



Evolución de prototipos de depósitos de drenaje para lisímetros de pesada

Juan Antonio Nicolás-Cuevas¹, Dolores Parras-Burgos², Laura Ávila-Dávila³, Manuel Soler-Méndez⁴, Julián González-Trinidad³, José Miguel Molina-Martínez⁴

- ¹ Departamento de Estructuras y Construcción. Universidad Politécnica de Cartagena. C/ Doctor Fleming, s/n, 30202 Cartagena; juan.nicolas@upct.es
- ² Departamento de Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena. C/ Doctor Fleming, s/n, 30202 Cartagena; dolores.parras@upct.es
- ³ Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carretera Zacatecas-Guadalajara Km. 6, Ejido la Escondida, 98160 Zacatecas, México; laura_14avila@uaz.edu.mx; jgonza@uaz.edu.mx
- ⁴ Grupo de I+D+i Ingeniería Agromótica y del Mar. Universidad Politécnica de Cartagena, C/ Ángel s/n Ed. ELDI, 30202 Cartagena, España; manuel.ia@agrosolmen.es; josem.molina@upct.es

Resumen: Los prototipos de lisímetros de pesada (LP1, LP2, LP3 y LP4) permiten determinar la evapotranspiración de los cultivos a partir del balance hídrico obtenido de la variación del peso del recipiente de cultivo y del peso del depósito de drenaje. En el modelo LP1 la solución elegida para el depósito consistió en medir el peso del agua percolada procedente del recipiente de cultivo mediante un depósito cilíndrico de 5,36 litros de capacidad (diámetro 210 mm x 155 mm de altura) con una célula de carga de 10 kg. En los modelos LP2 y LP3, se aumentó la capacidad del depósito de drenaje a 7,77 litros (diámetro 300 mm x 110 mm de altura), con una célula de carga de 10 kg. La altura total de los modelos LP1, LP2 y LP3 se fue reduciendo de 155 mm a 110 mm. En el modelo LP4, el diseño del depósito de drenaje varió sustancialmente, optándose por un diseño rectangular que, con una capacidad de 7,2 litros (360 x 160 x 125 mm), permitió mejorar la compactación del conjunto manteniendo la resolución deseada para una célula de carga de 10 kg. La evolución del diseño del depósito de drenaje en los diversos modelos permitió ir reduciendo la altura total de los prototipos de lisímetros de pesada facilitando su instalación y montaje. Por tanto, se puede destacar la importancia que tiene el diseño del depósito de drenaje en la precisión del lisímetro de pesada, en las que el volumen de agua de cada depósito y las células de carga condicionan la resolución obtenida.

Palabras clave: volumen infiltrado, evolución de diseño, percolación

1. Introducción

La estimación del consumo de agua de un cultivo es importante para determinar la cantidad de agua que se requiere para obtener la mayor productividad, existen algunas metodologías para monitorear esta, los lisímetros de pesada son modelos precisos y fiables para determinarla [1]. Estos dispositivos contienen un volumen de suelo aislado hidrológicamente circundante, por lo cual es posible controlar y medir los diferentes términos que intervienen en el balance hídrico [2].

Estos dispositivos permiten entender el ciclo del movimiento del agua en el suelo, desde el punto de vista continuo, repetitivo y secuencial. Una vez que entra el agua al suelo, en forma de

riego o lluvia, ésta puede ser perdida por evapotranspiración o drenada hacia capas inferiores, permaneciendo como reserva hídrica [3].

Por lo tanto, estos dispositivos pueden ser utilizados para el cálculo de la precipitación, evaporación y drenaje de forma precisa, por medio de las variaciones del peso registrados por la entrada y salida de agua [4]. Por medio de un depósito de drenaje, que almacene el volumen del agua infiltrada a través del perfil del suelo confinado, es posible medir las pérdidas ocasionadas por la percolación profunda [5].

Los prototipos de lisímetros de pesada (LP1, LP2, LP3 y LP4) desarrollados por el grupo de investigación de Ingeniería Agromótica y del Mar de la Universidad Politécnica de Cartagena cuentan con dicho depósito de drenaje lo que permite conocer con precisión el volumen infiltrado.

La presente comunicación muestra la evolución que ha tenido el depósito de drenaje a lo largo de los diferentes prototipos desarrollados. Con el último diseño se consiguió mejor precisión de medición del volumen de agua y un modelo de lisímetro de pesada más compacto.

2. Materiales y métodos

El depósito de drenaje está situado debajo del recipiente del cultivo, por lo que el agua lixiviada procedente de dicho recipiente pasa por un filtro de decantación para reducir el contenido de finos que pudieran pasar a través de la lámina geotextil situada en el fondo. Esta agua llega al depósito de drenaje que cuelga de una célula de carga de la estructura principal. Con este sistema de pesaje se mide cualquier alteración en el volumen contenido en el depósito [4] (Fig. 1). El programa de diseño asistido por ordenador que se ha utilizado, tanto en el modelado 3D de todos los componentes como en los análisis estructurales realizados, ha sido SolidWorks 2016.

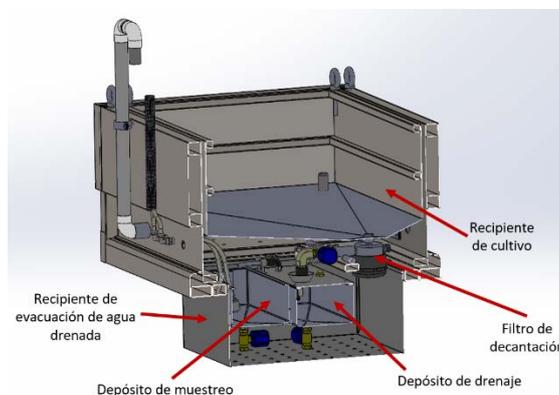


Figura 1. Sección de un lisímetro de pesada.

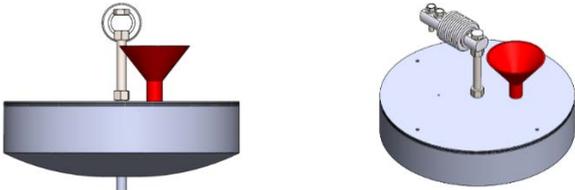
El diseño del depósito de drenaje ha ido evolucionando según se ha ido optimizando el diseño del lisímetro de pesada en cada uno de los modelos. Además, para su dimensionamiento se han tenido en cuenta también otros aspectos igualmente importantes: una textura de tipo arenoso (poca capacidad de retención de agua), las dimensiones del recipiente del cultivo (las cuales son establecidas por el tipo de cultivo a analizar) y, la intensidad y duración de un evento de lluvia de la región.

Por otro lado, se realizó un análisis estructural estático del depósito para determinar las tensiones y las deformaciones que se producen en las paredes del depósito de drenaje, estudiando el efecto de la presión hidrostática del agua sobre él.

3. Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran cada uno de los depósitos de drenaje diseñados teniendo en cuenta el modelo de lisímetro de pesada en el que va montado, y sus dimensiones características:

Tabla 1. Modelos del depósito de drenaje

Modelo	Diseño	Dimensiones
LP-1		Ø 210 mm por 155 mm de altura
LP-2		Ø 300 mm por 110 mm de altura
LP-3		Ø 300 mm por 110 mm de altura
LP-4		160x360x125 mm

La primera propuesta del depósito de drenaje fue un depósito cilíndrico para el modelo LP-1 (Tabla 1). Tras comprobar la evolución del lisímetro de pesada en campo, se optó por la reducción de sus dimensiones y hacerlo más compacto, resultando en los modelos LP-2 y LP-3 un depósito de mayor volumen de almacenamiento, compensado con mayor diámetro y menor altura. Adicionalmente, al LP-3 le fue agregado un depósito para el muestro del agua drenada, así que para el diseño del modelo LP-4 se tuvo que cambiar la forma del depósito de drenaje a uno rectangular, esto permitió mejor aprovechamiento del espacio debajo del recipiente de cultivo y con la misma capacidad de almacenamiento de agua drenada.

En todos los modelos, el depósito de cultivo es sostenido por una célula de carga de 10 Kg, por lo que el volumen de agua no puede ser mayor a los 10.000 g. Además, cuentan con un embudo para recolectar cada gota que drena por gravedad del recipiente de cultivo y una electroválvula para vaciar su contenido cuando se ha alcanzado el nivel máximo establecido. Las capacidades máximas de cada depósito de drenaje son 5,36 l para LP-1, 7,77 l para LP-2 y LP-3, y 7,2 l para LP-4.

La Figura 2 muestra una vista de perfil del prototipo LP-1 donde es posible ver el recorrido del agua desde el recipiente del cultivo hasta el depósito de drenaje, y los detalles de los

accesorios con los que cuenta. El agua drenada primero pasa por una malla de filtrado y después por acción de la gravedad es recolectada en el depósito de drenaje.

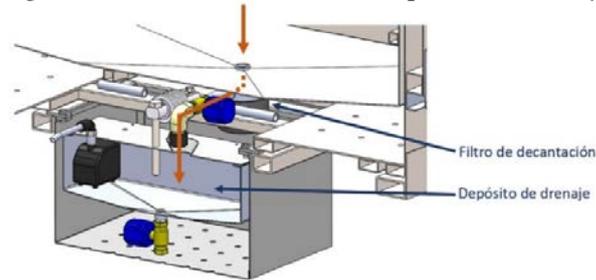


Figura 2. Conducción del agua drenada del recipiente de cultivo al depósito de drenaje [1].

Para la construcción de los depósitos de drenaje se han utilizado chapas de acero inoxidable AISI 304 de espesor 2 mm. Con SolidWorks Simulation se debe verificar que las deformaciones del depósito no interfieren con los demás componentes, asegurando el adecuado funcionamiento del sistema de pesada. Los resultados de los análisis y simulaciones realizadas indican que las deformaciones de cada uno de los recipientes no superan las holguras fijadas entre ellos bajo las diferentes situaciones de carga consideradas (Fig. 3).

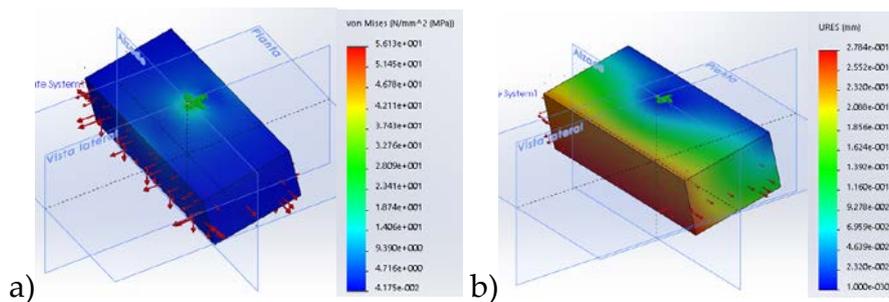


Figura 3. Simulación con SolidWorks del depósito de drenaje del modelo LP-4: a) Tensiones de Von Mises y b) Desplazamientos [1].

A continuación, se muestra el registro de la variación de peso en el depósito de drenaje durante varios eventos de lluvia. Se puede apreciar el aumento de peso debido a la lluvia (datos registrados cada minuto), al igual que el vaciado del mismo que ocurre en cuestión de minutos (Fig. 4).

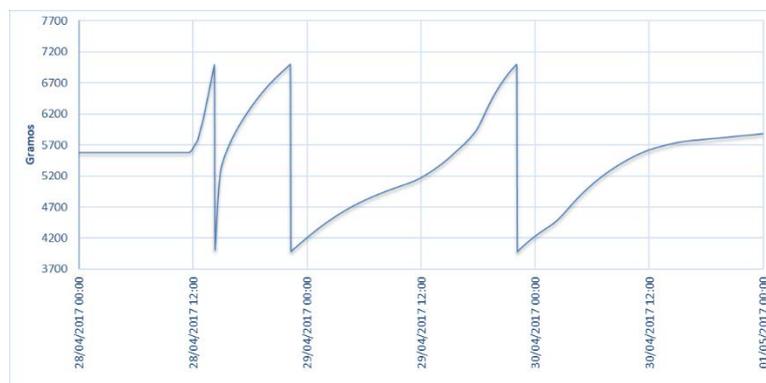


Figura 4. Registro de la variación del peso del depósito de drenaje (prototipo LP-1).

4. Conclusiones

La evolución del diseño del depósito de drenaje en los diversos modelos permitió ir reduciendo la altura total de los prototipos de lisímetros de pesada facilitando su instalación y montaje. La reducción de altura del depósito de drenaje ayudó a aprovechar mejor el espacio e introducir un recipiente de muestro, una ventana de inspección, un filtro de decantación, entre otros. El último modelo, LP-4, es un lisímetro de pesada transportable y optimizado con respecto a los anteriores. Los depósitos de drenaje de todos los prototipos diseñados y construidos han tenido un buen comportamiento a lo largo de los diferentes experimentos en campo a los que han sido sometidos. Los eventos extraordinarios de drenaje ocasionados por lluvias de larga duración son almacenados de manera exitosa. Esto es logrado ya que el orificio inferior del recipiente de cultivo es cerrado cuando el drenaje del depósito comienza, el cual tarda un par de minutos en vaciarse, por lo que rápidamente puede volver a almacenar agua.

5. Agradecimientos

Al Proyecto de Investigación y Desarrollo con referencia IDI-20190146, titulado “Desarrollo e implantación de un equipo de ferticontrol por lisimetría de pesada para uso en agricultura intensiva”, en colaboración con la empresa AGROSOLMEN, S.L., cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Operativo Plurirregional de España 2014-2020. Por último, al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) México por el apoyo de la Beca de Movilidad para estancias en el extranjero.

Referencias

1. Nicolás-Cuevas J.A., Parras-Burgos D., Ruiz-Peñalver L., Ruiz-Canales A. y Molina-Martínez J.M. Diseño del proceso de muestreo. Análisis estructural del depósito de drenaje y del recipiente de evacuación del agua drenada en un lisímetro de pesada compacto. III Symposium Nacional y I Ibérico de Ingeniería Hortícola, 2018.
2. Parras-Burgos D., Nicolás-Cuevas J.A., Ruiz-Canales A. y Molina-Martínez J.M. Evolución del diseño de prototipo de lisímetro de pesada para cultivos hortícolas. III Symposium Nacional y I Ibérico de Ingeniería Hortícola, 2018.
3. Nicolás-Cuevas J.A., Parras-Burgos D., Ruiz-Peñalver L., Ruiz-Canales A. y Molina-Martínez J.M. Influencia de diferentes filtros y geotextiles en el proceso de infiltración del agua en un lisímetro de pesada compacto. III Symposium Nacional y I Ibérico de Ingeniería Hortícola, 2018.
4. Mariano, D. D. C., Faria, R. T. D., Freitas, P. S. L. D., Lena, B. P., & Johann, A. L. Construction and calibration of a bar weighing lysimeter. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(3), 271-278. 2015.
5. Nicolás-Cuevas J.A., Parras-Burgos D., Ruiz-Peñalver L. y Molina-Martínez J.M. Diseño y modelado grafico 3D de un lisímetro de pesada de bajo coste. IX Congreso Ibérico de AgroIngeniería. Bragança, Portugal. 4 a 6 de septiembre, 2017.