



# Implementación de depósitos de muestreo en lisímetros de pesada y sus necesidades.

Juan Antonio Nicolás-Cuevas<sup>1</sup>, Dolores Parras-Burgos<sup>2</sup>, Laura Ávila-Dávila<sup>3</sup>, Manuel Soler-Méndez<sup>3</sup>, Leandro Ruiz-Peñalver<sup>4</sup>, José Miguel Molina-Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Estructuras y Construcción. Universidad Politécnica de Cartagena. C/ Doctor Fleming, s/n, 30202 Cartagena; juan.nicolas@upct.es

<sup>2</sup> Departamento de Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena. C/ Doctor Fleming, s/n, 30202 Cartagena; dolores.parras@upct.es

<sup>3</sup> Grupo de I+D+i Ingeniería Agromótica y del Mar. Universidad Politécnica de Cartagena, C/ Ángel s/n Ed. ELDI, 30202 Cartagena, España; laura\_14avila@uaz.edu.mx; manuel.ia@agrosolmen.es; josem.molina@upct.es

<sup>4</sup> Departamento de Tecnología Naval, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII 52, 30203 Cartagena, España; leandro.ruiz@upct.es

**Resumen:** Durante el desarrollo de varios prototipos lisímetros de pesada se requirió la necesidad de introducir en su diseño un depósito de muestreo del agua percolada para la extracción de muestras con el fin de ser analizadas. Asimismo, se estimó conveniente la incorporación de sensores en el depósito de muestreo que permitieran obtener directamente las características del agua drenada y su monitorización para la supervisión remota del cultivo. El principal inconveniente para su diseño fue resolver los recorridos en el espacio interior configurado por el recipiente de cultivo y el cajón exterior, y la separación de los flujos del agua drenada hacia el depósito de drenaje y el depósito de muestreo manteniendo la compacidad del sistema. Los prototipos de lisímetros de pesada más evolucionados permitieron, a través de dos salidas exteriores, recoger muestras del agua o introducir agua destilada para su limpieza, de forma independiente a la supervisión remota.

**Palabras clave:** balance de nutrientes, suelo

## 1. Introducción

Los lisímetros de pesada por sus características, porción de suelo aislado hidrológicamente del suelo circundante, permiten hacer una de las estimaciones más precisas del requerimiento hídrico del cultivo, conociendo las variables de entrada y de salida de agua [1-3]. Con esto puede ser logrado un riego eficiente, el cual es esencial para facilitar el consumo de nutrientes y el buen crecimiento del cultivo, ya que la planta transporta desde sus raíces hasta sus hojas los nutrientes por medio del agua para el consumo de ambos [4].

Estos dispositivos también permiten hacer un balance de nutrientes, diferencia de nutrientes que entran y salen en un determinado espacio y tiempo a nivel de la zona de raíces del cultivo [5], por medio de un monitoreo continuo del suelo. Además, esto es vital en cultivos sensibles a la salinidad para lograr una detección oportuna de la acumulación de sales en la zona de raíces y pueda ser reducida aplicando más agua de la que necesita el cultivo [4]. Otro factor a monitorear es el pH del suelo, que afecta en la disponibilidad de nutrientes para la planta, sustancias tóxicas, actividad de poblaciones microbianas, entre otros [6].

En la presente comunicación, se muestra la evolución del diseño del recipiente de muestreo en los lisímetros de pesada diseñados por el grupo de investigación de Ingeniería Agromótica y del Mar, destinados para uso en campo con cultivos hortícolas y sus adecuaciones para el análisis del agua drenada.

## 2. Materiales y métodos

En los diferentes modelos de lisímetros de pesada, diseñados por el Grupo de Investigación de Ingeniería Agromótica y del Mar de la Universidad Politécnica de Cartagena, se fue viendo la necesidad de analizar el agua drenada por el sistema planta-suelo. En los dos primeros prototipos diseñados (LP-1 y LP-2) el agua drenada era expulsada directamente al subsuelo. En los posteriores diseños (LP-3, LP-4 y LP-5), ante la necesidad de obtener muestras del agua lixiviada para su posterior análisis, fue agregado un depósito de muestreo (Figura 1). El dimensionamiento de este depósito fue evolucionando en cada uno de los prototipos por motivos de optimización del lisímetro de pesada, tanto en tamaño como en disposición de sus componentes. El volumen de partida de este depósito fue aproximadamente de 5 litros, teniendo en cuenta para su dimensionamiento el volumen requerido para el análisis de agua para cada prueba y el volumen necesario para el funcionamiento de la bomba.

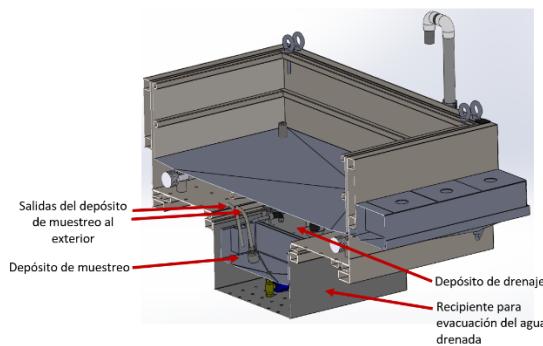


Figura 1. Sección de un lisímetro de pesada.

Al depósito de muestreo le fueron anexadas también dos sondas: una para el cálculo de la conductividad eléctrica, que sirve para medir el contenido de sales; y otra, para medir el pH en tiempo real del agua drenada. Conociendo ambos valores, es posible saber que tratamiento es necesario emplear para mejorar las propiedades químicas del suelo como, por ejemplo, aplicar materia orgánica para proteger el suelo contra cambios rápidos de acidez, alcalinidad y salinidad, y aplicación de cal en suelos ácidos para mantener un pH neutro, entre otros [4].

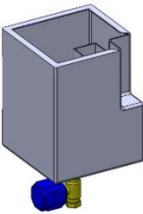
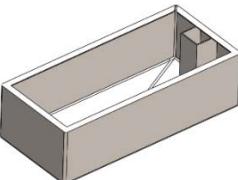
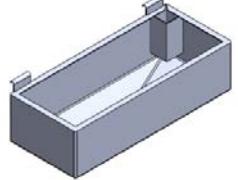
La adquisición de todos estos datos ayuda a obtener un balance de nutrientes por la diferencia de las entradas dadas por la cantidad de fertilizante o abonos orgánicos aplicados y su concentración de nutrientes, y las salidas obtenidas del análisis del agua almacenada en el depósito de muestreo.

Para el diseño del lisímetro de pesada y de cada uno de los componentes descritos se ha utilizado el programa de diseño asistido por ordenador SolidWorks 2016, tanto para el modelado 3D como para los análisis estructurales realizados necesarios para su validación.

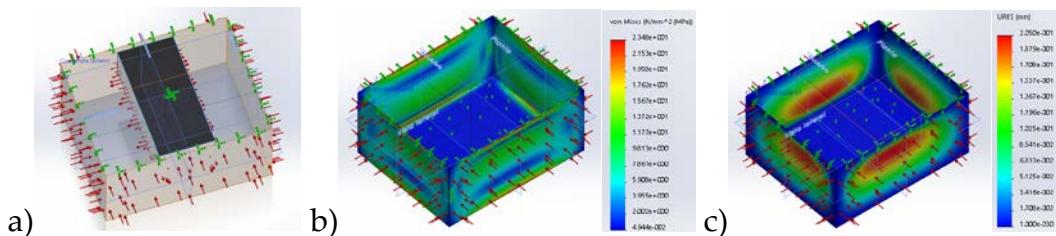
## 3. Resultados y discusión

A continuación, se muestra la evolución del depósito de muestreo en los diferentes lisímetros de pesada diseñados, teniendo en cuenta que se introdujo este tipo de depósitos a partir del modelo LP-3 (Tabla 1). El volumen del depósito pasó de 5 a 6 litros en cada uno de los modelos, y la forma se fue adaptando a las distintas configuraciones que iba adoptando el lisímetro.

**Tabla 1.** Depósitos de muestro de los diferentes lisímetros de pesada.

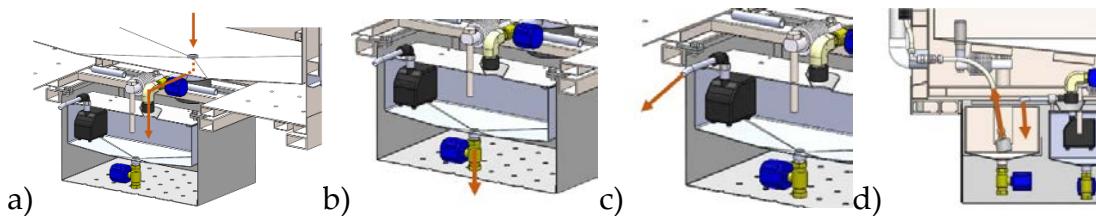
Modelo	Diseño en 3D	Dimensiones
LP-3		160 X 160 X 200 mm
LP-4		160 X 350 X 100 mm
LP-5		160 X 379 X 100 mm

Los resultados de los análisis y simulaciones realizadas con SolidWorks Simulation indican que las deformaciones de cada uno de los recipientes no superan las holguras fijadas entre ellos bajo las diferentes situaciones de carga consideradas con relación al recipiente para evacuación del agua drenada donde se ubican (Figura 2). Para la construcción de los depósitos de muestreo se han utilizado chapas de acero inoxidable AISI 304 de espesor 2 mm.



**Figura 2.** a) Cargas y condiciones de contorno consideradas sobre el recipiente para evacuación de agua drenada, b) Tensiones de Von Mises, y c) Desplazamientos [7].

La variante de la forma del depósito de muestreo es debido a la compactación que fueron sufriendo los diferentes lisímetros de pesada para mejorar su portabilidad. El principal inconveniente para su diseño fue resolver los recorridos en el espacio interior configurado por el recipiente de cultivo y el cajón exterior, y la separación de los flujos del agua drenada hacia el depósito de drenaje y el depósito de muestreo manteniendo la compacidad del sistema. La Figura 3, muestra el recorrido de la conducción del agua drenada hasta el depósito de muestras.



**Figura 3.** a) Agua lixiviada del recipiente de cultivo al depósito de drenaje, b) Evacuación directa del depósito de drenaje al recipiente para evacuación de agua drenada, c) Salida de agua del recipiente de drenaje a través de la bomba, y d) Entrada de agua del depósito de drenaje al depósito de muestreo y salida del agua para toma de muestras.

Las dimensiones del depósito de muestreo se tuvieron que adecuar: al espacio disponible, al volumen de muestreo necesario para realizar el análisis de nutrientes (pH y conductividad eléctrica), al volumen mínimo necesario para el funcionamiento de la bomba (para la extracción de muestras) y los sensores necesarios que se utilizan para análisis parciales *in situ* del agua drenada. A través de dos salidas exteriores, se recogen las muestras del agua o se introduce agua destilada para la limpieza del depósito de muestreo y no alterar el agua entre cada toma de muestra, de forma independiente a la supervisión remota. Además, cuenta con dos sensores de nivel, uno de ellos activa la electroválvula del depósito de drenaje para el llenado cuando se ha alcanzado el nivel de agua mínimo establecido y el otro sensor activa el vaciado del depósito de muestreo cuando se ha alcanzado el nivel máximo. En la Figura 4, se pueden apreciar estos detalles en uno de los prototipos fabricados e instalados en campo.



**Figura 4.** Depósito de muestreo con detalles instalado en campo.

#### 4. Conclusiones

Los depósitos de muestreo que incluyen los lisímetros de pesada desarrollados en el grupo de investigación de Ingeniería Agromática y del Mar permiten hacer balances de los nutrientes actuales, por lo tanto, conocer el estado de aprovechamiento de consumo que tiene el cultivo. Ayudará a prevenir una baja productividad del cultivo o baja fertilidad del suelo debido a una disminución de nutrientes, y bajas eficiencias en el uso del fertilizante por el uso excesivo del mismo que puede ocasionar problemas ambientales. Además, de detectar problemas de salinidad y pH en el suelo por medio de sensores de conductividad eléctrica dentro del depósito de muestreo. Gracias a la evolución que ha ido sufriendo este depósito en cada uno de los lisímetros de pesada diseñados se ha obtenido un modelo más optimizado y adecuado a las necesidades funcionales definidas en su proceso.

**X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA**  
**X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA**  
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

## **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.

## **Referencias**

1. Nicolás-Cuevas J.A., Parras-Burgos D., Ruiz-Peñalver L., Molina-Martínez J.M. Diseño y modelado gráfico 3D de un lisímetro de pesada de bajo coste. IX Congreso Ibérico de Agroingeniería. Braganca, Portugal, 4-6 septiembre 2017.
2. Parras-Burgos D., Nicolás-Cuevas J.A., Ruiz-Peñalver L., Molina-Martínez J.M. Evolución del diseño de prototipos de lisímetros de pesada enterrados para cultivos hortícolas. III Symposium Nacional y I Ibérico de Ingeniería Hortícola, 2018.
3. Vera-Repullo J.A., Ruiz-Peñalver L., Jiménez-Buendía M., Rosillo J.J., Molina-Martínez J.M. Software for the automatic control of irrigation using weighing-drainage lysimeters. Agricultural Water Management. 2015, 151, 4-12.
4. Ali M.H. Fundamentals of Irrigation and On-farm Water Management. 2010, 1. Springer.
5. García, Fernando. Balance de nutrientes y necesidades de fertilización del cultivo de trigo 1. 1<sup>a</sup> Jornada de Trigo de la Región Centro Córdoba, Argentina, 30-31 marzo 2019, 1-7.
6. Ibarra-Castillo D., Ruiz-Corral J.A., González-Eguiarte D.R., Flores-Garnica J.G., Díaz-Padilla G.D. Distribución espacial de lo suelo agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. Agri. Téc. Méx. 2009, 34 (3), 267-276.
7. 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.