

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO DE EMISORES DE FLUJO TURBULENCIA PARA RIEGO



RESUMEN

Esequiel Rolando Jiménez Espinosa, M.Sc.
Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje
La Habana, Cuba
esequiel@iird.cu

Miguel Domínguez González, Dr.
Profesor titular
Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje
La Habana, Cuba
mdominguez@iird.cu

Se realizó un estudio comparativo entre dos emisores de baja presión, Spray y Rotator, con el objetivo de analizar sus parámetros hidráulico- operacionales. Se realizaron 24 ensayos, con distribución de los colectores en forma radial y el emisor ubicado a 2 m de altura con respecto al suelo, a las presiones de 100, 200 y 340 kPa. La norma utilizada fue la ISO 8026 (2000). Seguidamente se aforaron dos boquillas, con diámetros de 2,98 y 4,37 mm, para determinar el gasto real, a 0,5, 1, 1,5, 2 y 2,5 atm de presión. También se determinó el diámetro de gota según la ecuación de Kincaid (1996). Los resultados mostraron que el emisor Spray varía poco su intensidad de aplicación media cuando aumenta la presión, pero incrementa considerablemente el diámetro de cobertura efectivo; con el emisor Rotator ocurre lo contrario, para las mismas presiones de trabajo. Sin

*Recibido: Octubre 10 2008 *Aceptado: Mayo 30 2009

embargo, los valores promedios de diámetro de cobertura efectivo entre ambos emisores no tuvieron diferencias significativas para $\alpha=0,05$ en la prueba t-student.

La calidad de las boquillas es alta; se obtuvo un porcentaje de error bajo ($e<5\%$) y ecuaciones gasto-presión con un coeficiente de ajuste superior a 0,99. El diámetro de gota no varió ya que los dispositivos evaluados clasifican como tipo "Difusores", según Kincaid (1996).

PALABRAS CLAVES

Spray, rotator, diámetro cobertura, diámetro de gota, caudal-presión.

ABSTRACT

A comparative study was carried out between two emitters of low pressure, Spray and Rotator to analyze their hydraulic - operational parameters. Twenty four tests were carried out, with distribution of the collectors in radial form and the emitter located to two meters high with regard to the floor, to pressures of 1, 2 and 3,4 atm. ISO 8026 (2000) standard was used. Subsequently two nozzles were appraised, with diameters of 2,98 and 4,37 mm, to determine the real flow, at 0,5, 1, 1,5, 2 and 2,5 atm of pressure. The drop diameter was also determined according to the equation of Kincaid (1996). The results showed that the Spray emitter varies little its mean application intensity, when the pressure increases, but it increases the effective covering diameter considerably; with the Rotator emitter it happens the opposite, for the same work pressures. However, the averages values of effective covering diameter between both emitters were not different for $\alpha=0,05$ in the t-student test.

The quality of the mouthpieces is high; a percent of low error was obtained ($e<5\%$) and equations flow-pressure with a adjustment coefficient bigger than 0,99. The drop diameter didn't vary, because, according to Kincaid (1996), the evaluated devices classify as type "Sprayers".

KEY WORDS

Spray, rotator, diameter covering, drop diameter, flow-pressure.

1. INTRODUCCION

Según Montero *et al.* (2003), las últimas tendencias en cuanto al manejo de los equipos aspersores pasan por reducir la presión de trabajo, sustituyendo los aspersores de impacto por difusores de baja presión y disminuyendo la altura de colocación de estos emisores respecto al suelo.

La utilización de las boquillas difusoras de baja presión en máquinas de riego de pivote central significa un ahorro considerable de energía (González, 2004).

El emisor Spray Nelson D3000 es una boquilla difusora fija muy versátil, con tapa reversible que contribuye a cambiar los patrones de riego según las necesidades estacionales (Nelson Irrigation Corporation b); además, tiene la característica de trabajar a baja presión, donde el agua, al salir por la boquilla, choca contra un plato estático ranurado, formando chorros de agua bien definidos a presiones que oscilan entre 40 y 340 kPa.

El emisor Rotator™ R3000 es el emisor para pivotes más popular del mundo. Presenta un sistema de accionamiento exclusivo y una simplicidad de diseño con una sola parte móvil (plato difusor) (Nelson Irrigation Corporation c).

Broner (1999) clasificó los aspersores por la presión de trabajo según su intensidad de aplicación. Los spray, rotators y spinners se clasifican dentro de los aspersores de baja presión con intensidad de aplicación entre 4 y 5,8 pulgadas/h (102 y 147 mm/h).

La introducción en Cuba de máquinas de pivote central y emisores de última tecnología a gran escala con boquillas Spray Head y Rotator de la firma Nelson Irrigation han generado incertidumbres en los productores.

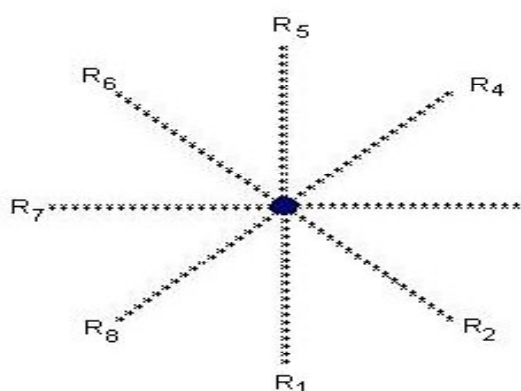
En este trabajo se determinaron los parámetros hidráulicos – operacionales y las diferencias de funcionamiento de las boquillas Spray y Rotator.

2. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en el Laboratorio Hidráulico del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD) de Cuba, donde se construyó un banco para pruebas de boquillas. En dicho banco se determinaron los parámetros hidráulico- operacionales de dos emisores (Spray y Rotator), colocados a una altura de 2 m, a presiones de 100, 200 y 340 kPa, y con diámetros de salida de 2,98

mm (la No.15) y 4,37mm (la No.22), realizándose un total de 24 evaluaciones. Se tomaron estas dos boquillas como muestra de la gama que suministra el fabricante (Nelson Irrigation Corporation a).

En cuanto al diseño de la red de pluviómetros, en todos los casos se colocaron de forma radial, con 8 radios, a un espaciamiento entre pluviómetros de 25 cm, para lograr una mayor precisión. En la Figura 1 se puede apreciar el esquema de la disposición de los pluviómetros. Se procedió siguiendo la norma ISO 8026 (2000).



Colectores D= 94mm @=0,25 m

● EMISOR

Figura 1: Esquema de la disposición de los pluviómetros.

Para la prueba del aforo del gasto de las boquillas se tomaron las presiones de 50, 100, 150, 200 y 250 kPa.

Para ello se utilizó un tanque de aforo volumétrico, en el cual se midió el tiempo por cada 0,07861 m³ (78,61 L) de agua descargados. Para cada presión se realizaron tres pruebas.

Se calculó el diámetro de las gotas utilizando la ecuación de Kincaid (1996):

$$Dg = ad + bd \left(\frac{Dbi}{Pi} \right) \quad (1)$$

Donde:

Dg: diámetro medio de las gotas, mm

ad y bd: coeficientes de ajuste de la ecuación

Dbi: diámetro de la boquilla del aspersor, mm

Pi: Presión del aspersor, mca

En la Tabla 1 se presentan los valores de ad y bd, en función del tipo de aspersor.

Tabla 1. Valores de coeficientes propuestos por Kincaid (1996) para el cálculo de diámetro medio de las gotas.

Tipo de emisor	ad	bd
Impacto, con diámetro de boquillas de 3 a 6 mm	0.31	11.9
Impacto, con diámetro de boquillas de 9 a 15 mm	1.30	2.4
Difusores	0.82	6.2

Los resultados se analizaron aplicando la prueba **t student** con el fin de comparar los valores medios del Diámetro de Cobertura Efectivo entre los emisores Spray y Rotator, con la misma boquilla.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la prueba de aforo promedio de las boquillas Nos. 15 y 22. De ahí se derivan las curvas Caudal-Presión que se reflejan en la Figura 2.

Tabla 2. Caudales de las boquillas 15 y 22 a diferentes presiones de trabajo.

Presión (kPa)	Caudal Boquilla No 15 (L/s)	Caudal Boquilla No 22 (L/s)
50	0,0835	0,1403
100	0,0946	0,2069
150	0,1193	0,2473
200	0,1329	0,2907
250	0,1504	0,3196

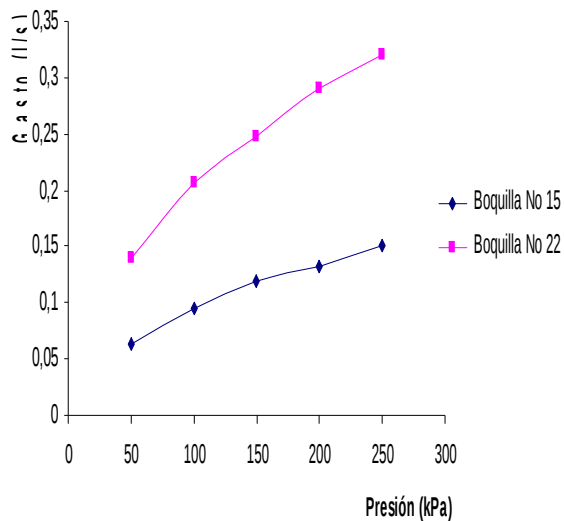


Figura 2. Caudal aforado de las boquillas 15 y 22 de los emisores Spray D3000 y Rotator R3000.

De este análisis se obtuvieron finalmente las ecuaciones de mejor ajuste para el caudal en función de la presión en cada diámetro.

Para boquilla No. 15:

$$Q = 0.008 * H^{0.5339}, (R^2=0.9964) \quad (2)$$

Para boquilla No. 22:

$$Q = 0.0192 * H^{0.5116}, (R^2=0.9979) \quad (3)$$

Donde:

Q= Caudal real del emisor (L/s)

H= Presión de trabajo del emisor (kPa)

Como se observa los valores de R^2 son aproximadamente iguales a la unidad, indicando que los valores de caudal obtenidos, se aproximan considerablemente a la realidad.

Luego de la obtención de las ecuaciones 2 y 3, se tomaron las mismas para calcular el caudal a partir de los valores de presión dados por el fabricante (Nelson Irrigation Corporation a), y a su vez se procesaron los datos de caudal y presión del mismo (ver Tabla 3). Con esto se obtuvieron dos curvas Caudal-Presión para las

boquillas Nos.15 y 22 (ver Figuras 3 y 4). En dichas figuras se puede apreciar la similitud entre las curvas (real y del fabricante) para ambas boquillas. Así se confirma en los porcentajes de error en la Tabla 3, que son bajos. Esto indica la calidad del material con que están fabricados estos dispositivos y la precisión de las dimensiones.

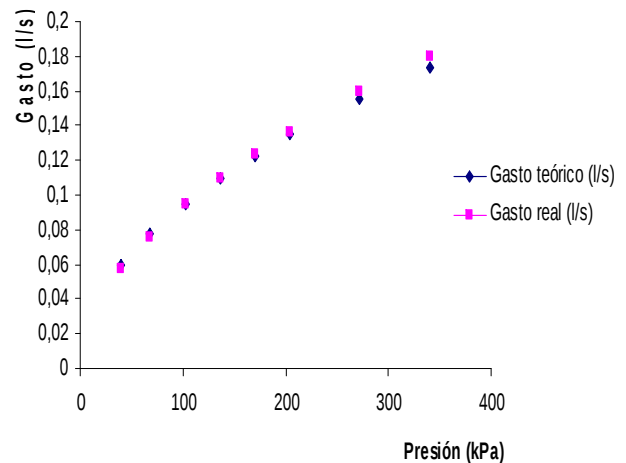


Figura 3. Curva Caudal-presión real y teórico para boquilla No.15 (Ø 2,98 mm). Válido para emisores Spray y Rotator.

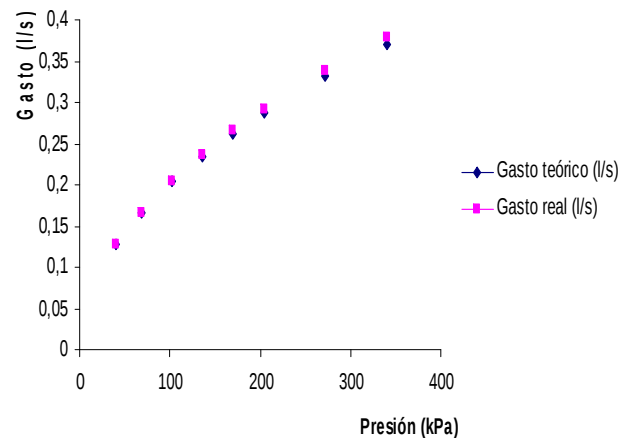


Figura 4. Curva Caudal-presión real y teórico para boquilla No.22 (Ø 4,37 mm). Válido para emisores Spray y Rotator.

En la Tabla 4 se observa el comportamiento del emisor Spray para las boquillas Nos. 15 y 22, indicando que la Intensidad media no refleja un incremento gradual en función de la presión. Esto se debe a que al incrementarse el gasto por aumento de la presión, se aumenta el

Tabla 3. Porcentaje de error del caudal aforado.

Presión de trabajo (kPa)	Caudal teórico (L/s)		Caudal real (L/s)		Error (%)	
	Boquilla 15 Ø 2,98 mm	Boquilla 22 Ø 4,37 mm	Boquilla 15 Ø 2,98 mm	Boquilla 22 Ø 4,37 mm	Boquilla 15 Ø 2,98 mm	Boquilla 22 Ø 4,37 mm
40,08	0,06	0,13	0,06	0,13	4,31	1,39
68,04	0,08	0,17	0,08	0,17	1,97	0,11
102,07	0,1	0,2	0,09	0,2	0,85	0,47
136,09	0,11	0,23	0,11	0,24	0,33	0,79
170,11	0,12	0,26	0,12	0,27	0,86	1,05
204,13	0,13	0,29	0,14	0,29	1,29	1,44
272,18	0,16	0,33	0,16	0,34	2,33	1,69
340,22	0,17	0,37	0,18	0,38	3,17	1,98

Tabla 4. Parámetros hidráulico-operacionales de los emisores Spray y Rotator colocados a 2 m de altura.

Tipo de emisor	No boquilla	Presión de trabajo (kPa)	Intensidad media (mm/h)	Dce (m)	PDce (m)	Dg (mm)
Spray	15	100	2,68	9,63	11,77a	2,66
		200	1,85	12,06		1,74
		340	2,16	13,63		1,36
Spray	22	100	3,54	11,0	13,66a	3,53
		200	3,38	14,25		2,17
		340	3,54	15,75		1,61
Rotator	15	100	2,66	11,06	11,2a	2,66
		200	3,74	11,31		1,74
		340	4,73	11,25		1,36
Rotator	22	100	3,91	13,34	13,9a	3,53
		200	5,57	14,0		2,17
		340	7,00	14,38		1,61

Nota: Los valores de Promedio Dce con letras diferentes, difieren para $\alpha=0,05$ por t-student.

Dce: Diámetro de cobertura efectivo

PDce: Promedios de Dce

Dg: Diámetro de gota

diámetro de cobertura efectivo y produciendo disminución de la intensidad.

La intensidad media del emisor Rotator sí presenta un incremento gradual en función de la presión; esto está asociado al ligero incremento que se produce en el diámetro de cobertura efectivo con el incremento de la presión.

No existen diferencias significativas para $\alpha=0,05$, entre los diámetros de cobertura efectivo del emisor Spray con boquilla No. 15 y Rotator con boquilla No. 15 y entre el Spray No. 22 y Rotator No. 22.

Playán *et al.* (2004) realizaron un estudio del diámetro de alcance e intensidad con diferentes diámetros de boquillas, solapadas entre sí y a dos alturas, en emisores de baja presión. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Con respecto al diámetro de la gota, se puede apreciar una disminución del mismo a medida que aumenta la presión de trabajo y disminuye el diámetro de la boquilla en el mismo emisor. A su vez los valores son iguales para emisores diferentes (Spray y Rotator) con el mismo diámetro de boquilla ya que clasifican como tipo "Difusores" (ver Tabla 1). Sin embargo, se observan diferencias en el valor del diámetro de cobertura efectivo entre ambos emisores para un mismo diámetro de gota. Esto puede estar asociado a las características constructivas de cada emisor, o sea, el Spray posee un plato difusor fijo y el rotator es de plato giratorio (Figura cabecera del

Tabla 5. Diámetro de alcance promedio (m), intensidad promedio (mm/h) e intensidad máxima promedio (mm/h), según los resultados de las pruebas de campo estáticas con diferentes emisores, diámetros de boquillas y alturas.

Parámetros	Diámetro de boquilla (mm)	Spray 2,4 m	Rotator 2,4 m	I-Wob 2,4 m	Rotator 1,0 m
Diámetro de alcance promedio (m)	3,8	13,5	14	15,8	11,7
	6,7	16,5	18,5	18,3	16
	7,9	17,5	19	18,8	16
Intensidad promedio (mm/h)	3,8	7,9	6,8	7,1	8,8
	6,7	18,3	18,3	17,9	20,8
	7,9	25,4	24,7	24,2	29,5
Máxima Intensidad promedio (mm/h)	3,8	15,3	11,1	14,8	15,1
	6,7	65,4	35,4	33,3	37,7
	7,9	56,2	43,3	45,3	54,6

Fuente: Playán et al. (2004)

artículo). Promediando los valores de Dg se obtiene 2,18 mm de diámetro de gota, coincidiendo con Tarjuelo (2008), en cuanto al adecuado diseño de los emisores con tamaño de gota medio entre 1,5 y 5 mm.

4. CONCLUSIONES

- Las boquillas Nelson 3TN (Nos. 15 y 22) son de alta calidad, ya que poseen un bajo porcentaje de error entre el caudal teórico y real, siendo menor del 5%. Por tanto, el coeficiente de ajuste de las ecuaciones caudal-presión determinadas es alto ($R^2=0,99$).
- El emisor Spray D3000 de la firma NELSON, cuando aumenta la presión, varía poco la intensidad media y aumenta considerablemente el diámetro de cobertura efectivo.
- El emisor Rotator R3000 de la firma NELSON, con el aumento de la presión tiende a mantener el diámetro de cobertura efectivo y aumentar la intensidad media.
- Las características constructivas de cada emisor influyen en las diferencias que éstos tienen, en cuanto a los parámetros operacionales, aun clasificando ambos como tipo "Difusores".
- El diámetro de gota medio es de 2,18 mm y está contemplado dentro del rango para el correcto diseño de riego por aspersión.

5. RECOMENDACIONES

- Continuar las investigaciones utilizando otros diámetros de boquillas.
- Realizar mediciones para determinar el diámetro de

gota real de ambos emisores.

6 .REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Broner, I. (1999). Center-Pivot Irrigation Systems. Diario El País, No. 4.704. Colorado State University Cooperative Extension.
- González, B.P. (2004). Manual para el diseño y operación de máquinas de pivote central, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, 2004.
- ISO. Agricultural Irrigation Equipment. (2000).- Sprayers-General Requirement and Test Methods: 8026.
- Kincaid, D.C. (1996). Spraydrop kinetic energy from irrigation sprinklers. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.121, n.2, p.152-158.
- Montero, J., de Juan, J.A., Sajardo, R. y Tarjuelo, J. M. (2003). La aplicación de agua con emisores de última tecnología en equipos pivote. Diario El País. Centro Regional de Estudios del Agua. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Nelson Irrigation Corporation(a). Nelson 3TN Nozzle System.
- Nelson Irrigation Corporation (b). Nelson D3000 Pivot Sprayhead.
- Nelson Irrigation Corporation(c). Rotator R3000 Nelson para Pivotes.
- Playán, E., Garrido, S., Faci, J. M. y Galana, A. (2004). Characterizing pivot sprinklers using an experimental irrigation machine. Agricultural Water Management No. 70, 177-193p.
- Tarjuelo, J.M. Principales avances tecnológicos en riego por aspersión. Nuevas tecnologías de riego por aspersión, p16.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.