

## GESTIÓN ÓPTIMA DE REDES DE RIEGO A PRESIÓN

Rafael González Perea - Dpto. de Agronomía, Universidad de Córdoba. Miembro de la AERYD. (g72goper@uco.es)  
Irene Fernández García - Dpto de Ingeniería Eléctrica y Automática, Universidad de Córdoba. Miembro de la AERYD. g52fegai@uco.es

### Introducción

La cada vez mayor dependencia energética del regadío y las continuas subidas de los precios de la energía, son importantes motivos para que este recurso se use de la manera más eficiente posible. En zonas regables, donde el agua y la energía son recursos limitantes, la sostenibilidad del regadío requiere de una adecuada gestión y optimización de su uso de forma conjunta. Por ello, las redes de distribución de agua para el riego han experimentado una profunda transformación hacia redes a presión. Aunque este cambio ha contribuido a mejorar la eficiencia en el uso del agua, dichas modernizaciones han implicado un gran aumento de la demanda energética de este tipo de redes. Mientras el uso unitario del agua se redujo de 8.250 a 6.500 m<sup>3</sup>•ha<sup>-1</sup> (-21%) de 1.950 a 2.007, la energía demandada se incrementó de 206 a 1560kWh•ha<sup>-1</sup> (+657%).

Como consecuencia de este incremento del consumo y coste energético en redes de riego a presión, existen diferentes estrategias de gestión que permiten mejorar la eficiencia en el uso de esta energía, reduciendo así su dependencia y coste. Algunas de estas estrategias son como la *sectorización*, donde los hidrantes de la red de riego se agrupan según sus requerimientos energéticos o el *control de puntos críticos* (hidrantes que debido a su localización tienen especiales necesidades de energía). Frecuentemente, estos hidrantes condicionan la altura manométrica necesaria en la estación de bombeo de la red de riego a presión.

La incorporación de estas estrategias de forma independiente, habitualmente, está unida a una disminución en el grado de libertad de los agricultores a la hora de organizar su riego. Sin embargo, su aplicación conjunta

permite minimizar el recorte de esta libertad de los agricultores para regar o no, maximizando la eficiencia en el uso de la energía y, por ende, reduciendo el coste energético de la red de riego.

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS HIDRANTES CRÍTICOS DE LA RED

#### 2.1. Digitalización de la red de riego.

Aunque no es estrictamente necesario, el proceso de implementación de estas estrategias de gestión se recomienda realizar la digitalización de la red de riego a presión. Las estrategias de ahorro energético descritas en este artículo podrían ser testeadas e implementadas de forma manual directamente sobre la red de riego real (mediante apertura y cierre de los diferentes hidrantes que componen la red de riego de una forma recurrente). Sin embargo, es totalmente aconsejable obtener un modelo digital de la red de riego sobre el cual se pueden evaluar distintas estrategias de gestión y, por otro, verificar la eficiencia de las medidas planteadas antes de implementarlas en la red de riego real, ahorrando tiempo e incluso algún coste asociado a una incorrecta implementación de estas estrategias.

El proceso de digitalización de la red de riego conlleva integrar toda la información de la red de riego (estación de bombeo, trazado de tuberías, diámetros, rugosidades, cotas y caudal de diseño de los hidrantes) en un único modelo que permita saber en cada momento las presiones y caudales que circulan por la red de riego, así como el funcionamiento de la estación de bombeo (caudal aportado y altura manométrica). Existen numerosos softwares o procedimientos para obtener este modelo hidráulico. En este artículo se recomienda el uso de EPANET debido a su

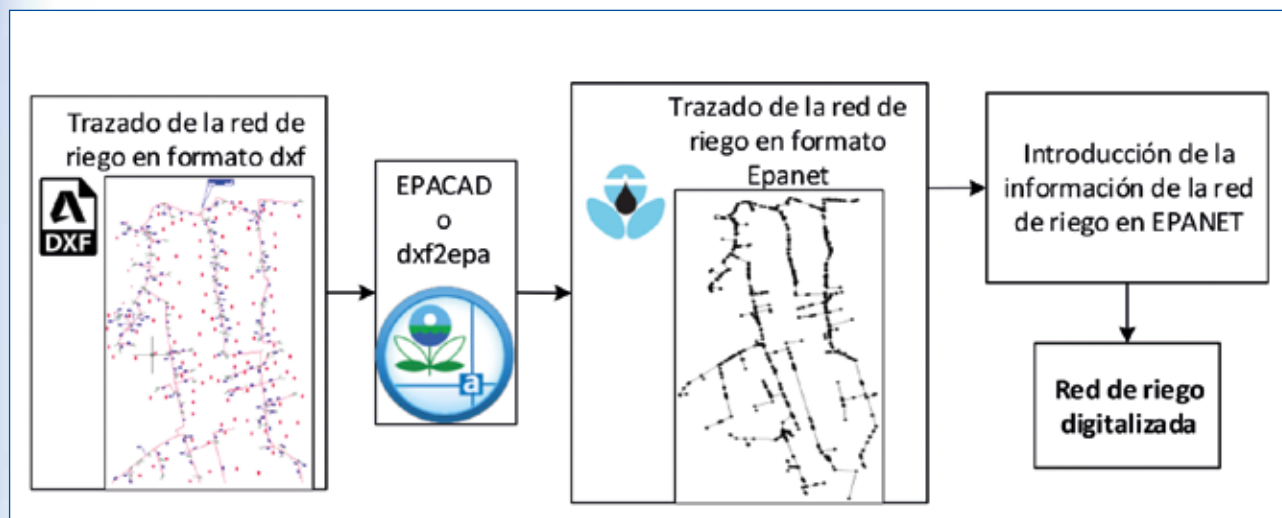


Figura 1. Proceso recomendado de digitalización de la red de riego.

sencillez y libre acceso (gratuito). En la figura 1 se muestra un esquema del proceso de digitalización de la red de riego mediante el uso de EPANET.

### 2.2. Determinación de la altura manométrica óptima.

Para conseguir un valor óptimo de altura manométrica óptima en una estación de bombeo que suministra agua a una red de riego debe considerarse en cada momento el caudal suministrado por dicha estación de bombeo (condicionado por el número de hidrantes que funcionan a la vez). Así, el objeto será determinar, para cada caudal, la altura manométrica que implica el menor consumo energético y que, al mismo tiempo, garantiza la presión requerida en hidrante, sin olvidar que la estación de bombeo debe funcionar en su punto de máxima eficiencia el mayor número de horas posibles.

Para llevar a cabo esto, y teniendo en cuenta que ya se dispone del modelo digital de la red de riego a presión, se debe comenzar el análisis con la situación más desfavorable para la red de riego, es decir, realizar una evaluación con todos los hidrantes funcionando de forma simultánea y con las condiciones reales (actuales) de altura manométrica en la estación de bombeo. Si no se dispone del modelo digital, esto habría que realizarlo de forma manual sobre la propia red de riego. Si esta simulación hidráulica se realiza con el software EPANET, se puede obtener, de forma automática, el hidrante que recibe la presión mínima de toda la red de riego que será considerado como hidrante crítico. Si se realiza de forma manual, habría que comprobar la presión de cada hidrante de la red de riego y localizar aquél con menor presión. Si la presión de este hidrante es superior a la presión mínima necesaria para el adecuado funcionamiento de la red de riego (presión de servicio o presión mínima garantizada por la comunidad de regantes), la primera opción que se presenta (nivel 1 de mejora) es reducir la altura manométrica de la estación de bombeo (evaluando cada reducción de altura manométrica para comprobar sus efectos en el resto de los hidrantes), hasta que este hidrante crítico reciba la presión mínima garantizada. Esta medida, supondrá, en un gran número de redes de riego, un importante ahorro energético.

El siguiente nivel de mejora (nivel 2) pasa por determinar, en orden decreciente de demanda energética, el resto de los puntos críticos de la red de riego. Conociendo estos puntos críticos y su orden relativo en cuanto a necesidades energéticas, se podrán gestionar de una forma mucho más eficiente. Así, en la evaluación anterior se identificaba el hidrante más crítico de todos, el cual se desactiva ahora para llevar a cabo una nueva evaluación, repitiendo todo el procedimiento anterior, pero con este hidrante crítico cerrado. De esta forma, se determinará un nuevo hidrante crítico y unas nuevas condiciones de funcionamiento de la estación de bombeo (altura manométrica y caudal bombeado). El procedimiento continúa con la desactivación del hidrante crítico detectado en este análisis y una nueva evaluación. De esta forma, en cada evaluación, se detecta y

desactiva un nuevo hidrante crítico y se obtiene una altura manométrica óptima. Este proceso puede ser repetido hasta que se desactiven todos los hidrantes que componen la red de riego.

Al final de todo este proceso, se dispondrá tanto de un conjunto de valores de altura manométrica y caudales óptimos de la estación de bombeo como una relación ordenada de los hidrantes de la red de riego en función de sus requerimientos energéticos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ejemplo de resultados del análisis de puntos críticos de una red de riego.

Hidrante Crítico	Presión crítica (m.c.a.)	Altura manométrica (m.c.a.)	Caudal m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
A141	39,8	64	1,04
A179	39,6	60	1,02
A572	40,6	60	0,94
A571	40,5	59	0,94
A60	40,3	58	0,94
A39	39,7	56	0,93
A136	39,6	55	0,92
A58	39,7	55	0,90
A44	40,4	55	0,90
A43	39,7	54	0,90
A42	39,9	54	0,90
A40	40,4	54	0,89
A122	40,5	54	0,89
A45	40,5	54	0,86
A17	39,7	53	0,86
A16	40,1	53	0,86
A66	40,2	53	0,85
A107	40,1	52	0,85
A53	40,1	52	0,82

### 3. ESTRATEGIAS DE GESTIÓN ÓPTIMA RECOMENDADAS

Una vez obtenida la relación de hidrantes críticos de la red de riego y los puntos de funcionamiento óptimos de la estación de bombeo según estén abiertos o no cada uno de estos hidrantes, se pueden establecer diferentes estrategias de gestión controlando estos puntos críticos. Una buena estrategia puede ser establecer dos escenarios diferentes, A y B. En el escenario A, que puede ser aplicado en aquellos momentos en los que el precio de la energía es más barato, la estación de bombeo suministra agua a todos