

Design and 3D prototyping of four portable buried weighing lysimeters for horticultural crops

Diseño y prototipado en 3D de cuatro lisímetros de pesada portables enterrados para cultivos hortícolas

J.A. Nicolás-Cuevas*¹, D. Parras-Burgos², L. Ruiz-Peñalver¹, J.M. Molina-Martínez¹

¹Grupo de Investigación de Ingeniería Agromótica y del Mar. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena, Murcia. Spain.

²Departamento de Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena. C/ Doctor Fleming, s/n, 30202 Cartagena, Murcia. Spain.

*juan.nicolas@upct.es

Abstract

In areas with scarce water resources, the management of water is essential for achieving an economically sustainable agriculture. Among the technologies available, lysimeters are one of the most reliable to determine crop evapotranspiration and improve irrigation efficiency. This communication shows four prototypes of weighing lysimeters designed as modular systems of small dimensions for its assembly in horticultural plantations. In the various prototypes, modifications have been introduced to facilitate their installation and maintenance, improving their performance and achieving a transportable prototype for easy assembly.

Keywords: Water resources; precision agriculture; evapotranspiration; construction.

Resumen

En zonas con escasez de recursos hídricos, la gestión del agua es imprescindible para lograr una agricultura económicamente sostenible. Entre las tecnologías disponibles, los lisímetros de pesada son una de las más fiables para determinar la evapotranspiración de los cultivos y mejorar la eficiencia del riego. En esta comunicación se muestran cuatro prototipos de lisímetros de pesada diseñados como sistemas modulares de reducidas dimensiones para su uso en plantaciones hortícolas. En los distintos prototipos se han introducido modificaciones que facilitan su instalación y mantenimiento, mejorando sus prestaciones y consiguiendo un prototipo transportable de fácil montaje.

Palabras clave: Recursos hídricos; agricultura de precisión; evapotranspiración; construcción.

1. INTRODUCCIÓN

Una gestión eficiente de los recursos hídricos permite mejorar la productividad y calidad de las cosechas, permitiendo un uso racional del agua y de la energía. Existen diversos métodos para medir o estimar la evapotranspiración de un cultivo (ET_c), siendo el lisímetro de pesada el procedimiento que proporciona los valores más precisos de ET_c [2, 4].

Los lisímetros son artefactos que contienen una porción de suelo, independizado hidrológicamente del suelo circundante, en el cual resulta posible controlar y medir los diferentes términos que intervienen en el balance hídrico. En los lisímetros de pesada, el incremento o pérdida de agua se mide por el cambio en la masa del recipiente en el que se encuentra el suelo.

Actualmente, existen numerosos métodos y herramientas en el ámbito agronómico para determinar el peso de los cultivos que comprenden una gran variedad de modelos, funcionamiento y precios [3, 5, 6]. Habitualmente, los lisímetros son difíciles de manejar, costosos de construir y su utilización y mantenimiento requieren de un especial cuidado, por lo que su uso suele estar restringido a centros de investigación [1].

En la presente comunicación, se exponen las modificaciones que se han ido realizado en cuatro prototipos de lisímetros de pesada para su uso en explotaciones agrícolas destinadas a cultivos hortícolas, cuyos objetivos principales se basan en facilitar la instalación, mejorar la transportabilidad y obtener una alta precisión que permita cuantificar la evapotranspiración por el cambio de peso durante intervalos pequeños de tiempo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los lisímetros de pesada propuestos consisten en una estructura formada por chapas y barras de acero inoxidable a modo de contenedor exterior. Esta estructura de contención del terreno (estructura principal) descansa sobre una base rígida que transmite las cargas al terreno. Como el recipiente lisimétrico está independizado de su entorno, los flujos laterales y de ascenso capilar son nulos, de modo que los términos de la expresión de balance hídrico pueden ser determinados con precisión. Para drenar y medir el agua, que se filtra a través del volumen de suelo confinado, se utiliza un depósito de drenaje. Para conocer las variaciones en el contenido de agua, en la masa de suelo y el depósito de drenaje, se utiliza un sistema de pesaje. La precipitación y el riego se miden mediante pluviómetros y métodos volumétricos convencionales, de esta forma, el lisímetro proporciona una medida directa de la evapotranspiración en el período considerado.

Dentro del proyecto de investigación “Sistema de PROgramación Automática del Riego por LISimetría de Pesada y Salinidad del Suelo, con supervisión remota del estado vegetativo del cultivo” (PROLISI), se han diseñado cuatro modelos de lisímetro de pesada hasta obtener un modelo más compacto y transportable.

Modelo LP-1: con unas dimensiones generales de 113x73x94 cm (longitud x anchura x altura). Los perfiles que conforman la estructura de todo el modelo son laminados de sección cuadrada de 50x50 mm y las chapas que la recubren son de espesor 2 mm. Los materiales utilizados son de acero inoxidable AISI 316 (figs. 1a y 2a).

Modelo LP-2: con unas dimensiones generales de 113x73x74 cm. Los perfiles son de sección cuadrada de 50x50 mm. En este modelo se han eliminado los perfiles verticales de la estructura que sostiene las células de carga para reducir la altura del modelo (Figs. 1b y 2b).

Modelo LP-3: con unas dimensiones generales de 109 x 69 x 73 cm. Los perfiles son de sección cuadrada 35x35 mm y rectangular 30x40 mm. La base se mantiene con perfiles de 50x50 mm para darle mayor consistencia (Figs. 1c y 2c).

Modelo LP-4: con unas dimensiones generales de 109x69x60 cm. Los perfiles son de sección cuadrada 35x35 mm y rectangular 20x40 mm. La base está formada por perfiles de 60x30 mm y 40x30 mm para reducir la altura y mantener la robustez del conjunto. En este modelo se eliminan los perfiles de la estructura que sostiene las células de carga, situando estas en el fondo de la estructura principal (Figs. 1d y 2d).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se ha indicado en esta comunicación, los prototipos de los lisímetros de pesada han ido modificándose hasta conseguir un diseño final (LP-4) con la menor altura posible, mejorando

en transportabilidad y manteniendo las mismas prestaciones de funcionamiento (Fig. 2). Para conseguir las dimensiones del modelo LP-4, los perfiles laminados utilizados se han ido reduciendo su tamaño, forma y posición, partiendo de perfiles de sección cuadrada de 50x50 mm a perfiles de sección cuadrada 35x35 mm y rectangular 20x40 mm.

El recipiente para evacuación al exterior del agua drenada procedente del recipiente de cultivo ha ido evolucionando en todos los modelos diseñados: en el modelo LP-1 estaba soldado a la base pero se comprobó que era incómodo de manejar en el transporte hasta su ubicación; el LP-2 se dispuso de forma libre pero se comprobó que era difícil de nivelar en el proceso de montaje; en los modelos LP-3 y LP-4 el recipiente está colgado con unas pestañas a la base para facilitar el montaje siendo también mucho más fácil de manejar en el transporte (Fig. 3 izquierda).

En el modelo LP-3 y LP-4 se introdujo en la estructura principal una ventana de inspección para poder visualizar el interior del conjunto y comprobar que todo está en perfecto funcionamiento una vez se ha montado el conjunto (Fig. 3 derecha).

Los modelos LP-1 y LP-2 no tienen incorporado un depósito de toma de muestras, éste se introdujo en los modelos LP-3 y LP-4 ante la necesidad de obtener muestras del agua lixiviada para su posterior análisis en el laboratorio. De igual forma, se instaló en estos dos últimos modelos un filtro de decantación que sirve para reducir el contenido de elementos finos que pudieran pasar a través de la lámina geotextil situada en el fondo del recipiente de cultivo (Fig. 3 centro). El sistema de ventilación del lisímetro también se ha modificado con respecto a los modelos LP-1 y LP-2, posicionando de forma diagonal las salidas favoreciendo así la ventilación cruzada del lisímetro.

4. CONCLUSIONES

En esta comunicación se han presentado cuatro prototipos de lisímetros de pesada para su uso en explotaciones hortícolas, dentro del proyecto de investigación PROLISI. Se han indicado las modificaciones introducidas en los diseños realizados hasta obtener un prototipo de reducidas dimensiones, transportable, fácil de instalar y fiable en sus medidas de la evapotranspiración. En los distintos prototipos se ha reducido la altura total modificando los perfiles empleados, rediseñando los componentes del sistema modular, como el depósito de drenaje y suprimiendo algunos elementos como los soportes del sistema de pesaje. Asimismo se han introducido componentes nuevos, como el recipiente de muestreo del agua lixiviada, el filtro de decantación, la ventana de inspección y la ventilación cruzada del equipo entre otros, que han aumentado las prestaciones del prototipo inicial. Se ha conseguido un prototipo de lisímetro de pesada (LP-4) más portable y de mayor facilidad de montaje que sus antecesores (LP-1, LP-2, LP-3).

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para la realización de proyectos de investigación. Referencia: AGL2015-66938-C2-1-R. También se agradece la colaboración de la empresa TeleNatura EBT S.L. y a la comunicad de regantes Arco Sur Mar Menor (contrato con la UPCT Ref. 5027/17IAEA “Ayuda a la gestión de los recursos hídricos mediante lisímetros de pesada”).

6. REFERENCIAS

[1] Allen, R. G. 2006. "Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos," Food & Agriculture Org.

[2] Hirschi, M., Michel, D., Lehner, I., and Seneviratne, S. I. 2017. A site-level comparison of lysimeter and eddy covariance flux measurements of evapotranspiration. *Hydrology and Earth System Sciences* 21, 1809-1825.

[3] Liu, S., Bai, J., Jia, Z., Jia, L., Zhou, H., and Lu, L. 2010. Estimation of evapotranspiration in the Mu Us Sandland of China. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 573-584.

[4] López-Urrea, R., de Santa Olalla, F. M., Fabeiro, C., and Moratalla, A. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. *Agric. Water Manag.* 85, 15-26.

[5] Zhang, X., Hu, L., Bian, X., Zhao, B., Chai, F., and Sun, X. 2007. The most economical irrigation amount and evapotranspiration of the turfgrasses in Beijing City, China. *Agric. Water Manag.* 89, 98-104.

[6] Zhang, Z.-S., Liu, L.-C., Li, X.-R., Zhang, J.-G., He, M.-Z., and Tan, H.-J. 2008. Evaporation properties of a revegetated area of the Tengger Desert, North China. *J. Arid Environ.* 72, 964-973.

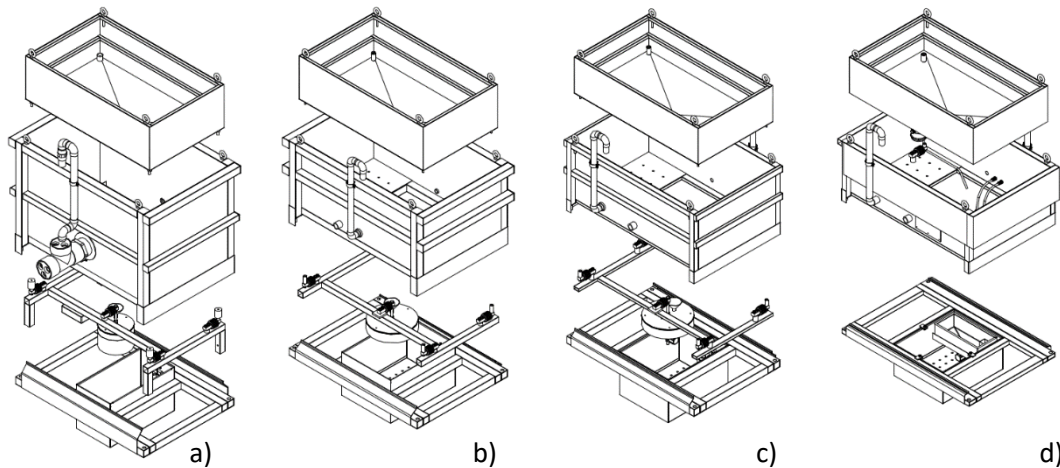


Figura 1. Vistas explosionadas de los cuatro prototipos: a) LP-1, b) LP-2, c) LP-3 y d) LP-4.

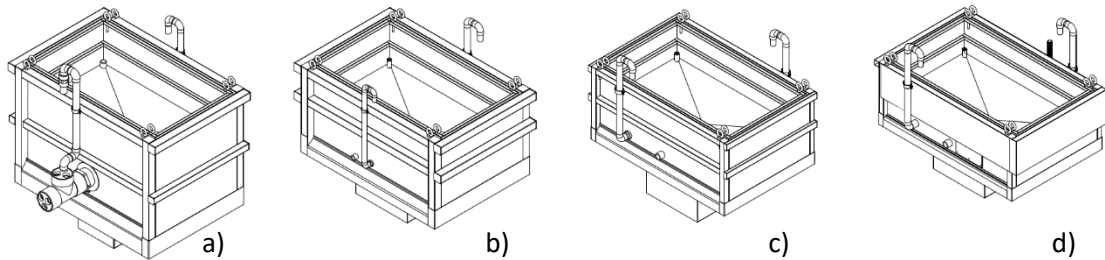
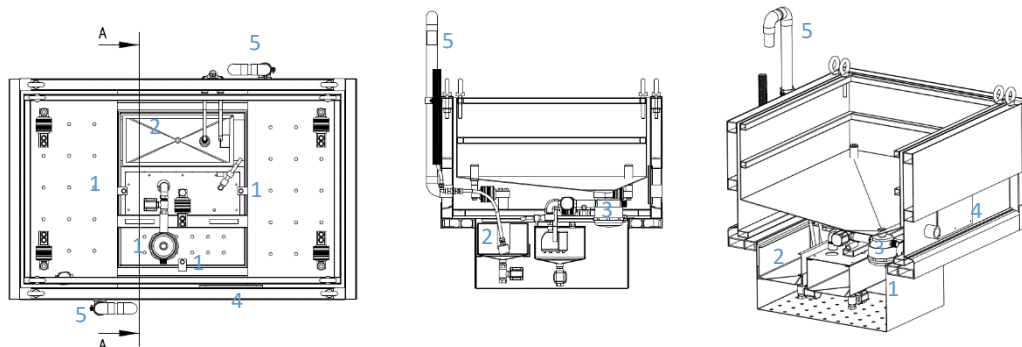


Figura 2. Vistas ensambladas de los cuatro prototipos: a) LP-1, b) LP-2, c) LP-3 y d) LP-4.



Legenda: 1 Pestañas sujeción; 2 Depósito muestreo; 3 Filtro decantación; 4 Ventana inspección; 5 Sistema ventilación cruzada

Figura 3. Vista en planta del modelo LP-4 (izqda.), en sección (centro) y perspectiva (dcha.).