
MÓDULO ESPECIAL SITEVINITECH

MÓDULO TYHM

Juan Pablo Siracusa

Department of Industrial Engineering
Facultad de Ingenieria UNCUIYO
Mendoza, Argentina
jpsb2013@gmail.com

Mariana Mut

Department of Industrial Engineering
Facultad de Ingenieria UNCUIYO
Mendoza, Argentina
mutmariana04@gmail.com

Isabella Morandini Monteverdi

Department of Industrial Engineering
Facultad de Ingenieria UNCUIYO
Mendoza, Argentina
isa.morandini03@gmail.com

Ana Gordillo

Department of Industrial Engineering
Facultad de Ingenieria UNCUIYO
Mendoza, Argentina
gordilloa121@gmail.com

Genovese Luciano

Department of Industrial Engineering
Facultad de Ingenieria UNCUIYO
Mendoza, Argentina
luchogenovese8@gmail.com

Tomás Raby

Department of Industrial Engineering
Facultad de Ingenieria UNCUIYO
Mendoza, Argentina
tomyraby@gmail.com

Año 2024

Abstract

Water scarcity in Mendoza demands innovative solutions to optimize water use in agriculture. This paper presents the implementation of a pivot irrigation system with variable rate irrigation, automation, and digital twins, integrating Industry 4.0 technologies.

1 Introducción

La provincia de Mendoza, en Argentina, se enfrenta a un desafío crucial: la escasez de agua. La aridez característica de la región, sumada al aumento de la demanda por parte de diversos sectores, hace imperativo encontrar soluciones innovadoras para optimizar el uso del recurso hídrico, especialmente en el ámbito agrícola.

Durante la visita a Sitevinitech, se consultó a diferentes empresas qué soluciones proponían para la optimización del agua. Se tomó la situación hipotética de una finca de viñedos en espaldera en Tunuyán, Mendoza, y se consultó a las empresas qué podían ofrecer para solucionar este problema.

2 Empresas consultadas

Las empresas consultadas que dieron mejor respuesta fueron:

2.1 Agro Conciencia

Empresa que se dedica a la generación de datos para medir, controlar y optimizar recursos. Ellos se encargan de la instalación de sensores en los cultivos, que permiten controlar a los cultivos en todo momento.



Figure 1: LogoAC



2.2 AgroSense

Ofrece soluciones tecnológicas al sector agrícola, integrando el uso de software, IoT (Internet de las cosas) y sensores. Dependiendo de su gestión previa, se pueden lograr ahorros muy significativos en agua, dinero, energía, tiempo e insumos. En agua hasta un 40% y en energía hasta un 30%.

2.2.1 Plataforma AgroSense

Desarrollaron una aplicación para ayudar a empresas agrícolas en la toma de decisiones basadas en datos. Brindan recomendaciones de riego personalizadas, basadas en el análisis de datos satelitales, climatológicos, de suelo y sensores. La plataforma está desarrollada de forma modular, es decir, que se pueden ir agregando funcionalidades a través de distintos módulos.

2.2.2 Venta de sensores

Ya sean portátiles o remotos, disponen de una amplia gama de sensores para cubrir cualquier necesidad de monitoreo. Disponen de registradores y sensores para medir parámetros climáticos, de suelo y riego, como así también el software para su visualización.

.....



Figure 2: Plataforma AS



Figure 3: Plataforma AS



Figure 4: Sensores



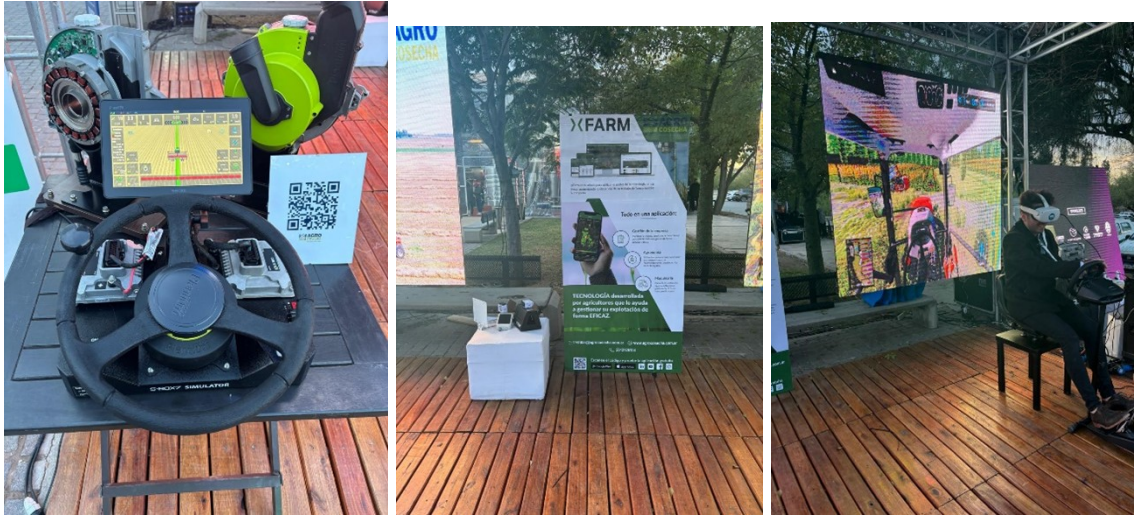
Figure 5: Sensores



Figure 6: Logo AC

2.3 Agro Cosecha

Son una empresa orientada a brindar soluciones de alta tecnología para la agricultura, ofreciendo máquinas y equipos innovadores que permitan lograr cultivos más eficientes y rentables. Ofrecen un sistema con una guía de dirección integrada de alta precisión en cualquier tipo de lote, sin tener que usar las manos. El sistema conduce automáticamente el vehículo a velocidades hasta 40 km/h, a fin de aumentar la productividad y obtener la máxima precisión. En el futuro se podría controlar de forma remota sin la necesidad de que haya una persona subida al tractor.



Esta empresa no está muy destinada al tema que se quiere apuntar, pero el empleado al que se consultó sabía mucho del tema de los gemelos digitales y la optimización del riego y planteó la problemática que hay en Mendoza debido a los diferentes ambientes que hay en un terreno y cómo mediante la automatización y los gemelos digitales se podría regar mediante un sistema de riego por pivote optimizando el uso del agua, que es algo que se está implementando en otros países más desarrollados. Esta será la problemática elegida a desarrollar.

3 Problemática

3.1 Introducción

La variabilidad ambiental dentro de un mismo predio agrícola puede presentar un desafío importante para el riego eficiente de los cultivos. Esta variabilidad puede estar causada por diversos factores, como:

- Topografía: Las diferencias de elevación en el terreno pueden afectar la distribución del agua de riego, con zonas más altas que reciben menos agua y zonas más bajas que pueden sufrir encharcamiento.
- Tipo de suelo: La textura, estructura y capacidad de retención de agua del suelo pueden variar considerablemente dentro de un mismo predio, lo que afecta la cantidad de agua necesaria para cada zona.
- Clima: La exposición al sol, la dirección del viento y la presencia de microclimas pueden crear diferencias en la temperatura, humedad y evapotranspiración dentro del predio.
- Vegetación: La presencia de diferentes tipos de cultivos o malezas puede afectar la competencia por el agua.

Estos factores pueden generar problemas en el riego de los cultivos, como:

- Estrés hídrico: Las zonas que reciben menos agua pueden sufrir estrés hídrico, lo que afecta el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos.
- Encharcamiento: Las zonas que reciben demasiada agua pueden sufrir encharcamiento, lo que puede provocar la pudrición de las raíces, enfermedades fúngicas y la muerte de las plantas.

El riego inadecuado debido a la variabilidad ambiental puede conducir a un uso ineficiente del agua, lo que representa un costo adicional y un impacto ambiental negativo.

3.2 Sistema de riego por pivote

El sistema de riego por pivote se presenta como una alternativa eficiente para regar grandes extensiones de terreno y la diversidad de ambientes dentro de la misma región exige un enfoque más preciso. Implementar un sistema de riego por pivote con riego variable permitiría adaptar la entrega de agua a las necesidades específicas de cada zona del campo.



Figure 7: Riego por pivote

El sistema de riego por pivote posee un funcionamiento eficiente y capacidad para adaptarse a diferentes topografías. Consiste en una extensa estructura de acero con aspersores individuales adjuntos. La línea principal del sistema rota alrededor de un punto central denominado “punto de pivote”.

El agua se extrae de la fuente mediante un sistema de bombeo, se impulsa a través de la tubería principal hacia los aspersores que giran junto con la tubería principal, distribuyendo el agua de manera uniforme sobre el campo en forma de lluvia artificial. El sistema de control regula la velocidad de giro, la presión del agua y el patrón de riego, asegurando una aplicación eficiente del recurso hídrico.

3.3 Automatización

La clave de este sistema radica en la automatización y la recolección de datos en tiempo real. Sensores estratégicamente ubicados en el terreno medirán variables como la humedad del suelo, las condiciones climáticas y las necesidades de los cultivos. Estos datos se procesarán mediante algoritmos inteligentes, ajustando automáticamente el riego en cada zona del campo de acuerdo a sus requerimientos específicos.

3.4 Sistemas de riego variable

Los sistemas de riego variable permiten una aplicación precisa y eficiente del recurso hídrico en cada zona del predio. A diferencia de los métodos tradicionales de riego uniforme, que no consideran la variabilidad ambiental y las necesidades específicas de cada sector, los sistemas de riego variable utilizan tecnología avanzada para adaptar el riego a las condiciones particulares de cada punto del campo.

Los sistemas de riego variable se basan en la recolección y análisis de datos de diversas fuentes, como:

- Sensores de humedad del suelo: Estos sensores miden la cantidad de agua disponible en el suelo en tiempo real, permitiendo identificar áreas con déficit o exceso de humedad.
- Sensores climáticos: Monitorean parámetros como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los cuales influyen en la demanda de agua de los cultivos.
- Imágenes satelitales y fotogrametría: Proporcionan información sobre la topografía del terreno, el tipo de suelo, la cobertura vegetal y el estado de salud de los cultivos.

Estos datos son procesados por software especializado que crea mapas detallados de la variabilidad ambiental del predio. A partir de estos mapas, el sistema de riego variable controla las válvulas de riego, ajustando la cantidad de agua aplicada en cada zona de acuerdo con sus necesidades específicas.

Al integrar tecnologías de vanguardia como la inteligencia artificial, la robótica y la toma de decisiones autónoma, los sistemas de riego variable pueden operar de manera autónoma, ajustando el riego en tiempo real sin necesidad de intervención manual.

Componentes clave de un sistema de riego variable automatizado:

- **Sensores inteligentes:** Una red densa de sensores recolecta datos en tiempo real sobre variables como la humedad del suelo, la temperatura, la radiación solar, la velocidad del viento y el estado de los cultivos.
- **Plataforma de análisis de datos:** Los datos de los sensores se procesan y analizan en una plataforma centralizada utilizando algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático.
- **Modelos de predicción:** Los modelos de predicción avanzados pronostican las necesidades futuras de riego en función de diversos factores, como el clima, la etapa de desarrollo de los cultivos y las condiciones del suelo.
- **Sistemas de control autónomo:** Los sistemas de control autónomo toman decisiones inteligentes sobre la cantidad y el momento de riego en cada zona del predio, ajustando las válvulas de riego de manera automática.
- **Actuadores robóticos:** Actuadores robóticos controlan las válvulas de riego, bombas y otros componentes del sistema de riego con precisión y eficiencia.

Esto permite la toma de decisiones basada en datos, los sistemas automatizados recopilan y analizan continuamente datos, permitiendo tomar decisiones de riego basadas en información precisa y actualizada, en lugar de depender de la intuición o la experiencia del agricultor.

3.5 Gemelo digital

Mediante la creación de un gemelo digital, se podrá replicar virtualmente el sistema de riego por pivote con riego variable. Esta réplica permitirá simular diferentes escenarios, evaluar el impacto de las decisiones antes de implementarlas y optimizar continuamente el sistema para alcanzar la máxima eficiencia en el uso del agua.

Los gemelos digitales son modelos virtuales que replican en tiempo real el comportamiento de un sistema físico, en este caso, un predio agrícola y su sistema de riego.

Los gemelos digitales se alimentan de la misma información que los sistemas de riego variable, como datos de sensores, imágenes satelitales y condiciones climáticas. Sin embargo, van más allá al incorporar modelos físicos, químicos y biológicos que simulan el comportamiento del suelo, los cultivos, el agua y los procesos de riego. Esta simulación permite:

- **Pronosticar las necesidades futuras de riego:** Los gemelos digitales pueden predecir la demanda hídrica de los cultivos en función de factores como el clima, la etapa de desarrollo de las plantas y las condiciones del suelo. Esto permite planificar el riego con mayor anticipación y precisión.
- **Optimizar la estrategia de riego:** Al simular diferentes escenarios de riego, los gemelos digitales pueden identificar la estrategia más eficiente para cada situación, considerando factores como el ahorro de agua, el rendimiento de los cultivos y el impacto ambiental.
- **Detectar problemas de forma temprana:** Los gemelos digitales pueden alertar sobre potenciales problemas en el sistema de riego, como fugas, obstrucciones o fallas en los sensores, permitiendo una respuesta rápida y proactiva.
- **Validar y mejorar los modelos de riego:** Los datos reales del sistema de riego físico se pueden comparar con las simulaciones del gemelo digital, permitiendo validar y mejorar los modelos utilizados para la toma de decisiones.

3.6 Industria 4.0

La Industria 4.0, caracterizada por la interconexión de datos, la automatización y la toma de decisiones inteligente, se fusiona con los sistemas de riego variable para revolucionar la agricultura del futuro. Esta convergencia tecnológica permite optimizar aún más el uso del agua, incrementar la productividad de los cultivos y minimizar el impacto ambiental en la producción agrícola.

Integración de tecnologías 4.0 en el riego variable:

- **Internet de las Cosas (IoT):** Sensores inteligentes conectados a internet recopilan datos en tiempo real sobre variables como la humedad del suelo, el clima y el estado de los cultivos, alimentando los sistemas de riego variable con información precisa para la toma de decisiones.

- Big Data y análisis de datos: Grandes volúmenes de datos generados por sensores, imágenes satelitales y otras fuentes se procesan y analizan mediante algoritmos avanzados, permitiendo identificar patrones, predecir tendencias y optimizar estrategias de riego.
- Inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático: Algoritmos de IA y aprendizaje automático aprenden de los datos históricos y en tiempo real, adaptando el riego a las condiciones específicas de cada zona del predio y anticipándose a las necesidades futuras de los cultivos.
- Robótica y automatización: Sistemas robóticos y automatizados controlan las válvulas de riego, ajustando el caudal y la frecuencia de riego de manera precisa y eficiente, minimizando la intervención humana y optimizando el uso de recursos.

La Industria 4.0 y los sistemas de riego variable se están volviendo un factor determinante para la agricultura del futuro. La integración de tecnologías como IoT, Big Data, IA, robótica y automatización permite optimizar al máximo el uso del agua, incrementar la productividad de los cultivos y minimizar el impacto ambiental. Si bien existen desafíos en cuanto a infraestructura, ciberseguridad, capacitación e inversión inicial, los beneficios a largo plazo son considerables, impulsando una agricultura más sostenible, eficiente y rentable. La adopción temprana de estas tecnologías por parte de los productores agrícolas será clave para posicionarse a la vanguardia de la innovación en el sector agroalimentario.

3.7 Conclusión

La implementación de este sistema de riego inteligente traerá consigo múltiples beneficios como la optimización del uso del agua, se reducirá significativamente el desperdicio de agua, asegurando un uso más eficiente y sostenible de este recurso escaso, un aumento de la productividad, un riego preciso y adaptado a las necesidades de cada cultivo se traducirá en un mayor crecimiento, desarrollo y producción agrícola, la minimización del impacto ambiental, la reducción del uso de agua y la optimización del riego contribuirán a la protección del suelo, la flora y fauna de la región y especialmente un toma de decisiones basada en datos, la información proporcionada por los sensores y el gemelo digital permitirá tomar decisiones estratégicas y fundamentadas para la gestión del agua y la producción agrícola.