

ARTÍCULO ORIGINAL

Instrumentos para el dimensionamiento hidráulico de sistemas de miniriego con pasos aéreos en el altiplano occidental de Guatemala

Tools to hydraulic design of mini irrigation system with airline passage in occidental uplands of Guatemala

Adalberto Bladimiro Rodríguez García¹, Manuel Peña Casadevall² y Claudio López³

RESUMEN. Se realiza un estudio de diversas ecuaciones clásicas para el dimensionamiento hidráulico de redes de tuberías adaptadas a las condiciones de topografía del altiplano occidental de Guatemala. Como resultado de estos estudios, se recomiendan algunos instrumentos para la selección de diámetros en sistemas de captación y conducción del agua a través de pasos aéreos como única alternativa viable para la conducción del agua hasta los sistemas de mini riego.

Palabras clave: riego, agricultura de subsistencia, captación de agua.

ABSTRACT. A study of several classical equations to design pipeline network adapted to topography conditions of the occidental uplands of Guatemala was carried out. As result of this study, some tools to select the diameter in water capturing and leading systems through air passages as exclusive alternative to carry water to the mini-irrigation systems.

Keywords: irrigation, subsistence agriculture, water capture.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de miniriego son pequeños sistemas de riego por aspersión implementados en el altiplano occidental de Guatemala que en la década de los años 70, fueron impulsados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA) con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales de esta vasta región donde se concentran los mayores índices de pobreza del país (*Riego localizado*, 1992). Los sistemas, utilizan el agua proveniente de pequeños nacimientos en los cerros con caudales entre 0,2–0,5 L/s utilizados para regar pequeñas áreas no mayores de 0,5 ha, pertenecientes a campesinos minifundistas que realizan básicamente una agricultura de subsistencia. La mayoría de estos sistemas no han tenido éxito porque ha faltado asesoría técnica y acompañamiento especializado para su construcción. Diversos estudios realizados por los autores

indican el deterioro prematuro de muchos de estos sistemas como consecuencia de la inadecuada selección de las tuberías, la colocación de las líneas de conducción con pendientes muy pronunciadas lo que ha originado vibraciones, cavitación, sobrepresiones en las conducciones y finalmente la destrucción de los mismos, (Rodríguez, *et al.*, 2011); (Peña 2000); (Peña, 1992); (Boswell, 1990);

Debido a las condiciones de topografía de la región de estudio, los autores han llegado a la conclusión de que la mejor forma de conducir el agua es a través de los llamados pasos aéreos los cuales consisten en colocar las tuberías desde las obras de captación hasta las parcelas de riego suspendidas con cables de acero y ancladas en ambos extremos (Figura 1). Esta solución no está exenta de problemas dentro de los cuales figuran los siguientes: 1. Dificultades constructivas y 2. Selección adecuada de los diámetros a utilizar en función de las pendientes permisibles de acuerdo al caudal y las presiones requeridas.

Recibido 09/05/11, aprobado 10/09/12, trabajo 71/12, artículo original.

¹ M.Sc., Ing., Prof. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, E-✉: adalhuehue@yahoo.com.mx

² Dr.C., Prof. Titular, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Facultad de Ingeniería, UNICA, Cuba

³ Estudiante de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.



FIGURA 1. Paso aéreo en la comunidad de Sacapulas Altiplano occidental de Guatemala.(tomada por los autores).

Aún cuando estas tuberías se coloquen en pasos aéreos, es imprescindible seleccionar adecuadamente sus diámetros teniendo en consideración como factor limitante las pendientes (Keller y Karmeli, 1990); (Solomon and Kodama, 2010). Partiendo de estos elementos, el objetivo de este trabajo es proponer algunas herramientas de uso rápido para la adecuada selección de las tuberías las cuales puedan ser utilizadas por personal sin una alta preparación técnica y con un entrenamiento mínimo atendiendo a que la mayoría de los campesinos de la región tienen un nivel cultural y de instrucción muy bajo.

MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron mapas cartográficos de la región de estudios, a escala 1:50 000 del municipio de Sacapulas. El municipio de Sacapulas es uno de los más productivos de Departamento del Quiché, ya que durante todo el año producen verduras, como cebolla, tomate y en la época de verano, mangos, naranjas, limones, nances, papaya, caña de azúcar, maíz y frijol. Tiene una extensión territorial de 213 km² y pertenece a las tierras altas del sistema de “Los Cuchumatanes”, aunque la cabecera municipal se ubica a 1 196 m.s.n.m. Presenta un clima cálido seco con temperaturas que varían anualmente desde los 18 a los 24 °C.

Se utilizaron las ecuaciones clásicas para el cálculo de sistemas de tuberías abiertas entre ellas las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Blassius, Kogant, Manning; Chézy y fundamentos básicos de la mecánica de los fluidos de los autores Streeter, (1996); Hunsaker and Rightmire, (1989). Estas ecuaciones fueron evaluadas a través de modelos implementados sobre computadoras considerando como factor crítico las pendientes permisibles para diversos caudales con el fin de proponer criterios de diseño fundamentados científicamente para estas condiciones especiales. Se utilizaron además catálogos especializados de distribuidores de tecnologías de mayor uso en Centroamérica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos evaluados arrojan que para las condiciones hidráulicas de los pasos aéreos se admiten tubos de diámetro exterior entre 110 –50 mm. Por otra parte, desde el punto de vista constructivo, diámetros mayores complican la construcción además de que el peso de los mismos es excesivo para longitudes que superan los 20 m.

La Tabla 1, relaciona las pendientes permisibles (S) para tubos de 110 x 99,4 mm con el caudal, la velocidad (V) y las pérdidas de carga equivalentes.

**TABLA 1. Parámetros de diseño de tuberías de 110 x 99,4 mm
Para pasos aéreos en función de la pendiente**

S	Caudal, L/s	V, m/s	Pérdidas, m/100 m
0,01	5,1649	0,6708	1,0848
0,02	7,3043	0,9486	2,1696
0,03	8,9459	1,1618	3,2544
0,04	10,3298	1,3415	4,3392
0,05	11,5491	1,4999	5,4240
0,06	12,6514	1,6430	6,5088
0,07	13,6651	1,7747	7,5936
0,08	14,6086	1,8972	8,6784
0,09	15,4948	2,0123	9,7632

Se considera además que las velocidades son económicas cuando oscilan entre 0,6–2 m/s tomando como variable independiente los valores de pendiente. De forma similar, se han generado tablas para diámetros de 90, 75, 63 y 50 mm las cuales están en manos de los autores. De forma gráfica se pueden representar estos datos como aparece en las Figuras 2 y 3.

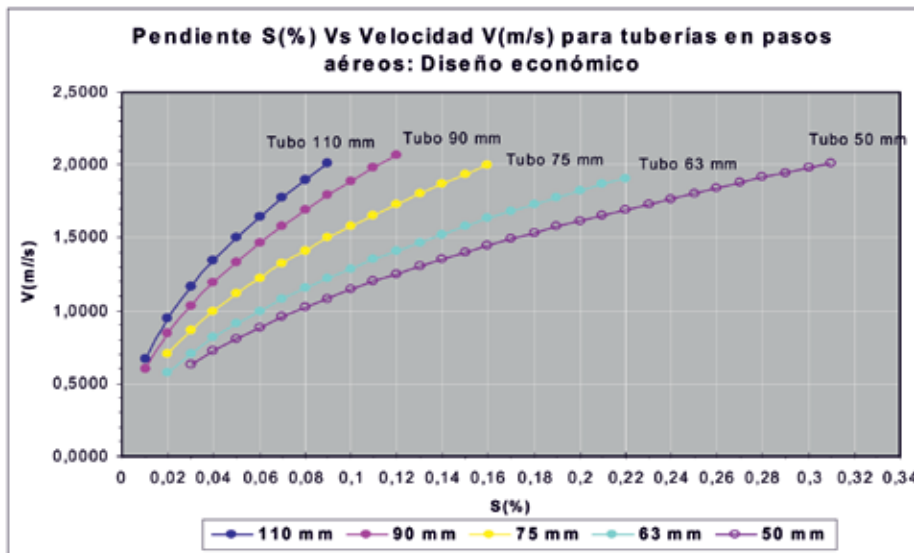


FIGURA 2. Familia de curvas para seleccionar el diámetro de las tuberías a utilizar en las redes de conducción o pasos aéreos en los sistemas de minirriego.

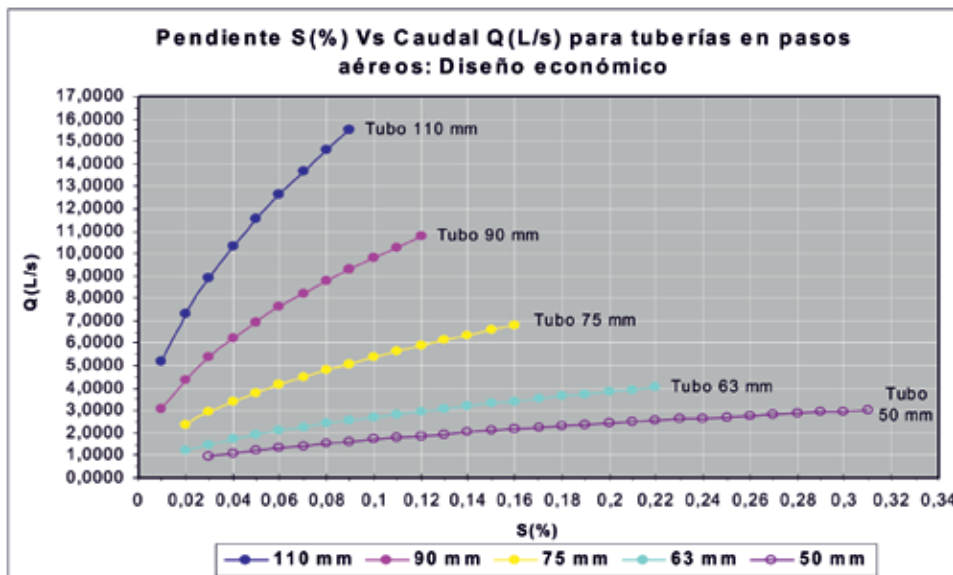


FIGURA 3. Familia de curvas para seleccionar el diámetro de las tuberías a utilizar en las redes de conducción o pasos aéreos en los sistemas de minirriego.

Utilizando estos gráficos, es posible seleccionar de forma rápida el diámetro económico de las tuberías a utilizar en los pasos aéreos entrando con los valores de pendiente los cuales deben ser estimados previamente a partir de observaciones topográficas o estudios a partir de mapas de altimetría disponibles UST (2003). Nótese que cada una de las tuberías estudiadas tiene un rango restringido de utilización en función de la pendiente. Se apunta que los sistemas de minirriego deben trabajar con riego por aspersión-gravedad con cargas constantes garantizadas por reservorios de captación. Se considera que tanto los gráficos como las tablas constituyen instrumentos útiles para el dimensionamiento de los sistemas de tuberías en los pasos aéreos y que pueden ser utilizados con éxito por personas con un mínimo entrenamiento.

Teniendo en cuenta que en la actualidad se fabrica una elevada gama de tipos de tuberías con características diferentes de diámetros interiores, resistencia o presión nominal admisible diversas y que existen en el mercado una gran cantidad de proveedores, es posible que los diámetros propuestos atendiendo a aspectos constructivos no coincidan sobre todo en cuanto al diámetro interior de los tubos. Esta situación generaría imprecisiones en los cálculos (Arteaga, 2006). Para resolver este problema, en el marco de este trabajo, se han realizado otros

estudios hidráulicos que han permitido elaborar un nomograma o ábaco de uso rápido a partir del cual es posible estimar, teniendo como dato el diámetro interior del tubo, las pérdidas de energía en m/100 m conociendo la rugosidad (coeficiente "n"). Además de ello, es posible obtener gráficamente la velocidad y la carga de velocidad en los tramos, parámetro importante teniendo en cuenta las condiciones de altas pendientes en el altiplano occidental de Guatemala.

Se han elaborado varios prototipos de este ábaco el cual constituye un aporte importante para realizar las estimaciones y cálculos hidráulicos correspondientes. El ábaco o nomograma, se ha fabricado de cartón y el mismo cuenta con dos escalas: una fija que es la parte exterior y una móvil que se desplaza por dentro de la escala fija (Figura 4).

La ventaja del uso de este ábaco es que es posible considerar otros valores de rugosidad para las tuberías, otros diámetros mayores que los recomendados para zonas en las que no sea necesaria la implementación de los pasos aéreos y ha sido elaborado para que sea utilizado por personas con un entrenamiento mínimo y escaso conocimiento de los problemas de hidráulica aplicada. Esto es de singular importancia considerando el bajo nivel cultural de los miembros de las comunidades rurales del altiplano occidental de Guatemala.



FIGURA 4. Aspecto del ábaco o nomograma para el cálculo rápido de las pérdidas de carga en pasos aéreos con las dos escalas.

Naturalmente, una de las recomendaciones principales de este trabajo deberá estar encaminada a la superación y el entrenamiento de estas comunidades para que a largo plazo sean capaces por sí solos de realizar los trabajos más especializados que les permitirán hacer un uso más eficiente de los proyectos de minirriego y de los recursos naturales de la región. Este ábaco constituye igualmente un aporte que puede ayudar en la etapa de implementación de otros proyectos de participación comunitaria en la región objeto de estudio.

CONCLUSIONES

- Los estudios hidráulicos realizados indican que para la cons-

trucción de pasos aéreos es viable la utilización de tuberías de PVC rígido de diámetro exterior entre 110–50 mm.

- Los rangos de pendiente permisibles para los diferentes diámetros comerciales en los pasos aéreos son: 110 mm y pendiente 0,01-0,12; 90 mm y pendiente 0,02-0,16; 75 mm 0,02-0,16; 63 mm y pendiente 0,02-0,22 y 50 mm con pendiente 0,03-0,31.
- Los instrumentos elaborados para el dimensionamiento hidráulico de los pasos aéreos destinados a llevar el agua hasta las parcelas de riego pueden ser utilizados con éxito por personas con un mínimo nivel de asesoramiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

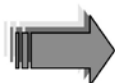
- ARTEGA T.: *Pequeñas zonas de riego, diseño y proyecto. Bol. Técnico*, México, 2006.
- BOSWELL, M. J.: *Micro-Irrigation Desing Manual*, James Hardie Irrigation (IBERIA) S. A. 41700 Dos hermanas, Sevilla, España, 1990.
- Riego localizado*: CENTER-IRYDA, 405pp., Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España, 1992.
- HUNSAKER, J.C. & B.G. RIGHTMIRE: (1989). *Engineering Application of Fluid Mechanics*, McGRAW-HILL Book C., New York, 1989.
- KELLER, J. & R.D. BLIESNER: *Splinker and trickle irrigation*, In: Avi Book, New York, 2000.
- PEÑA, C. M.: *Diseño de sistemas de riego asistido por computadoras*, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1992.
- PEÑA, C. M.: *Diseño hidráulico de sistemas de riego*, Universidad de Ciego de Ávila, CEH, Cuba, (monografía), 2010.
- RODRÍGUEZ, A; M. PEÑA y C. LÓPEZ: *Diagnóstico integral de la actividad productiva con el uso de sistemas de minirriego en el altiplano occidental de Guatemala*, Universidad de Ciego de Ávila, CEH, Cuba, (en prensa) 2011.
- SOLOMON, K. and M. KODAMA: *Splinker irrigation's, basic questions and answers from Rain Bird*. Rain Bird Manufacturing corp., California, USA, 2010.
- STREETER, V. L.: *Mecánica de los fluidos*, Ed. McGRAW-HILL, México, 1996.



Universidad Agraria de La Habana

CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

El Centro Rector de la Ingeniería Agrícola en Cuba



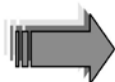
Investigación de la Mecanización Agrícola, utilizando Sistemas Conservacionistas y Sustentables.



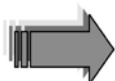
Cursos y Entrenamientos de Posgrado, Maestrías y Doctorados en Ingeniería Agrícola;



Editor de la Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, publicación trimestral en idioma español;



Servicios Científico-Técnicos:



Solicitudes de ofertas a:
M.Sc. Héctor de las Cuevas Milán
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: hector@isch.edu.cu

Maquinaria Agrícola & Instrumentos de Medición:

- Balanza Electrónica para el Pesaje de Ganado;
- Balanzas para Cerdos y Ovinos.

Laboratorio de Oleohidráulica:

- Descontaminación de Aceites;
- Fabricación de Equipos Portátiles de Filtraje de Aceites;
- Recuperación (Emboquillado) & Fabricación de Mangueras;
- Diagnóstico y Evaluación de Circuitos Oleohidráulicos y sus Componentes;
- Cursos y Entrenamientos de Capacitación en Oleohidráulica.