

CAPÍTULO 15

DISEÑO DE LATERALES DE CINTA/MANGUERA

Conexiones del Múltiple/Cinta

Hay muchos tipos diferentes de conexiones de cinta/manguera. Los múltiples típicos son de PVC, de manguera de polietileno ovalada o de manguera aplanada. Se debe ser cuidadoso para evitar pérdidas excesivas por fricción a través de las conexiones. Pueden ocurrir grandes pérdidas con microtubos, o con conexiones de barbilla pequeña, especialmente si abastecen agua a cintas largas. Tales conexiones siempre deben ser probadas previamente en cuanto a pérdidas de presión, con los caudales anticipados de diseño.

Las conexiones de algunas disposiciones típicas se ilustran en las Figuras 42 a 45. Muchas instalaciones adecuadas incluyen una sección corta de tubo de goteo estándar (pared gruesa) sin salidas entre el múltiple y la cinta. Esto ayuda a mantener secos los extremos de la hilera (cerca a la conexión con el múltiple) y reduce el daño potencial que puedan causar las vueltas del tractor en la primera etapa de la estación de cultivo.

Concepto de Uniformidad de Distribución

El concepto de la UD se discute con profundidad en la Sección 1 de este libro. La mayoría de los manuales de goteo para cultivos anuales describen los procedimientos para diseñar un sistema teniendo en cuenta una cierta UD para una sola cinta. Otros procedimientos de diseño tienen solo en cuenta los cambios en fricción y elevación a lo largo de una cinta e ignoran la variación en la fabricación.

Existen programas de computadora y tablas de los fabricantes que proporcionan información sobre valores de la UD para laterales nuevos, especialmente de una sola cinta. La información puede no incluir compensación alguna por cv. Además de considerar el cv, se deben tener en cuenta también las diferencias de presión entre múltiples y a lo largo de los mismos. Las pérdidas en los accesorios no entran dentro de los cálculos de la UD, puesto que ellos no causan diferencias entre las cintas/mangueras.

Desde luego, la UD debe ser considerada para todo un bloque y no solamente para una simple cinta/manguera. Una UD entre 0,89 y 0,93 para un sistema nuevo, es un valor razonable para la mayoría de las cintas de goteo.

La obstrucción eventual tiene un impacto de importancia sobre la uniformidad de distribución real en el campo (UD). Puesto que la obstrucción puede ser un problema

significativo, se debe dar una alta prioridad a la excelencia tanto en el filtrado como en la inyección de productos químicos para prevenir obstrucción.

Exponentes de Descarga del Emisor

En la Tabla 45 se encuentran algunos exponentes de descarga aproximados para emisores usados en cultivos anuales. Puede observarse que el exponente de descarga decrece de 0,88 a 0,49 a medida que el espesor de pared de la cinta se incrementa de 203 micras a 381 micras. Las evaluaciones de campo de sistemas de cinta de goteo conducidas por Monterey County Water Resources Agency en el Valle Salinas de California, muestran también esta tendencia. Para una marca dada, el exponente de descarga tiende a ser más bajo a mayor espesor de pared. Esto proporciona un buen argumento para el uso de cintas de pared más gruesa. Entre más bajo sea el exponente de descarga, mejor "compensador de presión" será el producto.

Tabla 45. Características de descarga de emisores y cintas para varios equipos de goteo en cultivos anuales. (Resultados de pruebas, tomados de CIT, Fresno y UC Davis, California).

F	Descripción	Fecha de Prueba	e micras	cv	K	Exp. Desc. x	LPH @ 68,94 kPa (gph @ 10 psi)	LPH/m @ 30,48 cm separac. gpm/100' @ (12") separac.
A ^b	Herbicida impregnado, emisor en línea en manguera con trayectoria tortuosa	1992		0,011		0,49		
B ^b	Emisor en línea en manguera con trayectoria tortuosa	1992		0,035		0,52		
C ^b	Emisor Compensador de Presión pegado al interior de la manguera (2,271 LPH)	1992		0,05		-0,093		
C ^b	Emisor de Trayectoria Tortuosa pegado al interior de la manguera (1,514 LPH)	1992		0,04		0,48		
C ^b	Igual que el anterior (2,271 LPH)	1992	?	0,04		0,43		
D ^b	Tubo Poroso	1992	?	0,22		1,14		
E ^b	Trayectoria de flujo turbulento en junta, cinta	1992	?	0,06		0,61		
F ^b	Cinta de doble pared turbulenta	1992	?	0,05		0,61		
F ^a	Cinta de doble pared turbulenta	5/1991	?	0,04	0,0765 (0,0562)	0,53	0,72 (0,19)	2,4 (0,32)
G ^b	Trayectoria suave larga en junta de cinta con faldilla a la salida	1992	?	0,07		0,93		
H ^b	Trayectoria de vórtice turbulento en junta de cinta	1992	?	0,06		0,61		
H ^a	Trayectoria de vórtice turbulento en junta de cinta	6/1991	203,2	0,06	0,0298 (0,0430)	0,88	1,2 (0,33)	4,0 (0,54)
H ^a	Trayectoria de vórtice turbulento en junta de cinta	7/1991	254	0,08	0,0522 (0,0575)	0,74	1,2 (0,32)	4,0 (0,53)
H ^a	Trayectoria de vórtice turbulento en junta de cinta	7/1991	381	0,05	0,0842 (0,0692)	0,588	1,0 (0,27)	3,4 (0,45)
I ^b	Trayectoria tortuosa "Compensación de Presión" en junta de cinta	1992		0,07		0,39		
I ^a	Trayectoria tortuosa "Compensación de Presión" en junta de cinta	11/1990	?	0,07	0,16 (0,1)	0,446	1,0570 (0,28)	3,5019 (0,47)
J ^b	Tubo Poroso	1992		0,48		1,11		

^a Pruebas realizadas en CIT, Fresno. ^b Pruebas realizadas en la Universidad de California, Davis.

Titulares de Columnas:

F = Fabricante

e = espesor de las paredes de la cinta/tubo

cv = coeficiente de variación de fabricación

LPH = KP^x donde: P = 68,948kPa; K y x = constantes para la ecuación de descarga de una sola salida

GPH = KP^x donde: P = 10 psi

Fricción en Cinta/Manguera

La hidráulica del goteo en cintas/mangueras se explica en detalle en la Sección 1 de este libro. La hidráulica de las mangueras (pared gruesa) y de las cintas (pared delgada) puede manejarse en forma idéntica. En una tesis de master en Cal Poly (Raphael, 1994) se determinó que para cintas enterradas a poca profundidad (20 cm), la fricción y la descarga del emisor son idénticas a las de instalaciones superficiales. Sin embargo la fricción puede ser considerablemente mayor si la cinta se retuerce, se compacta o en alguna forma se comprime y pierde su sección transversal perfectamente redondeada.

Para profundidades mayores de la cinta, varios diseñadores e investigadores han notado que los caudales por emisor pueden ser más bajos que los anticipados. El ITRC de Cal Poly tiene documentación que registra reducciones hasta en un 50% en mangueras porosas enterradas en suelo arenoso, aunque esto es considerado como extremo; estimativos más típicos no investigados, están en el rango de 5% a 10%. Es evidente que la reducción de caudal es causada por una presión hidráulica que se crea en el suelo saturado que rodea en forma próxima los emisores. La magnitud de la presión depende del tipo de suelo, del caudal por emisor y de la duración del riego. El ITRC de Cal Poly ha llevado a cabo alguna investigación no exhaustiva aunque controlada sobre este tópico, la cual no fue concluyente; se requiere mas trabajo al respecto.

Las Tablas 46 a 49 se presentan como resultado de un programa de hidráulica de goteo para mangueras/cintas con el fin de ilustrar los siguientes puntos:

1. Las Tablas se han elaborado con base en ciertas presiones de entrada a la cinta. La presión de entrada a la cinta puede ser considerablemente más baja que la presión de descarga de un regulador de presión, debido a:
 - Pérdidas por fricción a lo largo del múltiple, aguas abajo del regulador de presión de un "bloque".
 - Pérdidas por fricción en los accesorios entre el múltiple y la cinta.
2. El caudal (LPH/m) en las cintas con una presión de entrada de 55 kPa (8 psi) es considerablemente más bajo que el caudal que el fabricante relaciona a la misma presión de entrada. Igual cosa sucede a cualquier otra presión. Esto se debe a que la presión *promedio* del emisor es menor que 55 kPa (8 psi), debido a pérdidas por fricción. Los caudales en cintas de gran longitud son especialmente bajos.
3. Para una sola cinta en terreno plano, no hay ventaja de uniformidad al tener presión más alta (83 kPa vs. 55 kPa o 12 psi vs. 8 psi). Lo que estas tablas no muestran, sin embargo, son las ventajas de uniformidad que tiene la presión alta en relación con:

- Prevención de obstrucción.
 - Compensación por cambios de elevación (en terreno no plano).
 - Compensación por variaciones en el regulador de presión y por diferencias de presión a lo largo de los múltiples.
- Las uniformidades de distribución (UD) son en alguna forma más bajas con exponentes de descarga altos (x), al compararlas con los exponentes más bajos.
 - Una UD de 0,86 para una sola cinta/manguera puede parecer muy buena, pero en realidad significa que el caudal máximo del emisor es 61% mayor que el caudal más bajo (en la Tabla 47: 5,5 LPM/100 m, x = 0,5). La Tabla 47 expresa la diferencia en otra forma al decir que el caudal mínimo es el 62% del caudal máximo.

$$\text{MAX/MIN} = 1/0,62 = 1,61 \Rightarrow \text{MAX es 61\% mayor que MIN}$$

- El tiempo necesario para que un producto químico viaje a lo largo de una cinta llena, es usualmente entre media y una hora.

Tabla 46. Pérdida por fricción, con caudales, uniformidad y tiempo de recorrido reales, para una cinta de goteo de 15,9 mm de DI (0,625" de DI). Caudal nominal de 1,64 LPH/m (0,22 GPM/100'). Terreno plano. Cinta no pellizcada. Exponente de descarga (x) de 0,50.

Longitud		Presión de Entrada		Fricción		Caudal Real		UD debida a presión	Qmin/Qma × 100	Tiempo de recorrido
m	pies	kPa	psi	KPa	psi	LPH/m	gpm/100'		(%)	(minutos)
122	400	55	8	4,1	0,6	1,57	0,210	0,99	96,3	49
		83	12	5,5	0,8	1,94	0,260	0,99	96,5	40
152	500	55,	8	6,9	1,0	1,56	0,209	0,98	93,0	52
213	700	55	8	16	2,3	1,46	0,196	0,95	85,0	60
274	900	55	8	26	3,7	1,33	0,178	0,91	74,0	72
		83	12	37	5,3	1,64	0,220	0,92	75,0	58

Tabla 47. Pérdida por fricción, con caudales, uniformidad y tiempo de recorrido reales, para una cinta de goteo de 15,9 mm de DI (0,625" de DI). Caudal nominal de 3,3 LPH/m (0,44 GPM/100'). Terreno plano. Cinta no pellizcada. Exponente de descarga (x) de 0,50.

Longitud		Presión de Entrada		Fricción		Caudal Real		UD debida a presión	Qmin/Qmax × 100	Tiempo de recorrido
m	pies	KPa	psi	kPa	psi	LPH/m	gpm/100'		(%)	(minutos)
122	400	55	8	12	1,8	3,06	0,411	0,97	88	26
152	500	55	8	20	2,9	2,91	0,390	0,94	80	29
214	700	55	8	35	5,0	2,46	0,330	0,86	62	40
274	900	55	8	44	6,4	2,01	0,270	0,74	44	58
		83	12	66	9,5	2,53	0,340	0,75	46	46

Tabla 48. Pérdida por fricción, con caudales, uniformidad y tiempo de recorrido reales, para una cinta de goteo de 15,875 mm de DI (0,625" de DI). Caudal nominal de 1,639 LPH/m (0,22 GPM/100'). Terreno plano. Cinta no pellizcada. Exponente de descarga (x) de 0,75.

Longitud		Presión de Entrada		Fricción		Caudal Real		UD debida a presión	Qmin/Qmax × 100	Tiempo de recorrido
m	pies	kPa	psi	kPa	psi	LPH/m	gpm/100'		(%)	(minutos)
122	400	55	8	4,1	0,6	1,57	0,210	0,98	95	50
		83	12	6,9	1,0	2,09	0,280	0,98	94	37
152	500	55	8	6,9	1,0	1,49	0,200	0,97	91	54
214	700	55	8	15	2,1	1,40	0,188	0,94	80	64
274	900	55	8	23	3,3	1,25	0,168	0,89	68	78
		83	12	36	5,2	1,66	0,222	0,88	65	60

Tabla 49. Pérdida por fricción, con caudales, uniformidad y tiempo de recorrido reales, para una cinta de goteo de 15,9 mm de DI (0,625" de DI). Caudal nominal de 3,4 LPH/m (0,45 GPM/100'). Terreno plano. Cinta no pellizcada. Exponente de descarga (x) de 0,75.

Longitud		Presión de Entrada		Fricción		Caudal Real		UD debida a presión	Qmin/Qmax × 100	Tiempo de recorrido
m	pies	kPa	psi	kPa	psi	LPH/m	gpm/100'		(%)	(minutos)
122	400	55	8	11	1,65	2,98	0,400	0,95	84	27
152	500	55	8	18	2,60	2,76	0,370	0,92	75	32
213	700	55	8	30	4,30	2,27	0,304	0,83	56	44
274	900	55	8	39	5,60	1,87	0,251	0,74	41	63
		83	12	60	8,70	2,44	0,327	0,72		