades específicas de cada área.

Conclusiones

Este sistema de monitoreo y modelado de humedad en tiempo real ofrece una herramienta valiosa para la gestión del riego en la agricultura, permitiendo una optimización del uso de agua. Con su implementación, se espera que los agricultores puedan adaptar sus prácticas de riego a las necesidades reales de cada área del suelo, reduciendo el desperdicio y promoviendo una agricultura más sostenible. Este proyecto representa un avance significativo hacia la adopción de tecnologías avanzadas para la sostenibilidad en la gestión de recursos hídricos.

Referencias

- [1] "Visión general del Agua en México – Agua.org.mx". Agua.org.mx. Accedido el 12 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/#quienes-desperdician-mas>
- [2] Gutierrez-Gnecchi, Jose Antonio, et al. "Edge Computing Multimodal Instrumentation For Measurement And Modelling of Soil Hydraulic Conductivity." 2022 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA). IEEE, 2022.