

NOTA TÉCNICA

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMATIZADO PARA RIEGO POR MICROASPERSIÓN

Julio César Mendoza¹, Lisette Gruber¹, Celinda Torrealba² y José G. Lugo¹

RESUMEN

La automatización de los sistemas de riego en viveros facilita un buen manejo del agua, reduce el empleo de mano de obra, evita el error humano y garantiza una mayor eficiencia. El objetivo de este trabajo fue diseñar, construir y evaluar un mecanismo automatizado de desplazamiento frontal para operaciones de riego por microaspersión en cultivos bajo condiciones de ambiente protegido. El coeficiente de uniformidad del riego se probó mediante un experimento en arreglo factorial $2 \times 3 \times 2$, considerando dos presiones de trabajo (0,11 y 0,15 MPa), tres velocidades de desplazamiento del carro (0,32; 0,36 y 0,44 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) y dos tipos de rociador. Se encontró que los componentes mecánicos y automáticos del sistema resultaron adecuados en lo relativo al desplazamiento y a la ejecución de las rutinas programadas. El CU en ambos rociadores fue mayor al aumentar la presión de trabajo, pero el efecto fue mayor en el rociador de mayor capacidad de descarga. La velocidad de desplazamiento no afectó el CU.

Palabras clave adicionales: Coeficiente de uniformidad, microaspersión, viveros

ABSTRACT

Design, construction, and evaluation of an automated mechanism for micro sprinkler irrigation

The automation of irrigation systems in nurseries allows a good water management, reduces the use of labor, avoids human error and ensures greater efficiency. The objective of this study was to design, construct and evaluate an automated front displacement micro sprinkler irrigation system for operations in crops under protected environments. The coefficient of uniformity irrigation (CU) was tested using a factorial experiment $2 \times 3 \times 2$, considering two operating pressures (0.11 and 0.15 MPa), movement three speeds (0.32, 0.36 and 0.44 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and two types of sprinklers. It was found that the mechanical components and automated systems were adequate with regard to movement and execution of scheduled routines. The CU in both sprayers was higher with increasing pressure, but the effect was greater in the emitter with larger flow rate capacity. The movement speed did not affect the CU.

Additional key words: Coefficient of uniformity, microsprinkling, nurseries

INTRODUCCIÓN

Un gran número de tareas asociadas a las operaciones en sistemas agrícolas han sido confiadas a controladores electrónicos especializados que facilitan el cumplimiento de las exigencias del sistema. En este sentido, la electrónica tiene un papel fundamental en la modernización del riego de los cultivos.

Las ventajas de un equipo automático sobre un operador humano están relacionadas al costo, precisión y rapidez de la operación, mientras que su desventaja esencial es la incapacidad para

regular perturbaciones o accidentes (Rodriguez de Melo y Botrel, 2009). La automatización facilita el buen manejo del riego, reduce la mano de obra necesaria, evita el error humano y garantiza una mayor eficiencia (Castañón, 2000).

Uno de los sistemas de riego a utilizar en viveros u otros lugares en donde se manejen cultivos de pequeño porte es el riego presurizado de avance frontal, el cual se basa en un dispositivo que porta los emisores de riego y se desplaza linealmente accionado por un motor eléctrico, con mandos de control automatizados (Mariscal et al., 2005).

Recibido: Septiembre 14, 2009

Aceptado: Octubre 8, 2010

¹ Dpto. Ingeniería Agrícola, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: cmendoza@ucla.edu.ve; lisettegruber@ucla.edu.ve; joselugo@ucla.edu.ve

El objetivo de este trabajo fue diseñar, construir y probar hidráulicamente un prototipo de sistema de riego por microaspersión con movimiento lineal, con materiales, en su mayoría de fácil adquisición en el mercado nacional, lo que podría permitir la disminución en el costo de fabricación y practicar labores de riego en instalaciones agrícolas bajo ambientes protegidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño y construcción del equipo se basó en el aspecto mecánico-estructural, el componente electrónico y lo relacionado con el transporte del agua. El componente mecánico comprendió lo relativo al elemento móvil, selección de los equipos, materiales y accesorios, y fabricación de la máquina. La parte electrónica comprendió lo relacionado con el proceso de automatización de las actividades. El transporte del agua comprendió la hidráulica del sistema, equipo de bombeo, tuberías y selección de los microaspersores.

El dispositivo quedó conformado por un elemento móvil (carro) fabricado con una lámina de hierro de 50 x 30 cm que se desplaza sobre rieles, montada sobre cuatro roldanas en forma de V (Figura 1). La tracción sobre el eje principal se da por medio de una cadena de rodillos sostenida por dos engranes; uno en el eje principal del mecanismo y el otro en el eje del motor eléctrico. Los rieles consisten en dos vigas en L (2,54 x 2,54 cm) colocadas en forma paralela y montadas sobre un conjunto de pequeñas columnas de acero estructural, capaces de soportar la carga excéntrica producida por el carro (Figura 2).

En el centro de la lámina se perforó un orificio donde se colocó una conexión para la tubería de plástico PVC donde se acoplaron dos brazos o tubos horizontales que portaban los aspersores (Figura 2). Por la parte inferior de la conexión se colocó una manguera flexible hasta el equipo de bombeo, los cuales en conjunto integraron el sistema de alimentación del dispositivo.

Se utilizaron dos tipos de microaspersores, denominados M1 y M2 (con menor y mayor capacidad de descarga, respectivamente) cuyas características hidráulicas quedaron determinadas según el Cuadro 1 luego de someterlos a una prueba de caudal (Q) vs presión (h). El exponente de descarga inferior a 0,8 indicó que el régimen de

flujo en ambos microaspersores es turbulento (Gruber et al., 2007; Karmelli et al., 1985). Se colocó un microaspersor por brazo, y cada tipo de rociador fue evaluado en pruebas diferentes.



Figura 1. Vista lateral del elemento móvil (carro)



Figura 2. Vista frontal del dispositivo

Cuadro. 1 Ecuación de caudal Q ($L \cdot h^{-1}$) vs presión h (PSI) para cada tipo de microaspersor

Microaspersor	Ecuación	r^2
M1	$Q = 7,13h^{0,6549}$	0,994
M2	$Q = 2,8028h^{0,6424}$	0,969

La velocidad de movimiento del carro sobre los rieles se manipuló de tal forma que quedaron seleccionados tres valores diferentes los cuales se lograron mediante el uso de resistencias que actuaron como un reóstato, y para escoger una determinada velocidad, se acoplaron dos o más resistencias en paralelo. El diseño de la tarjeta electrónica se concibió para lograr diferentes combinaciones de éstas lo cual permitió alcanzar velocidades del carro de 0,32; 0,36 y 0,44 $m \cdot s^{-1}$.

La potencia consumida por el carro fue

generada por un motor eléctrico de 0,25 hp y 13 V DC. Dado que el suministro eléctrico municipal normalmente es de 110 V AC, se diseñó una tarjeta electrónica que funcionó como rectificador y divisor de tensión.

El movimiento del carro implicó la rutina de iniciar y finalizar un ciclo completo, así como el cambio alternativo de la polarización del motor eléctrico por cada medio ciclo de carrera. Para la ejecución del riego, un contactor eléctrico permite la circulación de corriente eléctrica hacia la bomba de agua. El encendido y apagado de la bomba se ejecutó con las dos paradas que realiza el dispositivo al final de cada medio ciclo de carrera. La señal enviada al panel electrónico para que ambas actividades (movimiento del carro y riego) se ejecuten, la emitieron los sensores de finales de carrera. La actuación de estos sensores se produjo debido al contacto de una pestaña en el carro con el sensor mismo.

La evaluación del sistema se probó mediante un experimento en arreglo factorial 2 x 3 x 2, considerando dos presiones de trabajo de 0,11 y 0,15 MPa (16 y 22 PSI, respectivamente), las tres velocidades de desplazamiento del carro ya señaladas y los dos tipos de rociador.

El coeficiente de uniformidad (CU) se determinó colocando una serie de colectores a una separación constante entre ellos y perpendiculares a la dirección de avance del equipo de riego. Una vez que se programó para realizar 20 ciclos de desplazamiento, se procedió a medir los volúmenes de agua colectados. Estos valores permitieron determinar el CU el cual representa la desviación de los volúmenes de agua recogida con respecto a la media. Para ello se empleó el coeficiente de uniformidad de Christiansen:

$$CU = 1 - \frac{\sum |q_i - q|}{n * q}$$

donde, q_i representa el volumen colectado individualmente, q el promedio de los volúmenes y n el número de colectores. Los diferentes CU obtenidos fueron comparados estadísticamente mediante el análisis de la varianza y presentación gráfica de las interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se alcanzó un logro satisfactorio en cuanto a la sinergia entre los elementos principales del

diseño. El componente mecánico, constituido por el elemento móvil (el carro), ejecutó un desplazamiento sobre los rieles de manera satisfactoria en los ciclos completos de carrera programados y en función de los volúmenes de riego aplicados. En la Figura 3 se muestra en forma esquemática el conjunto completo del dispositivo. Rodrigues de Melo y Botrel (2009) diseñaron un dispositivo mecánico con funcionamiento similar; sin embargo, la automatización la lograron mediante el uso de una computadora y no tarjetas electrónicas como en nuestro caso.

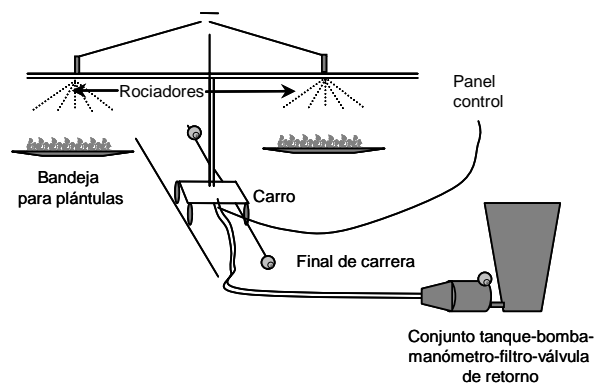


Figura 3. Esquema completo del sistema automatizado de avance frontal para riego por microaspersión

El componente electrónico encargado de la administración de las rutinas y transmisión de las señales para el arranque y parada del elemento móvil, así como la puesta en marcha y parada de la bomba que suministra el agua para el riego, funcionó de acuerdo con los requerimientos pre-establecidos.

El componente hidráulico mostró efectos significativos de las interacciones bifactoriales sobre el CU entre los factores de presión, velocidad y tipo de microaspersor (Cuadro 2). La fuerte interacción entre el tipo de microaspersor y la presión de trabajo ($CM = 892,31$) se observa en la notoria convergencia de las líneas de la Figura 4. El CU fue afectado por el tipo de microaspersor y la presión en forma simultánea, y tendió a aumentar en mayor proporción en M2 que en M1 al aumentar la presión; es decir, el coeficiente en ambos rociadores fue mayor al aumentar la presión de trabajo, pero el efecto fue mucho mayor en M2 (el rociador de mayor capacidad de

descarga).

No ocurrió lo mismo para la interacción entre la velocidad y el tipo de aspersor o la presión, lo cual se reflejó en valores de cuadrado medio mucho menores (Cuadro 2). Esto se destaca en las Figuras 5 y 6 en las que se observa poca convergencia entre las líneas, es decir, la velocidad de desplazamiento del equipo no afectó el CU el cual fue siempre superior con el aspersor M1 y con la presión de 0,15 MPa, indistintamente de dicha velocidad.

Cuadro 2. Cuadrado medio (CM) y probabilidad estadística de los factores evaluados

Factor	CM	Probabilidad
Microaspersor (M)	881,85	0,00
Presión (P)	2058,68	0,00
Velocidad (V)	0,52	0,92
M x P	892,31	0,00
M x V	86,60	0,00
P x V	69,72	0,00

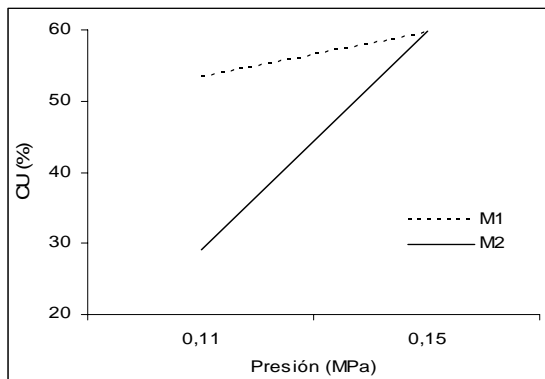


Figura 4. Interacción presión-tipo de aspersor sobre el coeficiente de uniformidad del riego

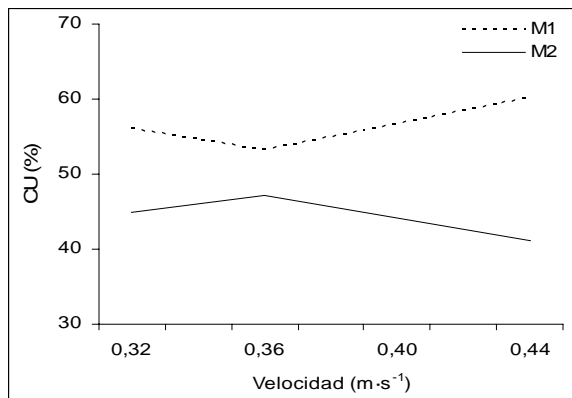


Figura 5. Interacción velocidad-tipo de aspersor sobre el coeficiente de uniformidad del riego

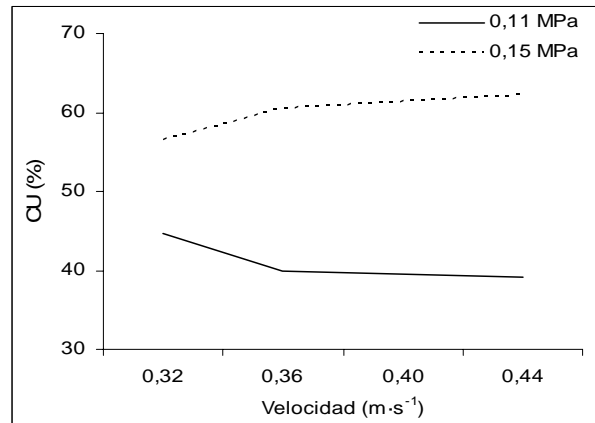


Figura 6. Interacción presión-velocidad sobre el coeficiente de uniformidad del riego

CONCLUSIONES

El comportamiento mecánico del equipo fue satisfactorio, especialmente en su desplazamiento y la transmisión entre el motor eléctrico al eje motriz del carro. El componente automático utilizado para la ejecución de las rutinas programadas funcionó de acuerdo a lo establecido.

El CU en ambos rociadores fue mayor al aumentar la presión de trabajo, pero el efecto fue mucho mayor en M2 (el rociador de mayor capacidad de descarga), mientras que la velocidad de desplazamiento no produjo efecto alguno.

LITERATURA CITADA

1. Castañón, C. 2000. Ingeniería del Riego. Ed. Paraninfo. Madrid.
2. Gruber, L., D. Blanco y E. Rojo. 2007. Comportamiento hidráulico de dos tipos de emisores artesanales para riego por goteo a baja presión. Bioagro 19(2): 79-83.
3. Karmelli, D., G. Peri y M. Todes. 1985. Irrigation Systems: design and operation. Oxford University Press. Oxford, UK
4. Mariscal, F., F. Zunino y H. Currie. 2005. Determinación de la eficiencia de aplicación en equipos de riego mecanizado en el área de influencia de finca Tolloche, Salta. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas A040: 1-3.
5. Rodrigues de Melo, R. y T. Botrel. 2009. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação automatizado para áreas experimentais. Irriga (Botucatu) 14(3): 365-382.