



Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



Artículo: COMEII-19016

Mazatlán, Sin., del 18 al 20

de septiembre de 2019

FACTORES QUE INCIDEN EN EL DISEÑO DE REDES DE RIEGO

Benjamín Lara Ledesma^{1*}; Sonia Tatiana Sánchez Quispe²; Constantino Domínguez Sanchez³

^{1,2,3}Facultad de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Múgica s/n, Morelia, Michoacán, México.

*blarale@hotmail.com - 443 227 8462 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Las tomas de riego con frecuencia no funcionan en forma simultánea, de tal modo que los caudales circulantes son más reducidos y el costo de la red resulta menor. El diseño de una red de riego puede realizarse bajo dos modalidades: aplicando la probabilidad de uso de las tomas o el turnado de las mismas. En este artículo se propone el diseño de una red bajo la modalidad de riego por turnos. La elección del turno en el que funcionará cada toma es muy importante, ya que de ello depende el costo propio de la red más el costo de operación de la misma, si funciona por bombeo. La optimización energética en este caso se refiere a que en cada turno sea consumida aproximadamente la misma energía. En este caso, si la red funciona por bombeo, cada turno necesitaría aproximadamente la misma altura de bombeo y con ello se evitaría el uso de un variador de velocidad, para lograrlo se presenta una expresión, función del caudal demandado por cada toma, ubicación del mismo con respecto al punto de alimentación y la cota de la toma, a esta expresión se le llama “factor energético”, el cual debe ser aproximadamente el mismo para cada turno de riego.

Palabras claves: factor energético, redes colectivas, riego por turnos.



Introducción

La topología de las redes de riego es, en general, de tipo abierto, lo que en cierta medida facilita su diseño. Las tomas de riego son alimentadas por los diferentes ramales de la red y no suelen funcionar simultáneamente, de modo que los caudales circulantes en los ramales son más pequeños y el costo de la red puede resultar menor si se consideran estos caudales reducidos. Para disminuir dicho costo es posible diseñar bajo dos modalidades: aplicando la probabilidad de uso de las tomas (método de Clément, (Clément, 1986)) o el turno de las mismas.

La elección del turno en el que funcionará cada toma es muy importante, ya que de ello dependerá el costo propio de la red más el costo de operación de la misma, si es que funciona por bombeo. La optimización energética en este caso se refiere a que en cada turno sea consumida la misma energía. En este caso, si la red funciona por bombeo, cada turno necesitaría aproximadamente la misma altura de bombeo y con ello se evitaría el uso de un variador de velocidad. Para lograr lo anteriormente expuesto se presenta una expresión, función del caudal demandado por cada toma, ubicación del mismo con respecto al punto de alimentación y la cota de la toma. La optimización energética se realiza empleando un método heurístico: el de algoritmos genéticos. La optimización económica para la elección de los diámetros se realiza empleando un método de programación lineal. Un beneficio adicional del método que se describe es que puede ser utilizado para mejorar la operación de una red automatizada ya existente y en funcionamiento. Se presenta la aplicación de esta metodología al diseño óptimo de una red colectiva de riego.

Los algoritmos genéticos, que están basados en mecanismos como la selección natural y la supervivencia del individuo más apto; para ello, emplea operaciones como la reproducción y la mutación para el mejoramiento de la especie. Esta técnica, que data de mediados del siglo pasado, empezó a ser utilizada en la ingeniería desde finales de la década de los ochenta. Al respecto, existen trabajos que los aplican a diferentes problemas en diversas ramas del conocimiento, la ciencia y la investigación. En el campo específico de la ingeniería civil, se ha empleado en áreas como las estructuras, las vías, la hidráulica y gestión de recursos hídricos.

Los métodos de búsqueda estocástica presentan el inconveniente de que sólo son aplicables mediante la ayuda de un ordenador, y requieren gran cantidad de tiempo para la búsqueda. Afortunadamente, con el avance tecnológico, esta desventaja ha disminuido considerablemente, lo que ha llevado a que dichos métodos se desarrollen continuamente.

Las redes colectivas pueden proyectarse para uso mediante turnos preestablecidos de riego o bien para utilización a la demanda. En los riegos por turno, se les indica a los usuarios durante que días y horas pueden disponer de la dotación fijada en los hidrantes y sólo durante esas horas pueden dar a sus cultivos el agua que precisan.



Mediante el riego a la demanda el agua permanece a disposición del regante durante las 24 horas del día, sin más limitación que la modulación en el hidrante del caudal disponible. El usuario puede abrir o cerrar su toma en el momento que estime oportuno y de acuerdo con las necesidades hídricas de las plantas, arbustos, etc. que se tengan en los parques y jardines. El aprovechamiento del agua y la elasticidad del riego son máximos.

En el riego a la demanda los caudales circulantes por cada uno de los tramos de la red serán en todo instante una función aleatoria, ya que no está prefijado el número de tomas abiertas, ni el caudal que se deriva por cada una de ellas. Para determinar el caudal circulante por cada tramo se utiliza un método estadístico que permite eliminar todas aquellas combinaciones de consumo de muy pequeña probabilidad de ocurrencia. Entre todas las fórmulas estadísticas propuestas la que ha alcanzado un uso generalizado es la de René Clément (Clément, 1986).

Para lograr la máxima ventaja de tener el agua por tuberías es cuando se implemente el riego a la demanda. Su desventaja estriba en su costo, relativamente más grande que cuando se tiene el riego por turnos.

La elección de la modalidad de turnos de riego trae consigo un problema: distribuir adecuadamente los turnos de riego, para tener un diseño óptimo de la red colectiva. Por ello, se presenta una metodología para conseguir un diseño óptimo de la red tomando en cuenta el reparto equitativo en cada turno de riego del caudal total que circularía en ella, con un equilibrio energético entre los turnos.

En este artículo se propone el diseño de la red bajo la modalidad de riego por turnos (riego programado)

Metodología

El diseño de la red de riego se realiza mediante el reparto equitativo, en lo posible, del caudal en cada turno de riego. Para realizar la agrupación óptima de los turnos se emplea la optimización heurística de los algoritmos genéticos (macro Evolver para Excel).

Para llevar a cabo una adecuada distribución de los hidrantes en cada turno, se utilizan los siguientes criterios:

1. El caudal total de la red debe de repartirse de manera equitativa en cada turno, para ello la desviación estándar de la suma de los caudales en cada turno debe tener un valor, lo más próximo a cero. Este factor es la función objetivo en el programa de optimización.



2. La restricción de la función objetivo es que también se debe cumplir que en cada turno de riego se tenga un equilibrio en el “factor energético, F_E ” de la red (Lara, 2004 y 2007), por lo que la desviación estándar de este factor también debe aproximarse a cero. El factor energético para cada hidrante, está representado por la ecuación (1).

$$F_E = \frac{Q_H}{Q_{Hm\acute{a}x}} \frac{L_H}{L_{Hm\acute{a}x}} \left(\frac{Z_H - Z_B}{P_{Tm\acute{i}n}} + 1 \right) \quad (1)$$

donde,

$\frac{Q_H}{Q_{Hm\acute{a}x}}$, es el factor caudal

$\frac{L_H}{L_{Hm\acute{a}x}}$, es el factor longitud

$\frac{Z_H - Z_B}{P_{Tm\acute{i}n}} + 1$, es el factor cota

El primer término se refiere a la relación entre el caudal demandado en el hidrante, Q_H , y el caudal máximo demandado en los hidrantes, $Q_{Hm\acute{a}x}$. El segundo término es la relación existente entre la longitud desde el punto de alimentación de la red al hidrante, L_H , y la longitud máxima en la red, $L_{Hm\acute{a}x}$. Finalmente, el último término está referido a la relación entre la diferencia de cotas que se tienen en el hidrante, Z_H , y la cota de bombeo, Z_B , entre la carga de presión de trabajo mínima, $P_{Tm\acute{i}n}$, que se requiere en la red para que ésta funcione adecuadamente, más la unidad para evitar los valores nulos de dicho factor.

Planteamiento del problema

La topología de la red que se utilizó en este artículo es la de una red real que se encuentra en una provincia española (Figura 1), la cual riega una superficie de 70 hectáreas con 37 hidrantes de riego. La elevación de la cota de bombeo es de 35 m sobre el nivel medio del mar; la carga de presión mínima de trabajo es de 25 metros de columna de agua.

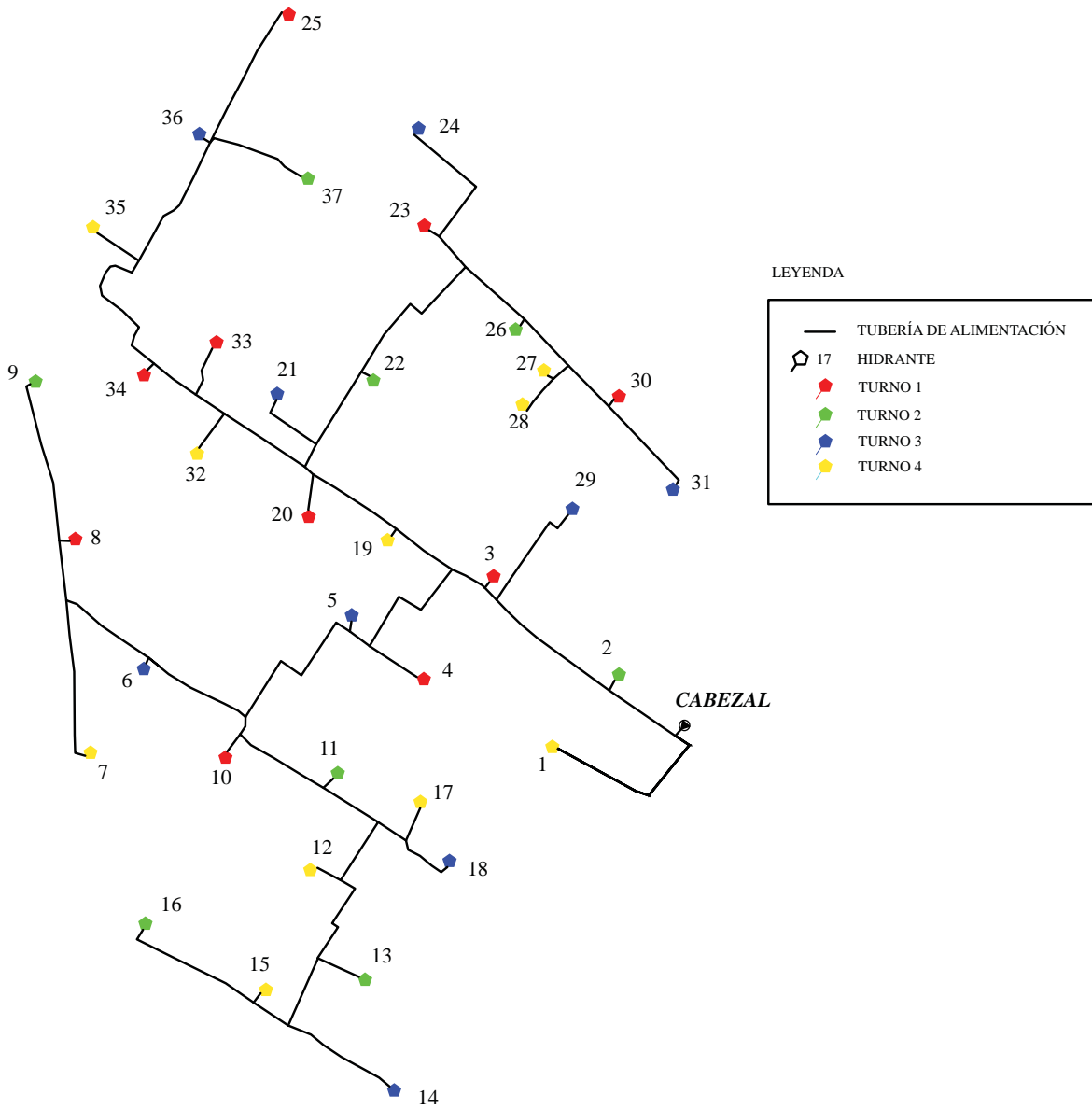


Figura 1. Topología de la red utilizada.



Resultados

Se presenta el ejemplo para cuatro turnos de riego con agrupaciones formadas por los diferentes hidrantes de riego. Primeramente, hay que determinar los caudales de diseño, para ello haremos uso del programa de optimización, el cual emplea algoritmos genéticos.

Al contar con los caudales de diseño ahora se utiliza el programa Diopram, programación lineal, que diseña la red mediante el criterio económico. Los resultados se presentan en el Cuadro 1, en éste se presentan cuatro redes: la primera de ellas realizada de manera manual y las tres restantes con la metodología propuesta.

Cuadro 1. Resultados obtenidos

Red diseñada	Costo (US\$/año)	Función objetivo (desv. estándar)
A mano	13 281	3.41
Red 1	13 009	0.07
Red 2	12 838	0.17
Red 3	12 900	0.07

Se selecciona la red 2, la cual es la más económica y se compara con la metodología de Clément y con la de acumulación de caudales, Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparaciones realizadas

Metodología	Costo US\$/año
Propuesta	12 838
Clément	16 946
Caudales acumulados	20 412

Al analizar los resultados anteriores, el diseño más económico es el correspondiente a la metodología propuesta. El ahorro es de 59% con respecto al diseño con caudales acumulados y de 32% con respecto al diseño con caudales de Clément.

Conclusiones

Con esta metodología se logra un importante ahorro en el diseño de la red colectiva de riego. El caudal circulante en las líneas es el parámetro más importante, y determinante, en el diseño de la red, claro con el equilibrio energético en cada turno; como se refleja en los resultados de los cuadros anteriores.

La metodología descrita es de utilidad tanto en el diseño de la red como en la operación posterior, puesto que nos permite evaluar los posibles cambios de turnos alternativos que pueden ser factibles, una vez que la red diseñada se encuentra en operación.



De acuerdo a las experiencias en la operación de los sistemas de riego existentes, que se diseñaron con riego a la demanda, se tienen serios problemas sobre todo en el costo de la energía eléctrica utilizada por los equipos de bombeo. Al existir el equilibrio energético en los diferentes turnos de la red, el equipo de bombeo puede trabajar con una única altura de bombeo y con ello se puede prescindir del variador de velocidad.

Referencias Bibliográficas

- Clément, R.; Galand, A. (1986). El riego por aspersión y las redes colectivas de distribución a presión, Editores Técnicos Asociados S.A., Barcelona, España, 232 p.p.
- Lara, L.B. y Pérez, G.R. (2004). "Uso Eficiente de Turnos de Riego para el Diseño Óptimo de Redes Colectivas", Seminario Hispano-Brasileño de Planificación, Proyecto y Operación de Redes de Abastecimiento de Agua; en formato de CD, Valencia, España.
- Lara, L.B. (2004). "Determinación de los caudales de diseño en redes colectivas de riego", Trabajo presentado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Lara, L.B. (2007). Diseño de Redes Colectivas de Riego: Estudio de la Asignación Óptima de Caudales Mediante Algoritmos Genéticos, Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España.