



**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

DISEÑO HIDRÁULICO DE TUBERÍAS CON SALIDAS MÚLTIPLES MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS

*Sergio Iván Jiménez Jiménez; Cándido
Ramírez Ruíz*



Fecha 17/octubre/2018



SEDRAE
SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL
Y AGROEMPRESARIAL

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inirap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES



AMERD
ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE RIEGO Y DRENAJE, A.C.



SM GEODIM
MODELOS DE INFORMACIÓN DE LA TIERRA

Sistema de riego presurizado

- Las ciegas



- Las salidas múltiples





Materiales y métodos

A. Pérdida de carga por fricción

$$hf = K \frac{Q^m}{D^n} L \quad (1)$$

Dónde: hf es la pérdida de carga por fricción; K involucra a un coeficiente de conversión; Q es el caudal; D es el diámetro; L es la longitud; m y n exponentes.

Cuadro 1. Coeficientes y exponentes de las principales formulas empleadas para cuantificar la pérdida de carga por fricción.

Formula	K	m	n
Darcy-Weisbach	$0.0826 * f_{DW}$	2	5
Hazen-Williams	$10.648 \left(\frac{1}{C_{HW}} \right)^{1.852}$	1.852	4.871
Manning	$10.3 * n^2$	2	16/3
Scobey	$0.004098 * K_s$	1.9	4.9

f_{DW}, C_{HW}, n, k_s
(coeficientes)

Materiales y métodos

B. Pérdida de carga con salidas múltiples

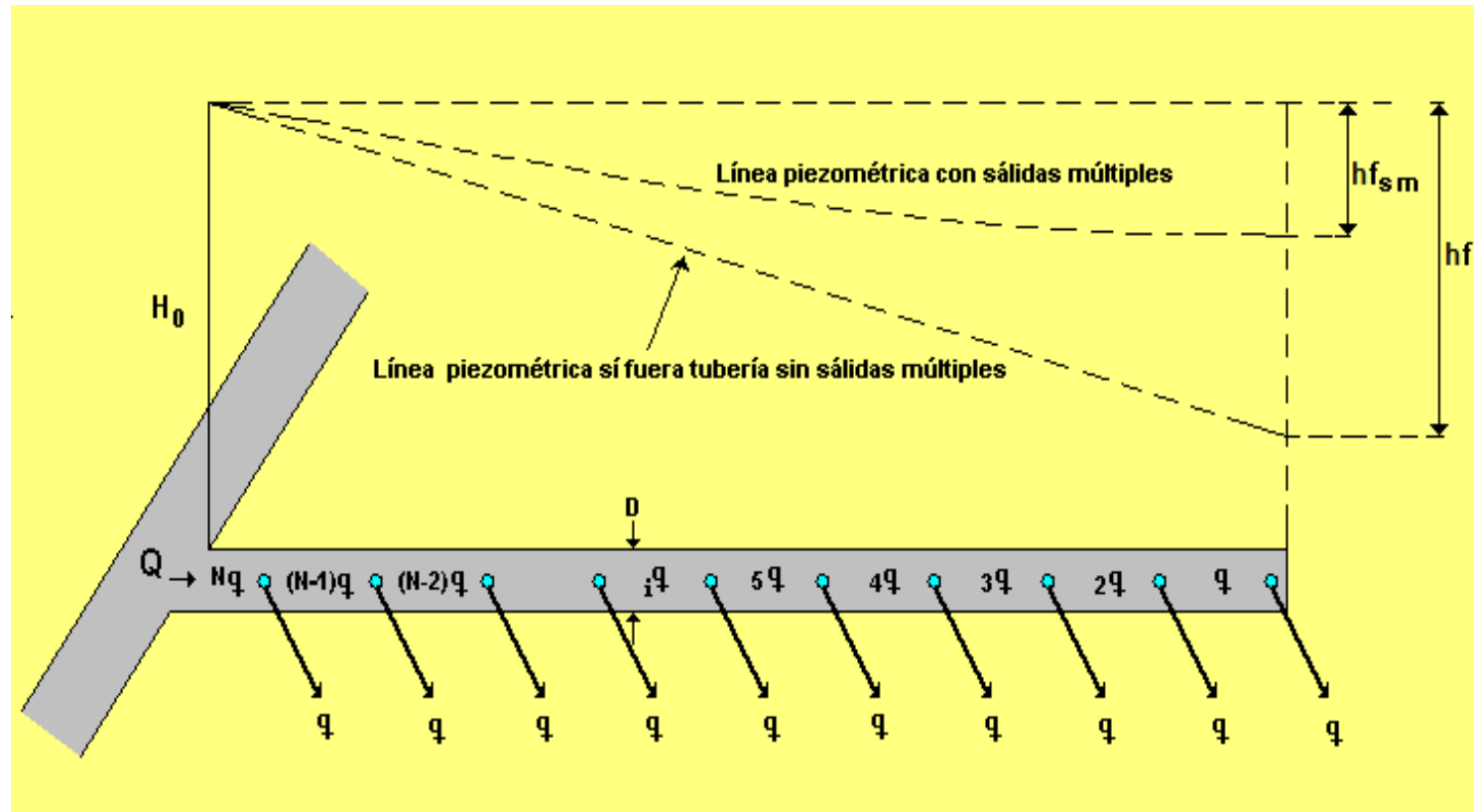


Figura 1. Tubería con salidas múltiples. Primera salida al mismo espaciamiento que los emisores (Montiel, *et al.*, 2002).



Materiales y métodos

$$hfs = hf * F$$

- **Christiansen (1942)**

$$F_1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \quad (3)$$

Dónde; F_1 es el factor de salidas múltiples de *Christiansen*; N es el número de salidas; m es el exponente.

- **Jensen & Fratini (1957)**

$$F_2 = \frac{2N}{2N-1} \left(\frac{1}{m+1} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^6} \right) \quad (4)$$

- **Scaloppi (1988)**

$$F_3 = \frac{NF_1 + r_s - 1}{N + r_s - 1} \quad (5)$$



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Materiales y métodos

C. Perdida de carga permisible

Es igual a un cierto porcentaje P de la carga del emisor h_e , más la carga de presión que se gana por el desnivel a favor (d_n).

Montiel, *et al.* (2002)

$$h_{fp} = P * h_e + d_n$$



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Materiales y métodos

D. Diseño hidráulico

$$hfp = \left[K \frac{Q^m}{D^n} L \right] * F \quad (7)$$

Es posible calcular el caudal que entra en la tubería y la longitud en base al número de salidas N y las condiciones de las salidas como caudal de cada salida Qs y la separación entre salidas S :

$$Q = Qs * N \quad (8)$$

$$L = S * N \quad (9)$$



Materiales y métodos

D. Diseño hidráulico

Sustituyendo las dos ecuaciones anteriores (8 y 9) en la ecuación 7:

- Con F_1 de **Christiansen**

$$f(N) = \left[K \frac{(Q_s * N)^m}{D^n} (S * N) \right] * \left[\frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right] - hfp \quad (10)$$

- Con F_2 de **Jensen & Fratini**

$$f(N) = \left[K \frac{(Q_s * N)^m}{D^n} (S * N) \right] * \left[\frac{2N}{2N-1} \left(\frac{1}{m+1} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^6} \right) \right] - hfp \quad (11)$$

- Con F_3 de **Scaloppi**

$$f(N) = \left[K \frac{(Q_s * N)^m}{D^n} (S * N) \right] * \left[\frac{NF_1 + r_s - 1}{N + r_s - 1} \right] - hfp \quad (12)$$



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Materiales y métodos

i. Método de Newton-Raphson

$$N_{i+1} = N_i - \frac{f(N_i)}{f'(N_i)} \quad (14)$$

Y para encontrar la $f'(N_i)$ se aplica el método de los cinco puntos

$$f'(N_i) = \frac{1}{12*h} * (-25 * f(N_{i0}) + 48 * f(N_{i1}) - 36 * f(N_{i2}) +$$



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Materiales y métodos

ii. Método de bisección

Para aplicar este método se ocupa de dos valores iniciales $[A, B]$, el punto medio va variar con respecto al número de iteración y si la función converge la diferencia entre el punto medio y los extremos se vuelve pequeña, por tanto, cuando se cumpla una cierta tolerancia se dice que hemos encontrado el valor que se buscaba.

Comentario: $A = 0,$ $B = 10,000$

Calcular $N = (a + b)/2$



Materiales y métodos

ii. Método de bisección

Con F_1 de Christiansen:

$$f(N) = \left[K \frac{(Q_s * N)^m}{D^n} (S * N) \right] * \left[\frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right] - hfp \quad (17)$$

Con F_2 de Jensen & Fratini:

$$f(N) = \left[K \frac{(Q_s * N)^m}{D^n} (S * N) \right] * \left[\frac{2N}{2N-1} \left(\frac{1}{m+1} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^6} \right) \right] - hfp \quad (18)$$

Con F_3 de Scaloppi:

$$f(N) = \left[K \frac{(Q_s * N)^m}{D^n} (S * N) \right] * \left[\frac{NF_1 + r_s - 1}{N + r_s - 1} \right] - hfp \quad (19)$$

Si $f(N) > 0$ $B = N$;

De lo contrario $A = N$;

Tolerancia $|f(N)| \leq 0.0000001$



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Resultados y discusiones

Encontrar la longitud máxima permisible de la tubería de polietileno:

Caudal medio del emisor (Q_s) es 37.5 l/h

Diámetro interno (21 mm),

Espaciamiento entre emisores consecutivos es 2.5 m,

Espaciamiento entre el inicio de la lateral y la primera salida de 2.5 m (s), 1.2 m y 3 m.

Pérdida de carga permisible:

$$h_{fp} = 20m * 0.10 + 0 = 2 m$$



Resultados y discusiones

Método	S	Fórmula	Coefficiente de rugosidad	Salida #	Longitud	Iteración #
Newton Raphson	So=S	Manning	0.009	30	75	18
		Hazen-Williams	145	34	85	17
		Scobey	0.32	34	85	18
		Darcy Weisbach	0.0322	34	85	21
	So=s/2	Manning	0.009	30	75	8
		Hazen-Williams	145	34	85	8
		Scobey	0.32	35	87.5	8
		Darcy Weisbach	0.0322	34	85	12
	rs=3/2.5	Manning	0.009	30	75	8
		Hazen-Williams	145	33	82.5	7
		Scobey	0.32	34	85	8
		Darcy Weisbach	0.0323	34	85	12
Bisección	So=S	Manning	0.009	30	75	33
		Hazen-Williams	145	34	85	32
		Scobey	0.32	34	85	32
		Darcy Weisbach	0.0322	34	85	18
	So=s/2	Manning	0.009	30	75	32
		Hazen-Williams	145	34	85	33
		Scobey	0.32	35	87.5	35
		Darcy Weisbach	0.0322	34	85	33
	rs=3/2.5	Manning	0.009	30	75	32
		Hazen-Williams	145	33	82.5	33
		Scobey	0.32	34	85	33
		Darcy Weisbach	0.0323	34	85	30

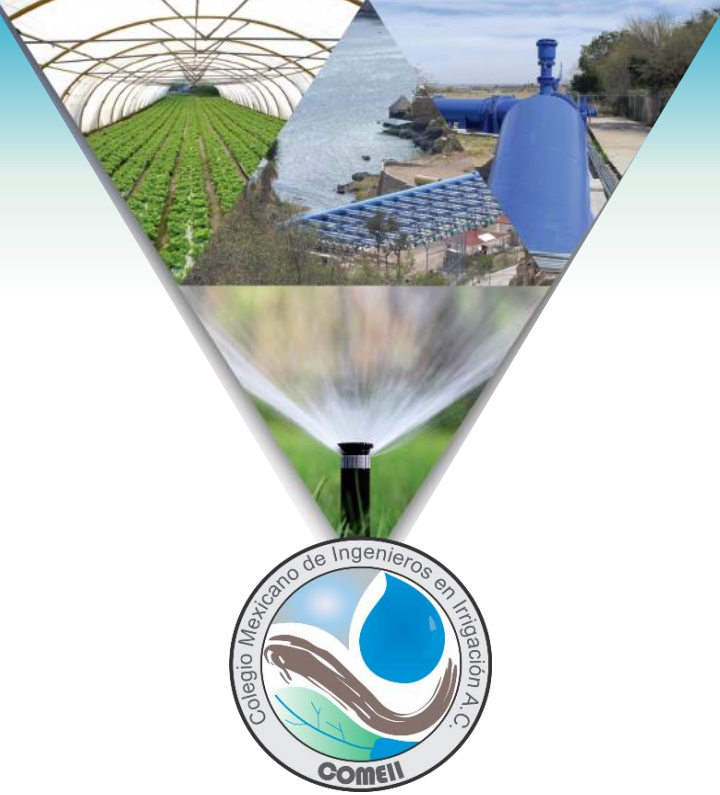


IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Conclusiones

- En este trabajo se presentó un método para determinar la longitud máxima permisible de una tubería con salidas múltiples de un solo diámetro.
- Ambos métodos **llegan al mismo resultado**, el método de **bisección** es más **sencillo** de aplicar aunque se requieren **más iteraciones** que con el de **Newton Raphson**.
- Los dos métodos que se probaron brindaron resultados satisfactorios, esto indica que es posible **diseñar** estas tuberías con el **uso** de los **métodos numéricos**.



Gracias

M.C. SERGIO IVÁN JIMÉNEZ JIMÉNEZ
ING. CÁNDIDO RAMÍREZ RUÍZ
POSGRADO EN INGENIERÍA CIVIL HIDRÁULICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO-CAMPUS IMTA.
CANDIDO.RAMIREZ@COMUNIDAD.UNAM.MX
SERCHJIMENEZ.1990@GMAIL.COM

