



Cómo Convertir de Galones a Pulgadas, y Determinar el Tiempo de Operación Para los Sistemas de Riego por Goteo en Cultivos en Surcos

Edward C. Martin, Ph.D. and Armando Barreto

La conversión de sistemas de riego por gravedad a sistemas por goteo requiere más que la inversión de capital. Los agricultores y regadores deben adaptar sus estrategias de manejo para dar acomodo al nuevo sistema de riego. En particular, los sistemas por goteo no están diseñados para aplicar las grandes cantidades de agua de riego que la mayoría de los sistemas por gravedad sí son capaces de aplicar. Dependiendo del diseño y distribución del sistema por goteo, este sistema puede tomar varias horas para aplicar una pulgada de agua a la parcela, mientras que la mayoría de los sistemas por gravedad pueden aplicar de 4 a 8 pulgadas en 12 horas. Debido a esta diferencia, los agricultores que utilizan sistemas por goteo necesitan monitorear muy de cerca la condición de humedad del suelo de sus campos regados por goteo y regar apropiadamente. Existen varias publicaciones sobre el uso del agua en cultivos, la calendarización del riego, el monitoreo del agua en el suelo, la medición del flujo de agua, etc. Todas estas publicaciones se encuentran en el portal del Sistema de Información de Cultivos de la Universidad de Arizona (ACIS, por sus siglas en inglés) en el sitio de Riegos (<http://cals.arizona.edu/crops/irrigation/irrigation.html>)

Además de los retos obvios de convertir del sistema de riego por gravedad al sistema por goteo, existen dos factores que son frecuentemente subestimados por los agricultores: cómo determinar tanto el flujo o caudal como las cantidades de agua a aplicar. En los sistemas por gravedad tradicionales, los agricultores trabajaron con caudales en unidades de galones por minuto (gpm) o pies cúbicos por segundo (cfs), y las cantidades aplicadas se midieron en acre-pulgadas de agua o simplemente pulgadas de agua aplicada. Sin embargo, en los sistemas por goteo, el flujo se maneja en galones por hora (gph) o galones por minuto (gpm) y las cantidades de aplicación se expresan generalmente en galones, no en pulgadas.

En este boletín se discuten la relación entre galones y pulgadas, y las horas de operación para los sistemas de riego por goteo usados en la producción de cultivos en surcos. Se proporcionan ejemplos en cómo determinar las cantidades de aplicación y las horas de operación necesarias para aplicar la cantidad de agua deseada. Se dan también fórmulas sencillas que pueden ser resueltas usando una calculadora de bolsillo, además de la opción de descargar del Internet un programa de Microsoft Excel.

Conversión de Galones a Pulgadas

Los agricultores que convierten sus sistemas por gravedad a sistemas por goteo a menudo tienen dificultad en aceptar el concepto de aplicar galones de agua en lugar de pulgadas de agua. Esto es verdad especialmente en los cultivos en surcos. Aunque muchos de los programas para la calendarización del riego disponibles proveen información sobre el uso del agua en los cultivos y los requerimientos del agua de riego, estos programas típicamente usan pulgadas de agua, no galones. Además, los datos tradicionales del uso de agua en cultivos (evapotranspiración – ET) normalmente se expresan en pulgadas por día, pulgadas por semana o pulgadas desde el último riego.

El reto en la conversión de pulgadas (in.) a galones (gal.) y viceversa es que un galón es una unidad de volumen mientras que una pulgada es una profundidad o una unidad de longitud. Para poder entender mejor la relación, necesitamos convertir estos dos parámetros en unidades similares. Una pulgada equivale a 0.0833 pies (ft.); un galón se puede representar en pies cúbicos (ft³); la equivalencia es 7.48 galones por pie cúbico. Esto significa que un recipiente de plástico de un pie de ancho, un pie de largo y un pie de profundidad puede contener 7.48 galones. Entonces, un galón es igual a 0.134 ft³.

Para poder relacionar pulgadas con galones, se necesita conocer el área de cobertura. Una pulgada de agua que cubre un acre es un volumen mucho más grande que una pulgada de agua en un lavadero, aunque en los dos casos se trate de una pulgada de profundidad. Entonces, dependiendo del área de cobertura, una profundidad de agua (en pulgadas) se puede convertir a un volumen de agua (en galones). Para los sistemas por goteo, lo que es de interés es el área cubierta por un emisor. El área de cobertura de un emisor que opera a una presión constante depende del espaciamiento del emisor y del espaciamiento de la cinta o cama.

Los datos del flujo para las cintas de goteo se proporcionan en muchas unidades diferentes. Estas unidades incluyen galones por minuto por emisor (GPM_e), galones por hora por emisor (GPH_e), galones por minuto por 100 pies de cinta (GPM100); o galones por hora por 100 pies de cinta (GPH100). La industria de la irrigación se está moviendo lentamente hacia el uso estándar de GPM100, aunque actualmente se usa cualquiera de estos caudales.

Vamos a considerar un sistema por goteo típico que tiene emisores cada 12 pulgadas, un espaciamiento entre camas de 40 pulgadas y una línea de goteo por cama. El caudal del emisor es de 0.34 GPM100. Primero, calcule el área de la superficie cubierta por un emisor, concretamente, la distancia entre emisores multiplicada por la distancia entre líneas de goteo. En este caso sería 12" por 40". Convierta estas medidas a pies y entonces multiplíquelas entre sí:

$$12 \text{ in} * \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} * 40 \text{ in} * \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} = 1 \text{ ft} * 3.33 \text{ ft} = 3.33 \text{ ft}^2 \quad (1)$$

Por lo tanto, un emisor cubre un área de 3.33 ft².

Ahora, determine cuanta agua (en pulgadas) es aplicada en una hora por un emisor individual. Puesto que nuestro caudal está en GPM100 necesitamos convertir esto a GPM_e. Para hacer esto, tome el espaciamiento de los emisores (en pies) y divídalo entre 100. En este ejemplo, la ecuación sería:

$$0.34 \text{ GPM}_{100} * \frac{1 \text{ ft}}{100 \text{ ft}} = 0.0034 \text{ GPM}_e \quad (2)$$

Entonces, tome el flujo, ahora en GPM_e y conviértalo a pies cúbicos (ft³) por hora (hr).

$$0.0034 \text{ GPM}_e * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{1 \text{ ft}^3}{7.48 \text{ gal}} = 0.027 \frac{\text{ft}^3}{\text{hr}} \quad (3)$$

Tome los ft³ por hora y divídalo entre el área (ft²) para obtener pies (ft) por hora (hr):

$$\frac{0.027 \text{ ft}^3/\text{hr}}{3.33 \text{ ft}^2} = 0.008 \frac{\text{ft}}{\text{hr}} \quad (4)$$

Finalmente, convierta los pies (ft) a pulgadas (in):

$$0.008 \frac{\text{ft}}{\text{hr}} * \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}} = 0.096 \frac{\text{in}}{\text{hr}} \quad (5)$$

Por lo tanto, el sistema entrega 0.096 pulgadas de agua por hora.

Una vez que se conoce el flujo en pulgadas por hora, el tiempo de operación del sistema se puede ajustar para aplicar la cantidad requerida de agua. Para que este sistema aplique una pulgada de agua, tome el valor del flujo y divídalo a la cantidad de la aplicación deseada para determinar el tiempo de operación:

$$\frac{1 \text{ pulgada (in)}}{0.096 \text{ pulgadas(in)}/\text{hr}} = 10.4 \text{ hr} \quad (6)$$

RECUERDE: Aunque los sistemas por goteo son altamente eficientes, no lo son al 100 %. Por lo tanto, se debe usar un factor de eficiencia. La mayoría de los sistemas por goteo trabajan muy por encima del 90% de eficiencia. Si el sistema es nuevo y está trabajando apropiadamente, use un factor del 95%. Si ya tiene unos años de uso, reduzca el factor a 92%. Si usamos un factor de eficiencia del 95% para este ejemplo, el tiempo real de operación sería:

$$\frac{10.4 \text{ horas}}{0.95} = 11 \text{ horas} \quad (7)$$

Con estos números, el tiempo de operación se puede ajustar para aplicar cualquier cantidad. Con el uso de una calculadora, la siguiente ecuación determinará las pulgadas aplicadas por hora:

Dados los siguientes datos:

El espaciamiento entre cintas: *S_t* (pulgadas)

El caudal de los emisores: *q*GPH100 (gal / hr / 100 ft)

Encuentre: La profundidad aplicada por hora: *da* (pulgadas/hr):

$$da = \frac{0.193 * q_{GPH_{100}}}{S_t} \quad (8)$$

Si el caudal (*q*) se proporciona en gal / min / 100 ft (qGPM100), use la ecuación:

$$da = \frac{11.58 * q_{GPM_{100}}}{S_t} \quad (9)$$

Si los datos del caudal son por emisor y no por 100 ft de cinta, entonces se necesita conocer el espaciamiento entre emisores *S_e* (pulgadas) y las fórmulas son las siguientes:

$$da = \frac{13,860 * q_{GPM_e}}{S_e * S_t} \quad (10)$$

Si el caudal (q) está expresado en gal / min / emisor qGPM_e, use la fórmula:

$$da = \frac{231 * q_{GPM_e}}{S_e * S_t} \quad (11)$$

Conversión de Horas a Pulgadas

Puede haber algunos casos en donde se conocen las horas de operación pero se necesita saber la cantidad de agua aplicada. Para determinar esto, tome la respuesta de unas de las ecuaciones previas usadas para conocer la "profundidad aplicada" (ecuaciones 10 u 11) y multiplíquela por el número de horas de operación. Usando el mismo sistema con un tiempo de operación de 8 horas, calcule la cantidad de agua aplicada. De acuerdo a la Ecuación 5 sabemos que el sistema aplica 0.096 pulgadas por hora; ahora multiplique eso por 8 horas:

$$0.096 \frac{\text{pulgadas}}{\text{hr}} * 8 \text{ hr} = 0.77 \text{ pulgadas} \quad (12)$$

RECUERDE la eficiencia: las 0.77 pulgadas es la cantidad bruta de agua aplicada. Para calcular la cantidad neta de agua aplicada, multiplique la cantidad bruta de agua por el factor de la eficiencia (0.95):

$$0.77 \text{ pulgadas} * 0.95 = 0.73 \text{ pulgadas} \quad (13)$$

Para usar una calculadora para convertir de horas a pulgadas, utilice la Ecuación 8, multiplicando la respuesta por el número de horas de operación.

Por ejemplo:

Dados los siguientes datos:

El espaciamiento entre cintas: St (pulgadas)

El caudal de los emisores: q (gal / hr / 100 ft)

El tiempo: t (horas)

Encuentre: la profundidad: d (pulgadas):

$$d = \frac{0.193 * q_{GPM_{100}} * t}{S_t} \quad (14)$$

Para tomar en cuenta la eficiencia, simplemente multiplique la profundidad por la eficiencia para determinar la profundidad efectiva aplicada.

$$d \text{ (efectiva)} = \frac{0.193 * q_{GPM_{100}} * t}{S_t} * \text{eficiencia} \quad (15)$$

Configuraciones alternativas de las cintas

En el caso de muchos cultivos y configuraciones de camas, contar con solo una línea de emisores por cama no es muy eficiente. Esto es particularmente cierto en los cultivos de

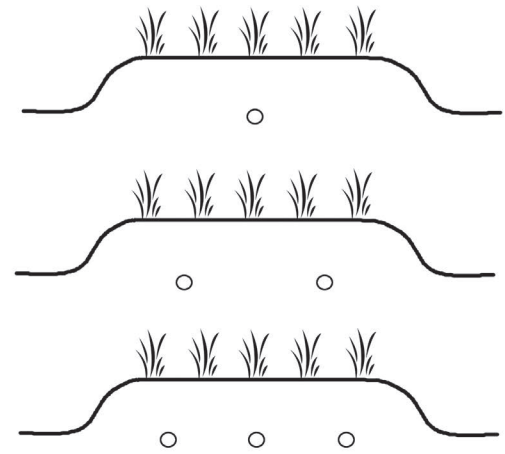


Figura 1. Esquema de varias configuraciones de cintas de riego por goteo subterráneas usadas para la producción de cultivos.

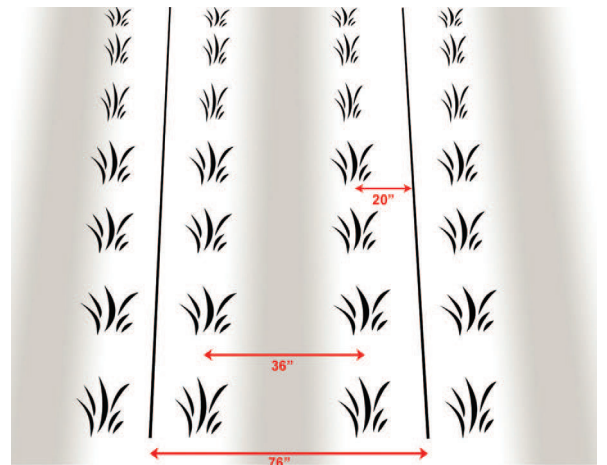


Figura 2. Ejemplo de una parcela en donde la cinta de goteo está espaciada uniformemente (76 pulgadas de separación) pero las hileras de plantas no.

verduras sembrados en camas de 80 pulgadas con varias hileras de plantas por cama (Fig. 1). Por ejemplo, en un proyecto reciente de demostración en el Centro Agrícola en Maricopa de la Universidad de Arizona se sembró brócoli en camas de 80 pulgadas de ancho. Las camas eran más anchas que las camas normales de 40 pulgadas, con 6 hileras de brócoli por cama. Para asegurar que la cama completa estuviera regada adecuadamente, los investigadores usaron tres líneas de cintas enterradas a 19 pulgadas de separación. Para estos tipos de situaciones, use el espaciamiento entre camas en lugar del espaciamiento entre cintas y simplemente divida el tiempo requerido por 3 para obtener el tiempo de operación o multiplique los galones aplicados por 3 para calcular las pulgadas aplicadas.

También, algunos diseños distribuyen las cintas con espaciamiento uniforme en el campo, pero la separación

entre las camas o hileras no es la misma. Por ejemplo, algunos agricultores tienen parcelas con cintas espaciadas cada 76 pulgadas y las hileras de algodón plantadas a un espaciamiento de 20 pulgadas a cada lado de la cinta. Esto hace que la configuración de las camas sea 40" – 36" – 40" – 36" (Vea la Fig. 2). En tales casos, use los datos del espaciamiento de las cintas.

Cálculos por computadora

Existe una forma más fácil de determinar los tiempos de operación y/o la cantidad de agua de riego aplicada. Investigadores de la Universidad de Arizona han desarrollado un programa de Microsoft EXCEL llamado Drip System Flow Conversion (DripCon) que sólo requiere que el usuario introduzca datos básicos del sistema de riego para obtener ya sea el tiempo de ejecución o las pulgadas aplicadas. El software requiere la siguiente información:

- El espaciamiento entre emisores (pulgadas)
- La distancia entre Hileras de plantas/ Camas / Cintas (pulgadas)
- El número de líneas por cama
- El flujo de los emisores (GPH, GPH100, GPM, GPM100)
- La eficiencia del sistema (porcentaje)
- La cantidad de la aplicación deseada (pulgadas) o el tiempo de operación (horas)

El fabricante de la cinta puede proporcionar los datos del espaciamiento entre emisores y el flujo. Asegúrese de revisar las unidades y de escoger la unidad de flujo correcta para la cinta que se está usando. El espaciamiento entre camas depende del trazo de la parcela. Recuerde usar la distancia entre cintas si éstas están espaciadas uniformemente pero las camas no. Si se usa el espaciamiento entre cintas, el número de líneas por cama debe ser solo uno. Finalmente, alimente el dato de la eficiencia del sistema.

El siguiente dato a introducir es ya sea el tiempo de operación o la aplicación deseada. El tiempo de operación es simplemente el número de horas que el sistema trabajó. La aplicación deseada es la cantidad de agua a ser aplicada. Existen a la disposición del público varias fuentes de información sobre el uso de agua en cultivos. En Arizona, puede encontrar consejos sobre el manejo de cultivos, disponibles en la red en (<http://cals.arizona.edu/crops>) que contienen información sobre el uso de agua semanal en cultivos. Para los más aventureros, existe un programa de

computadoras llamado AZCHED (AriZonaSCHEDuling system) el cual se puede descargar con la Guía para el Usuario en <http://cals.arizona.edu/crops/irrigation/Irrigation.html>

¿En Dónde Me Registro?

El mismo sitio de la red (<http://cals.arizona.edu/crops/irrigation/irrigation.html>) que contiene el programa AZSCHED también tiene el programa DripCon disponible para descargarse. Simplemente siga las instrucciones de cómo descargarlo e introduzca los datos requeridos. Reconocimientos: Los autores quieren agradecer a la Sra. Jenny Jones por su ayuda con los gráficos y al Dr. Jay Subramani y Vicki Barker por su ayuda editorial.



COLLEGE OF AGRICULTURE & LIFE SCIENCES

Cooperative
Extension

THE UNIVERSITY OF ARIZONA
COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES
TUCSON, ARIZONA 85721

EDWARD C. MARTIN, PH.D.
Maricopa County Director
Irrigation Specialist & Professor

ARMANDO BARRETO
Graduate Research Assistant, Ag & Biosystems Engineering

CONTACT:
EDWARD C. MARTIN
edmartin@cals.arizona.edu

This information has been reviewed by University faculty.
extension.arizona.edu/pubs/az1430s-2017.pdf

Originally published: 2000

Other titles from Arizona Cooperative Extension can be found at:
extension.arizona.edu/pubs can be found at:
cals.arizona.edu/pubs

Any products, services, or organizations that are mentioned, shown, or indirectly implied in this publication do not imply endorsement by The University of Arizona.

Issued in furtherance of Cooperative Extension work, acts of May 8 and June 30, 1914, in cooperation with the U.S. Department of Agriculture, Jeffrey C. Silvertooth, Associate Dean & Director, Extension & Economic Development, College of Agriculture Life Sciences, The University of Arizona.

The University of Arizona is an equal opportunity, affirmative action institution. The University does not discriminate on the basis of race, color, religion, sex, national origin, age, disability, veteran status, or sexual orientation in its programs and activities.