

Toro Micro-Irrigation Manual de Usuario

Segunda Edición: Sistema Métrico e Inglés



Count on it.





Count on it.

Toro Micro-Irrigation Manual de Usuario

Segunda Edición: Sistema Métrico e Inglés



Por Inge Bisconer
Toro Micro-Irrigation
El Cajon, CA

Edición en Español
por Ing. Eduardo Mendías

Primera edición: Enero 2010
© 2010 The Toro Company
Segunda Edición Noviembre 2011
© 2011 The Toro Company

RECONOCIMIENTOS

El autor agradece a sus colaboradores en los departamentos de ventas, mercadotecnia, ingeniería, diseño gráfico y administración por su invaluable apoyo en la elaboración de este manual.

Información General del Sistema de Riego por Goteo

1

Arranque del Sistema

2

Operación Básica del Sistema

3

Fertiriego y Quimigación

4

Manejo de la Salinidad

5

Mantenimiento del Sistema

6

Optimizando su Inversión

7

Referencias

R

Apéndice

A

Información del Sistema

S

ÍNDICE

Introducción	3	4.2 Guía para la Inyección de Químicos	76
1 Información General del Sistema de Riego por Goteo 6		4.3 Equipo para Inyección de Químicos.....	80
1.1 Diseño del Sistema	7	4.4 Formulas para la Inyección de Químicos.....	82
1.2 Componentes del Sistema.....	8	5 Manejo de la Salinidad.....	86
2 Arranque del Sistema.....	14	6 Mantenimiento del Sistema.....	90
2.1 Lavado, Presurización, Prueba y Ajuste del Sistema ..	15	6.1 Aplicación de Químicos.....	92
2.2 Conexión de las Líneas Laterales a las Líneas Secundarias..	16	6.2 Lavado del Sistema.....	95
2.3 Prueba de Operación del Sistema de Riego y Relleno de Zanjás.....	19	6.3 Control de Plagas	97
2.4 Parámetros de Operación	20	6.4 Mantenimiento del Sistema de Filtración	99
3 Operación Básica del Sistema	26	6.5 Mantenimiento de Accesorios.....	100
3.1 Monitoreo de los Parámetros de Operación Clave....	27	6.6 Protección del Sistema Contra el Medio Ambiente (Intemperizado)	100
3.2 Programación del Riego	30	6.7 Procedimientos de Arranque.....	100
A. Uso del Método Balance de Agua	32	7 Optimizando su Inversión	102
B. Consideraciones Adicionales	50	R Referencias.....	108
C. Equipo de Monitoreo	59	A Apéndice	112
D. Métodos para Calcular el Tiempo de Operación de Cultivos en Hilera y Cultivos Permanentes	61	Evapotranspiración CIMIS	114
4 Fertiriego y Químigación	66	Prueba de Sedimentación/ Determinación de la Textura del Suelo ..	115
4.1 Relación Agua/Suelo/Planta	67	Factores de Conversión	119
A. Análisis de Agua e Interpretación	68	Formatos en Blanco.....	123
B. Análisis de Suelo e Interpretación.....	72	S Información del Sistema	128
C. Análisis Vegetal e Interpretación.....	75		

¡Felicidades!

Usted acaba de instalar el sistema de riego más avanzado de la industria: es el sistema de riego por goteo de Toro Micro-Irrigation, fabricado con componentes de la más alta calidad. Ha hecho una gran inversión en su sistema de riego por goteo, el cual es considerado conjuntamente con el manejo del cultivo, el suelo, los nutrientes y el agua, como uno de los factores más importantes para optimizar el rendimiento y la calidad de su cultivo. Este manual le ayudará a aprovechar al máximo la precisión, la eficiencia y los beneficios prácticos de su sistema para optimizar la rentabilidad de su cultivo. Además, con el manejo y mantenimiento adecuado del sistema de riego, logrará recuperar rápidamente la inversión inicial y prolongará su vida útil.

Beneficios a Largo Plazo

El riego inteligente es el método preciso, eficiente y práctico de llevar agua a los cultivos para que los productores puedan aumentar al máximo su rentabilidad y reducir al mínimo el uso de sus recursos. Con el riego por goteo, muchos productores han tenido éxito al aumentar los rendimientos y/o la calidad de sus cultivos, **mejorando sus ingresos y reduciendo costos** de agua, fertilizantes, energía, mano de obra, aplicaciones de productos químicos, desgaste de equipo y pólizas de seguros.

El aumento de ingresos y la reducción de costos compensan la inversión realizada en el equipo de riego, amortizando la inversión con rapidez y permitiendo a los productores gozar de mayor rentabilidad. El nivel de acceso a los campos de cultivo también mejora, junto con la capacidad de producir en campos con dimensiones irregulares. En la mayoría de los casos, los problemas de contaminación ambiental asociados con los escurrimientos de agua, la percolación profunda, la evaporación y el acarreo del agua por el viento se eliminan o se reducen de manera sustancial, apoyando al mejoramiento de la vida silvestre, considerando que el hábitat deja de ser inundado de manera rutinaria.

Cualquiera que sea el motivo de su instalación, el riego por goteo ofrece numerosos beneficios, siempre y cuando se opere correctamente y se le de el mantenimiento adecuado.

Es importante reconocer las diferencias entre el Riego por Goteo y los Sistemas de Riego convencionales, para reducir al máximo la curva de aprendizaje.

El Riego por Goteo es Diferente

El riego por goteo difiere de los sistemas de riego por aspersión y riego rodado y se debe administrar de manera distinta para aprovechar al máximo sus beneficios y evitar problemas. Por ejemplo, el riego por goteo se utiliza para **mantener** la humedad, mientras que los riegos por aspersión y por gravedad pueden ser utilizados para **reabastecer** la humedad perdida. El cuadro de la siguiente página resume las principales diferencias.

Es propio mencionar que las tablas, ecuaciones, gráficas y ejemplos mostrados a continuación, han sido elaborados tanto en unidades métricas como en el sistema inglés.

Comparación entre los Sistemas de Riego por Goteo, Aspersión y Gravedad

Atributo del Sistema	Goteo	Aspersión	Gravedad
• Caudal del Emisor	GPH (LPH)	GPM (LPM)	N/A
• Presión de Operación	4–60 psi (0.3–4 Bar)	30–90 psi (2–6 Bar)	Baja
• Tiempo de Riego	Seg, Min., Hrs.	Minutos	Horas, Días
• Frecuencia de Riego	Diario	Semanal	Mensual
• Nivel de filtración requerido	Malla 120-200	Malla 20-80	Ninguno
• Patrones de humedad	0.5-40 pies (0.15–1.2 metros)	5-100 pies (1.5–30 metros)	Amplio
• Tasa de aplicación del sistema	Excelentes (baja-media)	Moderadas (media)	Malas (alta)
• Uniformidad típica del sistema	Excelente	Moderada	Mala
• Capacidad para evitar mojar áreas fuera del objetivo	Excelente	Mala	Mala
• Capacidad para evitar germinación y riego de malezas	Excelente	Mala	Mala
• Capacidad de dosificar precisamente los nutrientes mediante el fertiriego.	Excelente	Moderada	Mala
• Capacidad para evitar mojar el follaje, aumentando la humedad asociada con enfermedades	Excelente	Mala	Mala
• Capacidad de automatizar el suministro de agua y nutrientes	Excelente	Mala	Mala
• Capacidad de dosificar precisamente los nutrientes mediante el fertiriego.	Excelente	Mala	Mala
• Capacidad de reducir los costos de mano de obra en el riego y control de malezas	Excelente	Excelente-Moderada	Mala
• Capacidad de reducir los costos de energía	Moderada	Mala	Moderada
• Capacidad de permitir el acceso al campo de cultivo durante los servicios de riego	Excelente	Mala	Mala
• Capacidad para evitar los costos de seguros	Excelente	Mala	Excelente



1

INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

1.1 Diseño del Sistema

1.2 Componentes del Sistema:

Fuente de Agua, Bombas, Prevención de Contraflujo, Sistema de Filtración, Sistema de Quimigación, Flujómetros y Manómetros, Válvulas de Control, Válvulas de Liberación de Aire / Vacío, Equipo de Automatización, Tuberías y Conectores, Emisores.

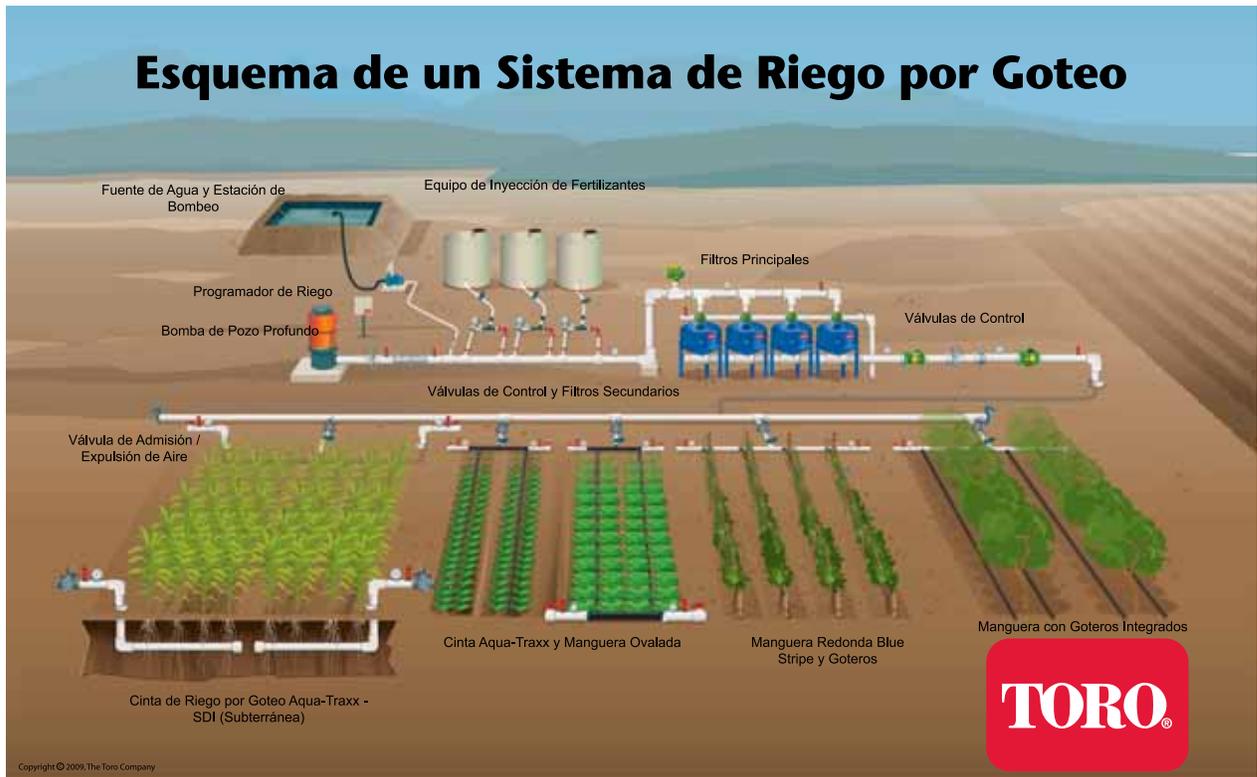
1.1 Diseño del Sistema

El diseño de un sistema de riego por goteo puede ser una tarea complicada. El documento que acompaña a los sistemas de riego Toro: “Manual de Diseño del Sistema de Micro-Riego”, cubre todos los aspectos de diseño (incluyendo la Relación agua/suelo/planta, tratamiento de agua, teoría hidráulica y bombas), así como información referente a la instalación, operación y mantenimiento. A continuación mostramos un resumen de los aspectos importantes que se debería considerar durante el proceso de diseño y selección del sistema.

Recomendamos corroborar estos aspectos con el ingeniero de diseño, antes y después de diseñar, instalar y comprar el sistema, para garantizar que opere correctamente y se comporte conforme a sus expectativas.

Verifique el sistema de riego con el Ingeniero responsable del Diseño antes y después de ponerlo en marcha.

Lista de Verificación (“Checklist”) de la Etapa de Diseño del Sistema de Riego por Goteo	
<input checked="" type="checkbox"/> Vida del Sistema	El ciclo de vida útil del sistema que se desea determina la calidad y el tipo de los componentes que debe adquirir. Los sistemas pueden durar más de 10 años o incluso 20, si son de alta calidad y reciben el mantenimiento adecuado.
<input checked="" type="checkbox"/> Uniformidad del Sistema	La uniformidad esperada del patrón de riego también influirá en la calidad y el tipo de componentes. Los sistemas de riego por lo general operan a más del 90% de uniformidad, si se eligen componentes de alta calidad y se les da el mantenimiento adecuado.
<input checked="" type="checkbox"/> Análisis de Agua	Analice el agua antes de diseñar y construir el sistema de riego. La calidad del agua determinará la selección de los filtros y los emisores, así como la aplicación de sustancias químicas por medio del sistema de riego. La calidad del agua puede variar dependiendo de la temporada o cuando el bombeo es excesivo.
<input checked="" type="checkbox"/> Análisis de Suelo	Analice el tipo de suelo donde va a sembrar, a fin de elegir bien el emisor conforme al caudal adecuado, el espaciamiento y la tasa de aplicación. El análisis de suelo también le ayudará a manejar cualquier problema físico o químico que presente el suelo desde la etapa de diseño.
<input checked="" type="checkbox"/> Información sobre el Cultivo	El diseñador deberá contar con información sobre el costo y la cantidad de agua y fertilizante que requerirá el cultivo (s), así como las prácticas de cultivo y las dimensiones de siembra.
<input checked="" type="checkbox"/> Prueba de Bombeo	Si cuenta con sistema de bombeo, calcule la curva de desempeño de sus bombas para asegurarse de que operen de manera eficiente, con el flujo y la presión adecuados.
<input checked="" type="checkbox"/> Información sobre el Sitio	El diseñador debe tener acceso a información topográfica, climática, hídrica, combustibles y datos sobre la infraestructura.
<input checked="" type="checkbox"/> Mano de Obra	El costo y la disponibilidad de la mano de obra es un elemento importante para la selección del equipo y las decisiones referentes a la automatización.
<input checked="" type="checkbox"/> Ampliación	Los pequeños ajustes en el diseño actual facilitarán, de ser necesaria, la ampliación del sistema en el futuro.
<input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento	El diseñador deberá contemplar el abastecimiento seguro y efectivo de todos los productos químicos que serán utilizados, incluyendo fertilizantes, ácido y cloro. Asimismo, el diseñador deberá asegurarse de que el procedimiento de lavado de la cinta sea eficiente.
<input checked="" type="checkbox"/> Automatización	Si desea automatizar el sistema desde un inicio, o si piensa automatizarlo después, deberá considerarlo dentro del diseño.
<input checked="" type="checkbox"/> Monitoreo	Especifique el tipo de equipo básico de monitoreo de flujo y presión que desea utilizar. Si está considerando equipo de monitoreo adicional para el suelo, el clima o las plantas, deberá también considerarlo como parte del equipo de control de riego.



1.2 Componentes del Sistema

Los sistemas de riego por goteo tienen la particularidad de que gran parte del sistema queda enterrado. Como se puede apreciar en la ilustración *Esquema de un Sistema de Riego por Goteo*, tanto la fuente de agua como la unidad de bombeo, los filtros, el equipo de inyección de químicos y el programador de riego están a simple vista. Sin embargo el resto del sistema de riego se encuentra enterrado. Esta es una característica típica de los sistemas de riego por goteo subterráneos (SDI), sistemas de riego para hortalizas (tanto de ciclo corto como largo), viñedos y huertos. A continuación veremos los aspectos importantes y descripciones de cada uno de los componentes de un sistema de riego.

Fuente de Suministro de Agua

La calidad del agua influye en muchos aspectos del sistema de riego, incluyendo a los filtros, a los patrones de humedad, a la compatibilidad de los fertilizantes y a el desarrollo de las plantas. Aún cuando en ciertas ocasiones se utiliza agua limpia potable proveniente del Distrito de Riego para regar los cultivos, lo más común es utilizar agua de ríos, arroyos, lagos, canales o perforar pozos para extraer agua del subsuelo. Dependiendo de la calidad del agua,

Analice la calidad del agua de riego y verifíquela a lo largo del ciclo agrícola.

es preciso implementar un pre filtrado, filtrado de malla o bien filtrado de discos y/o arena para eliminar arena, algas y otros contaminantes que pueden tapan el sistema de riego por goteo. Si hay ciertos minerales en el agua, o si el pH no es el correcto, puede llegar a requerir la aplicación de un tratamiento químico. El análisis de la calidad del agua lo ayudará de inmediato a tomar decisiones importantes sobre el manejo de su sistema de riego por goteo. **Vea el Capítulo 4 para más información sobre las pruebas y el análisis de agua.**

Se requieren 10,000 litros de agua para colocar un milímetro de agua en una hectárea. Por lo tanto, la eficiencia en el bombeo es esencial para ahorrar electricidad.

Bombas

Asegúrese de que sus bombas tengan la capacidad necesaria y operen de manera eficiente conforme a las necesidades de presión y flujo de su sistema. Al menos de que el agua de su fuente de suministro salga presurizada, su sistema requerirá una bomba para conducir el agua a través de las tuberías y los emisores. Por lo general, en los pozos se utilizan bombas verticales operadas por turbinas y para el suministro de agua superficial se utilizan bombas centrífugas. Calcule la curva de desempeño de su bomba y haga los cambios necesarios en caso de que no sea la correcta. El ahorro de electricidad que obtendrá servirá para cubrir la inversión que deba hacer en las mejoras de su sistema de bombeo, además de mejorar también la operación de su sistema y finalmente la producción del cultivo.

Prevención del Contraflujo

Evite que el contraflujo de agua contamine de manera accidental las fuentes de suministro, colocando un dispositivo de control. Los diferentes tipos de sistemas de prevención de contraflujo pueden incluir sensores de flujo y conexiones eléctricas de interbloqueo que apagan tanto la bomba de riego como la de quimigación, cuando el sistema presenta fallas. Estos dispositivos evitan que los productos químicos entren a la fuente de suministro de agua y al sistema de riego cuando hay alguna falla en la operación.

Es importante prevenir el Contraflujo. Más que recomendable, muchos distritos de riego lo requieren.

Sistema de Filtración

Un buen filtrado es esencial para asegurar la operación correcta del sistema y el buen funcionamiento a largo plazo. Los filtros se utilizan para eliminar arena, limo, minerales precipitados y materia orgánica del agua de riego con el propósito de evitar el taponamiento de los emisores. La calidad del agua y las especificaciones de los emisores determinarán el tipo de filtración, el nivel y la cantidad que se requiere; sin embargo la mayor parte de los sistemas de riego requieren filtración con mallas de 120-200. Los filtros de riego NO remueven sales, sólidos disueltos, ni otros elementos tóxicos, tampoco ajustan el pH del agua. Incluso si se usa agua potable, se requiere un filtro básico de malla para eliminar arena y minerales. Para un buen filtrado, los filtros deben ser lavados a presión para quitarles la suciedad.

Es importante retrolavar los filtros periódicamente.

Sistema de Quimigación

Si usa un sistema de quimigación, asegúrese de que el producto químico que inyecte no tape ni dañe de alguna otra manera el sistema de riego. Antes de la quimigación deberá realizar una sencilla "prueba del frasco" y/o consultar el cuadro de compatibilidad. Los inyectores de sustancias químicas suministran nutrientes a las plantas junto con el agua al mismo tiempo que aplican los productos químicos de mantenimiento del sistema, tales como el ácido, el cloro y otros limpiadores de las líneas de riego. Algunos sistemas utilizan una bomba independiente, mientras que otros utilizan un dispositivo tipo Venturi que usa la presión diferencial en el circuito para crear succión, al estar conectado a los tanques de sustancias químicas. *Vea el capítulo 4 para ver las instrucciones sobre la "prueba del frasco".*

Flujómetros y Manómetros

¡Asegúrese de que el flujómetro y los manómetros de su sistema funcionen bien! Aunque sencillos y relativamente poco costosos, estos medidores son pasados por alto con frecuencia, o no se les da el mantenimiento adecuado. Estos dispositivos de monitoreo son esenciales para la operación correcta del sistema. Es preciso conocer el caudal del sistema a fin de detectar las fugas o los problemas de taponamiento. Conocer la presión de operación del sistema también ayuda a detectar las fugas y los problemas de taponamiento y es un dato esencial para el control de los filtros, los inyectores de productos químicos y el rango de operación del sistema.

Válvulas de Control

Las válvulas de control deben ser “ajustadas” correctamente para asegurarse de que el flujo y la presión del sistema sean los adecuados. Algunas veces se utilizan válvulas de mariposa o de bola sencillas, aún cuando es más frecuente el uso de válvulas sofisticadas para regular el flujo y la presión. Las válvulas más grandes controlan el flujo de la bomba hacia los filtros y de ahí al campo de cultivo, por lo que algunas veces reducen el flujo destinado al campo para mejorar el retrolavado de los filtros. Las válvulas de zonas controlan el suministro de agua por bloques, y las válvulas de lavado al final de todas las tuberías del sistema permiten que el sistema quede limpio de impurezas. Aún cuando las válvulas son operadas de manera manual, hay equipos de riego que cuentan con sistemas automáticos.

La generación de vacío puede ocasionar graves problemas de taponamiento.

Válvulas de Admisión/Expulsión de Aire (AEA)

Las válvulas AEA ayudan a evitar la formación de vacío que puede ocasionar graves problemas de taponamiento, especialmente cuando las líneas laterales están enterradas o están en contacto constante con el suelo del cultivo establecido. Por lo general las válvulas AEA se instalan en puntos elevados al final de las tuberías de riego, incluyendo las líneas de suministro, las líneas principales, las líneas secundarias y cabezales de control, para permitir que el aire escape al momento de llenar las tuberías y para permitir la entrada del aire cuando éstas están siendo drenadas; así como liberar el aire atrapado en los

puntos altos, y para evitar la formación de vacío en las líneas laterales después de que se apaga el sistema. En la mayoría de los casos, el taponamiento ocasionado por la ingesta de suelo puede evitarse al instalar correctamente válvulas de alivio de vacío en la entrada de la línea lateral, en un punto alto y en otras líneas secundarias de salida; o pueden instalarse válvulas de lavado al final de cada línea lateral.

Equipo de Automatización

El equipo de automatización consiste en controladores, válvulas y/o sensores que pueden ayudar a aprovechar al máximo los beneficios del sistema de riego por goteo. Muchos sistemas incluyen un controlador que se comunica con las válvulas y los sensores mediante cables o por medios inalámbricos. El usuario programa el controlador para encender y apagar las válvulas en el momento deseado. Debido a que la mayoría de los controladores también tienen capacidad para controlar sensores, los sistemas pueden automatizarse conforme a las condiciones del clima, el suelo o el sistema. Es preciso observar que los sistemas automatizados también pueden ser operados manualmente.

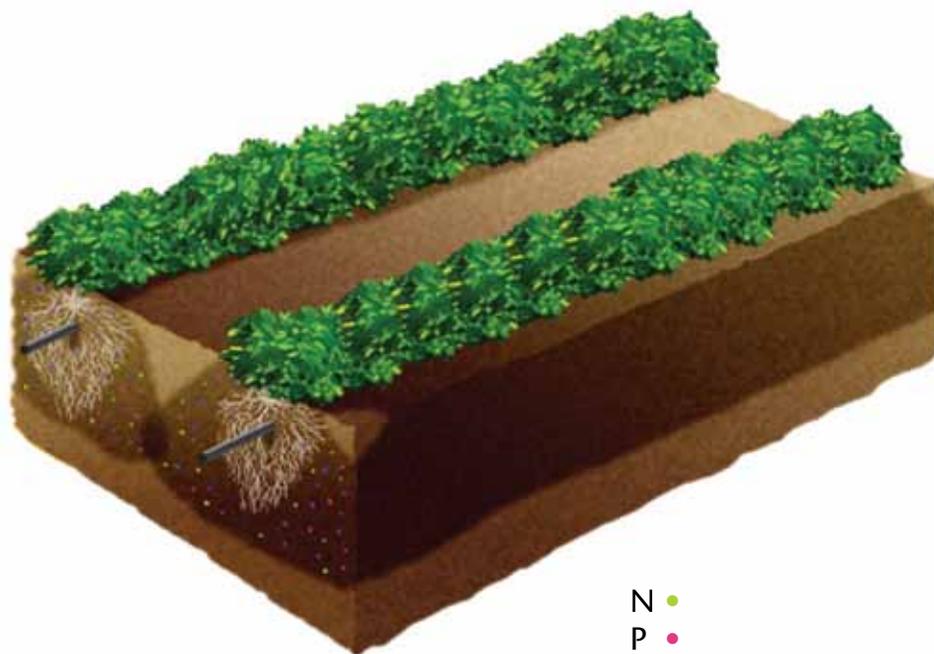
Tuberías y Conectores

Es importante asegurarse de que las tuberías y los conectores tengan el tamaño adecuado para soportar las presiones operativas máximas y que conduzcan el agua sin elevar o reducir excesivamente la presión. Las tuberías transportan agua de la bomba a los filtros, a las válvulas y a los emisores. Se puede utilizar tubería de PVC en todo el sistema, o se puede combinarla con tubería de acero en la estación de bombeo, con PVC flexible; con polietileno (PE) Layflat para las líneas secundarias y con manguera de polietileno o con cinta con goteros para las líneas laterales. Asegúrese de considerar la expansión y la contracción del material que ocurren bajo condiciones normales de operación en exteriores, y asegúrese de que las tuberías estén instaladas correctamente, bien ensambladas y conectadas con soldadura, pegamento o por medio de conectores de fricción. Es importante limpiar los conectores y la tubería de PVC antes de aplicar el pegamento. Debido a que gran parte de la tubería está enterrada y es difícil de acceder y reparar, en especial después de que crece el cultivo, asegúrese de que los conectores queden bien instalados para evitar fugas.

Asegúrese de comprobar la hermeticidad de la red de tuberías para evitar paros al sistema de riego que dañen al cultivo por falta de agua.

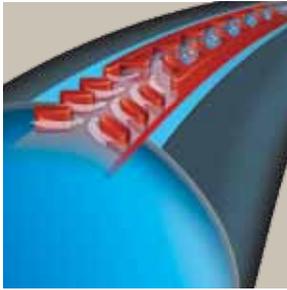
Emisores

Los emisores deben seleccionarse y ser instalados con extremo cuidado, ya que los problemas a este nivel son difíciles de resolver. Dentro de un sistema típico existen literalmente cientos o miles de goteros que suministran agua y nutrientes directamente a la zona radicular de las plantas, tal y como se muestra en la imagen. Las cintas y mangueras con goteros tienen los emisores integrados, mientras que la manguera de polietileno puede tener goteros, micro-jets o micro-aspersores. La calidad es esencial, ya que un sistema típico de riego por goteo incluye cientos o incluso miles de emisores. Cada emisor debe ser durable, resistente al taponamiento y emitir la misma cantidad de agua incluso bajo presiones variables. Además de la calidad, el caudal y el espaciamiento de los emisores son factores importantes que determinan el patrón de humedad, así como las probabilidades de que se presenten problemas de escurrimientos o de percolación profunda. La ilustración que se muestra a continuación (Mikkelsen, 2009) describe la manera en la que un sistema de riego por goteo bien manejado aporta agua y nutrientes a la zona radicular del cultivo sin problemas de escurrimiento o percolación profunda. Los emisores de mala calidad requieren más mantenimiento, no proporcionan la eficiencia óptima del riego y necesitan ser reemplazados mucho antes que un emisor de buena calidad. En términos sencillos, no hay forma de recortar costos en esta área, la calidad es esencial. Como mínimo, los emisores deben tener un coeficiente de variación bajo (CV), el sistema debe ser diseñado con alta Uniformidad de Emisión (UE), y todos los componentes deben estar garantizados y respaldados por una compañía confiable.

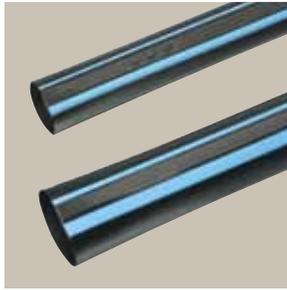


N ●
P ●
K ●

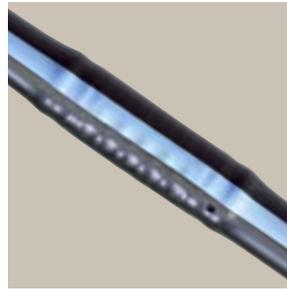
Componentes Principales de los Sistemas de Riego Toro



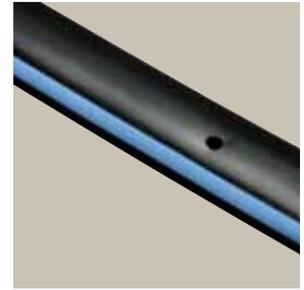
Cinta de Riego Aqua-Traxx PBX



Cinta de Riego Aqua-Traxx PC Autocompensada



Tubería Drip In Clásica y Drip In en manguera con goteros PC Autocompensados



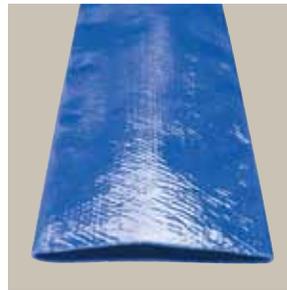
Manguera BlueLine Clásica y Manguera BlueLine con goteros Autocompensados



Manguera Blue Stripe



Manguera Oval Blue Stripe



Manguera de Descarga Layflat



Conectores Pro-Loc (imagen) Poux, XPando, Loc-Eze y Ring-Loc



Goteros en línea Turbo-key, Turbo-SC Plus, NGE SF, NGE AL (imagen) y E2



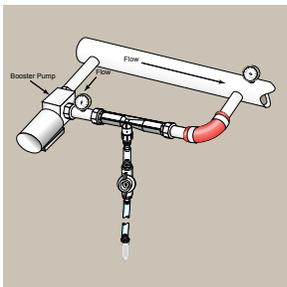
Controlador de Riego Serie MC-E



Controlador de Riego Junior MAX



Micro-aspersor VI Clásico y Micro-aspersor VI PC



inyectores Mazzei



Filtros de cama de Arena Aqua-Clear Filtros de plástico Serie XD y F



Válvulas Bermad



Válvulas Toro e Irritrol (imagen)



2

ARRANQUE DEL SISTEMA

- 2.1 Lavado, Presurización, Prueba y Ajuste del Sistema
- 2.2 Conexión de las Líneas Laterales a las Líneas Secundarias
- 2.3 Prueba de Operación del Sistema de Riego y Relleno de Zanjas
- 2.4 Parámetros de Operación

Arranque del Sistema

Los sistemas de riego por goteo que son diseñados, instalados, operados y mantenidos correctamente, pueden llegar a tener una vida útil indefinida. No obstante, los sistemas de riego por goteo son vulnerables al exceso de presión y al taponamiento, los cuales pueden reducir de manera drástica la vida y el desempeño del sistema. La siguiente guía muestra, paso por paso como presurizar y afinar el sistema al arrancarlo, así como la manera de operarlo y monitorearlo de manera rutinaria para alcanzar su óptimo desempeño.

Nota: Se supone que el sistema ha sido instalado por completo y las zanjas están parcialmente llenas, pero todavía NO se han conectado las líneas laterales (cinta de riego) a las líneas secundarias.

2.1 Lavado, Presurización, Prueba y Ajuste del Sistema

- a. Abra todas las válvulas de control y de lavado
- b. Cierre las válvulas de control de las líneas secundarias
- c. Encienda la bomba, llene lentamente el sistema y lave las líneas principales, liberando el aire del sistema por medio de las válvulas de alivio. De ser necesario, desvíe el flujo del agua de lavado por medio de las válvulas de lavado.
- d. Después de lavar perfectamente las líneas principales, cierre las válvulas de lavado de la línea principal y eleve la presión al nivel de la presión de prueba.
- e. Mantenga presurizado el sistema durante 24 horas. Si la línea principal presenta fugas, apague de inmediato el sistema, repare las fugas, lave la línea principal nuevamente y repita el procedimiento de presurización.
- f. Después de lavar la línea principal y comprobar la hermeticidad del sistema, lave las líneas secundarias hasta que queden perfectamente limpias, abriendo las válvulas de control de las líneas secundarias y las válvulas de lavado.
- g. Después de que las líneas secundarias hayan quedado perfectamente limpias, ajuste las válvulas de control de la sección de líneas secundarias, de tal forma que la presión agua abajo no exceda la presión nominal máxima de las líneas laterales que serán conectadas después de cerrar las válvulas de lavado. Las cintas de goteo con paredes delgadas llegan a tener una presión nominal máxima de 10 psi (0.7 Bar), mientras que la manguera de polietileno y la manguera con goteros de pared gruesa soportan 50 psi (3.5 Bar) o más.
- h. Mientras se están lavando las líneas secundarias, asegúrese de que los filtros trabajen correctamente y que hayan sido bien retrolavados. Si utiliza un controlador de retrolavado, ajuste el diferencial de presión al que se iniciará automáticamente el retrolavado. Dependiendo de la marca y del modelo del filtro, el diferencial de presión entre la entrada y la salida debe de ser de 2 a 3 psi (0.1 - 0.2 Bar) cuando los filtros estén limpios, y alrededor de 10 psi (0.7 Bar) cuando los filtros estén sucios. Si los filtros no tienen controlador, asegúrese de revisar frecuentemente el diferencial de presión para retrolavarlos antes de que se tapen por completo. Es importante considerar la variación en las lecturas de los manómetros a causa de desniveles topográficos. **Recuerde que 2.31 pies (70cm) de desnivel, equivalen a 1 psi (0.07 Bar). Igualmente, 1 metro de desnivel equivale a 0.1 Bar de presión.**

¡ Es muy importante comprobar la hermeticidad del sistema !

Se recomienda el automatizar la función de retrolavado.

Durante la operación de retrolavado, hay que ajustar cuidadosamente la válvula de desagüe de los filtros de arena. Esta válvula debe ejercer suficiente contrapresión sobre los filtros durante el retrolavado, para evitar que la arena se salga de los tanques. Al mismo tiempo, la válvula debe permitir el paso de suficiente volumen de agua para que la cama de arena se levante y se lave correctamente. La mejor forma de detectar que la válvula ha sido ajustada correctamente es al observar la aparición de una pequeña cantidad de arena en el agua de lavado.

- i. Después de haber ajustar tanto las válvulas de los filtros como las de la sección de líneas secundarias, cierre las válvulas de lavado de las líneas secundarias. Esto elevará la presión del sistema y así podrá comprobar la hermeticidad del sistema. En caso de que haya fugas, apague el sistema, haga las reparaciones necesarias y repita la prueba de hermeticidad.

2.2 Conexión de las Líneas Laterales a las Líneas Secundarias

- Después de lavar y efectuar la prueba hermeticidad en las líneas secundarias, abra las válvulas de las líneas secundarias y las terminales de todas las líneas laterales para lavar después de realizar la conexión. Si todas las líneas laterales han sido conectadas a la línea secundaria de drenaje, abra las válvulas utilizadas para lavar la línea secundaria.
- Conecte las líneas laterales a la línea secundaria y lávelas hasta que queden perfectamente limpias. De ser necesario, cierre las válvulas de las líneas secundarias para alcanzar el volumen de lavado adecuado en las líneas laterales.
- Después de lavar las líneas laterales hasta dejarlas perfectamente limpias, cierre todas las válvulas de las líneas laterales y secundarias y permita que el sistema se estabilice hasta alcanzar la presión de operación.
- Calibre las válvulas de la sección de riego secundaria conforme a las especificaciones de presión del diseño del sistema, cuidando no exceder la presión nominal máxima en las líneas laterales.

Tenga cuidado de no sobre presurizar o obstruir los emisores

Es sumamente importante que las líneas laterales estén conectadas adecuadamente a las líneas secundarias para evitar fugas, líneas torcidas y obstrucciones. Los orificios deben ser barrenados correctamente y es preciso eliminar todas las virutas y el material sobrante. También es preciso tomar en cuenta la gran variedad de conectores terminales de líneas laterales que ofrece el mercado para facilitar el lavado del sistema, ya sea de manera automática o manual. Aunque las válvulas de lavado al final de la línea o las líneas secundarias para lavado son más costosas, mejoran en gran medida la capacidad que tiene el productor de lavar las líneas laterales manualmente, en lugar de cerrar cada lateral con un conector de figura 8, un tapón roscado, una válvula, o en el caso de la cinta, con un nudo.

Las siguientes imágenes muestran aplicaciones en campo:



Las siguientes imágenes muestran la manera correcta de conectar la cinta, la manguera y las líneas laterales de manguera con goteros a la manguera oval de polietileno, a la manguera Layflat oval de PVC, a la tubería rígida de PVC o a las líneas secundarias de lavado. El costo inicial de algunas opciones es más alto que el de otras, sin embargo a cambio se obtiene mejor desempeño, durabilidad y longevidad. Ya que hay algunas operaciones como el lavado de las líneas laterales que se realiza con más frecuencia, el costo de la mano de obra debe ser considerado al tomar una decisión sobre el método de conexión que utilizará en su sistema.

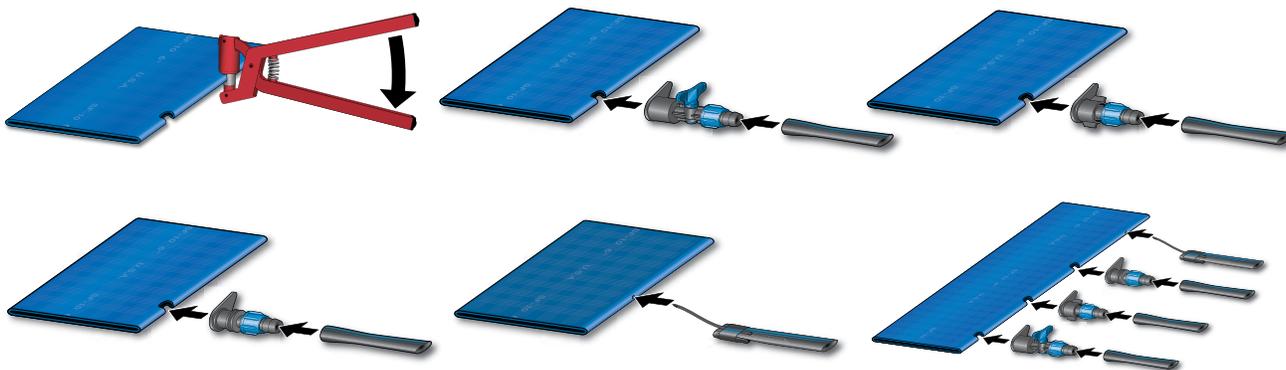
Manguera Oval de Polietileno Flexible

Las seis imágenes que presentamos a continuación muestran las perforaciones que deben hacerse a la manguera oval para conectar las líneas laterales de cinta mediante tubos tipo espagueti o conectores de inserción de varios tamaños. Note que la imagen inferior izquierda muestra el conector Pro-Loc de Toro con una opción de válvula que facilita el control de las líneas laterales individuales a partir de la línea secundaria de la manguera oval.



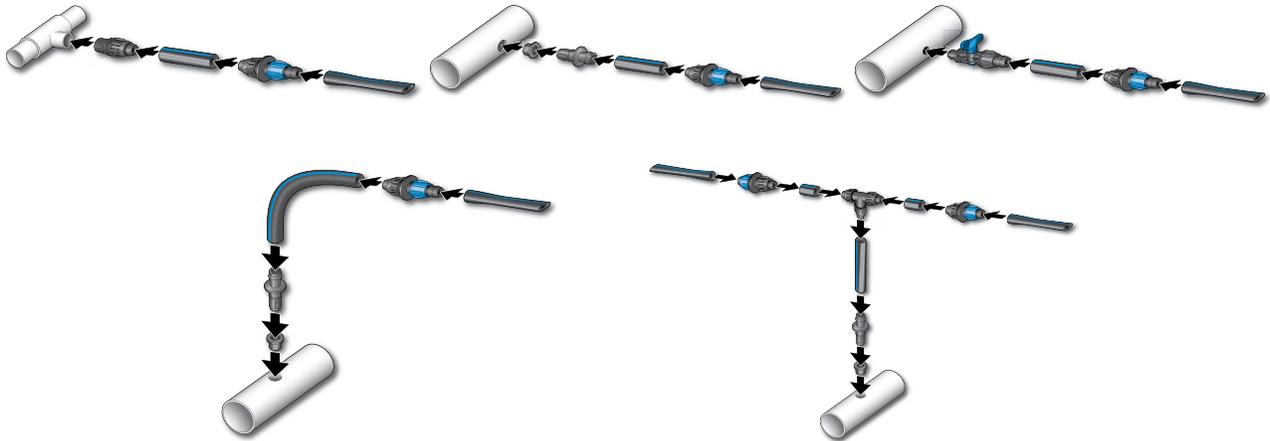
Manguera Layflat de PVC Flexible

Este material es muy popular para las líneas secundarias, porque es muy fácil de doblar y mover de un lugar a otro. Deberá utilizar un conector más seguro para conectar las líneas laterales de cinta, como se muestra en las primeras cuatro ilustraciones. Asimismo, tal y como se hace con la manguera oval, puede insertar tubos tipo espagueti en los orificios de la manguera.



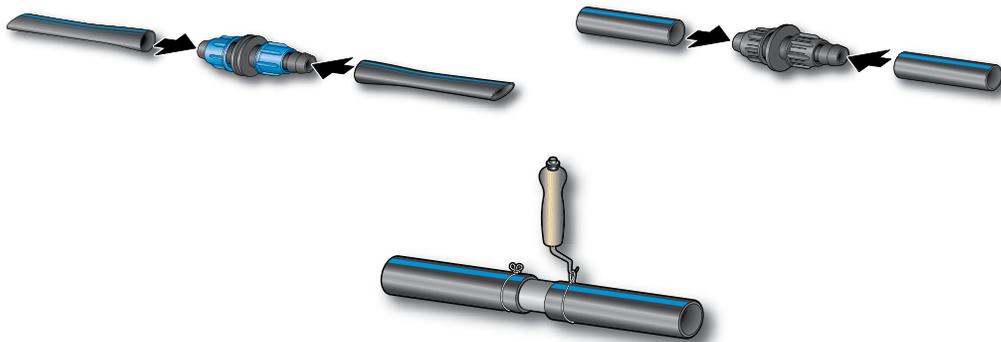
Tubería de PVC Rígida

El PVC rígido se utiliza para conectar las líneas laterales en cultivos permanentes y en los sistemas de riego subterráneos (SDI). Debido a que la tubería casi siempre queda enterrada, es importante que los conectores queden bien asegurados y que la tubería de transición no se doble o tuerza obstruyendo el flujo del agua. Los conectores Xpando Take-Off y Pro-Loc de Toro son la solución perfecta para hacer una buena transición de la tubería de PVC a la tubería de polietileno; y de la tubería de polietileno a la cinta enterrada, a la manguera o a las líneas laterales de manguera con goteros.



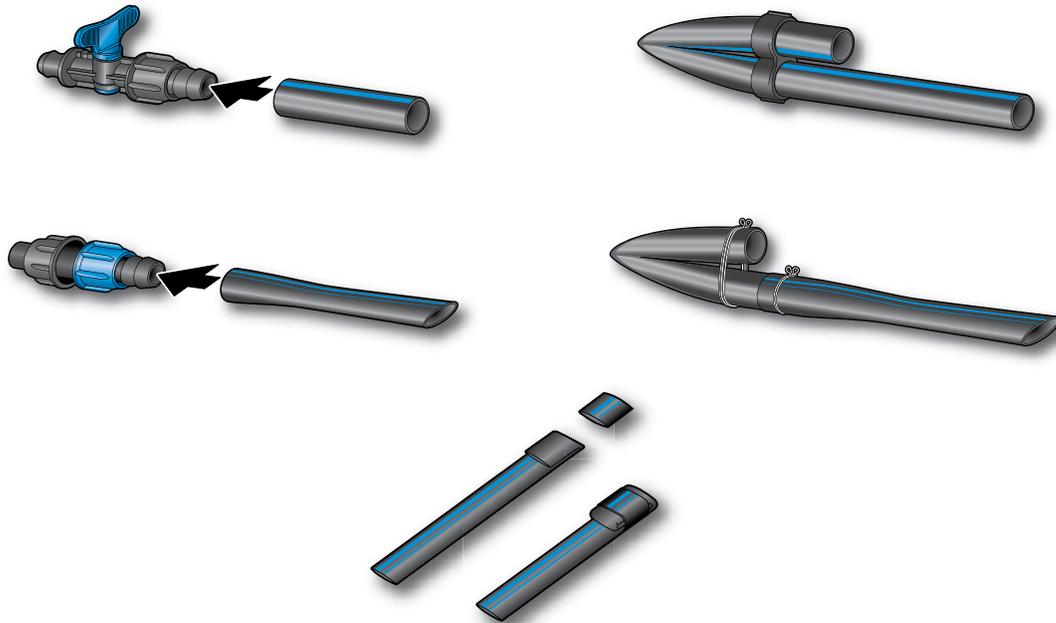
Coples Laterales

Las siguientes imágenes muestran cómo realizar acoplamientos de cinta o de mangueras con goteros en el campo, mediante el uso de conectores Pro-Loc para cinta o para manguera. También se puede apreciar cómo realizar conexiones con amarres de alambre y un pedazo de manguera ciega.



Terminales Laterales

Los extremos finales de la manguera, la manguera con goteros y las líneas laterales de cinta pueden ser cerrados con una gran variedad de conectores, incluyendo el conector para válvula de cierre Pro-Loc, el conector de figura 8 (sólo para mangueras), y el conector para válvula de lavado Pro-Loc con abrazadera montada en una manguera rígida, o protegida con un anillo de seguridad (sólo la cinta).



2.3 Prueba de la Operación del Sistema de Riego y Relleno de Zanjas

Una vez hechas las conexiones del sistema, el lavado, la prueba de presión, el ajuste de la presión, y después de haber confirmado que todos los componentes enterrados, incluyendo las tuberías, los conectores, el cableado de control y los tubos están operando correctamente, inicie el proceso de rellenar las zanjas. Es preciso realizar el relleno con cuidado para evitar que la tubería sufra daños o se colapse, en especial con las tuberías anchas de paredes delgadas. Es importante recordar que las zanjas abiertas pueden ser peligrosas y deben estar protegidas antes de rellenarlas. En algunos casos, es preferible rellenar las zanjas antes de revisar la presión.

2.4 Parámetros de Operación

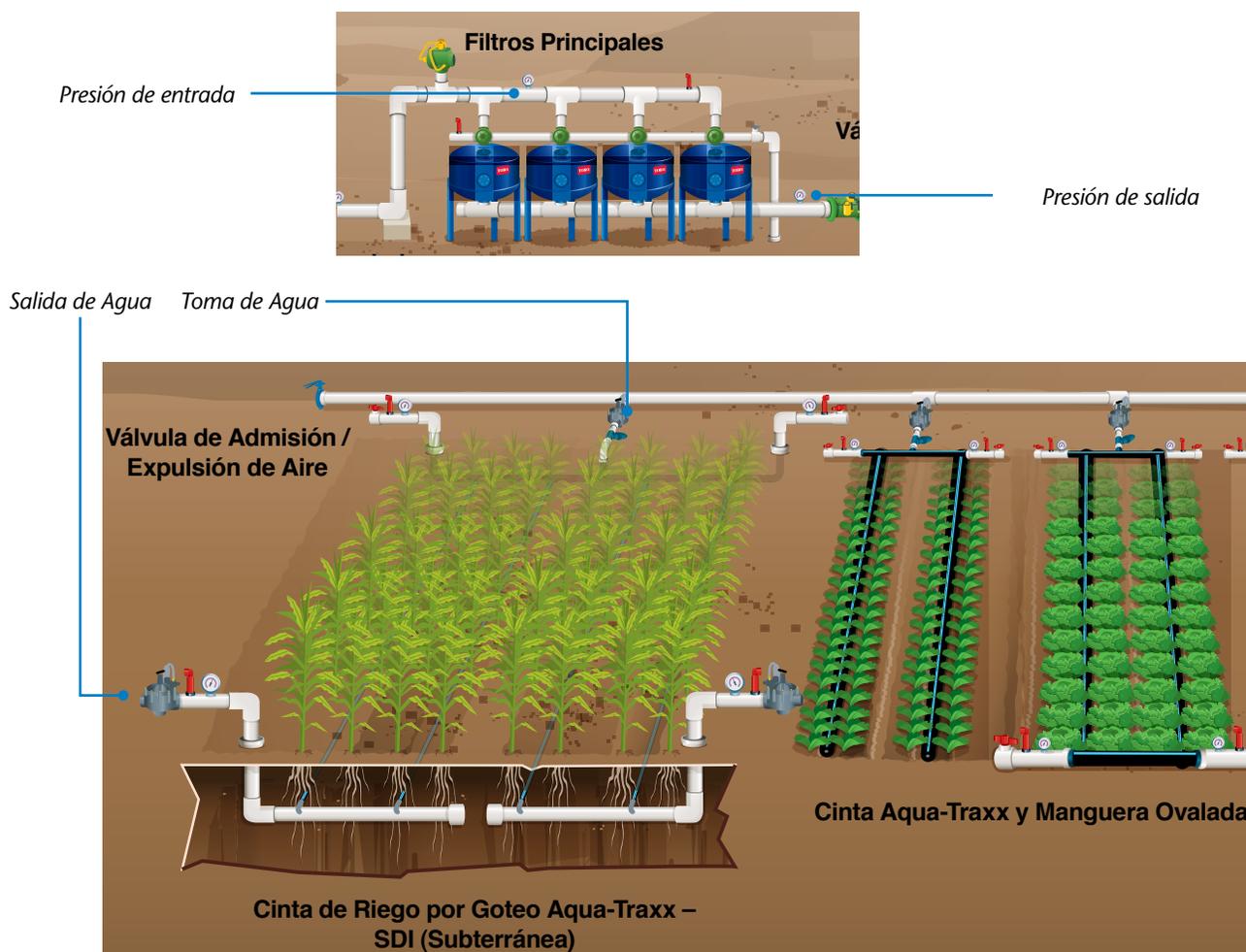
Debido a que gran parte del sistema de riego por goteo se encuentra enterrado y no puede ser visto con facilidad, los manómetros y los flujómetros son esenciales para diagnosticar problemas y revisar las condiciones de operación. Después de que el sistema haya sido conectado, lave y pruebe la presión con las válvulas de control ajustadas correctamente (primero verifique que todos los componentes enterrados estén funcionando bien), tome las siguientes lecturas de referencia:

Compare las lecturas de referencia con las especificaciones de diseño.

- **Registre las lecturas de todos los manómetros y los medidores de flujo**, incluyendo los que están colocados antes y después de las bombas, los filtros, las válvulas de control principales y secundarias, así como las entradas y salidas de la cinta.
- **Examine las condiciones del agua de lavado que sale del sistema de filtración** para verificar que la válvula de retrolavado haya quedado bien ajustada.
- **Examine el agua de lavado que sale de cada bloque de cinta**, recolectando agua en un frasco para asegurarse de que no haya riesgo de taponamiento.

Las lecturas registradas serán utilizadas para verificar que el sistema cumpla con las especificaciones de diseño y deben servir como parámetros operativos de referencia en el futuro. La lectura del medidor de flujo se utilizará para determinar y/o verificar la tasa de aplicación requerida para programar el riego. (Información en la Sección 3.2).

Las siguientes imágenes muestran los sitios donde deben tomarse algunas de las lecturas.



Puede utilizar los siguientes formatos para recabar sus datos:

Lecturas de Referencia para El Sistema de Riego con Cinta Subterránea											
	Caudal del Sistema	Presión de la bomba	Presión de entrada del filtro	Presión de salida del filtro	Presión de salida de la válvula de control de la Línea Principal	Apariencia del agua de lavado a la salida del filtro	Zona de Riego #				Apariencia del agua de lavado de la cinta
							Presión de entrada de la válvula de Bloque	Presión de salida de la válvula de Bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	
Ejemplo: Valor objetivo de la lectura dada por el ingeniero de diseño	400 GPM (100 m ³ /hr)	40 psi (3.0 Bar)	38 psi (2.9 Bar)	30-37 psi (2.0 - 2.5 Bar)	28 psi (1.9 Bar)	Sin arena, transparente después del retrolavado	18-23 psi (1.2 - 1.5 Bar)	15 psi (1.0 Bar)	12-14 psi (0.8-0.9 Bar)	4 psi (0.3 Bar)	Transparente
Primer Riego:											
Lecturas	Semana 1										
	Semana 2										
	Semana 3										
	Semana 4										
	Semana 5										
	Semana 6										
	Semana 7										
	Semana 8										
	Semana 9										
	Semana 10										
	Semana 11										
	Semana 12										
	Semana 13										

Lecturas de Referencia del Bloque de Riego					
	Zona de Riego #				Apariencia del agua de lavado de la cinta
	Presión de entrada de la válvula de Bloque	Presión de salida de la válvula de Bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	
Ejemplo: Valor objetivo de la lectura dada por el ingeniero de diseño	18-23 psi (1.2 - 1.5 Bar)	15 psi (1.0 Bar)	12-14 psi (0.8-0.9 Bar)	4 psi (0.3 Bar)	Transparente
Primer Riego:					
Lecturas	Semana 1				
	Semana 2				
	Semana 3				
	Semana 4				
	Semana 5				
	Semana 6				
	Semana 7				
	Semana 8				
	Semana 9				
	Semana 10				
	Semana 11				
	Semana 12				
	Semana 13				

Lecturas de Referencia del Bloque de Riego					
	Zona de Riego #				Apariencia del agua de lavado de la cinta
	Presión de entrada de la válvula de Bloque	Presión de salida de la válvula de Bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	
Ejemplo: Valor objetivo de la lectura dada por el ingeniero de diseño	18-23 psi (1.2 - 1.5 Bar)	15 psi (1.0 Bar)	12-14 psi (0.8-0.9 Bar)	4 psi (0.3 Bar)	Transparente
Primer Riego:					
Lecturas	Semana 1				
	Semana 2				
	Semana 3				
	Semana 4				
	Semana 5				
	Semana 6				
	Semana 7				
	Semana 8				
	Semana 9				
	Semana 10				
	Semana 11				
	Semana 12				
	Semana 13				

¿Cuándo tomar las Lecturas?

Como regla general, las lecturas de referencia y el monitoreo subsecuente deben realizarse después de que la presión del sistema y el flujo se hayan estabilizado. El sistema debe ser llenado lentamente para que el aire tenga suficiente tiempo de escapar a través de las válvulas de alivio y evitar el golpe de ariete en los filtros, las válvulas y las conexiones importantes en la tubería. Para facilitar el llenado lento se coloca una válvula de mariposa, operada manualmente, preajustada o automatizada después de la bomba y antes de los filtros, a fin de regular el flujo de llenado.

¿Cómo Determinar el Tiempo de Estabilización?

Los siguientes cálculos le pueden ayudar a determinar el tiempo que debe operar el sistema hasta que la presión y el flujo se estabilicen. De esta manera, el operador sabrá cuando tomar las lecturas. Por ejemplo, si el área de todas las tuberías y la cinta consume 5,000 galones de agua y el caudal del sistema es de 500 GPM, el sistema se estabilizará después de 10 minutos de estar operando.

Ecuación Sistema Inglés:

1. **Calcule el volumen total de área de las cintas con goteros y las tuberías de conducción en pies cúbicos. Utilice la siguiente fórmula:**

Volumen de la Tubería (pies cúbicos)= $3.14 \times D^2 / 4 \times L$

Nota: D= Diámetro Interno de la Tubería (en pies) y L= Longitud de la Tubería (en pies)

2. **Convierta este volumen a galones multiplicando por 7.48 galones por pie cúbico.**
3. **Compare el volumen con el caudal del sistema.** Divida el volumen total en galones (del paso 2) entre el caudal en galones por minuto (gpm), a fin de determinar cuántos minutos se requerirán para llenar la tubería.

Ejemplo Sistema Inglés:

200 pies de tubería (L) con un diámetro interno de **3.284 pulgadas (D)** tendría el siguiente volumen interno **en pies cúbicos** (recuerde convertir las pulgadas a pies):

Volumen de la Tubería (pies cúbicos)= $3.14 \times (3.284 \text{ pulgadas}/12 \text{ pulgadas/pie})^2 / 4 \times 200 \text{ pies}$
 Después de convertir pulgadas a pies: $3.14 \times (.27372)^2 / 4 \times 200 \text{ pies}$
 Por lo tanto: $3.14 \times .0187 \times 200 = 11.74 \text{ pies cúbicos}$

Ya que 7.48 galones ocupan un pie cúbico, el volumen de agua en esta sección de 200 pies de la tubería deberá ser: $11.74 \text{ pies} \times 7.48 \text{ galones por pie cúbico} = 88 \text{ galones}$. Si el caudal del sistema es de 10 gpm, se requerirían $88 \text{ galones}/10 \text{ gpm} = 8.8 \text{ minutos}$ para llenar la tubería.

Ecuación Sistema Métrico:

1. Calcule el volumen total de área de las cintas con goteros y las tuberías de conducción en metros cúbicos. Utilice la siguiente fórmula:

Volumen de la Tubería (metros cúbicos) = $3.14 \times D^2 / 4 \times L$

Nota: D= Diámetro Interno de la Tubería (en metros) y L= Longitud de la Tubería (en metros)

2. Divida el volumen total en metros cúbicos (del paso 1) entre el caudal en metros cúbicos por hora (m³/hr), a fin de determinar cuántos minutos se requerirán para llenar la tubería.

Ejemplo Sistema Métrico:

200 metros de tubería (L) con un diámetro interno de **83.4 mm (D)** tendría el siguiente volumen interno en metros cúbicos (recuerde convertir millimeters a metros).

$$\begin{aligned} \text{Volumen de la Tubería (metros cúbicos)} &= 3.14 \times (83.4 \text{ mm} / 1,000 \text{ mm/metros})^2 / 4 \times 200 \text{ metros} \\ &= 3.14 \times 0.00696 / 4 \times 200 \text{ metros} \\ &= 3.14 \times 0.00174 \times 200 = \mathbf{1.09 \text{ metros cúbicos de agua}} \end{aligned}$$

Si el caudal del sistema es de 10 m³/hr, se requerirían (1.09 m³/ 10 m³/hr) x 60 minutos = **6.5 minutos para llenar la tubería.**

DripIrrigation.org

Practical and Efficient Irrigation Technology

Welcome to DripIrrigation.org - your guide to Drip Irrigation

Drip irrigation is a technology widely used in [agriculture](#), [landscape](#), [greenhouses](#) and [nurseries](#) to apply water directly where it is needed. Drip irrigation [minimizes the use of water](#) and enables the injection of fertilizers through the [drip irrigation system](#) while at the same time growing healthier plants that have [less disease](#).

Drip Irrigation Owner's Manual

It's here! A comprehensive Drip Irrigation Owner's Manual for both new and existing row, field, and permanent crop growers. This manual will help you take full advantage of the precise, efficient, and practical benefits of a drip irrigation system, so it will deliver the most value by integrating your crop, soil, nutrients, and water for optimal results.

- ▶ [BUY the Drip Irrigation Owner's Manual NOW!](#)
- ▶ [Learn more about the Drip Irrigation Owner's Manual](#)

Typical Drip Irrigation Layout

This illustration of a Typical Drip Irrigation Layout has been developed to help those who are unfamiliar with drip irrigation understand the basic drip irrigation system components and concepts.

- ▶ [Drip Irrigation Layout](#)
- ▶ [Drip Irrigation Layout \(Spanish\)](#)

DripTips - Drip Irrigation Blog & Twitter Account

For more tips, trends, and helpful information for successful drip irrigation, check out our new drip irrigation blog! And while you're at it, sign up and follow us on Twitter for frequent drip irrigation news, updates, and application tidbits.

- ▶ [DripTips - Drip Irrigation blog](#)
- ▶ [DripTips - Drip Irrigation twitter account](#)

Featured Installations

- ▶ Solutions for your Crop
- ▶ Grower Success Stories

Find Local Experts

If you would like to be considered as a Local Drip Irrigation Expert, please contact contact@dripirrigation.org.

glossary of terms | [media room](#) | [terms of use](#) | [Contact Us](#) | [PRIVACY NOTICE](#)

©2011, The Toro Company

brought to you by **TORO**

Toro patrocina la página de internet Dripirrigation.org donde encontrará mas información sobre el riego por goteo.



3

OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

- 3.1 Monitoreo de los Parámetros de Operación Clave
- 3.2 Programación del Riego
 - A. Uso del Método Balance de Agua
 - B. Consideraciones Adicionales
 - C. Equipo de Monitoreo
 - D. Métodos para Calcular el Tiempo de Operación de Cultivos en Hilera y Cultivos Permanentes

Operación Básica del Sistema

Una vez instalado y comprobado el funcionamiento del sistema de riego, podemos empezar a regar. Sin embargo con el propósito de optimizar su inversión, recomendamos monitorear el sistema rutinariamente para identificar y corregir desperfectos.

3.1 Monitoreo de los Parámetros de Operación Clave

Una vez iniciado el ciclo de riego, es preciso monitorear las presiones y los caudales del sistema, así como evaluar el agua de lavado y la integridad del sistema de manera rutinaria.

Monitoreo del Diferencial de Presión y Flujo del Sistema

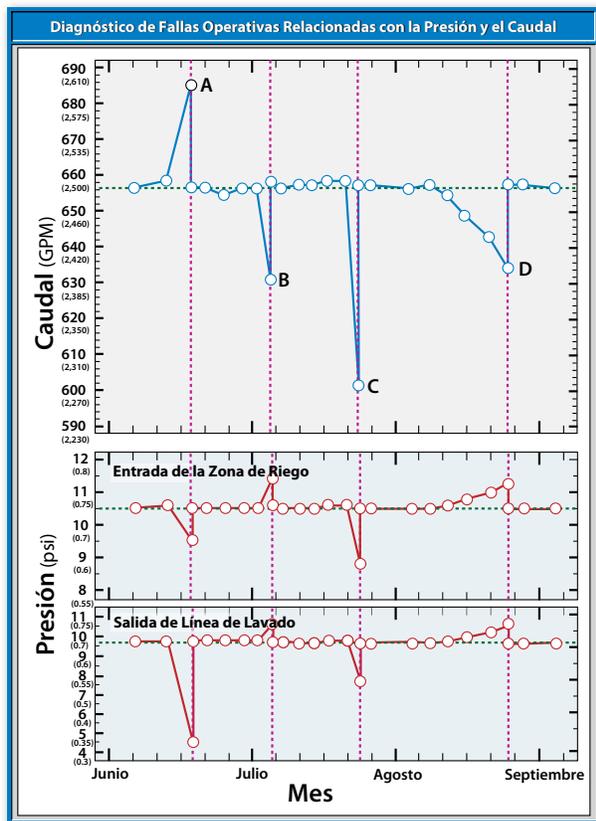
Una vez que el sistema de riego se estabilice, es necesario comparar las lecturas de presión y caudal del agua con las lecturas de referencia registradas después del arranque inicial, a fin de asegurarse que el sistema esta operando conforme a diseño. Recuerde que el caudal y la presión del agua están intrínsecamente relacionados, por lo que las lecturas de referencia pueden indicar lo siguiente:

- Que los parámetros de ajuste del equipo de control están equivocados o que el equipo de control está fallando.
- Que los filtros o los emisores están tapados por la acumulación de precipitados minerales, o material orgánico e inorgánico.
- Fugas de las tuberías o fallas en la cinta, conectores sueltos, daño ocasionado por roedores e insectos.

Use la Guía de Diagnóstico de Fallas de este Manual para Aislar el Problema

Guía de Diagnóstico de Fallas				
BOMBA: Presión a la Salida:	 Alta	 Baja	 Baja	 Alta
Flujómetro del Sistema	 Alto	 Bajo	 Alto	 Bajo
Posible problema y Solución:	1. La válvula de la bomba está demasiado abierta 2. Debe reducir la salida de la bomba	1. Debe abrir más la válvula de la bomba. 2. Debe aumentar la salida de la bomba	1. El sistema tiene una fuga 2. Está abierta una válvula por error	1. Los emisores o los filtros están tapados 2. Necesita abrir más una Válvula 3. Necesita abrir varias válvulas de zona 4. Necesita abrir las válvulas de zona correctas
FILTRO Presión a la Salida	 Alta	 Baja	 Baja	 Alta
Flujómetro del Sistema:	 Alto	 Bajo	 Alto	 Bajo
Posible Problema y Solución	1. La válvula de la bomba está demasiado abierta 2. Debe reducir el caudal de la bomba	1. Los filtros están tapados y deben ser limpiados/retrolavados 2. Debe abrir más la válvula de la Bomba 3. Debe aumentar la salida de la bomba	1. El sistema tiene una fuga 2. Hay una válvula abierta por error	1. Los emisores están tapados 2. Es necesario abrir más una válvula 3. Necesita abrir un mayor número de válvulas de zona 4. Necesita abrir las válvulas de zona correctas
Válvula de Bloque Presión a la Salida	 Alta	 Baja	 Baja	 Alta
Flujómetro	 Alto	 Bajo	 Alto	 Bajo
Posible Problema y Solución	1. La válvula de bloque está demasiado abierta 2. Debe disminuir la salida de la bomba	1. Debe abrir más la válvula de bloque 2. Debe aumentar la salida de la bomba 3. Los filtros están tapados y debe lavarlos a contra-flujo	1. El sistema tiene una fuga 2. Hay una válvula abierta por error	1. Los emisores están tapados 2. Necesita abrir más una válvula

Asimismo, los siguientes ejemplos hipotéticos muestran cómo utilizar el registro de lecturas de presión y caudal para detectar y resolver problemas operativos (Lamm & Rogers, 2009)



Anomalía A: El responsable del riego observa un aumento drástico en el caudal con una pequeña reducción de la presión en la entrada de la zona, así como una gran reducción de presión a la salida de la línea de lavado. Revisa la manguera goteros, encuentra daños ocasionados por roedores y los repara.

Anomalía B: El responsable del riego observa una reducción drástica del caudal junto con un ligero incremento tanto en la entrada de la Zona como a la salida de la línea de lavado. Revisa y encuentra una colonia bacteriana visible en la manguera con goteros. Aplica de inmediato cloro y acidifica el sistema para remediar el problema.

Anomalía C: El responsable del riego observa una disminución drástica de presión desde la última vez que aplicó riego, con reducciones de presión tanto a la entrada de la Zona, como a la salida de la línea de lavado. Una inspección rápida revela una caída importante en la presión del sistema de filtración, indicando la necesidad de limpiarlo. Después de limpiar el sistema de filtrado la presión y el caudal recuperarán sus niveles operativos normales.

Anomalía D: El responsable del riego observa una disminución gradual del caudal durante los últimos cuatro servicios de riego, con aumentos de presión a la entrada de la Zona y a la salida de la línea de lavado. Revisa el sistema y detecta que las tuberías se están tapando poco a poco. Aplica un tratamiento químico de inmediato para remediar el problema.

Monitoreo de la Calidad del Agua de Lavado

Con la misma frecuencia que aplica el riego, deberá abrir los extremos de las líneas laterales para vaciar el contenido en un frasco, con el objeto de inspeccionar visualmente la calidad del agua. Deberá darle mantenimiento al sistema cuando la calidad del agua empieza a degradarse, lo cual se percibe en el color con el que sale el agua de lavado y en el contenido de residuos arenosos, material orgánico o sólidos. Debido a que los extremos de las líneas laterales en los sistemas de cinta enterrada están conectados a la línea secundaria de lavado, como se muestra en la ilustración al final de la página 20, será necesario abrir la válvula de dicha línea secundaria para examinar el agua de lavado. Si no resulta práctico llevar a cabo esta tarea durante cada ciclo de riego, puede instalar una "T" en el extremo de la cinta lateral, colocando un tubo vertical con una válvula a nivel del suelo, misma que facilitará la inspección del agua de lavado de manera periódica.

Las siguientes imágenes muestran como revisar la presión, el flujo y la calidad del agua de lavado.



De izquierda a derecha: Manómetro de la línea principal; medidor de flujo; manómetro de la cinta; monitoreo del agua de lavado de la cinta.

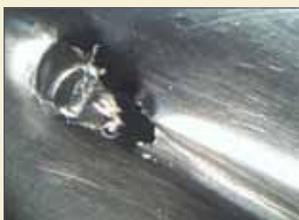
Monitoreo de Daño Mecánico

Las líneas laterales de polietileno y la cinta enterrada pueden sufrir daños mecánicos producidos por diferentes causas, incluyendo el equipo de instalación, el equipo de labranza, insectos, aves, roedores, presión excesiva, o el efecto de lupa ocasionado por la luz solar magnificada por la condensación acumulada por debajo del acolchado plástico transparente. El equipo de inyección de cinta debe ser inspeccionado de manera rutinaria, además de revisar el sistema de goteo en búsqueda de evidencia de daño mecánico, indicado por charcos de agua, chorros de agua, pérdida de presión o pérdida del cultivo. Cuando encuentre este tipo de daños deberá implementar un control de plagas o efectuar los ajustes necesarios al equipo de inyección de cinta para evitar problemas futuros. Las siguientes fotografías muestran los distintos tipos de daño mecánico que pueden presentarse. Hacemos hincapié en que el daño ocasionado por el efecto de lupa es poco común en la cinta enterrada, ya que la cinta está en el subsuelo y no se ve sometida al efecto de magnificación de la luz solar bajo el acolchado plástico transparente. Sin embargo, los sistemas de cinta enterrada son los más susceptibles al daño ocasionado por roedores, ya que las poblaciones de estos animales no pueden ser controladas por medio de aplicaciones de riego, ni con prácticas de cultivo.

Ejemplos de Daño Mecánico y Otros Tipos de Daño



Daño por aves



Daño por equipo



Daño por equipo



Presión excesiva



Daño por insectos



Daño por insectos



Daño por insectos



Daño por el efecto de lupa



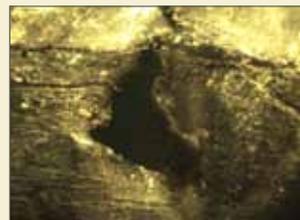
Daño por roedores



Daño por roedores



Daño por roedores

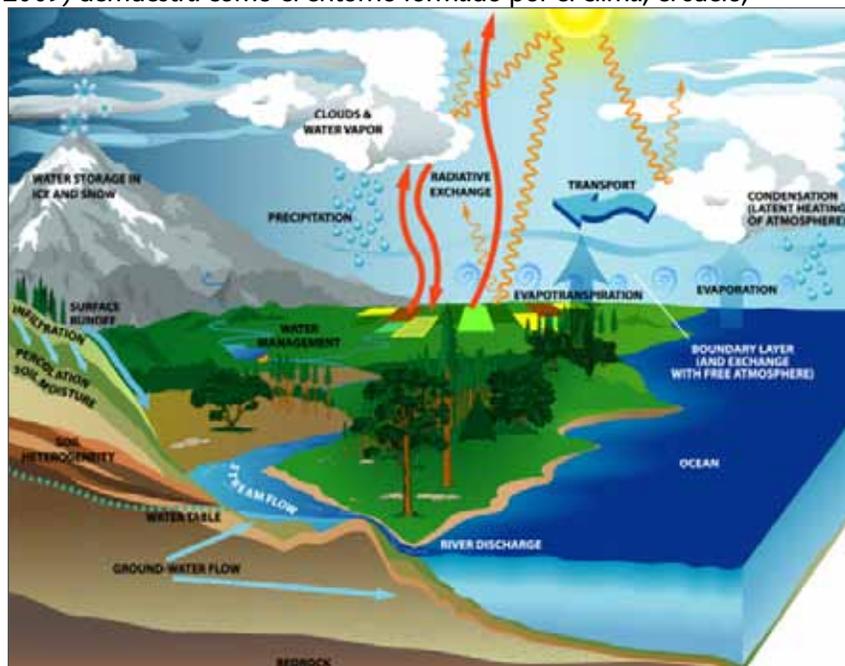


Daño por roedores

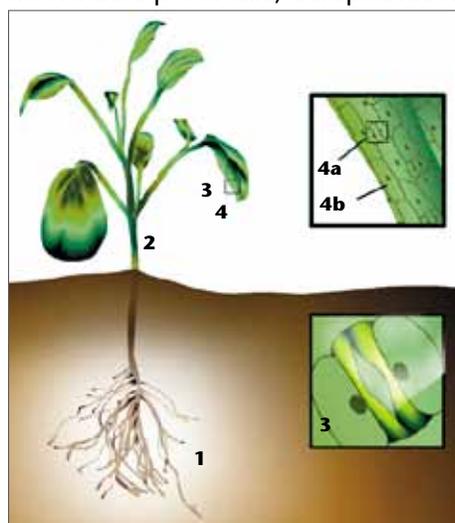
3.2 Programación del Riego

La programación del riego es el proceso por el cual se decide cuándo y por cuánto tiempo se debe de operar el sistema de riego. Es un tema complejo pero de suma importancia, ya que de él depende si el cultivo obtiene la cantidad necesaria de agua y nutrientes, al igual que determina si el agua se desperdicia en escurrimientos o por percolación profunda o si se desplazan las sales de la zona radicular.

La Ilustración del Ciclo Hidrológico (NASA 2009) demuestra como el entorno formado por el clima, el suelo, la geografía, la geología y el desarrollo del cultivo influyen en el movimiento y uso del agua. La programación del riego utiliza tanto el arte como la ciencia para equilibrar factores conocidos, como el tipo de suelo, el gasto del sistema de riego y el tipo de cultivo, con condiciones cambiantes como el clima, la química, la etapa de desarrollo de la planta y las prácticas de cultivo. Por un lado del espectro, el responsable del riego puede tomar decisiones al evaluar físicamente el contenido de humedad en una muestra de suelo, o mediante el monitoreo visual de la apariencia y el color del cultivo. Por otro lado, pueden utilizarse instrumentos sofisticados para recabar datos sobre la humedad del suelo, el estrés hídrico de la planta, las condiciones climáticas y el consumo de agua teórico que requiere el cultivo.



La imagen del proceso de Transpiración (Techalive, 2009) muestra el proceso de consumo de agua de las plantas, pasando por las raíces y moviéndose por el tallo, transpirando hacia la atmósfera. Los investigadores han generado datos de este proceso para muchos cultivos y la información está a disposición de los productores. También es posible utilizar programas de software para interpretar esta información y generar recomendaciones de programación para aplicaciones avanzadas y operaciones automáticas.



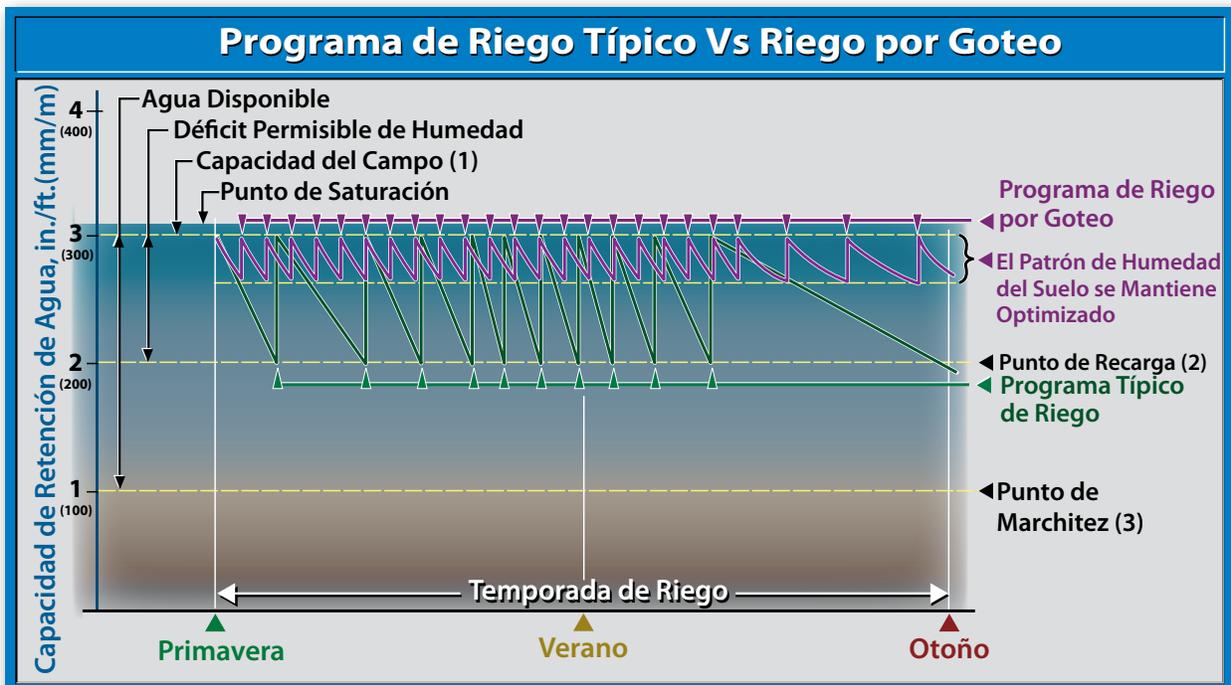
TRANSPIRACIÓN

1. El agua es absorbida por los pelos radicales
2. El agua se mueve por el tallo mediante los vasos del xilema, encargados de conducir el agua y los minerales hacia las hojas.
3. Las células protectoras se abren creando un poro mediante el cual pueda escapar el vapor
4. El vapor de agua escapa a través de estomas abiertas, que se encuentran principalmente en el revés de las hojas. (4ª. Estoma, 4b. Célula Vegetal)

La programación adecuada del ciclo de riego aumenta los beneficios y disminuye los problemas.

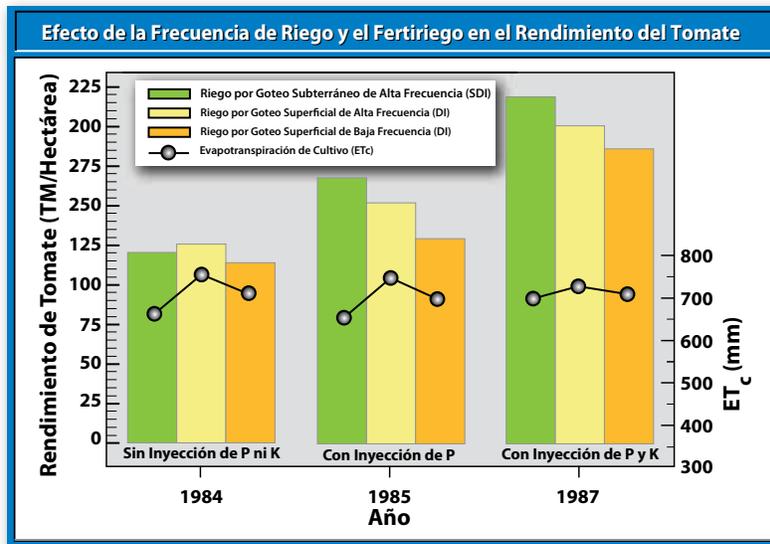
El "Programa de Riego Basado en el Patrón de Humedad del Suelo" que se muestra a continuación (adaptado de USBR, 2000, página 87) muestra dos estrategias distintas de programación de los eventos de riego. La primera estrategia (en violeta) emplea el sistema de riego por goteo para reabastecer el agua de manera frecuente, así logrando mantener el nivel de óptimo de humedad en el suelo. La segunda estrategia (en verde) reabastece el agua del patrón de humedad con poca frecuencia, permitiendo que aproximadamente 50% de la humedad disponible en el suelo se agote antes de reabastecerla. Este programa es típico de los sistemas de riego por aspersión, así como de algunos sistemas riego rodado, donde es común que no se aporte la humedad óptima

al cultivo. Es preciso observar que la definición de "humedad óptima" puede variar conforme al cultivo, la etapa de crecimiento, los parámetros de calidad y otras variables, y puede incluir un cierto nivel de resequead o déficit de riego, sin importar cual sea el sistema de riego utilizado.



- (1) Patrón de Humedad Lleno
- (2) Equivale Usualmente al 50% de la Capacidad de Retención del Suelo
- (3) Patrón de Humedad Vacío

Además de la alta frecuencia de riego, las pruebas realizadas aplicando alta frecuencia de fertiriego con aplicaciones de fósforo y potasio han demostrado producir mejores rendimientos, tal y como lo muestra la siguiente gráfica (Lamm, 2007 después de Phene y colaboradores, 1990).



El rendimiento del Tomate y la evapotranspiración (ET) del cultivo como resultado de los distintos tipos de riego utilizado y el fertiriego con aplicaciones de macronutrientes: fósforo (P) y potasio (K) en un suelo franco arcilloso. Datos de Phene y colaboradores (1990).

En resumen, el responsable del riego debe decidir cuándo y cuánto tiempo debe de regar para lograr los mejores resultados, dependiendo del cultivo y sus condiciones particulares. En este manual haremos referencia al Método de Balance de Agua y luego exploraremos algunos factores adicionales que afectan la programación del riego, antes de elaborar un programa típico de riego basado en condiciones teóricas.

A. Uso del Método Balance de Agua

El Método Balance de Agua supone que la zona radicular del cultivo actúa como depósito de agua, de manera semejante a una cuenta bancaria. Cuando el cultivo empieza a consumir agua a través del proceso de Evapotranspiración (ET), el agua va siendo retirada de la cuenta bancaria. Esta agua puede ser reemplazada por agua de lluvia o por depósitos de riego. Se realiza un balance para monitorear el nivel teórico de agua que queda en el depósito de agua. El monitoreo en campo sirve para verificar el balance teórico antes de tomar las decisiones finales sobre el riego.

¿Cómo calcular el Programa y el Ciclo de Riego?

Como mínimo, se requieren dos datos para calcular el tiempo de riego teórico y el programa de riego por medio del Método del Balance de Agua: 1) El consumo de agua del cultivo (la cantidad de agua que se requiere diariamente) y 2) La tasa de aplicación neta del sistema de riego (cuánta agua se aplica por hora de riego). Ambos factores se utilizan para calcular el tiempo de operación teórico. La evapotranspiración (ET) de referencia, el Coeficiente de Cultivo y la Cobertura Vegetal en forma decimal, están disponibles a través de universidades y dependencias gubernamentales. Le recomendamos que utilice estas fuentes de información.

Al momento de comprar el sistema de riego por goteo, el distribuidor del sistema de riego deberá proporcionarle la tasa de aplicación neta del sistema. Sin embargo, también puede recurrir a los mismos fabricantes o a consultores particulares. También puede utilizar las siguientes formulas para calcular el Tiempo Teórico de Riego, el Consumo de Agua del Cultivo y la Tasa de Aplicación Neta.

Ecuación 1 Sistema Inglés – Tiempo Teórico de Riego:

Tiempo de Riego (mins.)= Consumo de agua del cultivo (pulgadas)/ Tasa de Aplicación Neta del Sistema (pulgadas/hr)x 60

Ejemplo Sistema Inglés:

Si el consumo de agua es 0.33" por día y la tasa de aplicación neta del sistema de riego es 0.08"/hora; ¿cuánto tiempo debe operar el sistema diariamente para reabastecer el consumo de agua que tenga el cultivo?

Ecuación 1- Tiempo de Riego Teórico por Día

Consumo de agua del cultivo	÷	Tasa de Aplicación Neta	x	60	=	Tiempo de Riego por Día
-----------------------------	---	-------------------------	---	----	---	-------------------------

Ejemplo:

0.33 pulg./día	÷	0.08 pulg./hora	x	60	=	248 minutos/día
----------------	---	-----------------	---	----	---	-----------------

Ecuación 1 Sistema Métrico – Tiempo Teórico de Riego:

Tiempo de Riego (mins.) = Consumo de agua del cultivo (mm) / Tasa de Aplicación Neta del Sistema (mm/hr.) x 60

Ejemplo Sistema Métrico:

Si el consumo de agua es 8 mm por día y la tasa de aplicación neta del sistema de riego es 2 mm/hr, ¿cuánto tiempo debe operar el sistema diariamente para reabastecer el consumo de agua que tenga el cultivo?

Ecuación 1- Tiempo de Riego Teórico por Día

Consumo de agua del cultivo	÷	Tasa de Aplicación Neta	x	60	=	Tiempo de Riego por Día
-----------------------------	---	-------------------------	---	----	---	-------------------------

Ejemplo:

8mm/día	÷	2mm/hora	x	60	=	240 minutos/día
---------	---	----------	---	----	---	-----------------

Debido a que la tasa de aplicación neta del sistema no cambia casi nunca, solo deberá recabar de manera frecuente los datos sobre consumo de agua del cultivo para calcular el tiempo de riego teórico. Monitoree las condiciones de las plantas y el suelo en el campo de cultivo para verificar que el programa de riego calculado esté aportando los resultados deseados y en caso de no ser así, poder detectar cuáles valores teóricos deberán ser ajustados.

La siguiente gráfica proporciona información más detallada respecto a las variaciones en el consumo de agua del cultivo y la tasa neta de aplicación.

Determinación del Consumo de Agua del Cultivo

El consumo de agua se expresa de manera típica en pulgadas de agua por día, ó Etc (evapotranspiración del cultivo). Se calcula multiplicando la tasa de evapotranspiración de referencia (ET_o), generada a partir de la información diaria proporcionada por la estación climatológica local, el coeficiente del cultivo (K_c), el cuál solo se aplica a un cultivo específico y datos sobre la geografía donde se desarrolla el cultivo. El propósito de K_c es ajustar la información genérica del clima al cultivo específico que se esté produciendo. Los datos de clima y coeficiente de cultivo pueden ser obtenidos de las universidades y dependencias gubernamentales locales, o pueden ser generados por el productor, utilizando el equipo y los procedimientos de investigación adecuados. La “Tabla de Zonas de la Evapotranspiración Mensual Promedio de Referencia por ET_o” (CIMIS, 1999) muestra los datos mensuales de todo California. Vea el Apéndice para información adicional sobre ET_o y los datos de precipitación.

Tabla de zonas de la evapotranspiración mensual promedio de referencia por ET_o (pulgadas/mes)

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	0.93	1.40	2.48	3.30	4.03	4.50	4.65	4.03	3.30	2.48	1.20	0.62	32.9
2	1.24	1.68	3.10	3.90	4.65	5.10	4.96	4.65	3.90	2.79	1.80	1.24	39.0
3	1.86	2.24	3.72	4.80	5.27	5.70	5.58	5.27	4.20	3.41	2.40	1.86	46.3
4	1.86	2.24	3.41	4.50	5.27	5.70	5.89	5.58	4.50	3.41	2.40	1.86	46.6
5	0.93	1.68	2.79	4.20	5.58	6.30	6.51	5.89	4.50	3.10	1.50	0.93	43.9
6	1.86	2.24	3.41	4.80	5.58	6.30	6.51	6.20	4.80	3.72	2.40	1.86	49.7
7	0.62	1.40	2.48	3.90	5.27	6.30	7.44	6.51	4.80	2.79	1.20	0.62	43.3
8	1.24	1.68	3.41	4.80	6.20	6.90	7.44	6.51	5.10	3.41	1.80	0.93	49.4
9	2.17	2.80	4.03	5.10	5.89	6.60	7.44	6.82	5.70	4.03	2.70	1.86	55.1
10	0.93	1.68	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.13	5.10	3.10	1.50	0.93	49.1
11	1.55	2.24	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.44	5.70	3.72	2.10	1.55	53.1
12	1.24	1.96	3.41	5.10	6.82	7.80	8.06	7.13	5.40	3.72	1.80	0.93	53.4
13	1.24	1.96	3.10	4.80	6.51	7.80	8.99	7.75	5.70	3.72	1.80	0.93	54.3
14	1.55	2.24	3.72	5.10	6.82	7.80	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.55	57.0
15	1.24	2.24	3.72	5.70	7.44	8.10	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.24	57.9
16	1.55	2.52	4.03	5.70	7.75	8.70	9.30	8.37	6.30	4.34	2.40	1.55	62.5
17	1.86	2.80	4.65	6.00	8.06	9.00	9.92	8.68	6.60	4.34	2.70	1.86	66.5
18	2.48	3.36	5.27	6.90	8.68	9.60	9.61	8.68	6.90	4.96	3.00	2.17	71.6

La variación entre las estaciones de medición de la zona 1 es de hasta 0.02 pulgadas por día. Para la zona 13 la variación es similar durante los meses de invierno.

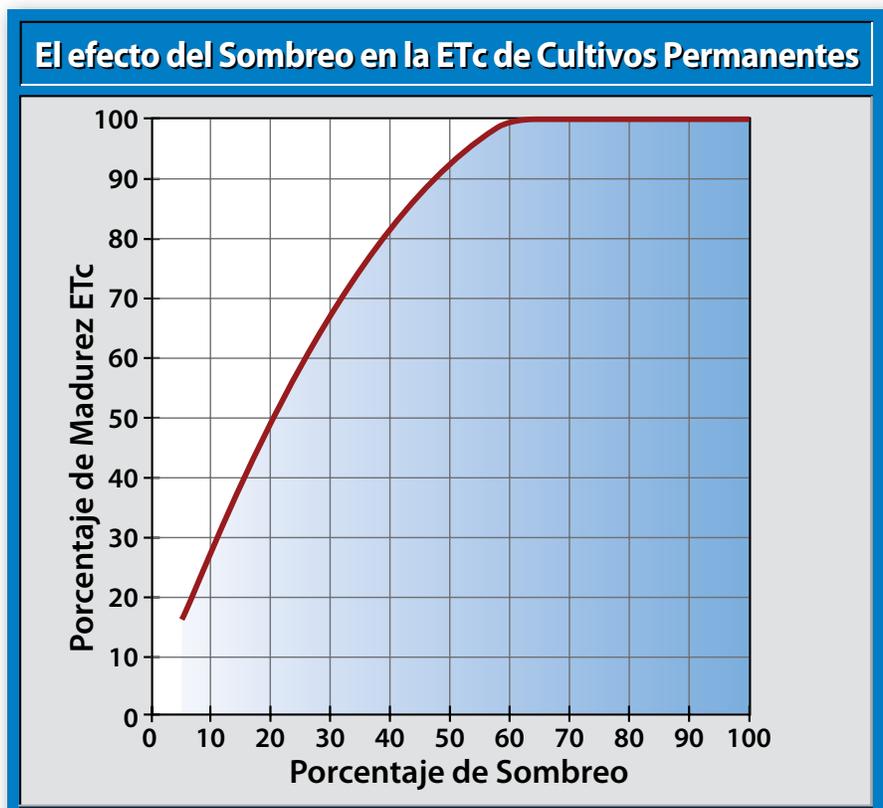
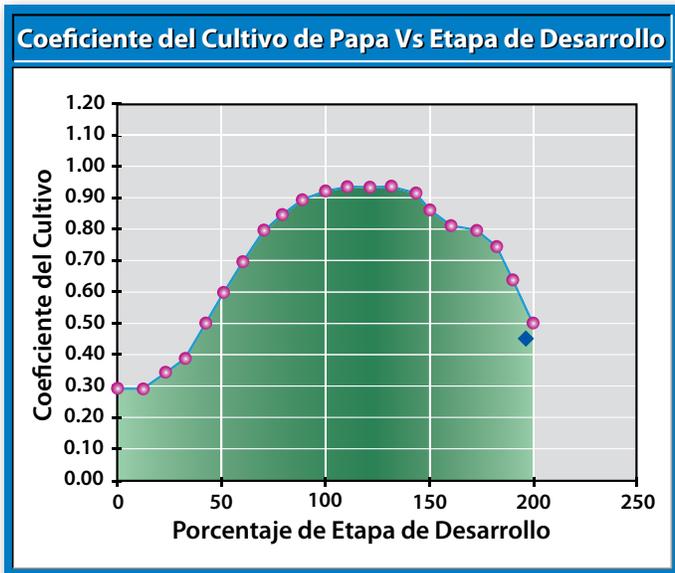
Tabla de zonas de la evapotranspiración mensual promedio de referencia por ET_o (mm/mes)

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	23.6	35.6	63.0	83.8	102.4	114.3	118.1	102.4	83.8	63.0	30.5	15.7	836
2	31.5	42.7	78.7	99.1	118.1	129.5	126.0	118.1	99.1	70.9	45.7	31.5	991
3	47.2	56.9	94.5	121.9	133.9	144.8	141.7	133.9	106.7	86.6	61.0	47.2	1,176
4	47.2	56.9	86.6	114.3	133.9	144.8	149.6	141.7	114.3	86.6	61.0	47.2	1,184
5	23.6	42.7	70.9	106.7	141.7	160.0	165.4	149.6	114.3	78.7	38.1	23.6	1,115
6	47.2	56.9	86.6	121.9	141.7	160.0	165.4	157.5	121.9	94.5	61.0	47.2	1,262
7	15.7	35.6	63.0	99.1	133.9	160.0	189.0	165.4	121.9	70.9	30.5	15.7	1,100
8	31.5	42.7	86.6	121.9	157.5	175.3	189.0	165.4	129.5	86.6	45.7	23.6	1,255
9	55.1	71.1	102.4	129.5	149.6	167.6	189.0	173.2	144.8	102.4	68.6	47.2	1,400
10	23.6	42.7	78.7	114.3	149.6	182.9	204.7	181.1	129.5	78.7	38.1	23.6	1,247
11	39.4	56.9	78.7	114.3	149.6	182.9	204.7	189.0	144.8	94.5	53.3	39.4	1,349
12	31.5	49.8	86.6	129.5	173.2	198.1	204.7	181.1	137.2	94.5	45.7	23.6	1,356
13	31.5	49.8	78.7	121.9	165.4	198.1	228.3	196.9	144.8	94.5	45.7	23.6	1,379
14	39.4	56.9	94.5	129.5	173.2	198.1	220.5	196.9	144.8	102.4	53.3	39.4	1,448
15	31.5	56.9	94.5	144.8	189.0	205.7	220.5	196.9	144.8	102.4	53.3	31.5	1,471
16	39.4	64.0	102.4	144.8	196.9	221.0	236.2	212.6	160.0	110.2	61.0	39.4	1,588
17	47.2	71.1	118.1	152.4	204.7	228.6	252.0	220.5	167.6	110.2	68.6	47.2	1,689
18	63.0	85.3	133.9	175.3	220.5	243.8	244.1	220.5	175.3	126.0	76.2	55.1	1,819

La variación entre las estaciones de medición de la zona 1 es de hasta 6 mm por día. Para la zona 13 la variación es similar durante los meses de invierno.

La gráfica titulada “Coeficiente del Cultivo de Papa Vs Etapa de Desarrollo” (AgriMet, 200), muestra los cambios que sufre el coeficiente del cultivo conforme a la Etapa de Desarrollo Porcentual (0% =Etapa Emergente; 100% = Etapa Cierre de la Cobertura Folear en Hileras, 200% = Etapa Fin de Ciclo Vegetativo). Observe cómo cambian los valores ETo y Kc durante el ciclo agrícola.

El consumo teórico del cultivo también debe reducirse si el cultivo no cubre el 100% de la superficie del suelo. Por ejemplo, los investigadores de la Universidad de California recomendaron que si un huerto de árboles proporciona más del 62% de sombra, deben utilizarse los coeficientes del cultivo establecido. No obstante, si menos del 62% de la superficie del suelo está protegida por la sombra de los árboles, entonces se debe utilizar una proporción 2:1 para generar un factor de corrección. Por ejemplo, si una cobertura foliar inmadura solo cubre el 20% de la superficie del suelo, el consumo estimado de agua del huerto inmaduro será $2 \times 20 = 40\%$ del agua que requeriría un huerto maduro. En este caso se utilizaría 0.4 como multiplicador. La gráfica muestra las variaciones del porcentaje de ETC en plantas maduras, conforme al porcentaje de sombreado (Snyder, UC Folleto 21259).



Ecuación 2 Sistema Inglés – Consumo de Agua del Cultivo, Pulgadas por Día:

Consumo de Agua del Cultivo, ETc (pulgadas)=ETo x Kc x Factor de Cobertura del Cultivo

Ejemplo Sistema Inglés:

La ETo a mediados de junio en California central es 0.35" por día. El cultivo es una plantación de almendros, con un Kc de 0.95 durante esa época del año. Los árboles del huerto dan sombra al 80% de la superficie total del huerto. ¿Cuál es el consumo de agua del cultivo (ETc) por día?

Ecuación 2- Consumo de Agua del Cultivo (pulg./día)					
ETo	x	Kc	x	Cobertura del Cultivo	= Consumo de Agua del Cultivo, ETc
Ejemplo:					
0.35 pulg./día	x	0.95	x	1.00	= 0.33 pulg./día

Ecuación 2 Sistema Métrico – Consumo de Agua del Cultivo, Pulgadas por Día:

Consumo de Agua del Cultivo, ETc (mm)=ETo x Kc x Factor de Cobertura del Cultivo

Ejemplo Sistema Métrico:

La ETo a mediados de junio en California central es 9 mm por día. El cultivo es una plantación de almendros, con un Kc de .95 durante esa época del año. Los árboles del huerto dan sombra al 80% de la superficie total del huerto. ¿Cuál es el consumo de agua del cultivo (ETc) por día?

Ecuación 2- Consumo de Agua del Cultivo (mm./día)					
ETo	x	Kc	x	Cobertura del Cultivo	= Consumo de Agua del Cultivo, ETc
Ejemplo:					
9mm/día	x	0.95	x	1.00	= 8.55mm/día

En algunos lugares, la información de ETc (ET del cultivo) se basa en un modelo que contempla las diferentes condiciones de cultivo, eliminando la necesidad de rastrear la información sobre ETo y Kc. La gráfica de la siguiente página muestra las tasas de ETc para los cultivos con riego por goteo del Valle Central California (Burt, 2007). Cabe mencionar que los datos de precipitación y ETo de referencia aparecen solo en los primeros dos renglones, mientras que el resto de los datos son ET "pre-estimada" del cultivo.

Tabla Sistema Inglés:

Valores Típicos de Precipitación y ET del Cultivo (ETc) para Cultivos con Riego por Goteo ubicados en el Valle de San Joaquín, CA.													
<i>(Valores en Pulgadas)</i>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación	6.8	0.3	1.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.6	4.2	2.1	16.5
ETo de Referencia en zacate	0.7	2.1	4.0	5.6	7.3	7.6	8.0	6.8	5.4	3.5	1.1	1.0	53.0
Manzana, Pera, cereza, ciruela, ciruela pasa	0.8	0.9	1.6	2.3	6.5	7.3	7.6	6.5	4.9	2.3	0.5	1.0	42.1
Manzana, ciruela, cereza con cultivo de cobertura	0.8	2.4	4.1	4.9	7.9	9.0	9.5	8.0	6.1	3.5	0.9	1.2	58.2
Durazno, Nectarina y Chabacano	0.8	0.9	1.6	2.2	6.0	6.8	7.2	6.2	4.6	2.2	0.5	1.0	40.1
Durazno inmaduro, Nectarina	0.8	0.9	1.3	1.2	3.5	4.0	4.2	3.7	2.6	1.6	0.5	1.0	25.3
Almendros	0.8	1.0	1.8	3.0	6.5	7.0	7.3	6.2	4.7	3.1	0.5	1.0	42.7
Almendros con cobertura de cultivo	0.8	2.1	3.5	4.9	7.6	8.1	8.4	7.3	5.5	3.2	0.9	1.2	53.5
Almendros inmaduros	0.8	1.0	1.6	2.0	4.0	4.2	4.3	3.9	2.8	2.0	0.5	1.0	27.9
Nogales (nuez)	0.8	0.9	1.7	1.8	5.8	8.3	8.7	7.4	5.2	2.6	0.5	1.0	44.7
Pistachos	0.8	0.9	1.1	1.1	2.7	6.0	8.5	7.4	5.4	2.8	0.5	1.0	38.2
Pistachos con cobertura de cultivo	0.8	2.1	3.4	3.7	5.3	7.3	9.0	7.7	5.9	3.6	0.9	1.2	50.8
Pistachos inmaduros	0.8	0.9	1.1	0.7	1.5	3.7	5.1	4.6	3.3	1.8	0.5	1.0	25.0
Plantas deciduas	0.8	0.9	1.6	2.3	6.2	6.8	7.2	6.3	4.7	2.2	0.5	1.0	40.4
Algodón	0.9	0.9	1.1	1.0	1.7	4.7	8.4	7.4	5.0	1.4	0.5	1.0	33.9
Distintos cultivos a campo abierto	0.9	0.9	2.2	1.4	2.6	7.1	7.7	3.1	0.1	0.6	0.5	1.0	28.0
Pequeñas hortalizas	0.9	1.5	3.6	5.5	1.6	0.2	0.2	1.4	1.3	1.3	0.8	1.2	19.5
Tomate y pimiento	0.9	0.9	1.7	0.8	3.7	8.0	7.3	1.2	0.1	0.6	0.5	1.0	26.4
Papa, Betabel, Nabo	0.9	1.2	2.6	5.6	7.8	8.1	7.2	0.4	0.1	0.6	0.5	1.0	35.9
Melón, Calabacita y pepino	0.9	0.9	1.1	0.2	1.0	1.0	4.2	4.9	1.5	0.6	0.5	1.0	17.8
Cebolla y ajo	0.9	2.1	3.7	4.8	5.2	1.3	0.2	0.3	0.1	0.6	1.0	1.0	21.2
Fresa	0.9	0.9	2.2	1.4	2.6	7.1	7.7	3.1	0.1	0.6	0.5	1.0	28.0
Flores, Viveros, árboles de navidad	0.8	0.9	1.6	2.3	6.2	6.8	7.2	6.3	4.7	2.2	0.5	1.0	40.4
Cítricos sin cobertura de suelo	0.8	2.2	3.5	3.9	4.8	5.1	5.2	4.6	3.5	2.8	0.9	1.2	38.4
Cítricos inmaduros	0.9	1.6	2.5	2.2	3.0	3.1	3.2	2.9	2.1	1.9	0.7	1.1	25.1
Aguacate	0.8	0.9	1.6	2.3	6.2	6.8	7.2	6.3	4.7	2.2	0.5	1.0	40.4
Plantas subtropicales diversas	0.8	0.9	1.6	2.3	6.2	6.8	7.2	6.3	4.7	2.2	0.5	1.0	40.4
Uvas	0.8	0.9	1.3	1.1	3.5	6.0	6.4	5.1	2.8	0.6	0.5	1.0	30.0
Uvas con cultivo de cobertura	0.9	2.0	3.2	3.1	5.2	6.8	7.2	5.8	3.4	2.1	0.7	1.2	41.5
Uvas inmaduras	0.9	0.9	1.2	0.8	2.3	3.7	3.8	3.2	1.7	0.6	0.5	1.0	20.7

Tabla Sistema Métrico:

Valores Típicos de Precipitación y ET del Cultivo (ETc) para Cultivos con Riego por Goteo ubicados en el Valle de San Joaquín, CA.													
<i>(Valores en mm)</i>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación	173	8	33	5	5	5	3	8	3	15	107	53	417
ETo de Referencia en zacate	18	53	102	142	185	193	203	173	137	89	28	25	1349
Manzana, Pera, cereza, ciruela, ciruela pasa	20	23	41	58	165	185	193	165	124	58	13	25	1072
Manzana, ciruela, cereza con cultivo de cobertura	20	61	104	124	201	229	241	203	155	89	23	30	1481
Durazno, Nectarina y Chabacano	20	23	41	56	152	173	183	157	117	56	13	25	1016
Durazno inmaduro, Nectarina	20	23	33	30	89	102	107	94	66	41	13	25	643
Almendros	20	25	46	76	165	178	185	157	119	79	13	25	1090
Almendros con cobertura de cultivo	20	53	89	124	193	206	213	185	140	81	23	30	1359
Almendros inmaduros	20	25	41	51	102	107	109	99	71	51	13	25	714
Nogales (nuez)	20	23	43	46	147	211	221	188	132	66	13	25	1135
Pistachos	20	23	28	28	69	152	216	188	137	71	13	25	970
Pistachos con cobertura de cultivo	20	53	86	94	135	185	229	196	150	91	23	30	1293
Pistachos inmaduros	20	23	28	18	38	94	130	117	84	46	13	25	635
Plantas deciduas	20	23	41	58	157	173	183	160	119	56	13	25	1029
Algodón	23	23	28	25	43	119	213	188	127	36	13	25	864
Distintos cultivos a campo abierto	23	23	56	36	66	180	196	79	3	15	13	25	714
Pequeñas hortalizas	23	38	91	140	41	5	5	36	33	33	20	30	495
Tomate y pimiento	23	23	43	20	94	203	185	30	3	15	13	25	678
Papa, Betabel, Nabo	23	30	66	142	198	206	183	10	3	15	13	25	914
Melón, Calabacita y pepino	23	23	28	5	25	25	107	124	38	15	13	25	452
Cebolla y ajo	23	53	94	122	132	33	5	8	3	15	25	25	538
Fresa	23	23	56	36	66	180	196	79	3	15	13	25	714
Flores, Viveros, árboles de navidad	20	23	41	58	157	173	183	160	119	56	13	25	1029
Cítricos sin cobertura de suelo	20	56	89	99	122	130	132	117	89	71	23	30	978
Cítricos inmaduros	23	41	64	56	76	79	81	74	53	48	18	28	640
Aguacate	20	23	41	58	157	173	183	160	119	56	13	25	1029
Plantas subtropicales diversas	20	23	41	58	157	173	183	160	119	56	13	25	1029
Uvas	20	23	33	28	89	152	163	130	71	15	13	25	762
Uvas con cultivo de cobertura	23	51	81	79	132	173	183	147	86	53	18	30	1057
Uvas inmaduras	23	23	30	20	58	94	97	81	43	15	13	25	523

Ecuación 3 Sistema Inglés – Consumo de Agua del Cultivo, Galones por Planta:

Si lo prefiere puede convertir los datos de consumo de agua del cultivo de pulgadas a galones por planta; de esta manera podrá utilizar la siguiente fórmula:

Consumo de Agua del Cultivo (Galones/planta) = Consumo de Agua del Cultivo, Pulgadas/Día x 0.623 x Espaciamiento en Hileras, pies., x Espaciamiento entre plantas. ¿Cuántos galones de agua se consumen por árbol por día?

Ejemplo Sistema Inglés:

El huerto de almendras mencionado en el ejemplo anterior, esta plantado con un espaciamiento de 20 x 20 pies. ¿Cuántos galones de agua consume cada árbol por día?

Ecuación 3- Consumo de Agua del Cultivo (galones/planta)							
Consumo de agua del cultivo	x	0.623	x	Espaciamiento en hileras	x	Espaciamiento entre plantas	= galones/planta
Ejemplo:							
0.33 pulg./día	x	0.623	x	20 pies	x	20 pies	= 82.2 galones

Ecuación 3 Sistema Métrico – Consumo de Agua del Cultivo, Galones por Planta:

Si lo prefiere puede convertir los datos de consumo de agua del cultivo de millimeters to liters por planta; de esta manera podrá utilizar la siguiente fórmula:

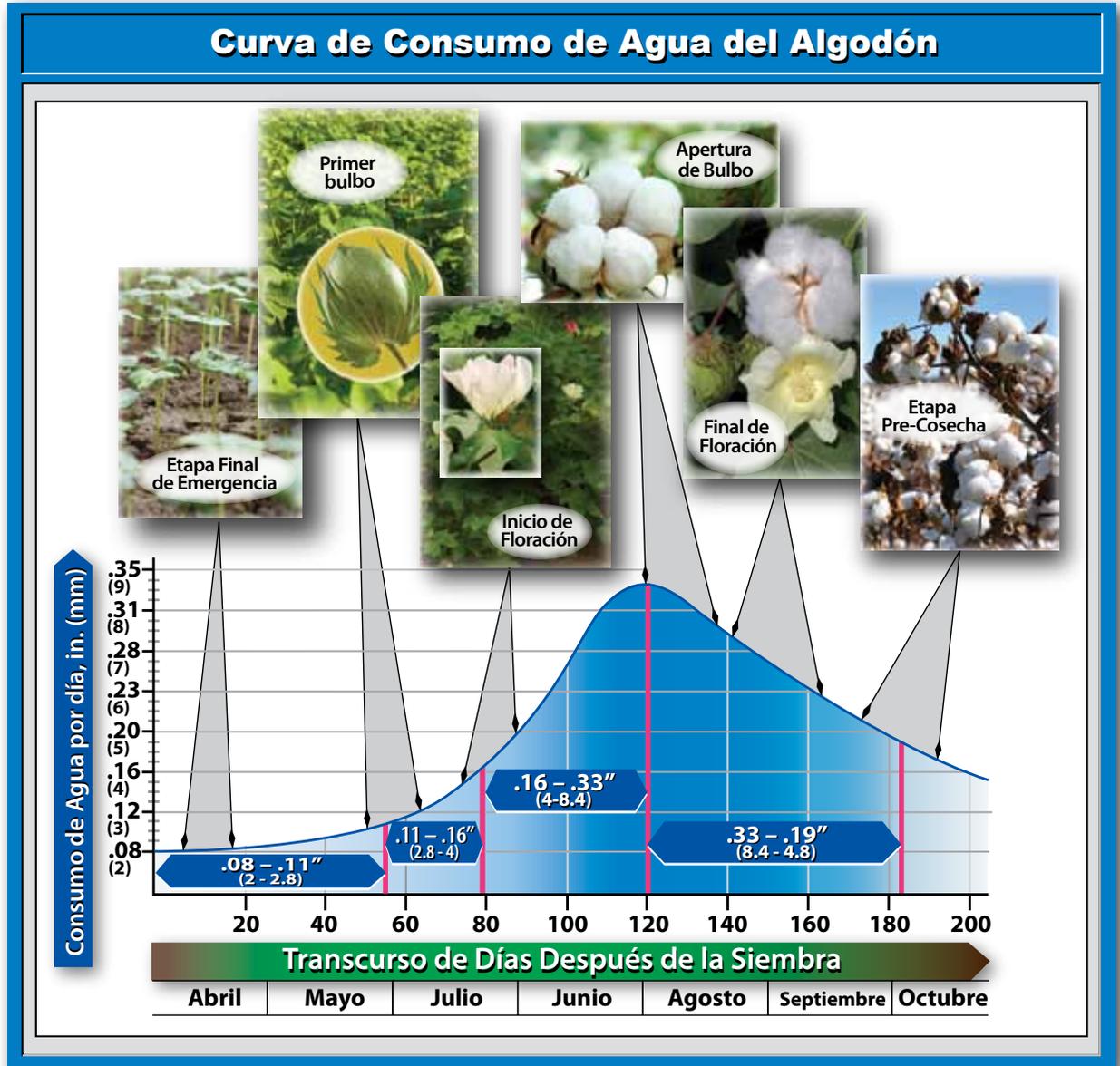
Consumo de Agua del Cultivo (litros/planta) = Consumo de Agua del Cultivo, mm/día x Distancia entre hileras, metros x Espaciamiento entre plantas, metros.

Ejemplo Sistema Métrico:

El huerto de almendras mencionado en el ejemplo anterior, esta plantado con un espaciamiento de 6 metros x 6 metros. ¿Cuántos litros de agua consume cada árbol por día?

Ecuación 3- Consumo de Agua del Cultivo (galones/planta)					
Consumo de agua del cultivo	x	Espaciamiento en hileras	x	Espaciamiento entre plantas	= Litros/planta
Ejemplo:					
8.55mm/día	x	6 metros	x	6 metros	= 307.8 litros

Tal y como se esperaría, el consumo de agua varía con los cambios de clima y la etapa de desarrollo del cultivo. La siguiente gráfica muestra una curva teórica de consumo de agua del algodón, en pulgadas por día. La gráfica representa todo el año.



ECUACIONES 4a Y 4b: TASA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

La tasa de aplicación del sistema de riego por goteo (dependiendo del caudal de los emisores y el espaciamiento entre ellos), se define como el volumen de agua aplicado a una cierta área y usualmente se expresa en pulgadas por hora. Las ecuaciones 4a y 4b calculan las tasas de aplicación para la cinta de riego, con las unidades de espaciamiento en las líneas laterales expresadas en pulgadas o pies, respectivamente. La Ecuación 5 calcula las tasas de aplicación para cintas con goteros, para las mangueras con goteros y para los sistemas de micro-jet, micro-spray y micro-aspersión. Una vez conocida la tasa de aplicación, es necesario reducir su capacidad nominal conforme a la uniformidad de emisión del sistema de goteo, utilizando la Ecuación 6 para calcular la tasa de aplicación "neta".

Ecuación 4a Sistema Inglés - Tasa de Aplicación de la Cinta de Goteo en Pulgadas por Hora (Espaciamiento Lateral en Pulgadas)

Tasa de Aplicación (pulgadas/hr) = (Q-100 x 11.6) / Espaciamiento de las Líneas Laterales de la cinta, **Pulgadas**

Dónde: Q-100 = caudal de la cinta Aqua-Traxx en GPM/100 pies.

Espaciamiento Lateral = Espaciamiento entre las líneas de la cinta en pulgadas

Ejemplo Sistema Inglés:

La cinta enterrada se utiliza para cultivar pimientos. El caudal es de 0.34 gpm/100 pies y las líneas laterales están espaciadas a 42 pulgadas. ¿Cuál es la tasa de aplicación?

Ecuación 4a Tasa de Aplicación de la Cinta , pulg./hr. (Espaciamiento de las laterales en pulgadas)					
Cinta Enterrada Q-100	x	11.6	÷	Espaciamiento en laterales (pulg.)	= tasa de aplicación (pulg./hr)
Ejemplo: 0.34 gpm/100 pies	x	11.6	÷	42 pulg.	= 0.09 pulg./hr.

Ecuación 4a Sistema Métrico – Tasa de Aplicación de la Cinta de Goteo en Pulgadas por Hora (Espaciamiento Lateral en centímetros)

Tasa de Aplicación (mm/hr) = Q-100 x 60/ Espaciamiento de las Líneas Laterales de la cinta, **centímetros**

Dónde: Q-100 = caudal de la cinta Aqua-Traxx en Lpm/100 metros

Espaciamiento Lateral = Espaciamiento entre las líneas de la cinta en centímetros

Ejemplo Sistema Métrico:

La cinta enterrada se utiliza para cultivar pimientos. El caudal es de 4.5 Lpm/100 m, y las líneas laterales están espaciadas a 110 centímetros. ¿Cuál es la tasa de aplicación?

Ecuación 4a Tasa de Aplicación de la Cinta , mm./hr. (Espaciamiento de las laterales en centímetros)					
Cinta Enterrada Q-100	x	60	÷	Espaciamiento en laterales (centímetros)	= tasa de aplicación (mm/hr)
Ejemplo: 4.5 Lpm/100 m	x	60	÷	110 centímetros	= 2.45 mm/hr

Ecuación 4b Sistema Inglés – Tasa de Aplicación de la Cinta Enterrada, Pulgadas por Hora

(Espaciamiento de las laterales en pies)

Tasa de Aplicación (pulgadas/hr) = (Q-100 x 0.96) / Espaciamiento de líneas laterales de la cinta en pies.

Dónde: Q-100 = caudal de la cinta Aqua-Traxx en GPM/100 pies. Espaciamiento en líneas laterales = espaciamiento entre las líneas de la cinta en pies.

Ejemplo Sistema Inglés:

Se está utilizando la cinta enterrada para el cultivo de pimientos. El caudal es 0.34 gpm/100 pies y las líneas laterales están espaciadas a 3.5 pies. ¿Cuál es la tasa de aplicación?

Ecuación 4b- Tasa de Aplicación de la Cinta, pulg./hr (espaciamiento de las líneas laterales en pies)				
Cinta enterrada Q-100	x	0.96	÷	Espaciamiento en = tasa de laterales (pies) aplicación (pulg/hr)
Ejemplo: 0.34 gpm /100 pies	x	0.96	÷	3.5 pies = 0.09 pulg/hora

Ecuación 4b Sistema Métrico – Tasa de Aplicación de la Cinta Enterrada, Pulgadas por Hora

(Espaciamiento de las laterales en meters)

Tasa de Aplicación (mm/hr.) = Q-100 x 0.6 / Espaciamiento de líneas laterales de la cinta en meters

Dónde: Q100 = caudal de la cinta Aqua-Traxx en Lpm/100 meters

Espaciamiento en líneas laterales = espaciamiento entre las líneas de la cinta en meters

Ejemplo Sistema Métrico:

Se está utilizando la cinta enterrada para el cultivo de pimientos. El caudal es 4.5 Lpm/100 m y las líneas laterales están espaciadas a 1.1 metros. ¿Cuál es la tasa de aplicación?

Ecuación 4b- Tasa de Aplicación de la Cinta, mm./hr (espaciamiento de las líneas laterales en metros)				
Cinta enterrada Q-100	x	0.6	÷	Espaciamiento en = tasa de laterales (meters) aplicación (mm/hr)
Ejemplo: 4.5 Lpm /100 m	x	0.6	÷	1.1 metros = 2.45 mm/hr.

Calculadora en Línea

Los usuarios de la Cinta de riego Aqua-Traxx Premium Drip Tape pueden calcular las tasas de aplicación y el tiempo de operación de sus sistemas utilizando la Calculadora de Riego para sistema Aqua-Traxx de Toro en toro.com o en dripirrigation.org. Después de seleccionar el modelo Aqua-Traxx y la presión del sistema, capture los datos sobre la uniformidad de emisión y el espaciamiento de las líneas laterales. La calculadora le indicará la tasa de aplicación del sistema junto con las horas requeridas para aplicar 1.0 pulgadas de agua y 0.1 pulgadas de agua.

Aqua-Traxx Irrigation Calculator

You can now easily calculate Tape Application Rate and Run Times at variable pressures.

1. Choose Aqua-Traxx Model

Aqua-Traxx Aqua-Traxx PC

Part Number:

EAXxx0817, 8" spacing, 0.07 gph, 0.17 gpm/100'

Part Number	Emitter Outlet spacing, inches	Nominal emitter flow, gph	Nominal gpm/100'
EAXxx0817	8	0.07	0.17

2. Enter Tape Inlet Pressure (PSI):

PSI

Calculated Flow Rates:

0.08 gph/emitter

0.2 gpm/100'

3. Enter Spacing Between Tape Lateral Rows

feet
 inches

Calculated Gross Application Rate:

0.05 inches/hour

4. Enter Drip System Emission Uniformity:

%

Calculated Net Application Rate:

0.05 inches/hour

Calculated Hours to apply 1.0 inch of water:

20.5

Calculated Hours to apply .10 inch of water:

2

Calculate

Reset

Welcome to Toro's Aqua-Traxx Irrigation Calculator! You can now easily calculate Tape Application Rate and Run Times at variable pressures. Just 1) Choose an Aqua-Traxx model and then 2) Enter Tape Inlet Pressure, 3) Tape Lateral Spacing, and 4) Drip System Emission Uniformity to see the answers. You can choose different Aqua-Traxx models and/or enter new data as often as you like.

Ecuación 5 Sistema Inglés – Tasa de aplicación de los emisores de micro-riego en pulgadas por hora.

La ecuación 5 calcula la tasa de aplicación en pulgadas por hora para los sistemas que utilizan emisores de micro-riego tales como las cintas con goteros, manguera con goteros, micro-jet o micro-aspersores. Estos son los emisores que se utilizan con frecuencia en los cultivos permanentes.

Tasa de Aplicación (pulgadas/hora)=

(Caudal del Emisor, gph x 1.6) / (Espaciamiento entre hileras, pies x Espaciamiento entre emisor, pies)

Dónde: Caudal del Emisor= Caudal de cada gotero, micro-jet o micro-aspersor, expresado en gph por emisor

Espaciamiento entre hileras= Espaciamiento entre las líneas laterales de la manguera o la manguera con goteros, en pies

Espaciamiento entre emisores= Espaciamiento entre emisores de las líneas laterales, en pies.

Ejemplo Sistema Inglés:

Se está utilizando manguera con goteros para cultivar almendros. El caudal del gotero es 0.60 gph y los goteros están preinsertados cada 4 pies. Las hileras de la manguera con goteros están espaciadas a 10 pies. ¿Cuál es la tasa de aplicación?

Ecuación 5 — Tasa de Aplicación de Emisores de Micro-riego (pulg./hr.)							
Caudal de Gotero (gph)	x	1.6 ÷	Espaciamiento entre Hileras (pies)	x	Espaciamiento entre Goteros (pies)	=	Tasa de Aplicación (pulg./hr)
Ejemplo: 0.6 gph	x	1.6 ÷	(10 pies	x	4 pies)	=	0.024 pulg./hr.

Ecuación 5 Sistema Métrico – Tasa de aplicación de los emisores de micro-riego en pulgadas por hora

Tasa de Aplicación (mm/hr.) =

Caudal del Emisor, Lph / (Espaciamiento entre hileras, metros x Espaciamiento entre emisor, metros)

Dónde: Caudal del Emisor= Caudal de cada gotero, micro-jet o micro-aspersor, expresado en gph por emisor

Espaciamiento entre hileras= Espaciamiento entre las líneas laterales de la manguera o la manguera con goteros, metros

Espaciamiento entre emisores= Espaciamiento entre emisores de las líneas laterales, metros

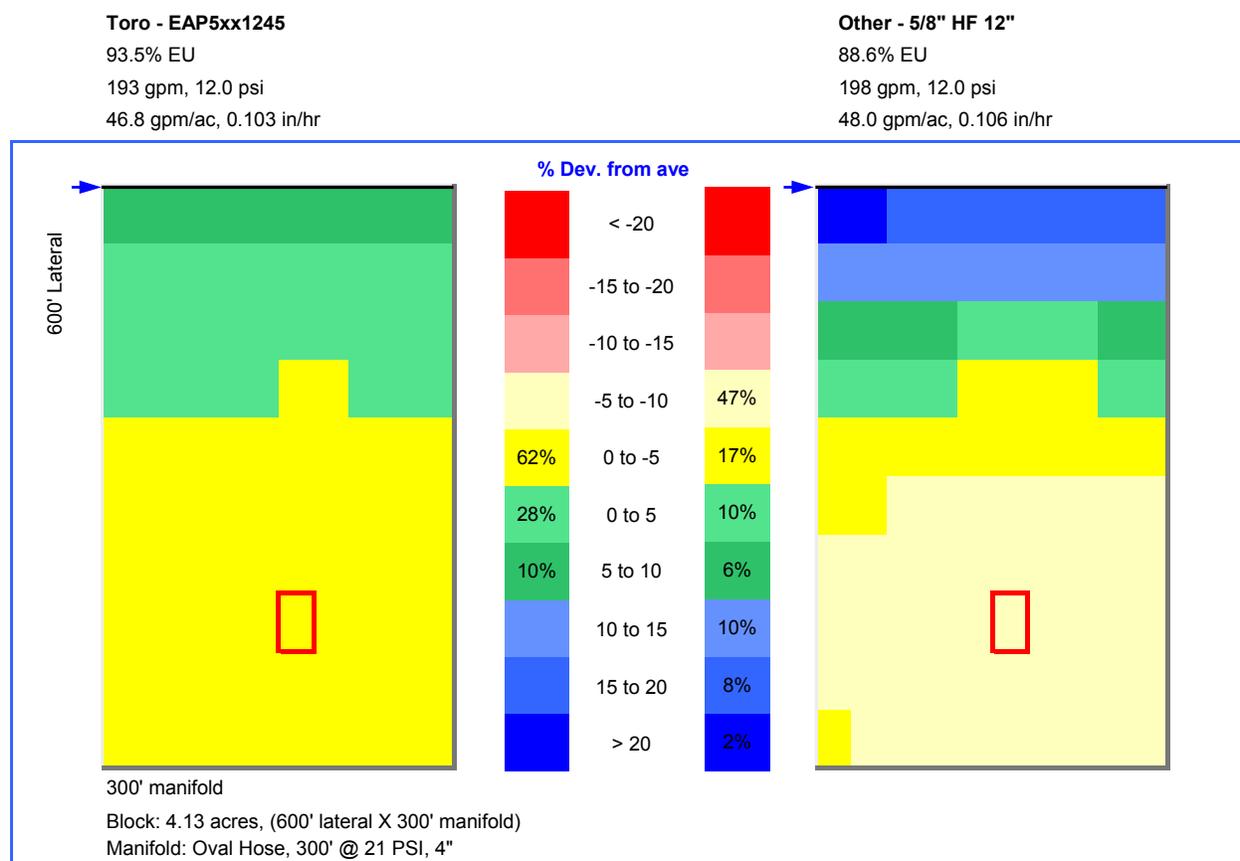
Ejemplo Sistema Métrico:

Se está utilizando manguera con goteros para cultivar almendros. El caudal del gotero es 2 Lph y los goteros están preinsertados cada 1.2 metros. Las hileras de la manguera con goteros están espaciadas a 3 metros. ¿Cuál es la tasa de aplicación?

Ecuación 5 — Tasa de Aplicación de Emisores de Micro-riego (mm./hr.)						
Caudal de Gotero (Lph)	/	Espaciamiento entre Hileras (metros)	x	Espaciamiento entre Gotero (metros)	=	Tasa de Aplicación (mm/hr)
Ejemplo: 2 Lph	/	(3 metros	x	1.2 metros)	=	.56 mm/hr

Tasa de Aplicación “Neta” del Sistema de Riego

Después de definir la tasa de aplicación, es preciso reducir su valor nominal dependiendo de la uniformidad del sistema de riego, para calcular la tasa de aplicación neta. La uniformidad del sistema permite saber si se está aplicando el agua en todo el campo de cultivo, además de indicar cuánto sobre-riego deberá aplicar para asegurarse de que la parte más seca del campo reciba suficiente agua; es decir, cuánto sobre-riego se requerirá para compensar la falta de uniformidad. El diseñador del sistema establece la uniformidad teórica, sin embargo la uniformidad real del sistema debe ser determinada tomando medidas de flujo de un cierto número de los emisores en campo, dividiendo el promedio de la “cuarta parte de las mediciones más bajas” (el 25% de las lecturas más bajas), entre el promedio total. Los ingenieros de riego utilizan distintos términos para describir la uniformidad del sistema, incluyendo Distribución de la Uniformidad (DU) y Uniformidad de la Emisión (EU). La imagen creada con el software de diseño Color Traxx de Toro, genera un mapa a color que muestra la variación de flujo (calculada en EU) del diseño de riego por goteo. Es preciso hacer notar que un diseño con EU de 93.5% tiene menos variación de color, o menor variación de flujo que un diseño con un EU más bajo y menos deseable de 88.6%.



Una de las principales ventajas del riego por goteo es la capacidad de brindar una alto porcentaje de uniformidad en la dispersión de agua y nutrientes. En términos generales, los sistemas de riego por goteo que cuentan con un buen diseño, una instalación adecuada y un programa de mantenimiento continuo, pueden alcanzar uniformidades superiores al 90 %. Este dato contrasta con los sistemas de riego rodado, cuya uniformidad es del orden de 40-60 % o bien con los sistemas de riego por aspersión, cuya uniformidad es del orden del 50-75 %.

A fin de determinar la tasa de aplicación “neta”, simplemente multiplique la tasa de aplicación por la uniformidad de la emisión, tal y como se muestra en la Ecuación 6, descrita a continuación.

Ecuación 6 Sistema Inglés Tasa de Aplicación Neta (todo tipo de sistemas)

Tasa de Aplicación Neta (pulgadas/hr) = Tasa de Aplicación x Uniformidad de Emisión

Ejemplo Sistema Inglés:

La tasa teórica de aplicación del sistema es 0.09 pulg./hr y la uniformidad de la emisión medida en campo fue de 90%. ¿Cuál es la tasa de aplicación neta?

Ecuación 6 – Tasa de Aplicación Neta- Todo Tipo de Sistemas				
Tasa de Aplicación (pulg / hr)	x	Uniformidad de Emisión	=	Tasa de Aplicación Neta
Ejemplo: 0.09 pulg / hr	x	0.90	=	0.08 pulgadas/hr

Ecuación 6 Sistema Métrico – Tasa de Aplicación Neta (todo tipo de sistemas)

Tasa de Aplicación Neta (millimeters/hr.) = Tasa de Aplicación x Uniformidad de Emisión

Ejemplo Sistema Métrico:

La tasa teórica de aplicación del sistema es 3 mm, y la uniformidad de la emisión medida en campo fue de 90%. ¿Cuál es la tasa de aplicación neta?

Ecuación 6 – Tasa de Aplicación Neta- Todo Tipo de Sistemas				
Tasa de Aplicación (mm/hr)	x	Uniformidad de Emisión	=	Tasa de Aplicación Neta
Ejemplo: 3 mm / hr	x	0.90	=	2.7 mm / hr

Un porcentaje alto de uniformidad reduce el tiempo de operación del sistema.

Para ayudar a entender la importancia que tiene la uniformidad de emisión, la siguiente tabla ilustra cuantas horas de riego son necesarias para colocar 1.0 pulgada ó 25.4 mm de agua en todo el campo, asumiendo diferentes porcentajes de uniformidad de emisión y una tasa de aplicación de 0.09 pulgadas por hora.

Efecto de la Uniformidad del Sistema traducido en Horas Requeridas para Aplicar una Pulgada de Agua			
Tasa de Aplicación (pulgadas/hr, mm/hr)	Uniformidad de Emisión	Tasa de Aplicación Neta (pulgadas/hr, mm/hr)	Horas Requeridas para Aplicar 1.0 pulgadas ó 25.4 mm
0.09, 2.29	0.95	0.086, 2.176	11.7
0.09, 2.29	0.90	0.081, 2.06	12.3
0.09, 2.29	0.80	0.072, 1.832	13.9
0.09, 2.29	0.70	0.063, 1.603	15.9
0.09, 2.29	0.60	0.054, 1.374	18.5
0.09, 2.29	0.50	0.045, 1.145	22.2

Por lo tanto, si la tasa de aplicación deseada es como mínimo 1.0 pulgada ó 25.4 mm de agua en todas las secciones del campo de cultivo, entonces el sistema debería operar 12.3 horas, asumiendo que el sistema tiene una uniformidad del 90%. Si el sistema de riego tuviera una uniformidad del 80%, entonces debería operar durante 13.9 horas. Resulta obvio ver que a mayor uniformidad de riego mayor aprovechamiento de tiempo y recursos. Asimismo, un sistema de riego altamente uniforme evita escurrimientos, percolación profunda, desperdicio de fertilizantes y sobre-riego de algunas secciones del cultivo.

RESUMEN

Una vez establecido el consumo de agua del cultivo y la tasa de aplicación neta utilizando las ecuaciones # 2 a la # 6, podrá calcular fácilmente el tiempo de operación teórico usando la ecuación # 1.

Resumen de Ecuaciones Sistema Inglés:

Ecuación 1- Tiempo de Riego Teórico por Día

$$\text{Consumo de agua del cultivo} \div \text{Tasa de Aplicación Neta} \times 60 = \text{Tiempo de Riego por Día}$$

Ejemplo:

$$0.33 \text{ pulg./día} \div 0.08 \text{ pulg./hora} \times 60 = 248 \text{ minutos/día}$$

Ecuación 2- Consumo de Agua del Cultivo (pulg./día)

$$E_{To} \times K_c \times \text{Cobertura del Cultivo} = \text{Consumo de Agua del Cultivo, ETC}$$

Ejemplo:

$$0.35 \text{ pulg./día} \times 0.95 \times 1.00 = 0.33 \text{ pulg./día}$$

Ecuación 3- Consumo de Agua del Cultivo (galones/planta)

$$\text{Consumo de agua del cultivo} \times 0.623 \times \text{Espaciamiento en hileras} \times \text{Espaciamiento entre plantas} = \text{galones/planta}$$

Ejemplo:

$$0.33 \text{ pulg./día} \times 0.623 \times 20 \text{ pies} \times 20 \text{ pies} = 82.2 \text{ galones}$$

Ecuación 4a

Tasa de Aplicación de la Cinta, pulg./hr. (Espaciamiento de las laterales en pulgadas)

$$\text{Cinta Enterrada Q-100} \times 11.6 \div \text{Espaciamiento en laterales (pulg.)} = \text{tasa de aplicación (pulg./hr)}$$

Ejemplo:

$$0.34 \text{ gpm/100 pies} \times 11.6 \div 42 \text{ pulg.} = 0.09 \text{ pulg./hr.}$$

Ecuación 4b-

Tasa de Aplicación de la Cinta, pulg./hr (espaciamiento de las líneas laterales en pies)

$$\text{Cinta enterrada Q-100} \times 0.96 \div \text{Espaciamiento en laterales (pies)} = \text{tasa de aplicación (pulg/hr)}$$

Ejemplo:

$$0.34 \text{ gpm /100 pies} \times 0.96 \div 3.5 \text{ pies} = 0.09 \text{ pulg/hora}$$

Ecuación 5 — Tasa de Aplicación de Emisores de Micro-riego (pulg./hr.)

$$\text{Caudal de Gotero (gph)} \times 1.6 \div \text{Espaciamiento entre Hileras (pies)} \times \text{Espaciamiento entre Goteros (pies)} = \text{Tasa de Aplicación (pulg./hr)}$$

Ejemplo:

$$(0.6 \text{ gph}) \times 1.6 \div (10 \text{ pies}) \times 4 \text{ pies} = 0.024 \text{ pulg./hr.}$$

Ecuación 6 – Tasa de Aplicación Neta- Todo Tipo de Sistemas

$$\text{Tasa de Aplicación (pulg / hr)} \times \text{Uniformidad de Emisión} = \text{Tasa de Aplicación Neta}$$

$$\text{Ejemplo: } 0.09 \text{ pulg / hr} \times 0.90 = 0.08 \text{ pulgadas/hr}$$

RESUMEN

Una vez establecido el consumo de agua del cultivo y la tasa de aplicación neta utilizando las ecuaciones # 2 a la # 6, podrá calcular fácilmente el tiempo de operación teórico usando la ecuación # 1.

Resumen de Ecuaciones Sistema Métrico:

Ecuación 1- Tiempo de Riego Teórico por Día

Consumo de agua del cultivo \div Tasa de Aplicación Neta \times 60 = Tiempo de Riego por Día

Ejemplo:
8mm/día \div 2mm/hora \times 60 = 240 minutos/día

Ecuación 2- Consumo de Agua del Cultivo (mm./día)

ETo \times Kc \times Cobertura del Cultivo = Consumo de Agua del Cultivo, ETC

Ejemplo:
9mm/día \times 0.95 \times 1.00 = 8.55mm/día

Ecuación 3- Consumo de Agua del Cultivo (galones/planta)

Consumo de agua del cultivo \times Espaciamiento en hileras \times Espaciamiento entre plantas = Litros/planta

Ejemplo:
8.55mm/día \times 6 metros \times 6 metros = 307.8 litros

Ecuación 4a

Tasa de Aplicación de la Cinta, mm./hr. (Espaciamiento de las laterales en centímetros)

Cinta Enterrada Q-100 \times 60 \div Espaciamiento en laterales (centímetros) = tasa de aplicación (mm/hr)

Ejemplo:
4.5 Lpm/100 m \times 60 \div 110 centímetros = 2.45 mm/hr

Ecuación 4b-

Tasa de Aplicación de la Cinta, mm./hr (espaciamiento de las líneas laterales en metros)

Cinta enterrada Q-100 \times 0.6 \div Espaciamiento en laterales (meters) = tasa de aplicación (mm/hr)

Ejemplo:
4.5 Lpm /100 m \times 0.6 \div 1.1 metros = 2.45 mm/hr.

Ecuación 5 — Tasa de Aplicación de Emisores de Micro-riego (mm./hr.)

Caudal de Gotero (Lph) / Espaciamiento entre Hileras (metros) \times Espaciamiento entre Gotero (metros) = Tasa de Aplicación (mm/hr)

Ejemplo:
2 Lph / (3 metros \times 1.2 metros) = .56 mm/hr

Ecuación 6 – Tasa de Aplicación Neta- Todo Tipo de Sistemas

Tasa de Aplicación (mm/hr) \times Uniformidad de Emisión = Tasa de Aplicación Neta

Ejemplo: 3 mm / hr \times 0.90 = 2.7 mm / hr

B. Consideraciones Adicionales que Afectan el Programa de Riego

Después de calcular el tiempo teórico de operación, el responsable del riego deberá ajustar la teoría a las condiciones de campo reales, para definir con qué frecuencia deberá operar el sistema para reabastecer el agua extraída diariamente. La decisión dependerá del control sobre el Déficit Permissible de Humedad (DPH), así como de otros aspectos agronómicos, de cultivo y climáticos. El siguiente Cuadro de Programación del Riego Agrícola es un ejemplo de un programa aplicado a todo el ciclo agrícola de una producción de tomate en el centro de California, basado en los datos promedios extraídos del Programa Waterright en línea (CIT, 2009).

Utilice las herramientas de programación en internet para desarrollar y gradualmente perfeccionar el programa de riego.

Este ejemplo y otras hojas de cálculo disponibles en internet, permiten al usuario capturar datos diarios o semanales, incluyendo la ET del cultivo, información sobre la aplicación, humedad del suelo y/o datos sobre el cultivo. Podrá utilizar la hoja de cálculo que mostramos a continuación para llevar un registro diario del agua disponible en el perfil del suelo, junto con las lecturas de humedad del suelo.

Programa de Riego Agrícola - Sistema Inglés

Resumen de los datos en campo

Estación Climatológica	Madera #145 City of Madera in Madera County	
Campo # :	1	Eficiencia del Riego: 90%
Descripción:	Este	Tasa de aplicación bruta (pulg./hr) 0.042
Cultivo:	Tomate	Bases de la Programación: Déficit Máximo Permitido
Ciclo agrícola:	4/1 - 8/1	Déficit Permitido de Humedad 10%
Dejó de Regar:	7/29	Déficit Máximo Permitido en Zona Radicular (pulg) 0.42
Tipo de Suelo:	Arcillo-limoso	Tiempo de Riego para Saturar Zona Radicular (hh-mm) 11:01
Zona Radicular Máxima (pies)	2	
Sistema de Riego	Cinta de Riego	

Programa de Riego por Ciclo Agrícola

Para la semana que termina en:	Promedio del año		Este año		Kc	Promedios por semana			Cambio en el año Vs Promedio anual (%)	ETc total a la fecha (pulg)
	ETo (pulg/día)	Lluvia (pulg/sem.)	ETo (pulg/día)	Lluvia (pulg/sem.)		ETo (pulg/día)	Zona radicular (pies)	Tiempo de Operación (HH:MM)		
04/08/09	0.12	0.31	N/A	N/A	0.30	0.03	1.00	6:17	N/A	0.24
04/15/09	0.12	0.11	N/A	N/A	0.30	0.04	1.00	6:45	N/A	0.50
04/22/09	0.13	0.24	N/A	N/A	0.30	0.04	1.00	7:14	N/A	0.77
04/29/09	0.15	0.09	N/A	N/A	0.32	0.05	1.11	8:28	N/A	1.10
05/06/09	0.16	0.17	N/A	N/A	0.38	0.06	1.39	11:09	N/A	1.52
05/13/09	0.18	0.05	N/A	N/A	0.51	0.09	1.68	17:10	N/A	2.17
05/20/09	0.21	0.07	N/A	N/A	0.70	0.15	1.97	26:45	N/A	3.19
05/27/09	0.23	0.14	N/A	N/A	0.89	0.20	2.00	36:50	N/A	4.60
06/03/09	0.25	0.02	N/A	N/A	1.03	0.26	2.00	46:60	N/A	6.39
06/10/09	0.27	0.05	N/A	N/A	1.09	0.30	2.00	54:42	N/A	8.47
06/17/09	0.29	0.00	N/A	N/A	1.10	0.32	2.00	58:39	N/A	10.71
06/24/09	0.30	0.00	N/A	N/A	1.10	0.33	2.00	59:57	N/A	12.99
07/01/09	0.29	0.00	N/A	N/A	1.10	0.32	2.00	59:04	N/A	15.24
07/08/09	0.28	0.00	N/A	N/A	1.08	0.31	2.00	56:35	N/A	17.40
07/15/09	0.28	0.00	N/A	N/A	1.02	0.28	2.00	51:51	N/A	19.38
07/22/09	0.27	0.00	N/A	N/A	0.89	0.25	2.00	45:00	N/A	21.09
07/29/09	0.28	0.00	N/A	N/A	0.76	0.21	2.00	38:39	N/A	22.57

Tiempo de Operación Total= 529-093 hh:mm= 25.07 pulgadas aplicadas en bruto

Programa de Riego Agrícola - métrico

Resumen de los datos en campo

Estación Climatológica	Madera #145 City of Madera in Madera County		
Campo # :	1	Eficiencia del Riego:	90%
Descripción:	Este	Tasa de aplicación bruta (mm./hr)	1.07
Cultivo:	Tomate	Bases de la Programación:	Déficit Máximo Permitido
Ciclo agrícola:	4/1 - 8/1	Déficit Permitido de Humedad	10%
Dejó de Regar:	7/29	Déficit Máximo Permitido en Zona Radicular (mm)	10.7
Tipo de Suelo:	Arcillo-limoso	Tiempo de Riego para Saturar Zona Radicular (hh-mm)	11:01
Zona Radicular Máxima (m)	.61		
Sistema de Riego	Cinta de Riego		

Programa de Riego por Ciclo Agrícola

Para la semana que termina en:	Promedio del año		Este año		Kc	Promedios por semana			Cambio en el año Vs Promedio anual (%)	ETc total a la fecha (mm)
	ETo (mm/día)	Lluvia (mm/sem.)	ETo (mm/día)	Lluvia (mm/sem.)		ETo (mm/día)	Zona radicular (m)	Tiempo de Operación (HH:MM)		
04/8/2009	3.0	7.9	N/A	N/A	0.3	0.8	0.30	6:17	N/A	6.1
04/15/2009	3.0	2.8	N/A	N/A	0.3	1.0	0.30	6:45	N/A	12.7
04/22/2009	3.3	6.1	N/A	N/A	0.3	1.0	0.30	7:14	N/A	19.6
04/29/2009	3.8	2.3	N/A	N/A	0.32	1.3	0.34	8:28	N/A	27.9
05/6/2009	4.1	4.3	N/A	N/A	0.38	1.5	0.42	11:09	N/A	38.6
05/13/2009	4.6	1.3	N/A	N/A	0.51	2.3	0.51	17:10	N/A	55.1
05/20/2009	5.3	1.8	N/A	N/A	0.70	3.8	0.60	26:45:00	N/A	81.0
05/27/2009	5.8	3.6	N/A	N/A	0.8	5.1	0.61	36:50:00	N/A	116.8
03/6/2009	6.4	0.5	N/A	N/A	1.03	6.6	0.61	46:50:00	N/A	162.3
10/6/2009	6.9	1.3	N/A	N/A	1.09	7.6	0.61	54:42:00	N/A	215.1
06/17/2009	7.4	0.0	N/A	N/A	1.1	8.1	0.61	58:39:00	N/A	272.0
06/24/2009	7.6	0.0	N/A	N/A	1.1	8.4	0.61	59:57:00	N/A	329.9
01/7/2009	7.4	0.0	N/A	N/A	1.1	8.1	0.61	59:04:00	N/A	387.1
08/7/2009	7.1	0.0	N/A	N/A	1.08	7.9	0.61	56:35:00	N/A	442.0
07/15/2009	7.1	0.0	N/A	N/A	1.02	7.1	0.61	51:51:00	N/A	492.3
07/22/2009	6.9	0.0	N/A	N/A	0.89	6.4	0.61	45:00:00	N/A	535.7
07/29/2009	7.1	0.0	N/A	N/A	0.76	5.3	0.61	38:39:00	N/A	573.3

Tiempo de Operación Total= 529:03 hh:mm = 637 Millímetros aplicadas en bruto

Formato del Programa de Riego para "Reponer el Agua Utilizada"- Sistema Inglés

Campo: *Oeste* Zona: *1* Acres: *10* Tipo de Suelo: *Limo-arenoso* Agua disponible (Ft): *1.5* pulgadas

Día	Presión de Bomba-psi	Caudal de Bomba-gpm	Tasa de Aplicación-pulg./hr	Horas de Operación	Agua aplicada en bruto-pulgadas	Agua aplicada en neto-pulgadas	ET del cultivo	"Agua en reserva"	Agua en reserva neta	Humedad del suelo Sitio 1	Humedad del suelo Sitio 2	Humedad del suelo sitio 3	Humedad del suelo sitio 4
1	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.20	0.28	0.28				
2	50	400	0.09	0	0.00	0.00	0.25	-0.25	0.03				
3	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.30	0.18	0.20				
4	50	400	0.09	4	0.35	0.32	0.30	0.02	0.22				
5	50	400	0.09	0	0.00	0.00	0.25	-0.25	-0.03				
6	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.30	0.18	0.15				
7	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.35	0.13	0.28				
8	50	400	0.09	4	0.35	0.32	0.40	-0.08	0.20				
9	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.40	0.08	0.27				
10	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.35	0.13	0.40				
11	50	400	0.09	0	0.00	0.00	0.30	-0.30	0.10				
12	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.30	0.18	0.28				
13	50	400	0.09	0	0.00	0.00	0.30	-0.30	-0.02				
14	50	400	0.09	6	0.53	0.48	0.20	0.28	0.25				

*Pulgadas por hora= Caudal de la bomba GPM x .0022/Acres regados

**Cantidad Neta de Agua Aplicada= Cantidad Bruta de Agua Aplicada (pulgadas) x 0.9 eficiencia de aplicación

Formato del Programa de Riego para "Reponer el Agua Utilizada"- Sistema Métrico

Campo: Oeste Zona: 1 Hectáreas: 4 Tipo de Suelo: Limo-arenoso Agua disponible (M): 40mm

Día	Presión de Bomba-kPa	Caudal de Bomba-m ³ /hr	Tasa de Aplicación-mm/hr*	Horas de Operación	Agua aplicada en bruto-mm	Agua aplicada en neto-mm**	ET del cultivo-mm/day	"Agua en reserva"	Agua en reserva neta	Humedad del suelo Sitio 1	Humedad del suelo Sitio 2	Humedad del suelo sitio 3	Humedad del suelo sitio 4
1	350	90	2.25	6	13.5	12.2	5.1	7.1	7.1				
2	350	90	2.25	0	0.0	0.0	6.4	-6.4	0.7				
3	350	90	2.25	6	13.5	12.2	7.6	4.5	5.3				
4	350	90	2.25	4	9.0	8.1	7.6	0.5	5.7				
5	350	90	2.25	0	0.0	0.0	6.4	-6.4	-0.6				
6	350	90	2.25	6	13.5	12.2	7.6	4.5	3.9				
7	350	90	2.25	6	13.5	12.2	8.9	3.3	7.2				
8	350	90	2.25	4	9.0	8.1	10.2	-2.1	5.1				
9	350	90	2.25	6	13.5	12.2	10.2	2.0	7.1				
10	350	90	2.25	6	13.5	12.2	8.9	3.3	10.4				
11	350	90	2.25	0	0.0	0.0	7.6	-7.6	2.7				
12	350	90	2.25	6	13.5	12.2	7.6	4.5	7.3				
13	350	90	2.25	0	0.0	0.0	7.6	-7.6	-0.3				
14	350	90	2.25	6	13.5	12.2	5.1	7.1	6.7				

*Millímetros por hora= Caudal de la bomba m³/hr x 1000/ (hectáreas x 10,000)

**Cantidad Neta de Agua Aplicada= Cantidad Bruta de Agua Aplicada (mm) x 0.9 eficiencia de aplicación

Cabe enfatizar que en todos estos ejemplos se debe conocer la información sobre textura del suelo, el agua disponible y las condiciones de humedad del suelo. Existen instrumentos que le pueden ayudar a determinar estos valores, sin embargo también puede realizar un análisis de campo sencillo con los recursos disponibles del gobierno y las instituciones académicas. A continuación explicaremos la manera en que la textura del suelo, DPH, los patrones de humedad y el esfuerzo por evitar los encharcamientos influyen en el programa de riego más de lo que se puede predecir con las Ecuaciones de Balance de Agua.

Textura del Suelo

La textura del suelo afecta el programa de riego de dos maneras importantes. En primer lugar, determina la rapidez con la que el suelo acepta el agua. Este factor debe conocerse antes de la etapa de diseño, ya que influye en el caudal de los emisores y el espaciamiento. Es preciso elegir una tasa de aplicación, o tasa de precipitación como se le llama algunas veces, que no exceda la capacidad que tiene el suelo de aceptar agua. Si esta tasa no es seleccionada correctamente, se corre el riesgo de escurrimientos y encharcamientos. La

Tasa de Precipitación Máxima Sistema Inglés*

Pendiente	0-5%		5-8%		8-12%		12%+	
Cobertura del suelo	cubierto	Descubierto	cubierto	Descubierto	cubierto	Descubierto	cubierto	Descubierto
Composición del suelo								
Arena Gruesa	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50	1.00	1.00	0.50
Arena Gruesa Sobre Subsuelo Compacto	1.75	1.50	1.25	1.00	1.00	0.75	0.75	0.40
Franco Arenoso Ligero Uniforme	1.75	1.00	1.25	0.80	1.00	0.60	0.75	0.40
Franco Arenoso Ligero sobre Subsuelo Compacto	1.25	0.75	1.00	0.50	0.75	0.40	0.50	0.30
Franco Limoso Uniforme	1.00	0.50	0.80	0.40	0.60	0.30	0.40	0.20
Franco Limoso sobre Subsuelo Compacto	0.60	0.30	0.50	0.25	0.40	0.15	0.30	0.10
Arcilla Pesada o Franco Arcilloso	0.20	0.15	0.15	0.10	0.12	0.08	0.10	0.06

* Taza de Precipitación Máxima (TP) en pulgadas/hr sugerida por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Los valores son promedio y pueden variar con respecto a las condiciones de cobertura del suelo.

Tasa de Precipitación Máxima Sistema Métrico*

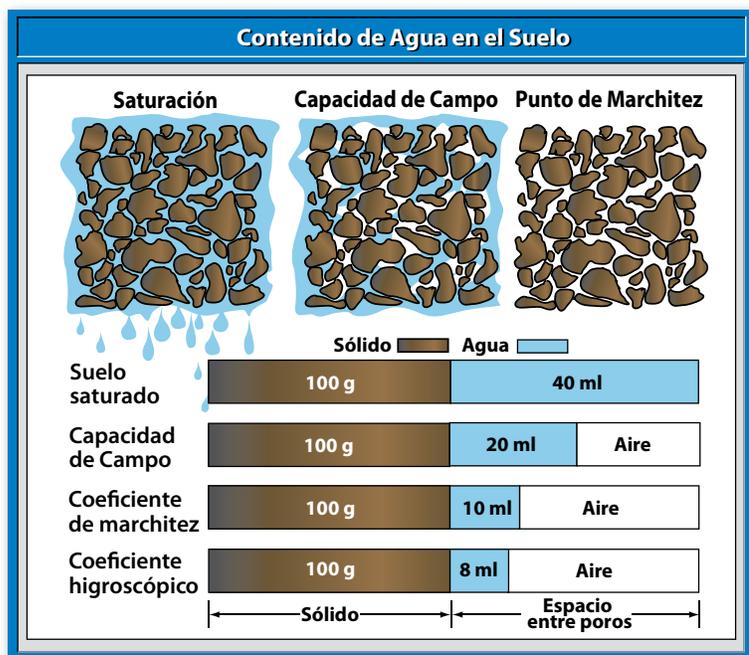
Pendiente	0-5%		5-8%		8-12%		12%+	
Cobertura del suelo	cubierto	Descubierto	cubierto	Descubierto	cubierto	Descubierto	cubierto	Descubierto
Composición del suelo								
Arena Gruesa	50	50	50	38	38	25	25	13
Arena Gruesa Sobre Subsuelo Compacto	45	38	30	25	25	19	19	10
Franco Arenoso Ligero Uniforme	45	25	30	20	25	15	19	10
Franco Arenoso Ligero sobre Subsuelo Compacto	30	19	25	13	19	10	13	8
Franco Limoso Uniforme	25	13	20	10	15	8	10	5
Franco Limoso sobre Subsuelo Compacto	15	8	13	6	10	4	8	3
Arcilla Pesada o Franco Arcilloso	5	4	4	3	3	2	3	1.5

* Taza de Precipitación Máxima (TP) en mm/hr sugerida por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Los valores son promedio y pueden variar con respecto a las condiciones de cobertura del suelo.

tabla de "Tasas de Precipitación Máximas" (USDA, 1997) muestra que en los suelos más pesados, se presentan problemas de escurrimiento a tasas de aplicación tan bajas como 0.15 pulgadas por hora. Una de las ventajas de los sistemas de riego por goteo es que las tasas de aplicación son mucho más bajas que los valores que aparecen en el cuadro y por lo tanto presentan menos riesgos de escurrimientos que los sistemas de aspersión, en especial cuando es suelo está descubierto o en pendiente.

En segundo lugar, la textura del suelo determina cuánta cantidad de agua retiene el depósito de agua de la zona radicular por pie, y cuánta cantidad de esa agua está disponible para la planta. La siguiente imagen muestra tres niveles de humedad del suelo: saturación, capacidad de campo y punto de marchitez. Gran parte del agua en un campo saturado se pierde por la gravedad y no puede ser aprovechada por la planta para su crecimiento. Después de 24 horas, el suelo alcanza la "capacidad de campo", en la que el agua está disponible para ser aprovechada por la planta. En el punto de marchitez, el agua continúa estando presente en el suelo, sin embargo está atrapada entre las partículas del suelo y no está disponible para ser aprovechada por la planta. La diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es el agua que está "disponible" para la planta. Este es el tipo de humedad de suelos que los productores manejan para alcanzar la producción óptima.

El siguiente cuadro de "Humedad Disponible en el Suelo" (Plaster, 2003) muestra el rango de humedad en pulgadas que está potencialmente disponible para las raíces del cultivo en diferentes texturas de suelo. Note que el suelo arenoso solo tiene entre .5 y 1.0 pulgadas de agua disponible por pie de profundidad (or 40-90 mm per meter of depth), mientras que el suelo franco y el suelo franco limoso tienen 2.0 a 2.8 pulgadas de agua disponible por pie de profundidad (ó 170-230mm por metro de profundidad).



Humedad Disponible en el Suelo - Sistema Inglés

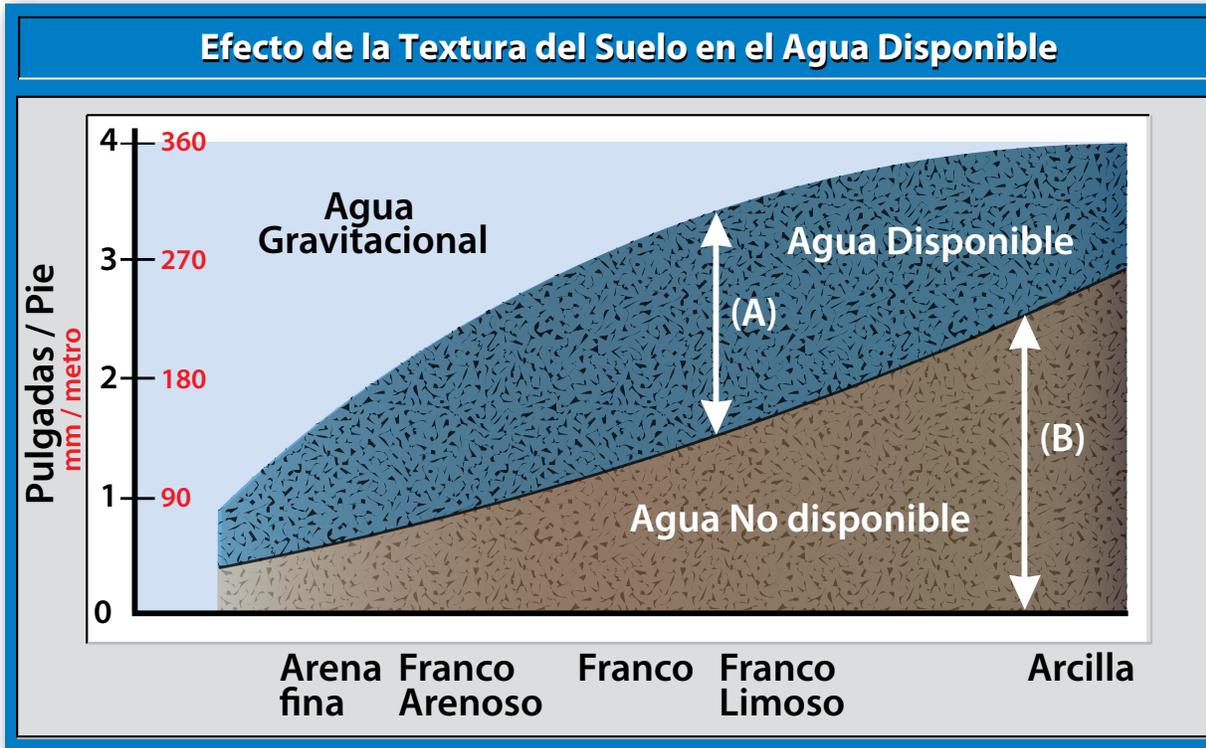
Textura del suelo	Pulgadas por pulgada	Pulgadas por pie
Arena gruesa y gravilla	0.02 — 0.06	0.2 — 0.7
Arena	0.04 — 0.09	0.5 — 1.1
Franco arenoso	0.06 — 0.12	0.7 — 1.4
Limo arenoso	0.11 — 0.15	1.3 — 1.8
Limo arenoso fino	0.14 — 0.18	1.7 — 2.2
Franco y franco limoso	0.17 — 0.23	2.0 — 2.8
Franco arcilloso	0.14 — 0.21	1.7 — 2.5
Franco limo arcilloso	0.14 — 0.21	1.7 — 2.5
Limo arcilloso y arcilloso	0.13 — 0.18	1.6 — 2.2

Humedad Disponible en el Suelo - Sistema Métrico*

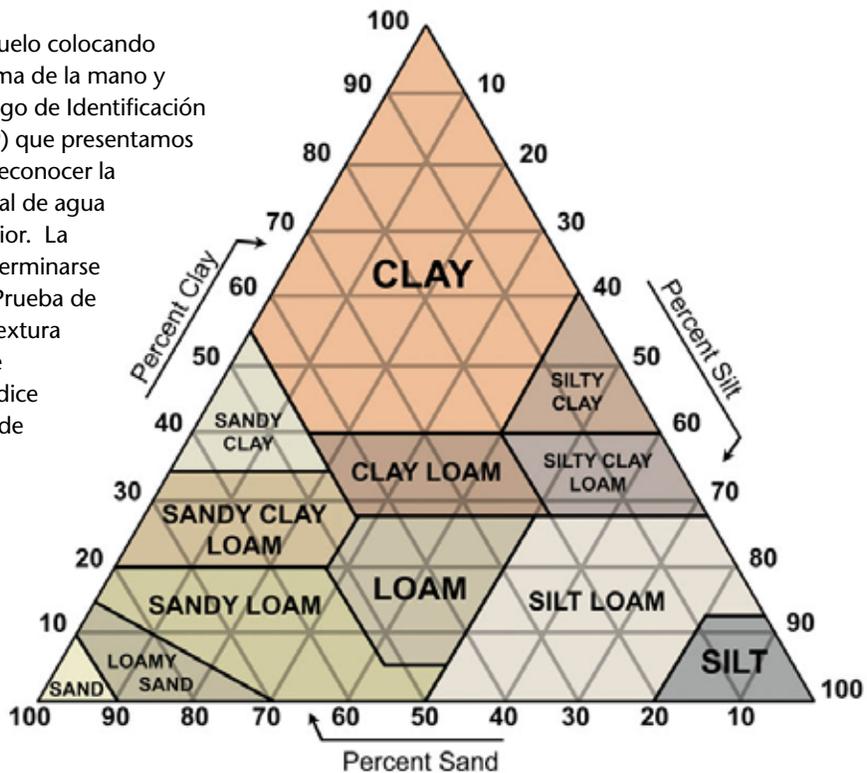
Textura del suelo	mm/cm	mm/meter
Arena gruesa y gravilla	0.2 — 0.6	20 — 60
Arena	0.4 — 0.9	40 — 90
Franco arenoso	0.6 — 1.2	60 — 120
Limo arenoso	1.1 — 1.5	110 — 150
Limo arenoso fino	1.4 — 1.8	140 — 180
Franco y franco limoso	1.7 — 2.3	170 — 230
Franco arcilloso	1.4 — 2.1	140 — 210
Franco limo arcilloso	1.4 — 2.1	140 — 210
Limo arcilloso y arcilloso	1.3 — 1.8	130 — 180

* metricated version of original chart (Plaster, 2003)

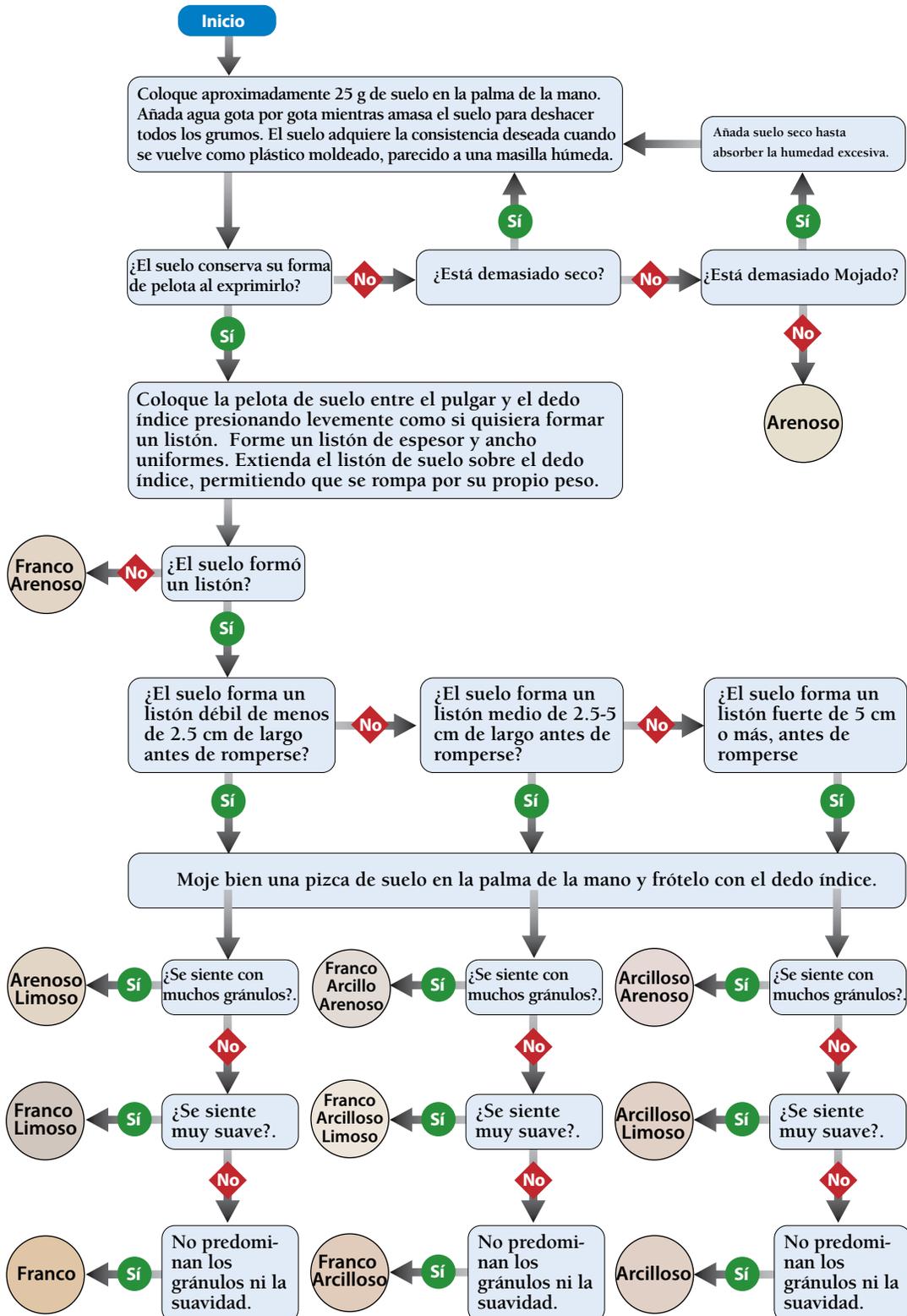
Este mismo ejemplo se explica en detalle en la gráfica siguiente (Plaster, 2003). Los suelos con agua disponible limitada deben ser manejados con sumo cuidado, ya que si no se puede reabastecer el agua consumida diariamente por el cultivo, si los cultivos tienen raíces superficiales, o si el consumo de agua es demasiado alto, el agua disponible puede agotarse y las plantas se marchitarán, posiblemente de manera permanente. Los responsables del riego deben manejar el agua disponible en la zona radicular de tal forma que el cultivo pueda alcanzar la máxima productividad.



Es posible determinar la textura del suelo colocando una cucharada del suelo sobre la palma de la mano y comparando la muestra con el “Código de Identificación de la Textura del Suelo” (Thien, 1979) que presentamos en la siguiente página. Después de reconocer la textura, es posible calcular el potencial de agua disponible utilizando el Cuadro anterior. La Textura del suelo también puede determinarse comparando los resultados de una “Prueba de Sedimentación con el Triángulo de Textura del Suelo” (www.soilsensor.com) que aparece en la página 44 (Ver el apéndice para revisar el procedimiento). A fin de determinar la humedad real de una textura conocida, se puede utilizar el “Método del Tacto” que se muestra en el Cuadro: “Humedad del Suelo, Descripción del Tacto y la Apariencia” (USDA, 1998) de la página 44. Se incluyen imágenes de suelo de Arena Fina y Limo arenoso fino.



CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO



Déficit Permisible de Humedad (DPH)

DPH es un término que describe la cantidad de agua disponible que puede agotarse antes de ser reabastecida con agua de riego. Esta es una decisión de tipo agronómico, porque la disponibilidad de agua se usa con frecuencia para manipular el desarrollo y la calidad del cultivo. En algunos casos, es conveniente tener un depósito lleno y reabastecer el agua conforme se vaya agotando, tal y como lo mencionamos en el Método del Balance de Agua. En otros casos, puede ser deseable provocar un cierto nivel de estrés hídrico en las plantas mediante el programa de riego. De cualquier manera, el Método del Balance de Agua puede usarse para manejar el depósito de agua del suelo. Lo único que deberá decidir el programador es si mantiene el depósito totalmente lleno o le permite agotarse hasta cierto nivel.

En algunas ocasiones DPH es determinado por la logística del cultivo o por el sistema. Puede resultar poco práctico o tal vez imposible llenar el depósito del suelo del campo de cultivo todos los días; o las prácticas de cultivo pueden impedir regar. El riego por goteo evita estos problemas, ya que:

- Las tasas de aplicación del goteo son bajas, pueden regarse más acres al mismo tiempo.
- Por lo general los sistemas de riego por goteo aplican agua dirigida a la zona radicular y/o a las camas del cultivo, dejando los surcos y los pasillos sin regar. De esta forma es posible regar aún cuando se esté trabajando el campo (incluso durante la cosecha).
- Debido a que los nutrientes se aplican a través del sistema de riego, las aplicaciones por medio del tractor pueden reducirse al mínimo o incluso ser eliminadas.

En resumen, el programa de riego por goteo está determinado en mayor medida por razones agronómicas que por logística.

Descripciones de Humedad del Suelo, Tacto y Apariencia.				
Agua Disponible*	Arenoso	Limo arenoso	Franco/Franco limoso	Arcilla/ Franco arcilloso
Por encima de la capacidad de campo	El suelo suelta agua al tomarlo con la mano	Suelta agua al amasarlo	Suelta agua al exprimirlo	Se forman charcos sobre la superficie
100% (Capacidad de campo)	No suelta agua al exprimirlo, pero deja una huella de humedad en la mano (1 in/ft, 83 mm/m) §	Es de color muy oscuro. No suelta agua al exprimirlo, pero deja una huella de humedad en la mano (1.5 in/ft, 125 mm/m)	Es de color muy oscuro. No suelta agua al exprimirlo pero deja una huella de humedad en la mano. Forma un listón de 1" (2.0 in/ft, 167 mm/m)	Es de color muy oscuro. No suelta agua al exprimirlo pero deja una huella de humedad en la mano. Forma un listón de 2" (2.5 in/ft, 208 mm/m)
75-100%	Tiende a ser pegajoso, algunas veces forma una pelotita débil si se le presiona (0.8-1.0 in/ft, 67-83 mm/m)	Bastante oscuro. Forma una pelotita débil que se desmorona con facilidad. No es pegajoso (1.2-1.5 in/ft, 100-125 mm/m)	De color oscuro. Forma una pelotita moldeable. Se pega con facilidad si tiene mucha arcilla (1.5-2.0 in/ft, 125-167 mm/m)	De color oscuro. Forma listones con facilidad al enrollarlo con los dedos. Se siente pegajoso (1.9-2.5 in/ft, 158-208 mm/m)
50-75%	De apariencia seca, no forma una pelotita con la presión (0.5-0.8 in/ft, 42-67 mm/m)	Bastante oscuro. Tiende a formar una pelotita con la presión, pero se desmorona casi siempre (0.8-1.2 in/ft, 67-100 mm/m)	Bastante oscuro. Forma una pelotita tipo plástico. Algunas veces se pega con la presión (1.0-1.5 in/ft, 83-125 mm/m)	Bastante oscuro. Forma una pelotita y adopta la forma de listón al enrollarlo con los dedos índice y pulgar (1.2-1.9 in/ft, 100-158 mm/m)
25-50%	De apariencia seca, no forma una pelotita con la presión (0.2-0.5 in/ft, 17-42 mm/m)	De color pálido y apariencia seca. No forma la pelotita. (0.4-0.8 in/ft, 33-67 mm/m)	De color pálido. Parece migajón, pero se compacta con la presión (0.5-1.0 in/ft, 42-83 mm/m)	Un poco oscuro, algunas veces flexible. Forma una pelotita con la presión (0.6-1.2 in/ft, 50-100 mm/m)
0-25%	Seco, suelto, con un solo grano, fluye entre los dedos (0-0.2 in/ft, 0-17 mm/m)	Muy poco color. Seco, suelto, fluye entre los dedos (0-0.4 in/ft, 0-33 mm/m)	Muy poco color. Con apariencia de polvo, seco, algunas veces con grumos como corteza, se convierte en polvo con facilidad (0-0.5 in/ft, 0-42 mm/m)	Muy poco color. Duro, horneado, agrietado, algunas veces con grumos sueltos en la superficie (0-0.6 in/ft, 0-50 mm/m)

* El Agua disponible es la diferencia entre la Capacidad de Retención de Agua y el Punto de Marchitez.

§ Los valores en negro y entre paréntesis representan el contenido de agua disponible expresado como pulgadas de agua por cada pie de profundidad del suelo.



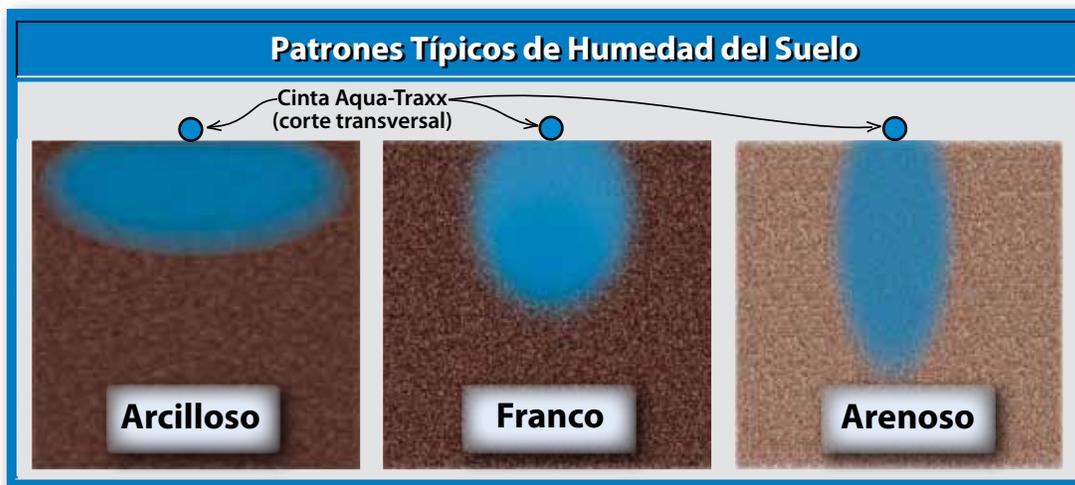
Apariencia de los suelos arenoso franco arcilloso, franco y franco limoso bajo distintas condiciones de humedad (de izquierda a derecha): 25-50%, 50-75%; 75-100.

Patrón de Humedad Deseado

El movimiento del agua en el suelo está determinado por la acción capilar antes de alcanzar el punto de saturación, tal y como se muestra en la siguiente fotografía, donde el agua se está trasladando por la cama, aún contra la fuerza de gravedad. Los patrones de humedad están determinados principalmente por la textura del suelo, pero también pueden estar influenciados por la labranza del suelo, la

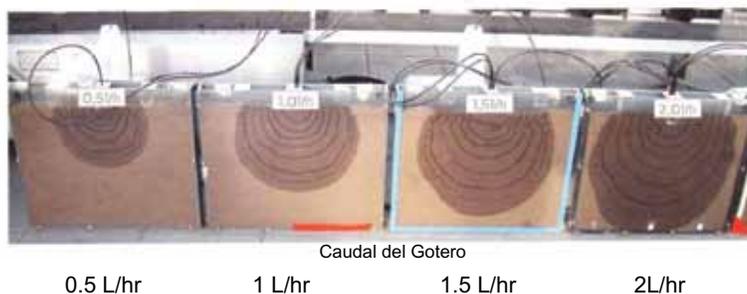
Revise el suelo para asegurar que el agua se mantenga en la zona de raíz.

estructura, la compactación, la química, el caudal de los goteros y el espaciamiento, el espaciamiento de las líneas laterales y la profundidad con que están enterradas, la presión del sistema y el programa de riego. En términos generales, el agua de un gotero puede presentar más movimiento lateral y horizontal en suelos arcillosos pesados, y mayor movimiento vertical descendente en suelos arenosos más ligeros. Las siguientes fotografías e imágenes muestran las formas relativas de los patrones de humedad que pueden formarse debajo de un gotero tomando en cuenta diferentes tipos de suelo, caudales y condiciones de operación.



Note que el caudal del gotero también determinará el patrón de humedad tal y como se muestra en las fotografías anexas. Las fotografías muestran como varía el patrón de humedad al cambiar el caudal del gotero, utilizando la misma textura de suelo y condiciones de operación del sistema de riego. (Mikkelsen, 2009).

El caudal del gotero determina el volumen de suelo a humedecer.



El diagrama muestra el movimiento lateral y descendente típico del agua durante las primeras 24 horas de la descarga de un gotero con 1.0 l/h (Mikkelsen, 2009).

Volumen típico de suelo humectado después de una hora de haber aplicado el riego.



Monitoreo de los Patrones de Humedad

Tal y como los responsables del riego monitorean la humedad del suelo, los patrones de humedad también deben ser monitoreados para garantizar los resultados deseados. Es preciso observar el diámetro de la superficie húmeda, así como el patrón de humedad del subsuelo “mapeándolo” por medio de un sondeo sistemático y la evaluación de la humedad del suelo. Si hay exceso de humedad evidente más allá de la zona radicular o de la cama sembrada, deberá ajustar el programa de riego conforme sea necesario. La fotografía muestra el patrón de humedad con el que se inició del lado izquierdo y el patrón de humedad después de 12 horas de operación, del lado derecho. Note como se produjo un corredor de humedad uniforme a lo largo de toda la cama sembrada.



Riego por Pulsos

El riego por pulsos es la práctica de aplicación de agua por periodos cortos con intervalos entre cada pulso. Algunas veces se utiliza para mejorar el movimiento lateral del agua. A pesar de las diversas experiencias prácticas y de investigación, hay muy poca evidencia conclusiva de que el riego por pulsos realmente mejore los patrones de humedad. Sin embargo, el riego por pulsos deberá considerarse como una opción cuando el movimiento horizontal del agua represente un problema. En lugar de aplicar la cantidad deseada de agua en un solo servicio de riego, sería mejor programar dos servicios de riego más cortos con intervalos entre cada uno. Por ejemplo, en lugar de dejar operando el sistema una sola vez durante cuatro horas continuas, opérela por dos horas, apague el sistema una hora y vuélvala a encender durante dos horas más. El monitoreo y las observaciones cuidadosas le ayudarán a determinar si esta táctica le resulta efectiva bajo las condiciones con las que opera.

Optimice el Patrón de Humedad reduciendo el espacio entre goteros y regando a pulsos.

Goteros con poco espaciamiento

El uso de goteros con poco espacio entre sí está cobrando popularidad con mucha rapidez debido a la capacidad de alcanzar patrones de humedad excelentes en muy poco tiempo, en comparación con los sistemas con goteros separados a mayor distancia. Las siguientes fotografías (Klauzer, 2009) comparan los patrones de humedad de goteros espaciados a 12 y 8 pulgadas (30 and 20 cm), así como la “franja húmeda” que se logra a lo largo y por debajo de la cama de siembra, después de 30 horas de riego con los goteros espaciados a 8 pulgadas (20 cm). Los productores prefieren que las camas se humedezcan rápidamente, especialmente al trasplantar plántulas o germinar semillas.



Cinta Aqua-Trax, 12 pulgadas (30 cm) de espacio entre goteros; 0.22 gpm/100 ft (3.09 Lpm/100) del lado izquierdo; 8 pulgadas (20 cm) de espacio entre goteros; 0.22 gpm/100ft (3.09 Lpm/100) del lado derecho.



Espacio de 8 pulgadas (20 cm) entre goteros en cinta Aqua-Trax; 0.22 gpm/100 ft (3.09 Lpm/100) después de 30 horas de riego.

Evitando el Encharcamiento y los Escurrimientos

Los programas de riego también pueden ajustarse para evitar los escurrimientos y los encharcamientos en suelos pesados y/o cuando se presentan problemas con los productos químicos, ya que las tasas de infiltración se reducen en ambos casos. Como mencionamos anteriormente, las tasas bajas de aplicación de riego ayudan a reducir los escurrimientos en suelos con tasas bajas de infiltración, como son los suelos arcillosos y franco-arcillosos. El riego por pulsos aplicado por periodos cortos y frecuentes también puede ayudar a evitar los problemas de escurrimientos y encharcamiento.

En el caso de suelos salinos y/o sódicos, donde la química del suelo y/o del agua representan un problema, puede aplicar el método de lixiviación en presencia de yeso, ya que éste material intercambia el sodio dañino por calcio que beneficia las condiciones del suelo (Ver Capítulo 4 "Fertirriego y Quimigación", para más información). Si el suelo contiene limo, la aplicación de ácido puede ser de mucho provecho. La adición de materia orgánica también puede ser de gran beneficio. Ultimadamente, las sales dañinas deben ser lixiviadas fuera de la zona radicular.

El acondicionamiento del agua por medio de yeso ha sido una técnica que ha dado buenos resultados en ciertos casos. Algunos productores han reportado haber tenido éxito con la aplicación de yeso a través del sistema de riego por goteo, aún cuando recomendamos tener mucho cuidado con esa práctica para evitar taponamientos. Hay otros acondicionadores de agua disponibles a nivel comercial que producen diversos resultados. Consulte a un experto, antes de dedicar tiempo, dinero y esfuerzo a este tipo de tareas.

C. Equipo de Monitoreo

Hay varias formas de predecir el consumo de agua del cultivo y medir el contenido de humedad del suelo, así como el estrés hídrico de las plantas. Aún cuando sean datos históricos, por lo general los consultores y universidades locales tienen datos reales y proyecciones que pueden servir para determinar el consumo de agua del cultivo. La humedad del suelo y el estrés hídrico deben ser medidos en el campo de cultivo.

La humedad del suelo puede calcularse de manera precisa a través de una gran variedad de métodos. En primer lugar, una mano experimentada puede usar el "método del tacto" mencionado anteriormente. Un segundo método para medir la humedad del suelo es a través del emisor del cuerpo poroso como los sensores de matriz granular (GMS), y los tensiómetros, como se muestra en las imágenes siguientes (cortesía de The Irrrometer Company). Observe la pantalla de la bitácora electrónica "Data Logger".



Los tensiómetros miden el vacío en “centibars” que las raíces de las plantas ejercen sobre el suelo en contacto directo con el instrumento, mientras que los GMS miden la resistencia eléctrica, tomando la lectura en centibars del sensor GMS que está en contacto con el suelo. En ambos casos, entre más alta la lectura, más seco el suelo. Además las lecturas pueden hacerse en campo de manera manual, o se pueden transmitir los datos de manera automática a una bitácora electrónica (ejemplo de la fotografía anterior). Es preciso considerar que los tensiómetros requieren servicio periódico para substituir el agua perdida por succión cuando se reseca el suelo.

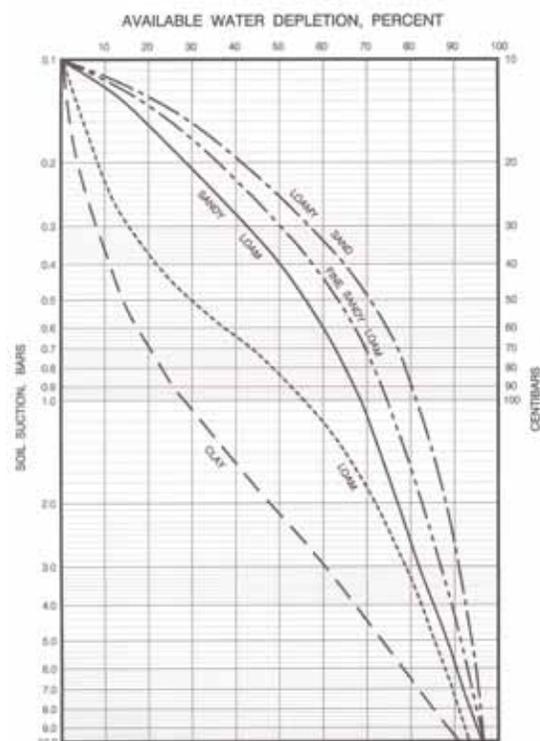
Los resultados deben ser interpretados para tomar decisiones sobre la programación del riego. Por ejemplo, una lectura dada del tensiómetro puede traducirse en diferentes contenidos de humedad del suelo, dependiendo de su textura. La siguiente gráfica muestra el “Porcentaje de Agotamiento de Agua Disponible Vs las Lecturas en Centibars” (Van de Gulik, 1999). Note que una lectura de 50 centibars se traduce en 70% de agotamiento de agua disponible en un suelo franco arenoso, pero es menos del 15% del agotamiento del agua disponible en un suelo arcilloso. Por lo tanto, cuando los productores tienen suelos más ligeros con menor capacidad total de retención de agua es preferible mantener las lecturas del tensiómetro a niveles más bajos que cuando se tienen suelos más pesados. Es muy importante conocer con exactitud cuál es la textura del suelo para poder interpretar los datos de manera eficiente.

En tercer lugar, la humedad del suelo puede medirse mediante otras tecnologías, incluyendo la Reflectometría de Dominio de Tiempo (TDR), la Reflectometría del Dominio de Frecuencia (FDR) y las sondas de neutrones. La selección de la tecnología dependerá de un cierto número de factores, incluyendo el tamaño de las operaciones, la variabilidad de los suelos, la disponibilidad de mano de obra, la exactitud deseada, la capacidad de automatización, el costo y el apoyo local disponible. Ya que los resultados deben ser interpretados, una de las consideraciones más importantes es estar bien capacitados para aprovechar e interpretar dichos resultados.

El estrés hídrico puede medirse de diversas maneras. El productor experimentado puede simplemente observar el campo de cultivo y encontrará ciertos indicios basados en el semblante de hoja, cambios de color, marchitez y la pérdida de frutos. Sin embargo, tales indicios son subjetivos y cualitativos. Las bombas de presión y los termómetros infrarrojos son tecnologías que proporcionan mediciones cuantitativas del estrés hídrico de las plantas. Sin importar cuál sea el método, las mediciones de estrés hídrico en las plantas se utilizan conjuntamente con las mediciones atmosféricas (consumo de agua del cultivo) y la humedad del suelo, para predecir y determinar cuándo regar y por cuánto tiempo. Para lograr mejores resultados, es preciso consultar a técnicos locales expertos en estas tecnologías para que analicen e interpreten los datos sobre el clima, el suelo y las plantas. De manera ideal, la programación debe basarse tanto en datos técnicos como en la experiencia local.



Componentes del Tensiómetro



D. Métodos para Calcular el Tiempo de Operación del Sistema de Riego

Los siguientes formatos sirven para calcular el tiempo de operación del sistema de riego para cultivos permanentes y cultivos en hileras e integran la tasa de aplicación, el agua disponible en la zona radicular, los requerimientos de agua del cultivo y el tiempo de operación recomendado en un solo programa de riego.

Ejemplo de Cultivo Permanente - Sistema Inglés

Método de Cálculo del Tiempo de Operación del Sistema de Riego con Goteros/Micros - Sistema Inglés

Siga los pasos 1-6 para determinar el tiempo de operación diario del sistema de riego.

Paso 1.	Para determinar la Tasa de Aplicación Neta, capture cuatro valores en negritas en los recuadros. Como ejemplo, las líneas laterales con goteros de 0.6 gph, espaciados a 4 pies, están separadas a una distancia de 10 pies. La uniformidad de la aplicación es del 90%. La tasa de aplicación neta resultante es:	Gotero/Micro flujo, gph	Espaciamiento entre goteros (pies)	Espaciamiento en líneas laterales	Uniformidad de la aplicación (decimales)	Tasa de aplicación neta (pulgadas por hora)
		0.6	4	10	0.90	0.022
Paso 2.	Capture el volumen de Agua Disponible en la zona radicular del cultivo solo para el Día 1. Este dato depende de la textura del suelo y la profundidad de la zona radicular. El siguiente ejemplo se basa en suelo franco con 1 pulgada de agua disponible por pie al alcanzar la capacidad de campo. La zona radicular tiene 5 pies de profundidad por lo tanto hay 5" de agua disponibles. Se asume que la zona radicular esta llena a partir del primer día.					
Paso 3.	Capture el consumo diario de agua del cultivo. Como ejemplo, se utilizaron 14 días: 0.10 pulgadas por día en la primera semana, 0.20 pulgadas por día en la segunda semana.					
Paso 4.	Capture la cantidad de agua que será aplicada en la columna azul. La cantidad debe ser la misma que el consumo diario de agua, o se puede permitir la acumulación de un déficit, siempre y cuando se haya ajustado el parámetro de Déficit Permisible de Humedad DPH. En el siguiente ejemplo, DPH se ajustó a 0.20 pulgadas de tal forma que el agua consumida se reemplaza cuando el agua disponible llegue a 4.8 pulgadas.					
Paso 5.	Capture la cantidad de precipitación que se ha tenido, si ha llovido					
Paso 6.	Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día. Tiempo de Operación del Sistema de Riego= Cantidad que será aplicada/ tasa de aplicación.					
Resumen:	Paso 1: Calcular la tasa de aplicación neta	Paso 2. Capturar el agua disponible (pulgadas) en la zona radicular, solo para el Día 1.	Paso 3. Capture el Consumo de Agua del Cultivo (en pulgadas) para cada día	Paso 4: Capture la cantidad de Agua (en pulgadas) que será aplicada	Paso 5: Capture la cantidad neta de lluvia (en pulgadas y cuando proceda)	Paso 6: Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día
	Día	Agua disponible en la zona radicular al inicio del día, en pulgadas	Consumo de agua diario del cultivo, pulgadas	Cantidad de agua que será aplicada en pulgadas	Precipitación Neta, pulgadas	Tiempo de operación del sistema de riego, horas por día
	1	5.00	0.10		0.0	0.00
	2	4.90	0.10	0.20	0.0	9.26
	3	5.00	0.10		0.0	0.00
	4	4.90	0.10		0.0	0.00
	5	4.80	0.10	0.30	0.0	13.89
	6	5.00	0.10		0.0	0.00
	7	4.90	0.10		0.0	0.00
	8	4.80	0.20	0.40	0.0	18.52
	9	5.00	0.20		0.0	0.00
	10	4.80	0.20	0.40	0.0	18.52
	11	5.00	0.20		0.0	0.00
	12	4.80	0.20	0.40	0.0	18.52
	13	5.00	0.20		0.0	0.00
	14	4.80	0.20	0.40	0.0	18.52
	15	5.00				

Análisis: La primera semana el consumo fue de 0.10" diarias y para reemplazar el agua utilizada, los riegos se programaron para el 2° y el 5° día. En el 8° día, el consumo de agua incremento a 0.20" por día durante el resto de la semana, por lo tanto el riego se programó para colocar 0.40" cada 2° día con el propósito de reemplazar el agua consumida.

Ejemplo de Cultivo en Hilera - Sistema Inglés

Método de Cálculo del Tiempo de Operación del Sistema de Riego de Cinta - Sistema Inglés						
Siga los pasos 1-6 para determinar el tiempo de operación diario del sistema de riego.						
Paso 1.	Para determinar la Tasa de Aplicación Neta, capture cuatro valores en negritas en los recuadros. Como ejemplo, la cinta Q-100 con 0.34 gpm/100 pies está tendida en centros de 40 pulgadas (el espaciamiento de las líneas laterales es de 3.33 pies). La uniformidad de la aplicación es del 90%. La tasa de aplicación neta resultante es:	Cinta Q-100 (gpm/100 pies)	Espaciamiento entre laterales	Uniformidad de la aplicación (decimales)	Tasa de aplicación neta (pulgadas por hora)	
		0.34	3.3	0.9	0.09	
Paso 2.	Capture el volumen de Agua Disponible en la zona radicular del cultivo solo para el Día 1. Este dato depende de la textura del suelo y la profundidad de la zona radicular. El siguiente ejemplo tiene suelo arenoso con 0.50 pulgadas de agua disponible por pie al alcanzar la capacidad de campo. La zona radicular tiene 1 pie de profundidad.					
Paso 3.	Capture el consumo diario de agua del cultivo. Como ejemplo, se utilizaron 14 días: 0.05 pulgadas por día en la primera semana, 0.07 pulgadas por día en la segunda semana.					
Paso 4.	Capture la cantidad de agua que será aplicada en la columna azul. La cantidad debe ser la misma que el consumo diario de agua, o se puede permitir la acumulación de un déficit, siempre y cuando se haya ajustado el parámetro de Déficit Permisible de Humedad DPH . En el siguiente ejemplo, DPH se ajustó a 0.05 pulgadas de tal forma que el agua consumida se reemplace diariamente.					
Paso 5.	Capture la cantidad de precipitación que se ha tenido, si ha llovido					
Paso 6.	Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día. Tiempo de Operación del Sistema de Riego= Cantidad que será aplicada/ tasa de aplicación.					
Resumen:	Paso 1: Calcular la tasa de aplicación neta	Paso 2. Capturar el agua disponible (pulgadas) en la zona radicular, solo para el Día 1.	Paso 3. Capture el Consumo de Agua del Cultivo (en pulgadas) para cada día	Paso 4: Capture la cantidad de Agua (en pulgadas) que será aplicada	Paso 5: Capture la cantidad neta de lluvia (en pulgadas y cuando proceda)	Paso 6: Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día
	Día	Agua disponible en la zona radicular al inicio del día, en pulgadas	Consumo de agua diario del cultivo, pulgadas	Cantidad de agua que será aplicada en pulgadas	Precipitación Neta, pulgadas	Tiempo de operación del sistema de riego, horas por día
	1	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	2	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	3	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	4	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	5	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	6	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	7	0.50	0.05	0.05	0.0	0.56
	8	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	9	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	10	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	11	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	12	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	13	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	14	0.50	0.07	0.07	0.0	0.79
	15					

Análisis: La primera semana el consumo fue de 0.05" diarias, por lo tanto se programó regar 34 minutos por día todos los días para reemplazar el agua consumida. Durante la segunda semana, el riego se incremento a 47 minutos diarios para compensar por el incremento del consumo. El administrador tiene la opción de:
1- regar a diario por el tiempo sugerido 2- regar cada segundo día duplicando el tiempo de riego ó 3 - regar cada tercer día triplicando el tiempo de riego.

Ejemplo de Cultivo Permanente - Sistema Métrico

Método de Cálculo del Tiempo de Operación del Sistema de Riego con Goteros/Micros - Sistema Métrico

Siga los pasos 1-6 para determinar el tiempo de operación diario del sistema de riego.

Paso 1.	Para determinar la Tasa de Aplicación Neta, capture cuatro valores en negritas en los recuadros. Como ejemplo, las líneas laterales con goteros de 2 Lph, espaciados a 1.2 meters, están separadas a una distancia de 3 meters. La uniformidad de la aplicación es del 90%. La tasa de aplicación neta resultante es .50 mm/hr	Gotero/Micro flujo, Lph	Espaciamiento entre goteros (meters)	Espaciamiento en líneas laterales (meters)	Uniformidad de la aplicación (decimales)	Tasa de aplicación neta (mm por hora)	
		2	1.2	3	0.9	0.500	
Paso 2.	Capture el volumen de Agua Disponible en la zona radicular del cultivo solo para el Día 1. Este dato depende de la textura del suelo y la profundidad de la zona radicular. El siguiente ejemplo se basa en suelo franco con 83 mm de agua disponible por metro al alcanzar la capacidad de campo. La zona radicular tiene 1.5 metros de profundidad hay un total de 125mm de agua disponible. Se asume que la zona radicular esta llena a partir del primer día.						
Paso 3.	Capture el consumo diario de agua del cultivo. Como ejemplo, se utilizaron 14 días: 2.5 mm por día en la primera semana, 5 mm por día en la segunda semana.						
Paso 4.	Capture la cantidad de agua que será aplicada en la columna azul. La cantidad debe ser la misma que el consumo diario de agua, o se puede permitir la acumulación de un déficit, siempre y cuando se haya ajustado el parámetro de Déficit Permisible de Humedad DPH . En el siguiente ejemplo, DPH se ajustó a 5 mm de tal forma que el agua consumida se reemplaza cuando el agua disponible llegue a 120 mm.						
Paso 5.	Capture la cantidad de precipitación que se ha tenido, si ha llovido						
Paso 6.	Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día. Tiempo de Operación del Sistema de Riego= Cantidad que será aplicada/ tasa de aplicación.						
Resumen:	Paso 1: Calcular la tasa de aplicación neta	Paso 2: Capturar el agua disponible (mm) en la zona radicular, solo para el Día 1.	Paso 3: Capture el Consumo de Agua del Cultivo (en mm) para cada día	Paso 4: Capture la cantidad de Agua (en mm) que será aplicada	Paso 5: Capture la cantidad neta de lluvia (en mm y cuando proceda)	Paso 6: Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día	
	Día	Agua disponible en la zona radicular al inicio del día, en mm	Consumo de agua diario del cultivo, mm	Cantidad de agua que será aplicada en mm	Precipitación Neta, mm	Tiempo de operación del sistema de riego, horas por día	Tiempo de operación del sistema de riego, minutos por día
	1	125	2.5		0.0	0.00	0
	2	122.5	2.5	5	0.0	10.00	600
	3	125	2.5		0.0	0.00	0
	4	122.5	2.5		0.0	0.00	0
	5	120	2.5	7.5	0.0	15.00	900
	6	125	2.5		0.0	0.00	0
	7	122.5	2.5		0.0	0.00	0
	8	120	5	10	0.0	20.00	1200
	9	125	5		0.0	0.00	0
	10	120	5	10	0.0	20.00	1200
	11	125	5		0.0	0.00	0
	12	120	5	10	0.0	20.00	1200
	13	125	5		0.0	0.00	0
	14	120	5	10	0.0	20.00	1200
	15	125					

Análisis: Durante la primera semana se consumieron 2.5mm diarios de agua y se programaron riegos para reponer el agua consumida el 2° y 5° día. En el 8° día el consumo de agua se duplico a 5 mm diarios durante el resto de la semana. Por lo tanto se programaron riegos de 10 mm diarios durante el resto de la semana para reponer el agua que se consumió.

Ejemplo de Cultivo en Hilera - Sistema Métrico

Método de Cálculo del Tiempo de Operación del Sistema de Riego de Cinta - Sistema Métrico						
Siga los pasos 1-6 para determinar el tiempo de operación diario del sistema de riego.						
Paso 1.	Para determinar la Tasa de Aplicación Neta, capture cuatro valores en negritas en los recuadros. Como ejemplo, la cinta Q-100 con 4.5 Lpm / 100 m está tendida en centros de 1.1 meter (el espaciamiento de las líneas laterales es de 1.1 meter). La uniformidad de la aplicación es del 90%. La tasa de aplicación neta resultante es 2.2 mm/hr.	Cinta Q-100 (Lpm/100 meters)	Espaciamiento entre laterales (meters)	Uniformidad de la aplicación (decimales)	Tasa de aplicación neta (mm por hora)	
		4.5	1.1	0.9	2.20	
Paso 2.	Capture el volumen de Agua Disponible en la zona radicular del cultivo solo para el Día 1. Este dato depende de la textura del suelo y la profundidad de la zona radicular. El siguiente ejemplo tiene suelo arenoso con .42 mm de agua disponible por cm al alcanzar la capacidad de campo. La zona radicular tiene 30 cm de profundidad:					
Paso 3.	Capture el consumo diario de agua del cultivo. Como ejemplo, se utilizaron 14 días: 1.5 mm por día en la primera semana, 2 mm por día en la segunda semana.					
Paso 4.	Capture la cantidad de agua que será aplicada en la columna azul. La cantidad debe ser la misma que el consumo diario de agua, o debe existir un déficit, en caso de que se haya ajustado el parámetro de Manejo del Déficit Permitido de Humedad, DPH. En el siguiente ejemplo, DPH se ajustó a 1.3 mm de tal forma que el agua consumida se reemplace diariamente.					
Paso 5.	Capture la cantidad de precipitación que se ha tenido, si ha llovido					
Paso 6.	Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día. Tiempo de Operación del Sistema de Riego= Cantidad que será aplicada/ tasa de aplicación.					
Resumen:	Paso 1: Calcular la tasa de aplicación neta	Paso 2. Capturar el agua disponible (mm) en la zona radicular, solo para el Día 1.	Paso 3. Capture el Consumo de Agua del Cultivo (en mm) para cada día	Paso 4: Capture la cantidad de Agua (en mm) que será aplicada	Paso 5: Capture la cantidad neta de lluvia (en mm y cuando proceda)	Paso 6: Lea el tiempo de operación del sistema de riego en horas o minutos por día
	Día	Agua disponible en la zona radicular al inicio del día, en mm	Consumo de agua diario del cultivo, mm	Cantidad de agua que será aplicada en mm	Precipitación Neta, mm	Tiempo de operación del sistema de riego, horas por día / Tiempo de operación del sistema de riego, minutos por día
	1	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	2	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	3	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	4	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	5	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	6	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	7	12.60	1.50	1.50	0.0	0.68 / 41
	8	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	9	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	10	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	11	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	12	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	13	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	14	12.60	2.00	2.00	0.0	0.91 / 55
	15	12.60				

Análisis: Durante la primera semana se consumieron 1.5 mm diarios de agua y se programó regar durante 41 minutos diarios para reponer el agua que se consumió. Durante la segunda semana, el riego se incremento a 55 minutos diarios para compensar por el incremento de agua requerida por el cultivo. El administrador tiene la opción de: 1- regar a diario por el tiempo sugerido 2- regar cada segundo día duplicando el tiempo de riego ó 3 - regar cada tercer día triplicando el tiempo de riego, sin embargo en ninguno de los casos se debe de permitir que se consuma toda el agua disponible.



4

FERTIRIEGO Y QUIMIGACIÓN

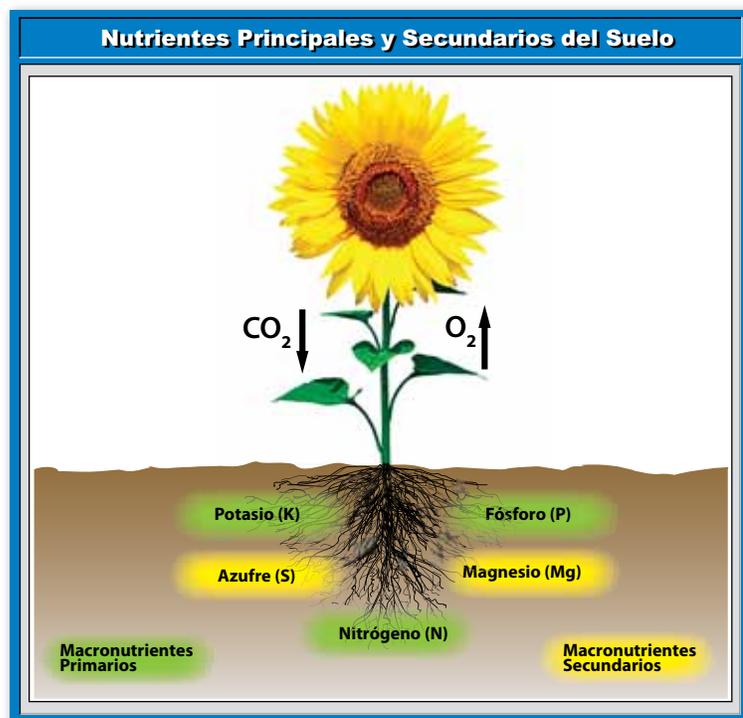
- 4.1 Relación Agua/Suelo/Planta
 - A. Análisis de Agua e Interpretación
 - B. Análisis de Suelo e Interpretación
 - C. Análisis de Planta e Interpretación
- 4.2 Guía para la Inyección de Químicos
- 4.3 Equipo para Inyección de Químicos
- 4.4 Formulas para la Inyección de Químicos

Fertiriego y Quimigación

4.1 Relación Agua/Suelo/Planta

Hay muchas razones por las que se puede desear aplicar productos químicos mediante el sistema de riego por goteo. Estos son algunos ejemplos:

- Se pueden aplicar productos químicos para darle mantenimiento al sistema, ya sea para tratar o para evitar el taponamiento tanto de fuentes orgánicas como de fuentes inorgánicas.
- Se pueden aplicar tratamientos para mejorar desequilibrios químicos del suelo y del agua que impiden la infiltración del agua en el suelo, o que amenazan la salud de las plantas.
- Los nutrientes pueden ser aplicados con facilidad y precisión directamente al suelo y a las raíces, sin mojar el follaje.
- Se pueden aplicar otros productos agroquímicos para acabar con las plagas o mejorar su desarrollo.



Diecisiete Nutrientes Requeridos por las Plantas

Principales Nutrientes de Agua y CO_2	C	Carbono
	H	Hidrógeno
	O	Oxígeno
Macronutrientes Primarios	N	Nitrógeno
	P	Fósforo
	K	Potasio
Macronutrientes Secundarios	Ca	Calcio
	Mg	Magnesio
	S	Azufre
Micronutrientes	Fe	Hierro
	Cu	Cobre
	Mn	Manganeso
	Mo	Molibdeno
	B	Boro
	Cl	Cloro
	Ni	Níquel
	Zn	Zinc

En resumen, el sistema de quimigación debe ser diseñado para aplicar con seguridad los productos químicos correctos en las cantidades adecuadas, en el momento en que se necesitan.

La imagen anterior (Mejorando la Vida Vegetal, 2009) muestra la manera en la que las hojas y las raíces de las plantas trabajan en conjunto para obtener los 17 nutrientes requeridos por las plantas, tal y como se muestra en el siguiente cuadro (Adaptación del Modelo de Plaster, 2003). El sistema de riego por goteo puede ser altamente efectivo para aplicar muchos de estos nutrientes directamente.

Pruebas de Nutrientes

El riego por goteo aplica el agua y los nutrientes al suelo para que las raíces puedan absorberlos. Se requieren tanto hechos científicos como conocimiento local del ambiente creado por la relación entre el agua, el suelo y la planta para determinar el estado nutricional.

- Antes de diseñar su sistema de riego, es necesario que realice los análisis de suelo y agua para asegurarse de que la tasa de aplicación del sistema sea adecuada a la capacidad que tiene el suelo de aceptación de agua; así como para descubrir y corregir cualquier desequilibrio o toxicidad que representen un riesgo para la infiltración, o para la salud vegetal.
- Durante la etapa de desarrollo del cultivo también se aplican agua, fertilizantes y otros productos químicos. Es importante monitorear y corregir los desequilibrios físicos o químicos que puedan presentarse.
- Los avances en el equipo de monitoreo de campo permiten realizar análisis frecuentes de suelo y plantas para supervisar el desarrollo del cultivo y su estado nutricional.

Al manejar los tres parámetros (suelo, agua y plantas) correctamente, podrá aumentar al máximo la rentabilidad de sus operaciones y reducir al mínimo el riesgo de aplicar agua y productos químicos de manera incorrecta. El cuadro siguiente (Burt, 1995) resume el tiempo, las determinaciones, las observaciones y los procedimientos de pruebas realizadas a las plantas, el suelo y el agua. También se describen detalles adicionales respecto a dichas pruebas.

Categorías de las Pruebas de Nutrientes					
	Suelo	Solución de Suelo	Tejido Vegetal	Savia	Agua de Riego
Época típica	Antes de la siembra y cuando haya síntomas de deficiencia	Cada semana	Varias veces durante el ciclo de desarrollo	Varias veces durante el ciclo de desarrollo	Una o dos veces durante el ciclo de desarrollo
¿Qué se determina?	Cuánto fertilizante se requiere para todo el ciclo	La disponibilidad de nutrientes al momento de la prueba	Determinar si los niveles nutricionales son suficientes para esta etapa de desarrollo	Determinar si los niveles nutricionales son suficientes para esta etapa de desarrollo	El aporte de nutrientes a través del agua; presencia de elementos con potencial tóxico como el boro y el cloro
Observaciones especiales	Saber si hay problemas potenciales de fertilidad o infiltración. Examinar las proporciones de nutrientes presentes en el suelo	Tasas de liberación de los distintos fertilizantes	Las proporciones de nutrientes en las plantas (DRIS)	Las proporciones de nutrientes en las plantas (DRIS)	Riesgos de permeabilidad
Procedimiento Típico	Laboratorio	Campo	Laboratorio	Campo	Laboratorio o campo

A. Análisis del Agua y su Interpretación (Boswell, 2000)

El estudio preliminar a la instalación de un sistema de micro-riego requiere que se analice con mucho cuidado la fuente de suministro de agua. Los sistemas de micro-riego requieren buena calidad de agua, sin presencia de material extraño, a excepción de los sólidos suspendidos muy finos. **El no analizar la calidad de la fuente de suministro de agua para aplicar el tratamiento adecuado, es una de las razones principales del mal funcionamiento de los sistemas de micro-riego.**

Extracción de Una Muestra de Agua

Es preciso tomar una muestra representativa de agua. Si la fuente es un pozo, la muestra debe ser recolectada después de que la bomba haya operado durante media hora. Cuando la línea de suministro de agua es de la red potable, o cuando el agua proviene de un grifo, es necesario dejar correr el agua varios minutos antes de tomar la muestra. Al tomar muestras de una fuente de agua superficial como canales, ríos o lagunas, estas deben tomarse lejos de la orilla, cerca del centro y por debajo de la superficie del agua. Cuando la fuente de agua superficial sufra variaciones en la calidad del agua a lo largo de las diferentes estaciones del año, será necesario tomar las muestras y analizarlas cuando la calidad del agua esté en su peor momento.

Hay que evaluar el agua para determinar el riesgo potencial de toxicidad, taponamiento, salinidad e infiltración.

Los envases de vidrio o plástico de medio galón (2 litros) son ideales para recolectar las muestras. Es necesario limpiarlos y enjuagarlos perfectamente con el agua de muestra para evitar contaminación cruzada. Se deberán recolectar dos muestras. La primera muestra se utiliza para realizar todas las pruebas, con excepción del hierro y no se requieren aditivos. La segunda muestra se utiliza para realizar el análisis de hierro. Después de recolectar el agua, se añaden 10 gotas de HCl. Por lo común, el se consigue en forma de ácido muriático.

Las botellas de muestra deben quedar perfectamente llenas, hasta la tapa (sacando todo el aire) antes de etiquetarlas con cuidado, sellarlas muy bien y guardarlas en un lugar seguro (¡NO LAS CONGELE!). Las muestras deben ser enviadas de inmediato a un laboratorio de pruebas de agua.

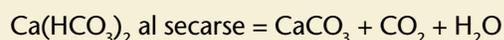
Análisis de Agua: Elementos Típicos

Sólidos Suspendidos. – Los sólidos suspendidos en el suministro de agua incluyen partículas de suelo de distintos tamaños que van desde las arenas gruesas, hasta las arcillas finas; los organismos vivos, incluyendo algas y bacterias, así como una gran variedad de materia transportada por el agua de distinta naturaleza. Las cargas de sólidos suspendidos pueden variar de manera considerable de un día para otro y de un ciclo agrícola al siguiente ciclo agrícola; en especial cuando la fuente de suministro de agua es un río, un lago o un depósito natural. Debido a que los sólidos suspendidos de cierto tamaño deben ser separados del agua antes de que entren al sistema, es importante tener una estimación confiable de la cantidad total de material que debe ser eliminado.

pH. – El pH de las fuentes de agua que se utilizan para el riego fluctúa entre 6.5 y 8.0, siendo muy pocas las ocasiones en las que representa un problema en sí mismo. No obstante, debido a que el pH juega un papel importante en una variedad de reacciones químicas en el agua y en el suelo, debe ser tomado en cuenta. El pH de la fuente de agua puede determinar la presencia o la falta de varios sólidos suspendidos en el agua, tales como hierro o carbonato de calcio, que de precipitarse tapan los goteros. El pH del agua puede ayudar o afectar la acción del cloro utilizado para el control de crecimiento biológico; puede afectar el pH del suelo y puede ocasionar que se precipiten los fertilizantes fuera de la solución, provocando problemas de taponamiento.

Sólidos Totales Suspendidos (TDS). – TDS se reportan generalmente en partes por millón (ppm) y describen el contenido total de sal en el agua. Los sólidos totales suspendidos pueden ser determinados al evaporar toda el agua de una muestra de peso conocido y pesando la sal restante. El método más frecuente de calcularlos en partes por millón (ppm), es midiendo la Conductividad Eléctrica (Ecw) en ds/m y multiplicando el resultado por 640. Para calcular las libras totales de TDS aplicadas por acre-pie de agua de riego, es necesario multiplicar las ppm de TDS por 2.72. Conforme a este cálculo, el agua con 736 ppm de TDS está generando ¡2,000 libras de sal por pie acre! (2,245 kg de sales en una hectárea) Para calcular el TDS en kilogramos aplicado en un metro de agua sobre una hectárea, multiplique ppm TDS por 9.989. En este ejemplo, el agua con 736 ppm TDS esta añadiendo 7,352 kg de sal por hectárea con cada metro de agua que se aplica.

Bicarbonato. – El bicarbonato (HCO_3) es común en aguas naturales. Los bicarbonatos de sodio y potasio pueden existir en forma de sales sólidas, tales como el bicarbonato de sodio (polvo para hornear). El bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio solo existen en solución. Al reducirse la humedad del suelo por transpiración o por evaporación, el bicarbonato de calcio se descompone, el dióxido de carbono (CO_2) escapa a la atmósfera y se forma agua (H_2O), dejando atrás la cal (CaCO_3) insoluble.



Una reacción semejante se presenta con el bicarbonato de magnesio. Cuando el suelo empieza a secarse, grandes cantidades de iones de bicarbonato presentes en el agua de riego se precipitan en forma de calcio, pudiendo ser eliminadas de la arcilla de manera eficiente, pero dejando sodio en su lugar. De esta manera, el suelo donde predomina el calcio puede transformarse en un suelo sódico (donde predomina el sodio) mediante la aplicación de agua de riego con alto contenido de bicarbonato.

Carbonato – El carbonato (CO_3) se encuentra presente en ciertos tipos de agua. Ya que los carbonatos de calcio y magnesio son relativamente insolubles, las aguas con alto contenido de carbonato tienen cationes probablemente de sodio con pequeña cantidad de potasio. Al secarse el suelo, los iones de carbonato eliminarán el calcio y el magnesio de la arcilla en un proceso semejante al del bicarbonato, desarrollando un suelo alcalino (sódico).

Manganeso – El manganeso (Mn) presente en el agua del subsuelo es menos común que el hierro y por lo general se encuentra en cantidades más pequeñas. Al igual que el hierro, el manganeso en solución se precipita como resultado de la actividad química o biológica, formando un sedimento que tapa los goteros y otros componentes del sistema. El color de los depósitos varía del café oscuro, cuando es una mezcla de hierro, al negro, si el óxido de manganeso es puro. Debe tener cuidado al clorar el agua con aguas que contienen manganeso, ya que pueden formarse precipitados durante el tiempo que pasa desde la aplicación del cloro, hasta que surte efecto.

Hierro – Puede haber hierro (Fe) presente en forma soluble (ferrosa) con capacidad para generar problemas de taponamiento de goteros, a concentraciones tan bajas como 0.1 ppm. El hierro disuelto puede precipitarse fuera del agua debido a cambios de presión o temperatura, en respuesta a una elevación del pH, o por la actividad bacteriana. El resultado es un lodo color ocre, o masa limosa, capaz de inhabilitar todo el sistema de riego.

Aceite – El aceite bloqueará con rapidez tanto el filtro de malla como el filtro de arena, tapando los goteros y orificios. El aceite también puede degradar las tuberías y tubos de plástico, además de otros componentes.

Colonias de Bacterias – Las poblaciones menores a 10,000/ml se consideran de poco riesgo. Sin embargo aquellas que son mayores pueden requerir de tratamiento.

Sodio – Las sales de sodio (Na) son muy solubles y se encuentran en la mayoría de las aguas naturales. Un suelo con gran cantidad de sodio asociado con la fracción de arcilla, posee propiedades físicas malas para el desarrollo de las plantas. Cuando se moja, se escurre, se vuelve pegajoso y es casi impermeable al agua. Cuando se seca se forman terrones endurecidos, dificultando la labranza. El uso continuo de aguas con alto contenido de sodio puede generar cambios graves en lo que pudo haber sido un buen suelo. El sodio se evalúa utilizando la Relación de Adsorción de Sodio (SAR).

Cloruro – El cloruro (Cl) se encuentra en todas las aguas naturales y es tóxico para algunas plantas a altas concentraciones. Todos los cloruros comunes son solubles y contribuyen al contenido total de sal (salinidad) de los suelos. El contenido de cloruro debe ser determinado para evaluar correctamente el agua de riego.

Boro – El Boro (B) se presenta en el agua en forma aniónica. Las cantidades pequeñas de boro son esenciales para el desarrollo de las plantas, pero a concentraciones ligeramente por encima de las óptimas se vuelve fitotóxico. Algunas plantas son más sensibles a las altas concentraciones de boro que otras.

Salinidad (EC y TDS) – Las raíces absorben el agua del suelo debido principalmente a la presión osmótica generada por las células vegetales, ya que éstas contienen una concentración más alta de sales disueltas que las sales presentes en el agua del suelo. Esta diferencia en concentración de sal obliga al agua a moverse fuera del área de menor concentración de sal a la de mayor concentración mediante las paredes celulares vegetales semi-permeables, en un proceso llamado ósmosis.

Cuando se aplica agua salina a los suelos se eleva el contenido de sal en el suelo y se reduce la presión osmótica en toda la membrana permeable de la raíz y disminuyendo la absorción de agua a través de las raíces. Durante los periodos intermedios entre cada servicio de riego, cuando el agua pura es eliminada del suelo, la concentración de sal en el agua del suelo aumenta, disminuyendo aún más la presión osmótica.

La salinidad puede ser expresada como conductividad eléctrica (EC) en mmho/cm, o como Sólidos Totales Disueltos (TDS) en ppm; siendo 1.0 mmho/cm aproximadamente equivalente a 640 ppm. Bajo los métodos de riego tradicionales, el agua de riego con un valor EC de 0.75 o más (TDS = 480) puede presentar

problemas de salinidad potencial para los cultivos sensibles a la sal (por ejemplo las fresas), mientras que ciertos cultivos tolerantes a la sal (por ejemplo el algodón) pueden florecer utilizando agua sumamente salina.

Un sistema de micro-riego diseñado y operado adecuadamente puede reducir de manera importante los problemas de salinidad, ya que el riego por goteo mantiene un alto contenido de humedad en el suelo y porque el agua que se mueve fuera de los goteros transportará las sales hacia las orillas de la zona radicular en un proceso llamado micro-lixiviación.

Sin embargo, no estamos sugiriendo ignorar la salinidad en el diseño y la operación de los sistemas de micro-riego. Por el contrario, debido a la ausencia de percolación profunda bajo el sistema de micro-riego, no habrá lixiviación vertical de las sales, a menos que el ingeniero incorpore esta capacidad dentro del diseño del sistema.

Proporción de Adsorción de Sodio (SAR) –

La Proporción o relación de adsorción de sodio que compara la concentración de iones de sodio con la concentración de iones de calcio y magnesio es una herramienta que ayuda a evaluar el grado al que el sodio dañino reemplazará al calcio benéfico en las partículas de arcilla del suelo. En años recientes, se ha desarrollado otro cálculo llamado "SAR ajustado" ($Adj. R_{Na}$) para incluir el papel que desempeñan los bicarbonatos en la extracción del calcio benéfico del suelo. Se piensa que existe una inter-relación entre $Adj. R_{Na}$ y EC_w que debe ser tomada en cuenta para estimar de manera correcta el riesgo de la permeabilidad.

Calcio. – El calcio (Ca) se encuentra presente en cierta medida en todas las aguas naturales. Un suelo predominantemente saturado con calcio benéfico es tipo migajón fácil de trabajar. Por lo general este suelo permite que el agua penetre con facilidad y no se encharca ni se escurre cuando está mojado. Por esta razón, el calcio

en forma de yeso se aplica a suelos apretados para mejorar sus propiedades físicas. El agua de riego con alto contenido de calcio disuelto es de gran beneficio.

Magnesio – El magnesio (Mg) usualmente se encuentra en cantidades cuantificables y se comporta de manera muy parecida al calcio del suelo. Los laboratorios no acostumbran separar el calcio del magnesio, y lo reportan sencillamente como Ca + Mg en me/L.

Potasio – El Potasio (K) se encuentra en cantidades muy pequeñas en aguas naturales. Se comporta de manera muy parecida al sodio en el suelo. En el análisis de agua, se incluye con el sodio en lugar de reportarse por separado.

Sulfato – El sulfato (SO_4) es abundante en la naturaleza. Los sulfatos de sodio, magnesio y potasio se encuentran disponibles en su forma soluble. El sulfato de calcio (yeso) tiene solubilidad limitada. El sulfato no ejerce ningún efecto característico sobre el suelo, excepto que contribuye al contenido total de sal. La presencia de calcio soluble limita la solubilidad del sulfato.

Nitrato – No es común encontrar el nitrato (NO_3) en grandes cantidades en aguas naturales. Aún cuando es benéfico como nutriente vegetal, el nitrato puede tener un efecto indeseable en la maduración de los cultivos y de los frutos. Los altos niveles de nitrato en el agua pueden ser indicios de contaminación por el uso excesivo de fertilizantes, o por el drenaje. Los nitratos no tienen ningún efecto en las propiedades físicas del suelo, excepto que contribuyen ligeramente a su salinidad.

Utilice el cuadro siguiente como resumen y guía de los parámetros de análisis de agua y sus posibles interpretaciones:

Análisis de Agua e Interpretación					
Componentes	Por que son importantes	Nivel de Riesgo			Fuente
		Bajo	Medio	Alto	
Sólidos suspendidos	Taponamiento físico	<50 ppm	50-100 ppm	>100 ppm	1
pH	Taponamiento químico	<7.0	7.0–8.0	>8.0	1
Sal	Taponamiento químico	<500 ppm	500–2,000 ppm	>2,000 ppm	1
Bicarbonato	Taponamiento químico	—	100 ppm	—	1
Manganeso	Taponamiento químico	<0.1 ppm	0.1–1.5 ppm	>1.5 ppm	1
Hierro total	Taponamiento químico	<0.2 ppm	0.2–1.5 ppm	>1.5 ppm	1
Sulfuro de hidrógeno	Taponamiento químico	<0.2 ppm	0.2–2.0 ppm	>2.0 ppm	1
Poblaciones bacterianas /gal	Taponamiento biológico	38 million/gal	38 - 190 million/gal	>190 million/gal	1
Poblaciones bacterianas/ml	Taponamiento biológico	<10,000/ml	10,000–50,000/ml	>50,000/ml	1
Aceite	Taponamiento Físico		desconocido		1
Sodio, adj. R _{Na}	Toxicidad que afecta el desarrollo de la planta	<3.0	3.0 - 9.0	>9.0	2
Cloruro, me/l	Toxicidad que afecta el desarrollo de la planta	< 4.0	4.0 - 10	>10.0	2
Cloruro, mg/l o ppm	Toxicidad que afecta el desarrollo de la planta	< 142	142 - 355	>355	2
Boro, mg/l o ppm	Toxicidad que afecta el desarrollo de la planta	< 0.5	0.5 - 2.0	2.0–10.0	2
EC _{w7} , dS/m	Salinidad (impide que las raíces absorban el agua)	<0.75	0.75 - 3.0	>3.0	2
EC _{w7} , TDS		480	1,920	1,920	2
Sodio, adj. R _{Na}	Problemas de infiltración (el agua no penetra en el suelo)				
0–3	...junto con EC _w =	>0.7	0.7 - 0.2	<0.2	3
3–6	...junto con EC _w =	>1.2	1.2 - 0.3	<0.3	3
6–12	...junto con EC _w =	>1.9	1.9 - 0.5	<0.5	3
12–20	...junto con EC _w =	>2.9	2.9 - 1.3	<1.3	3
20–40	...junto con EC _w =	>5.0	5.0 - 2.9	<2.9	3

Referencias:

1. Bucks and Nakayama, 1980
2. Ayers, 1977
3. Westcott & Ayers, 1984

B. Análisis de Suelo e Interpretación

La tecnología del riego por goteo permite a los productores aplicar los nutrientes y los elementos para ajustar el suelo de manera más precisa que otros métodos convencionales. Además de los análisis de laboratorios tradicionales que se realizan antes de la siembra para determinar la cantidad total de fertilizante que requiere el cultivo, las “pruebas rápidas” de campo reportan el estado nutricional de la solución de suelo (agua retenida en el suelo). Con estos datos, se pueden ajustar las aplicaciones de fertilizante y productos mejoradores de suelos para optimizar la producción y la rentabilidad del cultivo.

Es preciso hacer notar que el análisis de suelo y el análisis de la solución de suelo son diferentes, al igual que sus interpretaciones. La siguiente guía lo ayudará a asegurar el éxito:

- Recorra a un laboratorio con buena reputación y/o a análisis rápidos de campo que sean confiables.
- Sea cuidadoso al interpretar los resultados, utilizando las unidades correctas. Los laboratorios a veces expresan los resultados en diferentes unidades y/o formatos, que pueden prestarse a malas interpretaciones.
- Pregunte al personal del laboratorio sobre los procedimientos exactos que deben utilizarse para el muestreo de análisis de suelo y/o siga las recomendaciones de los fabricantes sobre los análisis de solución de suelo en campo.
- Recuerde que los resultados de los análisis de solución de suelo se interpretan de manera distinta que los análisis de suelo y dependen en gran medida del cultivo, el tipo de suelo, el porcentaje de humedad del suelo y el método de riego. Por esta razón, los análisis de solución de suelo se utilizan de manera típica para detectar si los niveles de nutrientes son suficientes y se usan en conjunto con los análisis de tejido vegetal. Algunos consideran que los análisis de solución de suelo son más útiles para monitorear las tendencias nutricionales, que para determinar los niveles óptimos de nutrientes.
- Muchos expertos piensan que es necesario considerar el balance de nutrientes en el suelo, además de la cantidad total de nutrientes presentes en el suelo (Burt, 1995)

Las pruebas de suelo deben ser interpretadas de manera diferente que las pruebas de solución de suelo.

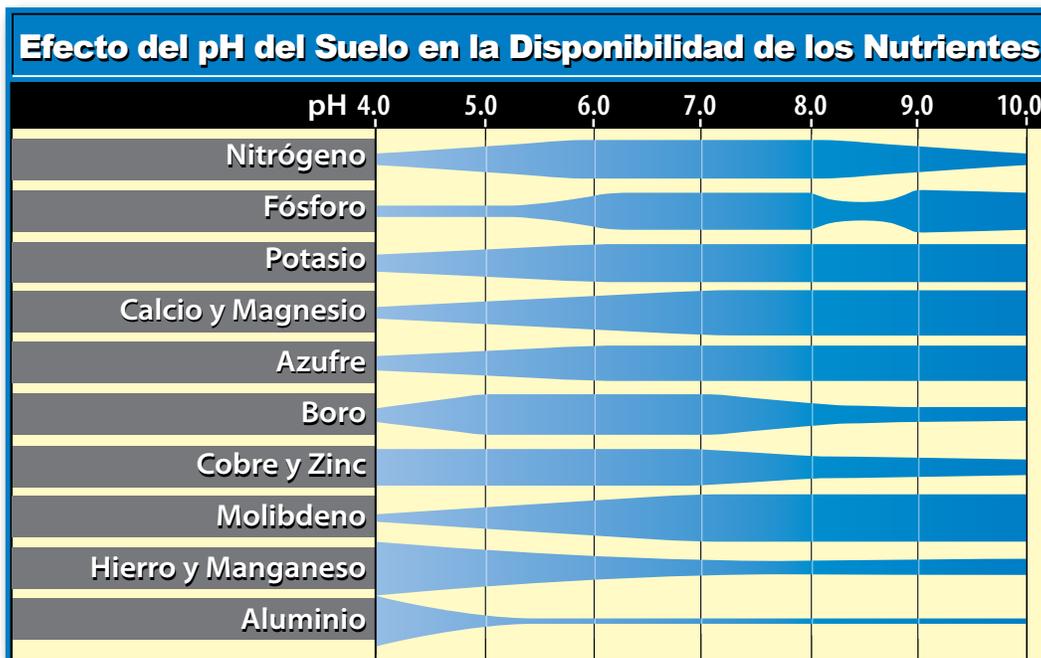
El siguiente cuadro proporciona reglas generales de interpretación de los resultados de pruebas del suelo (Burt, 1995 conforme a Tisdale y colaboradores, 1985)

Reglas generales para interpretar los resultados de los análisis de Suelos	
Nutriente del suelo	Regla
NO₃-N (Nitrógeno-Nítrico)	Deficiente si es menor a 10 ppm Suficiente en general si es mayor a 20 ppm
Ca (Calcio)	Ca (mEq) debe requerir del 65 al 75% de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC*), si Ca/mg <2/1, se pueden presentar deficiencias de Ca
Mg (Magnesio)	Mg (mEq) debe requerir del 10-15% de CIC*. Si Ca/Mg >20/1, se pueden presentar deficiencias de Mg
K (Potasio)	K (m Eq) debe requerir 2.5-7.0% de CIC* *Capacidad de Intercambio Catiónico

El siguiente cuadro presenta las interpretaciones generales de los nutrientes en la solución de suelo (Burt, 1995 conforme a Hartz y colaboradores).

Interpretaciones Generales de Nutrientes en la Solución de Suelo		
Nutriente del suelo	Nivel de suficiencia	Notas
NO ₃ -N (Nitrógeno-Nítrico)	> 50–75 ppm	Por lo general se considera suficiente durante la primera mitad del ciclo
K (Potasio)	20 – 60 ppm es suficiente por lo general	Balance de la solución sugerido: K (ppm) = 0.10 x Ca (ppm)
Ca (Calcio)	No está claro	Balance de la solución sugerido: Ca (ppm) = 10 x K (ppm)
Mg (Magnesio)	24 ppm	

Además de los nutrientes, es preciso monitorear el pH del suelo, ya que la disponibilidad de los nutrientes, la solubilidad de los iones tóxicos y la actividad microbiana son afectadas por el pH. El pH de suelos ácidos puede elevarse añadiéndole cal libre. Este cuadro muestra la forma en la que elementos tóxicos como el aluminio se vuelve más soluble y disponible, a un pH más bajo; así como la forma en la que el pH neutro beneficia la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana. Mientras más ancha sea la barra, mayor disponibilidad del nutriente. (Truog, 1943)



Debe observar que los productos químicos utilizados en el mantenimiento del sistema y los fertilizantes comúnmente utilizados reducen el pH del agua y por lo tanto también pueden reducir el pH del suelo.

Además del pH, los niveles de sal y sodio en el suelo pueden ser monitoreados para evitar lesionar las plantas y afectar los suelos. El siguiente cuadro muestra las características de la Salinidad de Suelos (Plaster, 2003)

Características de la Salinidad de Suelos					
Clase de suelo	Conductividad (mmhos/cm)	Sodio intercambiable (%)	Relación de Absorción de Sodio	pH del Suelo	Estructura del Suelo
Salino	>4.0	<15	<13	<8.5	Normal
Sódico	<4.0	>15	>13	>8.5	Pobre
Salino-sódico	>4.0	>15	>13	<8.5	Normal

La cantidad de cal libre (carbonato de calcio) presente, determinará los materiales y métodos del tratamiento. El siguiente cuadro proporciona una guía para el tratamiento de suelos con condiciones salinas, sódicas (alcalinas) y salinas/sódicas (adaptación del trabajo de Plaster, 2003, pp. 191-192). Como en todos los casos, el mantenimiento preventivo y el monitoreo son ideales para evitar la toxicidad y/o los problemas de infiltración de agua. El Capítulo 5 contiene más información sobre el manejo de la salinidad.

Guía para el Tratamiento de Suelos Salinos, Sódicos y Sódico/Salinos					
	ECe (dS/m)	ESP (%)	pH	Propiedades Físicas	Métodos de remediación
Salino	>4.0	<15	<8.5	Buenas	Lixiviar con agua de alta calidad, se requiere un buen drenado
Sódico	<4.0	>15	>8.5	Pobre-también llamado álcali negro	Yeso y/o ácido; se añade materia orgánica para mejorar la lixiviación
Salino/Sódico	>4.0	>15	<8.5	Bueno a malo-inhíbe la penetración del agua	Se lixivian en presencia de yeso; se acidifica en presencia de piedra caliza; se requiere un buen drenaje

C. Análisis Vegetal y su Interpretación

Los análisis de tejido vegetal muestran lo que la planta realmente requiere, mientras que los análisis de suelo muestran lo que la planta tiene a su disposición o las deficiencias que tiene el suelo. Aún cuando el análisis de tejido vegetal es común en la agricultura bajo riego, la posibilidad de alimentar el cultivo de una manera precisa a través del sistema de riego por goteo ha incentivado que se efectúen análisis de tejidos más frecuentemente, ya que éstos sirven para efectuar los ajustes necesarios al programa de fertiriego a la mitad del ciclo agrícola y así satisfacer con más certeza, las necesidades del cultivo. Los análisis de savia y de tejido vegetal pueden ser realizados en un laboratorio o bien por los mismos productores en el campo. Esta última opción permite realizar pruebas más frecuentes y de bajo costo.

Existen muchas técnicas e interpretaciones para los análisis de tejidos. Sin importar la técnica, es necesario considerar la etapa de desarrollo, la parte de la planta de donde se extrae el tejido y el momento adecuado para recolectar las muestras de tejido. Para una buena interpretación, las muestras de tejido deben ser iguales a las del tejido utilizado como patrón de comparación en el momento de dar las recomendaciones nutricionales. Los distintos métodos incluyen el método de nivel crítico, el método del rango de suficiencia, el método de proporción de nutriente/producto, así como el sistema integral de diagnóstico y recomendaciones (DRIS). Los análisis de savia vegetal fresca también han cobrado popularidad, debido a la rapidez y sencillez de esta prueba, en comparación con las pruebas tradicionales de tejido vegetal. Las técnicas de interpretación de tejido vegetal pueden aplicarse también a las mediciones de savia vegetal.

Resumen de la Relación Agua / Suelo / Planta

Los sistemas de riego por goteo brindan a los productores la capacidad de afinar la alimentación de sus cultivos con una mayor precisión. Por esa razón, hay nuevos tipos de análisis para la relación agua / suelo / planta que se

Las prácticas del pasado pueden considerarse inadecuadas para los sistemas de riego por goteo

realizan con mayor frecuencia, y en muchos casos **las guías antiguas están redactándose nuevamente para tomar en cuenta el potencial de mayor rendimiento que ofrece el riego por goteo**. Para aprovechar al máximo los beneficios del sistema de riego por goteo, es importante buscar información actualizada sobre los cultivos y las condiciones locales, además de estar siempre dispuesto a cambiar algunas prácticas del pasado que quizá ya no sean eficientes en la agricultura con riego por goteo.

4.2 Guía para la Inyección de Químicos

Se puede aplicar ácido, cloro, pesticidas y otros productos químicos al sistema de riego para mantenerlo limpio y evitar que sus componentes sufran daños. Asimismo, se aplican productos químicos de manera rutinaria con propósitos agronómicos. Es importante aplicar los productos químicos adecuadamente para evitar el taponamiento del sistema de riego, poner en peligro los componentes, contaminar la fuente de suministro de agua y/o el medio ambiente circundante, o poner en peligro la seguridad de las personas que tienen acceso al sistema de riego. La quimigación puede ser un proceso complicado y riesgoso y debe ser realizado con sumo cuidado. Esta sección no fue redactada con la intención de abarcar cada uno de los aspectos de este proceso, sino para proporcionar lineamientos generales. Los distribuidores locales, los fabricantes, las universidades y los consultores pueden proporcionarle información adicional sobre las tasas de inyección de productos químicos, las fórmulas y la información relacionada con inocuidad y normatividad. Recomendamos ampliamente consultar con otras fuentes de información sobre el tema antes de tomar alguna decisión sobre su uso, así como leer y seguir cuidadosamente todas las instrucciones en las etiquetas de los productos químicos.

Guía para la Aplicación de Químicos

A continuación presentamos una guía de carácter general de los aspectos que debe considerar para la aplicación de productos químicos (Boswell, 2000)

1. Los productos químicos deben de ser **razonablemente solubles**.
2. Si mezcla dos o más productos químicos para preparar una solución patrón que será inyectada en el sistema de riego, **deberá realizar antes una "prueba de frasco"** (ver en la siguiente sección), para asegurarse de que los productos que está mezclando no reaccionen entre sí y formen precipitados.
3. Los productos químicos deben ser **compatibles con el agua de riego**. Los factores tales como la salinidad y el pH pueden afectar la solubilidad de los productos químicos inyectados. El cloro y varios sólidos disueltos pueden reaccionar con los productos inyectados después de haber sido introducidos al agua de riego.
4. Cuando disuelva los productos químicos en el agua, verifique que no formen una capa de suciedad ni sedimentos que puedan entrar a su sistema de riego y crearle problemas. Los productos químicos deben **estar razonablemente limpios de impurezas que puedan ocasionar taponamiento**.
5. Los productos químicos no deben **atacar, corroer, ni afectar de alguna otra forma los materiales o componentes** utilizados en el sistema de micro-riego. Algunos productos químicos pueden resultar muy dañinos; por ejemplo, el cloro puede dañar los componentes de bronce utilizado en los manómetros, medidores o propulsores de bombas y algunos plaguicidas atacan el PVC y otros plásticos.
6. El punto de inyección química debe ubicarse antes del sistema de filtrado, para poder eliminar cualquier impureza o precipitado que llegue a formarse después de la inyección de los productos químicos.
7. **PRECAUCIÓN: AÑADA SIEMPRE EL ÁCIDO AL AGUA, NUNCA AÑADA AGUA AL ÁCIDO.**
8. **PRECAUCIÓN: NO MEZCLE NI ALMACENE JUNTOS EL ÁCIDO Y EL CLORO.**

Realice la prueba de compatibilidad (Prueba de Frasco)

Siempre debe realizar una prueba sencilla de compatibilidad, también conocida como "prueba de frasco" antes de inyectar cualquier producto químico al sistema, incluyendo los fertilizantes. Tome un frasco limpio y llénelo con el agua que abastece al sistema de riego. Añada una pequeña cantidad del producto químico que desee inyectar en una concentración un poco mayor a la que planea inyectar. Agite bien el frasco. Coloque el frasco en un lugar donde permanezca en reposo durante 24 horas y después examínelo, revisando que la sustancia no se haya vuelto turbia, que no haya sedimentos en el fondo y que no se haya formado nata sobre la superficie. Si ocurre alguna de estas reacciones, recomendamos no inyectar este producto químico a su sistema.

Asegúrese de hacer la prueba de frasco antes de aplicar cualquier producto químico



Estas fotografías muestran los resultados de una prueba de 24 horas. Al ver los resultados se eligió otro fertilizante como alternativa al utilizado en la prueba.

Si se inyecta más de un producto químico al mismo tiempo, puede consultar algunas de los cuadros de compatibilidad como el que presentamos a continuación (Van der Gulik, 1999, p. 241), antes de mezclarlos, a fin de determinar si se tendrán problemas de compatibilidad.

Cuadro de Compatibilidad de Fertilizantes

	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Fosfato de amonio	Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelato de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de magnesio	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Ácido nítrico
Urea	■													
Nitrato de amonio	■	■												
Sulfato de amonio	■	■	■											
Nitrato de calcio	■	■	■	■										
Nitrato de potasio	■	■	■	■	■									
Cloruro de potasio	■	■	■	■	■	■								
Sulfato de potasio	■	■	■	■	■	■	■							
Fosfato de amonio	■	■	■	■	■	■	■	■						
Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Quelato de Fe, Zn, Cu, Mn	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Sulfato de magnesio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Ácido fosfórico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Ácido sulfúrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Ácido nítrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Totalmente compatible	■													
Solubilidad condicional	■													
Incompatible	■													

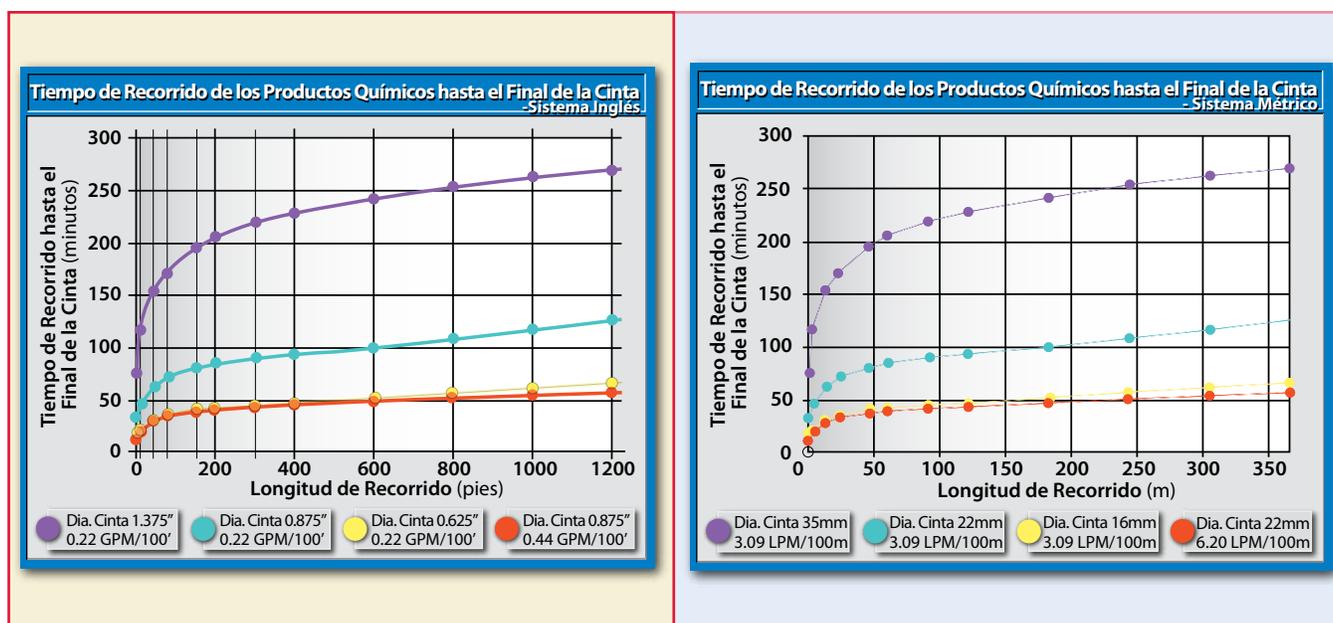
Procure las Buenas Prácticas

Asimismo, es importante procurar las buenas prácticas de manejo de productos químicos descritas por los fabricantes para asegurarse de que el producto elegido aportará el valor esperado, no se desperdiciará y/o no ocasionará daños. Siga las recomendaciones respecto al momento oportuno de aplicación, la duración de la aplicación y si es necesario lavar las líneas con agua limpia después de la inyección. **La efectividad de algunos productos químicos es mejor al inicio del servicio de riego, mientras que otros funcionan mejor casi al concluir el riego.** Por ejemplo, los fertilizantes nitrogenados de rápida movilización suelen ser inyectados casi al final del ciclo de riego, en lugar de aplicarlos al inicio para evitar problemas de lixiviación.

Consideraciones de Programación

De manera ideal, el producto químico inyectado se distribuye de manera uniforme en todo el campo. La siguiente gráfica, "Tiempo de Recorrido del Producto Químico hasta el Final de la Cinta" (Burt, 2007), ejemplifica el tiempo que requiere un producto químico para recorrer la cinta desde el inicio hasta el final de varias líneas laterales, suponiendo que la cinta ya esté llena de agua (Ver las "Lecturas de Referencia" utilizadas para calcular el tiempo de llenado). Por ejemplo, pueden requerirse entre 40 minutos a 4 horas para que los productos químicos que se encuentran en el cabezal de la línea de cinta alcancen el final de la línea, dependiendo del diámetro de la cinta, el caudal de los goteros y la longitud del recorrido. Este tipo de aspectos deben de tomarse en cuenta al programar la aplicación de productos químicos, ya que la duración de esta operación debe exceder el tiempo de recorrido del producto químico para asegurar que éste llegue a todos los goteros del sistema.

Es importante considerar el tiempo de recorrido de los productos inyectados.



Con el propósito de evitar problemas con el tiempo de recorrido del producto químico inyectado, arranque el sistema en modo de lavado "Flush Mode" e inyecte el producto químico a la concentración deseada hasta que empiece a salir por la línea de lavado. Cierre las válvulas de lavado y reanude las condiciones normales de operación. Este procedimiento acelerará el tiempo que requiere el producto químico para llegar al final del campo de cultivo, además de distribuir más uniformemente la aplicación en todo el campo. Si está utilizando cloro para tratar problemas de algas y otros contaminantes, apague el sistema de riego después de haber cerrado las válvulas de lavado. De esta manera, el cloro concentrado será distribuido con mayor rapidez y uniformidad en todo el campo y el tratamiento contra algas en la tubería será efectivo. (Burt, 2007, p. 233)

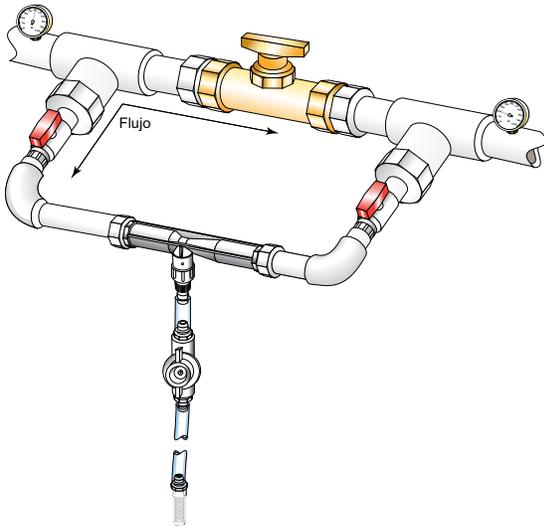
Puede utilizar los siguientes lineamientos como regla práctica (Schwankl, 2001):

- **Árboles y viñedos**- La inyección debe durar por lo menos 1 hora y se debe regar al menos 1 hora (mientras más tiempo es mejor) con agua limpia después de la aplicación.
- **Riego por goteo en cultivos de hileras**- las inyecciones deben durar al menos 2 horas, y se debe regar al menos 2 horas (mientras más tiempo es mejor) con agua limpia, después de la inyección.

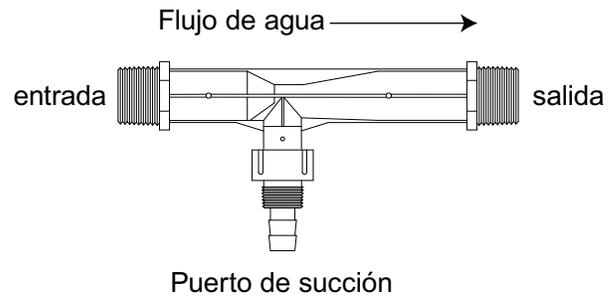
4.3 Equipo para Inyección de Químicos

Los productos químicos pueden inyectarse en sistemas de riego por goteo presurizados mediante distintos métodos, incluyendo bombas de desplazamiento positivo, tanques de presión diferencial y dispositivos de succión tipo Venturi. Los dispositivos tipo Venturi que se muestran en las imágenes son bastante populares por su sencillez y bajo costo, además de que no requieren electricidad para operar. Utilizan la presión diferencial del sistema de riego para crear una zona de baja presión, o vacío en la garganta del inyector. Este vacío succiona los productos químicos llevándolos hacia la línea de agua presurizada, eliminando la necesidad de tener una bomba de inyección de productos químicos independiente. Los dispositivos Venturi pueden instalarse directamente sobre la línea principal, o pueden conectarse en serie con una pequeña bomba centrífuga en un circuito paralelo.

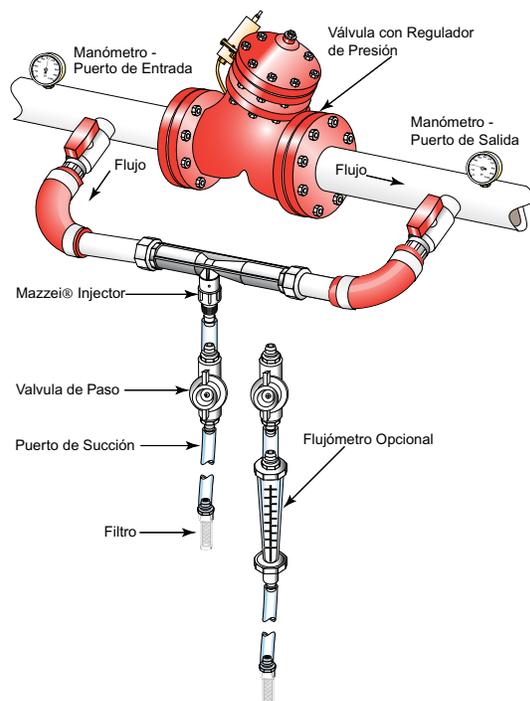
Asimismo, puede conectar un inyector Venturi en paralelo con una válvula o filtro para aprovechar la presión diferencial que atraviesa por estos componentes del sistema. Debido a su sencillez, los sistemas de inyección Venturi son altamente confiables y se venden en un amplio rango de tamaños que se adecuan a la mayoría de las aplicaciones. Las unidades de inyección portátiles que operan por medio de bombas de gasolina, resultan ser las más prácticas para uso normal y para una gran variedad de aplicaciones especiales.



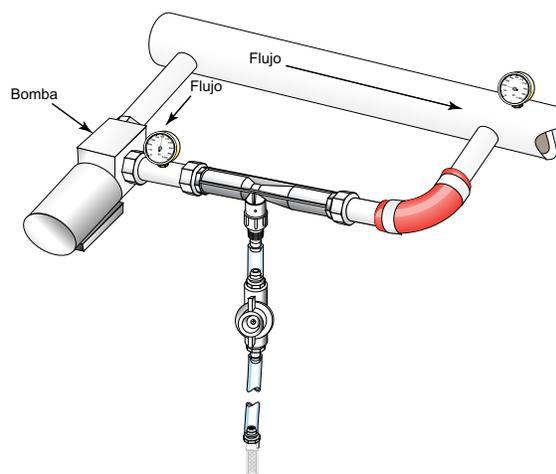
En la segunda configuración puede conectar el inyector en paralelo con una válvula reductora de presión, como se muestra del lado derecho, creando un diferencial de presión y presión de succión de manera automática.



Se muestran tres configuraciones típicas en las siguientes ilustraciones (cortesía de Mazzei Injector Company). En la primera configuración puede conectar el inyector en paralelo con una válvula manual sencilla, colocada en el circuito de la línea principal, como se muestra en la imagen del lado izquierdo. Al restringir el flujo de la válvula de la línea principal estará generando diferencial de presión entre la entrada y la salida del dispositivo Venturi, creando presión de succión en la línea del producto químico.

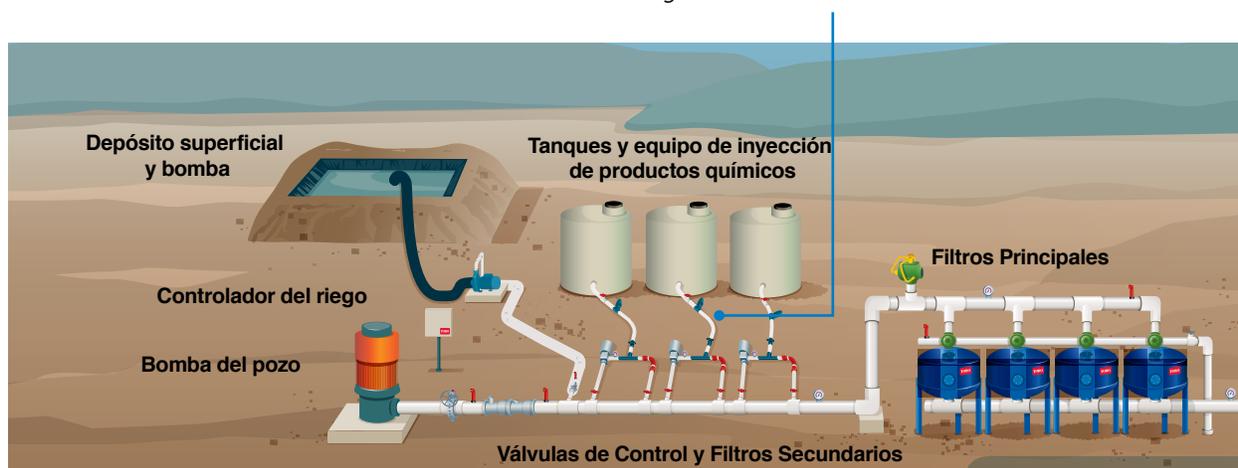


En la tercera configuración puede conectar el inyector con la válvula y una pequeña bomba de refuerzo que produzca la presión diferencial requerida únicamente durante los periodos de inyección de los productos químicos, como se muestra en la imagen del lado derecho.



La siguiente imagen muestra la configuración de la unidad Venturi, instalada en tres tanques de productos químicos independientes. Por lo general, uno de los tanques se usa para el fertilizante, otro para el cloro y el tercero para ácido, de tal manera que pueda reducirse el pH al momento de aplicar el cloro desde un tanque independiente, mejorando así la eficacia del cloro. Tal vez se requieran tanques e inyectores adicionales en caso de que se utilice más de un tipo de fertilizante o de producto químico, además del ácido y el cloro que se inyectarán.

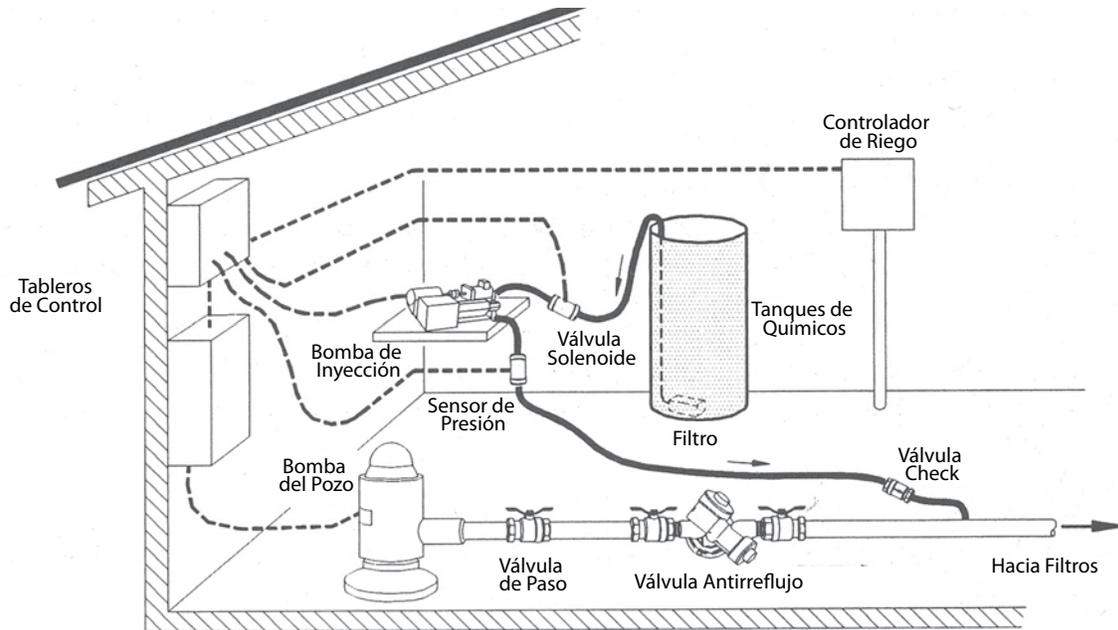
Configuración de la unidad Venturi reforzada



La elección de la configuración depende de la tasa de inyección deseada, el flujo y la presión que normalmente se manejan en la operación y los costos de energía. Esta decisión debe tomarse al momento de diseñar el sistema de riego, buscando mejorar al máximo la eficiencia en el consumo de energía. Recomendamos consultar con sus proveedores de fertilizantes y productos químicos antes de tomar la decisión, para indicarle al diseñador del sistema de riego las tasas de inyección con las que desea operar.

Consideraciones de Seguridad

Sin importar cuál sea el sistema de inyección que elija, debe utilizar el equipo de protección adecuado para evitar que los productos químicos contaminen su fuente de suministro de agua, o el ambiente circundante; así como para evitar que los productos químicos sean inyectados sin que el agua esté siendo bombeada. La siguiente figura (Van der Guilk, 1999) muestra los parámetros de seguridad que deben incluirse en cualquier sistema de riego con inyección de productos químicos, incluyendo los tableros de control interbloqueados electrónicamente, las válvulas "check" (de control) y los dispositivos autorizados para evitar el contraflujo.



Este esquema muestra las características de seguridad del sistema de inyección, incluyendo la bomba de riego y la bomba del inyector.

4.4 Formulas para la Inyección de Químicos

Consulte con un profesional para definir la tasa adecuada de inyección de productos químicos que se requiere para alcanzar los resultados deseados y cumplir al mismo tiempo con todas las medidas de precaución y requisitos de seguridad.

Fertilizantes Líquidos

Las etiquetas de los fertilizantes muestran la cantidad de nutrientes que contienen, expresados en porcentaje de peso, por ejemplo 8-0-8. Después de definir cuantas libras de nutrientes requiere por acre, podrá calcular la tasa de aplicación. Por ejemplo, si un galón de fertilizante 8-0-8 pesa 10 libras, habrá $10 \text{ lbs} \times 0.08 = 0.8$ libras de N por galón. Si desea aplicar 1 libra de N por acre, entonces requerirá $1.0 / 0.8 = 1.25$ galones de 8-0-8 líquido. Si el campo de cultivo es de 40 acres, necesitará inyectar $40 \times 1.25 = 50$ galones de fertilizante al campo de 40 acres, para aplicar 1 libra de N por acre.

Utilizando unidades métricas, una vez conocida la cantidad de kilogramos de nutrientes que se requieren por hectárea, podemos calcular la tasa de aplicación. Por ejemplo, si 10 litros de fertilizante 8-0-8 pesan 12 kg, entonces hay $12 \text{ kg} \times 0.08 = 0.96$ kg de N por cada 10 litros. Si desea aplicar 1 kg de N por hectárea, entonces requerirá $(1.0 / 0.96) \times 10 = 10.4$ litros de 8-0-8 líquido por hectárea. Si el campo de cultivo es de 40 hectáreas, entonces necesitará inyectar $40 \times 10.4 = 416$ litros de fertilizante al campo de 40 hectáreas, para aplicar 1 kg de N por hectárea.

Cloro

Puede usar cualquiera de las siguientes tres fórmulas para aplicar cloro, dependiendo del estado en que lo aplique:

Hipoclorito de Sodio Líquido NaOCl

Formula General, Sistema Inglés:

$$IR = Q \times C \times 0.006 / S$$

Donde IR = Tasa de Inyección de Cloro (galones/hora)

Q = Tasa de Flujo del Sistema (gpm)

C = Concentración deseada de cloro (ppm)

S = Concentración de la Solución NaOCl (porcentaje)

Formula General, Sistema Métrico:

$$IR = Q \times C \times 0.1 / S$$

Donde IR = Tasa de Inyección de Cloro (litros/hora)

Q = Tasa de Flujo del Sistema (m³/hr)

C = Concentración deseada de cloro (ppm)

S = Concentración de la Solución NaOCl (porcentaje)

Hipoclorito de Calcio Sólido Ca(OCl)₂

Normalmente el hipoclorito de calcio se disuelve en agua para formar una solución que es inyectada dentro del sistema. El hipoclorito de calcio es 65% cloro (hipoclorito) por peso. Por lo tanto, una solución de 1 por ciento de cloro requiere la adición de $8.34/0.65 = 12.8$ libras de hipoclorito de calcio por cien galones de agua. Con este hecho, la solución patrón con la potencia deseada puede ser mezclada y utilizada de la misma forma que las soluciones de hipoclorito de sodio.

Cl₂ en gas

Formula General, Sistema Inglés:

$$IR = Q \times C \times 0.012$$

Donde IR = Chlorine Injection Rate (lb/day)

Q = Tasa de flujo del Sistema (gpm)

C = Concentración deseada de Cloro (ppm)

Formula General, Sistema Métrico:

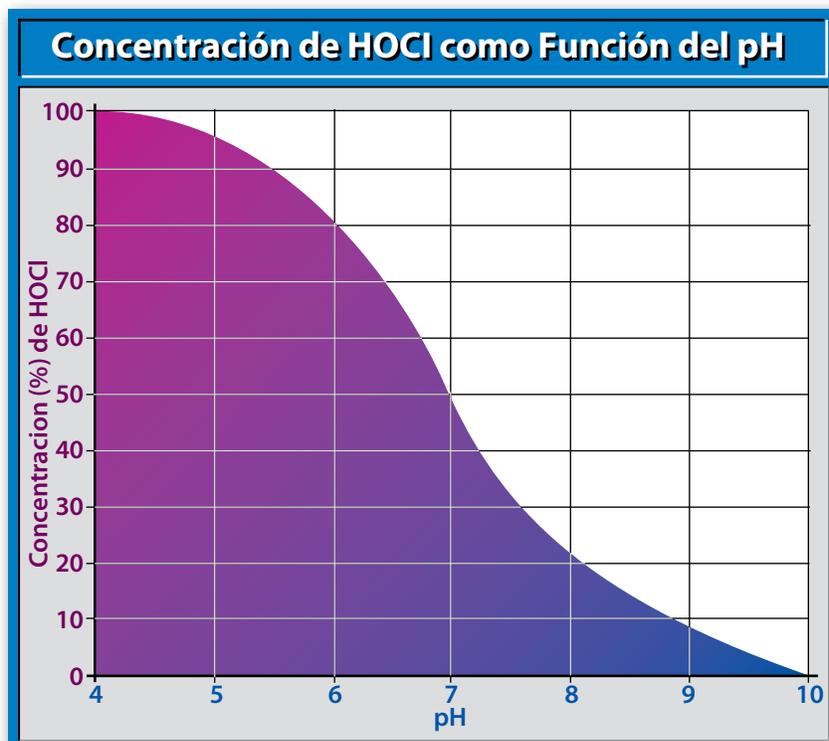
$$IR = Q \times C \times 0.024$$

Donde IR = Chlorine Injection Rate (kg/day)

Q = Tasa de flujo del Sistema (m³/hr)

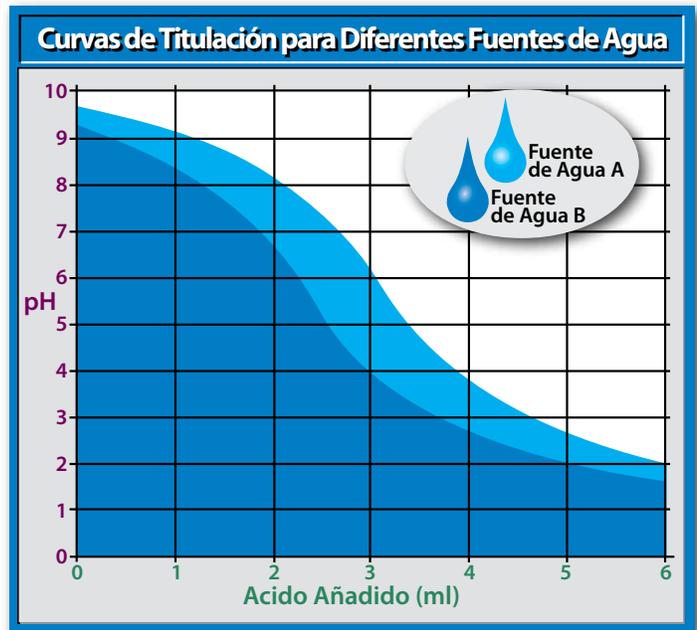
C = Concentración deseada de Cloro (ppm)

Al disolver el cloro en agua se forma un equilibrio entre HOCl y OCl⁻, dependiendo del pH. La eficiencia de HOCl para aniquilar a los microorganismos es de 40 a 80 veces mayor que la eficiencia de OCl⁻, y el agua con un pH bajo producirá mayores concentraciones de HOCl. Por lo tanto, el usar agua con un pH más bajo al inyectar cloro, producirá un biocida más potente. La figura 4-3 muestra esta relación (Boswell, 1990). Observe que la concentración de HOCl a un pH de 6.0 es de aproximadamente 80%, mientras que la concentración de HOCl a un pH de 8.0 es de únicamente el 25%. Resulta clara la importancia de contar con el pH adecuado para aprovechar los beneficios de las aplicaciones de cloro.



Ácido

Éstas curvas pueden ser desarrolladas en un laboratorio, o a nivel de campo, con un recipiente de 55 galones (200 litros) lleno de agua de riego. Añada lentamente el tipo de ácido que desea inyectar al recipiente y agite el agua para asegurar una buena mezcla. Mida el pH del agua junto con la cantidad de ácido añadido y repita la operación hasta obtener el pH deseado. Una vez encontrada la proporción deseada, podrá aplicarla al volumen de agua que utilizará en el riego. La Curva de Titulación de la figura 4-4 presenta dos muestras diferentes de agua con dos pHs distintos (Boswell, 1990)



El Cloro y El Ácido deben de almacenarse e inyectarse por separado. No los mezcle en el mismo tanque.

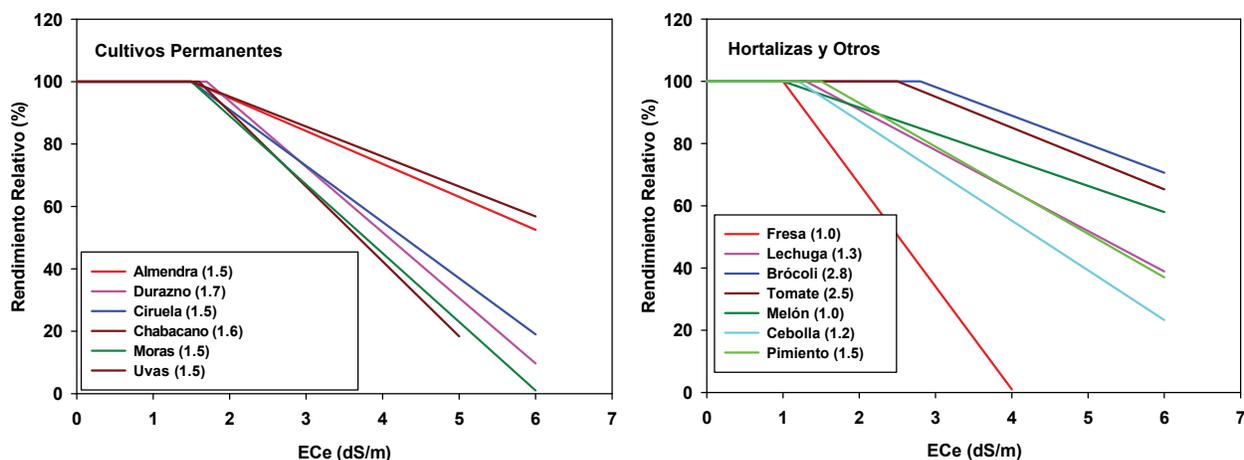




**MANEJO DE LA
SALINIDAD**

Manejo de la Salinidad

Es común que el agua de riego contenga sales disueltas que permanecen en el suelo después de consumirse el agua durante el proceso de evapotranspiración. Cuando el agua de lluvia no es suficiente, esta puede complementarse con el riego para lixiviar las sales de la zona radicular, ya que la mayoría de los cultivos son sensibles a la presencia de sal y puede ser la causa del bajo rendimiento del cultivo. Las siguientes gráficas (Hanson, 2003) ejemplifican la forma en la que los rendimientos de los cultivos pueden disminuir con niveles de sal relativamente bajos.



En las regiones áridas donde se utiliza agua salina para regar, es frecuente encontrar sales acumuladas en la superficie del suelo. Sin embargo las sales también se concentran por debajo de la superficie en la zona delimitada por el perímetro de la franja húmeda circundante a cada gotero.

Opere el sistema de riego por goteo mientras llueve para asegurarse de que las sales serán lixiviadas fuera de la zona radicular.

En la ausencia de lluvia, la acumulación de sales puede ser tolerada aplicando riego de manera ocasional para lixiviarlas. Sin embargo, si llueve antes de que las sales hayan sido lixiviadas por medio del riego, estas serán transportadas por la lluvia una vez más hacia la zona radicular, amenazando la salud del cultivo. A fin de evitar niveles tóxicos de sales en la zona radicular durante la lluvia, **opere el sistema de riego MIENTRAS LLUEVE, hasta que las sales se lixivien fuera de la zona radicular.**

El Espacio entre Goteros y la Forma de la Cama pueden Ayudar

El manejo de la salinidad es especialmente importante durante la germinación y la emergencia de la semilla y los goteros espaciados a corta distancia, así como la forma la cama de siembra pueden ayudar. Utilice cinta superficial (o cinta enterrada a unos cuantos centímetros) con goteros espaciados a corta distancia para lixiviar las sales hacia abajo. En zonas áridas, los goteros muy distanciados entre sí (por ejemplo una cinta por cada dos hileras, o un espacio entre goteros mayor de 16 inches (40 cm)), pueden ocasionar acumulación de sales en el espacio intermedio. Las semillas que siembre más tarde en esas áreas saladas no emergerán. El riego rodado han enseñado a los productores a formar los surcos de tal manera que el agua de riego cargada con sal se evapore en las crestas de las camas, lejos de las áreas bajas donde se encuentran las semillas y las plantas (Burt, 2007)

Asimismo, las camas regadas por goteo deben tener una hendidura donde se acumulen las sales lejos de la línea de semillas sembradas por debajo de esa hendidura. (Burt, pp. 76-77) El manejo de la salinidad es importante para establecer huertos y viñedos con riego por goteo. Las líneas con goteros laterales típicamente mojan menos del 40% de la superficie total del suelo. Con el tiempo, las sales arrastradas hacia esa franja húmeda mediante el agua

de riego, serán lixiviadas fuera del área cercana al gotero, sin afectar el cultivo. No obstante, las sales se concentrarán en el suelo en la medida en que aumente la distancia entre los goteros. Por esta razón, no se pueden aplicar las ecuaciones y los principios estándar de “requerimientos de lixiviación” tradicionales al riego por goteo y al micro-riego. En lugar de ellos, es necesario realizar una lixiviación periódica de “corrección” para remover la sal fuera del suelo sembrado.

La Lixiviación Enfocada Reduce el Desperdicio de Agua

Para acondicionar suelos es común utilizar el riego por aspersión o el riego rodado para lixiviar las sales concentradas en la zona radicular. Sin embargo, estas prácticas pueden implicar un gran desperdicio de agua, ya que tal vez solo del 20 al 40% del área del huerto o el viñedo requieran lixiviación. Si moja el 100% del suelo para tratar este 20 o 40% de área, estará aplicando 2.5 a 5.0 más volumen de agua que la que realmente se requiere para una buena lixiviación. En lugar de ello, los investigadores de ITRC sugieren el uso de un sistema de cinta de goteo portátil, para “lixiviar con precisión” la zona del huerto o viñedo que lo requiera. En el 2005, Burt e Isbell demostraron haber removido las sales de un huerto de pistachos usando seis líneas de cinta de goteo superficial removible con goteros colocados a corta distancia y separadas a 12 pulgadas (30 cm) entre sí, para “lixiviar con precisión” la zona de riego (Ver la fotografía inferior). Los experimentos de lixiviación llevados a cabo posteriormente arrojaron resultados muy similares a los obtenidos en el huerto de pistachos. Después de terminar el proceso de lixiviación, la cinta de goteo puede ser removida y reutilizada. De esta manera, los goteros de la cinta colocados a corta distancia entre sí realizan la lixiviación con menos consumo de agua (Burt, pp. 82-83)



Cintas de goteo con caudal bajo, separadas a 0.30 m, aplicando el agua de lixiviación.

Mejorando el rendimiento

El riego por goteo también puede ayudar a diluir la salinidad del suelo para mejorar el rendimiento del cultivo. Los rendimientos disminuyen después de que la salinidad del suelo alcanza un valor crítico, además de que la concentración de las sales se incrementa rápidamente al secarse el suelo entre cada riego. En casos como este, es recomendable regar más frecuentemente con un menor espaciado entre goteros. Los estudios y la experiencia demuestran que si se maneja el riego por goteo de tal forma que la salinidad siempre se encuentre diluida, asumiendo que ambos casos utilizan la misma calidad de agua, se tendrán mejores rendimientos con el riego por goteo que con el sistema de riego por aspersión o riego rodado. De acuerdo con algunos estudios (Hanson y May, 2003) realizados con tomates para la industria de alimentos procesados, los altos niveles de salinidad en campos con suficiente dilución no ocasionan daños al cultivo, a diferencia de lo que ocurre en los campos altamente salinos cultivados con métodos tradicionales, donde el rendimiento puede sufrir caídas drásticas. (Burt, pg. 86).



6

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

- 6.1 Aplicación de Químicos
- 6.2 Lavado del Sistema
- 6.3 Control de Plagas
- 6.4 Mantenimiento del Sistema de Filtración
- 6.5 Mantenimiento de Accesorios
- 6.6 Protección del Sistema Contra el Medio Ambiente (Intemperizado)
- 6.7 Procedimientos de Arranque

Mantenimiento del Sistema

Los sistemas de riego requieren de un programa de mantenimiento preventivo rutinario para optimizar su desempeño. A pesar de que las innovaciones recientes en el diseño de cinta de goteo las han hecho más resistentes al taponamiento, los retos que imponen la naturaleza de las fuentes de suministro de agua para la agricultura, las prácticas de inyección de fertilizantes, las limitantes naturales del equipo de filtrado y en general todo el entorno de cultivo agrícola, inducen a considerar al mantenimiento preventivo como una actividad de alta prioridad. Un sistema de riego por goteo tapado podría ocasionar pérdidas en el cultivo poniendo en riesgo una inversión cuantiosa. Como ya mencionamos anteriormente, es necesario establecer parámetros de operación y monitorear el flujo, la presión y las condiciones del agua de lavado periódicamente, a fin de elaborar un programa de mantenimiento preventivo efectivo.

Consejos de Mantenimiento del Sistema de Riego por Goteo para Un Ciclo Agrícola				
¿Qué Revisar?	Frecuencia	En comparación con qué	¿Qué buscar?	Causas posibles
Caudal de la bomba y presión para cada zona	Cada semana	Caudal y presiones de diseño y/o referencia	<ul style="list-style-type: none"> Flujo alto y/o presión baja Flujo bajo y/o presión alta 	<ul style="list-style-type: none"> Fugas en las tuberías Fugas en las líneas laterales Válvulas de lavado abiertas; líneas laterales con extremos abiertos Válvulas de zona cerradas; obstrucción de la tubería Taponamiento de la cinta Fallas en la bomba; problemas con el pozo
Diferencial de presión en el filtro.	Cada riego	Especificaciones del fabricante	<ul style="list-style-type: none"> Excede o está cerca del máximo permisible 	<ul style="list-style-type: none"> El filtro se tapó Hay obstrucción en el filtro
Presiones de operación al final de las líneas laterales	Cada mes, a menos que otras pruebas indique que existe la posibilidad de taponamiento	Presiones de referencia	<ul style="list-style-type: none"> La presión es mayor que la esperada La presión es menor que la esperada 	<ul style="list-style-type: none"> Posible taponamiento; obstrucción en la cinta Línea lateral rota; fugas en las líneas laterales; Baja presión del sistema
Agua al final de las líneas laterales y válvulas de lavado	Dos veces por semana	Fuente de suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> Partículas en el agua Otros residuos 	<ul style="list-style-type: none"> Tuberías rotas Agujero en el filtro de malla; la malla del filtro está rasgada Las partículas son más pequeñas que el filtro de malla; Problemas con el filtro Precipitación del producto químico / fertilizante Crecimiento de algas; crecimiento bacteriano
Estación de bombeo	Cada semana	Especificaciones del fabricante	<ul style="list-style-type: none"> Fugas, rupturas, niveles del depósito del motor, niveles de los tanques 	<ul style="list-style-type: none"> Mal mantenimiento Equipo viejo
Ajustes de la bomba de inyección	Cada semana	Calibrar los ajustes al arranque	<ul style="list-style-type: none"> Ajuste adecuado para todo el tiempo que dure la inyección 	
Sistema en general	Cada semana	Sistema al arranque	<ul style="list-style-type: none"> Decoloración en las salidas o al final de las líneas laterales Fugas en la cinta Cultivo marchito 	<ul style="list-style-type: none"> Indica la posible acumulación de minerales, fertilizante, algas y/o limo bacteriano Plagas o daño mecánico La cinta se desacopló de los conectores La cinta explotó por la presión alta El cultivo también puede verse afectado por patógenos La cinta está tapada, obstruida o rota.

Lista de Verificación de Mantenimiento (“Checklist”)

En el recuadro anterior (Simonne et al., 2008, pp. 18) podemos ver una lista de verificación con recomendaciones de qué y cuándo inspeccionar. Observe que además del flujo, la presión y la condición del agua de lavado, es necesario inspeccionar de manera rutinaria la calibración y la condición general de la estación de bombeo y del sistema de distribución, incluyendo el equipo de control, la maquinaria, los motores, los depósitos, los inyectores, las tuberías, las válvulas, los conectores, los flujómetros y los manómetros. El equipo descompuesto o disfuncional deberá ser reemplazado o reparado de inmediato por un equipo igual o similar, con capacidad para realizar la misma función de acuerdo con los criterios de diseño del sistema.

Además de realizar los ajustes y las reparaciones al equipo, la mayoría de las actividades de mantenimiento usualmente se encuentran dentro de tres categorías principales: aplicación de productos químicos, lavado del sistema y control de plagas.

6.1 Aplicación de Químicos

Por lo general el ácido y/o el cloro se inyectan en el sistema de riego por goteo desde tanques independientes y por medio de distintos inyectores. Estas aplicaciones se realizan para tratar el agua y evitar el taponamiento provocado por crecimiento orgánico, precipitación mineral y/o intrusión de raíces. El siguiente Cuadro 5 (Rogers, 2003) resume los distintos problemas y las opciones de tratamiento para el crecimiento biológico o acumulación química que presentan los sistemas convencionales. Cabe recalcar que todos los tratamientos excepto uno (aeración y sedimentación) implican el uso de cloro o ácido, y que la concentración de minerales aun en proporciones bajas como 0.1 ppm pueden originar taponamiento. Asimismo, note la importancia del control del pH y que las opciones de tratamiento incluyen estrategias de inyección continua o intermitente.

Tratamientos de agua para Prevenir el taponamiento en los Sistemas de Riego por Goteo	
Problema	Opciones de Tratamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación de carbonato (precipitado blanco) HCO₃ es mayor de 2.0 mEq/L – pH mayor a 7.5 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inyección continua: mantener el pH entre 5 y 7. 2. Inyección periódica: mantener el pH a menos de 4 durante 30 a 60 minutos diariamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación de hierro (precipitado rojizo) Concentración de hierro de más de 0.1 ppm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aeración y sedimentación para oxidar el hierro (es el mejor tratamiento para concentraciones altas de 10 ppm o más). 2. Precipitación de cloro- Inyectar el cloro al hierro precipitado: <ol style="list-style-type: none"> a. Use la tasa de inyección de 1 ppm de cloro por 0.7 ppm de hierro. b. Inyéctelo antes del filtro para que el precipitado pueda ser filtrado. 3. Reduzca el pH a 4 o a menos, durante 30-60 minutos diarios.
<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación de Manganeseo (precipitación negra) Concentraciones de manganeseo mayores de 0.1 ppm 10 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inyecte 1 ppm de cloro por 1.3 ppm de manganeseo antes del filtro.
<ul style="list-style-type: none"> • Bacteria de hierro (limo rojizo) Concentraciones de hierro mayores a 0.1 ppm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inyecte cloro a una tasa de 1 ppm de cloro libre continuamente, o de 10 a 20 ppm durante 30-60 minutos diariamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Bacteria de azufre (limo blanco algodonoso) Concentraciones de azufre mayores a 0.1 ppm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inyecte el cloro de manera continua a una tasa de 1 ppm por 4 a 8 ppm de sulfuro de hidrógeno, 6 2. Inyecte cloro de manera intermitente a 1 ppm de cloro libre durante 30 a 60 minutos diariamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Limo bacteriano y algas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inyecte cloro a una tasa de 0.5 a 1 ppm continuamente, o 20 ppm por 20 minutos al final de cada ciclo de riego.
<ul style="list-style-type: none"> • Sulfuro de hierro (material parecido a arena negra) Concentraciones de hierro y sulfuro mayores a 0.1 ppm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disuelva el hierro inyectando ácido de manera continua para bajar el pH entre 5 y 7.

Además de los problemas químicos y biológicos, el ácido y el cloro se usan con frecuencia para remediar problemas de intrusión de raíces. Muchos agricultores reportan que la intrusión de raíces se puede prevenir regando frecuentemente. También sugieren evitar que se agote el patrón de humedad disponible en el suelo y procurar usar cintas de riego sin costuras. En el caso de que las raíces logren ingresar a la cinta, los agricultores han logrado combatirlas implementando los siguientes métodos:

- Aplicando ácido o fertilizantes ácidos una vez por semana para reducir el pH a 2.0, mientras que el cultivo continúa creciendo. Si se utilizan fertilizantes ácidos, será necesario monitorear con mucho cuidado el pH del suelo para evitar efectos dañinos a la química del suelo.
- Aplicar un tratamiento de cloración a 400 ppm con un pH de 6.0-6.5 durante el tiempo suficiente para llenar la tubería con agua, después de haber cosechado (Burt 2007, pp. 272)
- Utilizando otros plaguicidas y fumigantes. Consulte con los expertos locales sobre tratamientos químicos seguros, efectivos y legales.

Evite la intrusión de raíces utilizando cinta Aqua-Traxx... Fabricada sin costuras.

Agricultura Orgánica

Los sistemas de riego por goteo brindan beneficios tanto a agricultores de cultivos convencionales como a los de cultivos orgánicos. En el caso de los cultivos orgánicos, el poder aplicar el agua y fertilizantes directamente en la zona de raíz, disminuye el crecimiento de maleza, enfermedades y plagas, mismas que son difíciles y costosas de controlar sin ayuda de productos químicos. Estudios científicos han demostrado (ver ilustración anexa) que en los campos regados por riego rodado en surcos o por

El crecimiento de maleza se reduce substancialmente en los campos con riego por goteo subterráneo.

aspersión presentan problemas graves de crecimiento de maleza cuando no se aplican herbicidas. Sin embargo, los campos con riego por goteo rara vez presentan

estos problemas (Lamm, 2007 conforme al trabajo de Grattan et al.). El beneficio que brinda el riego por goteo de poder controlar el crecimiento de maleza sin el uso de herbicidas es de primordial importancia para los agricultores orgánicos, donde sus prácticas agrícolas no les permite el uso de controles químicos.

Muchos de los productos químicos utilizados de manera rutinaria para dar mantenimiento a los sistemas de riego en los campos de cultivos convencionales no son permitidos en los campos orgánicos y deben ser substituidos por productos alternos. De la misma manera, ya que muchos de los productos alternos usados en los campos orgánicos tienden a tapan el sistema de riego por goteo, es importante instalar un sistema de filtración secundario en cada zona y estar preparados para cuando algún material se precipite fuera de la solución; lo cual puede ocurrir en el tramo entre la salida del filtro de la estación de bombeo y la entrada de cada zona (Ver Ilustración "Esquema de un Sistema de Riego por Goteo", página 8)

El Efecto del Método de Riego en el Crecimiento de Malezas

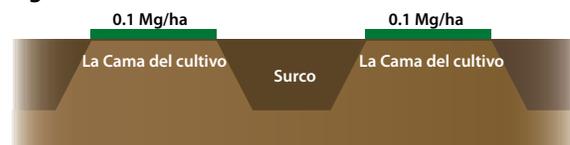
Riego por gravedad



Riego por aspersión



Riego con Cinta Enterrada



Las Normas del Programa Nacional de Producción Orgánica (NOP) con Riego por Goteo (Simonne, et al 2008, pp.14) que presentamos en el cuadro siguiente, ofrecen una guía de los materiales que se pueden usar para dar mantenimiento al sistema de riego por goteo, en el método de producción orgánica certificada. (Consulte con organismos locales especializados en producción orgánica).

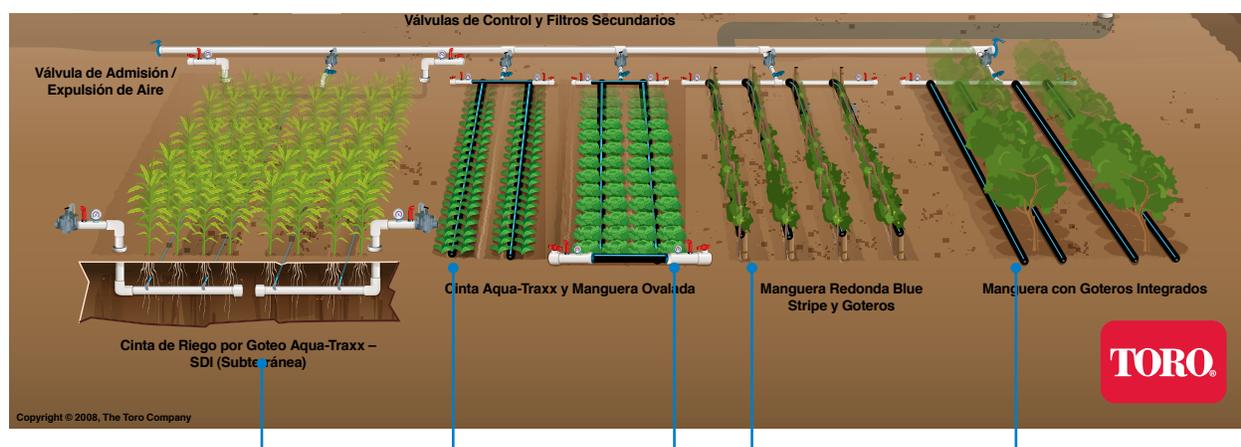
Normas NOP para Riego por Goteo			
Estado ^y	Clase NOP ^x	Nombre del Material	Referencia a la Regla NOP
Agua			
Permitido	CT	Agua, no sintética. Niveles de contaminantes en cultivos regados con agua contaminada por residuos inevitables, no pueden exceder 5% de la tolerante de la EPA para estos contaminantes en cultivos producidos de manera convencional.	205.105, 205.671
Productos para dar Mantenimiento al sistema de Riego por Goteo			
Permitido	CT	Ácido acético, no sintético. Para ser usado como limpiador del sistema de riego por goteo.	205.05, 205.601(m)
Permitido	CT	Quelatos no sintético; incluyendo aminoácidos, ácido cítrico, ácido tartárico y otros quelatos di- y tri-ácidos, se permite el sulfonato de lignina sintético.	205.105
Prohibido	CT	Quelatos, sintéticos. Se prohíben los agentes quelantes, incluyendo: DTPA, EDTA, HEDTA, NTA, ácido gluco-heptónico, sus sales y sus aminoácidos sintéticos.	205.105(a)
Restringido	CT	Materiales de cloro, sintéticos. Hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro. El agua utilizada para lavar el equipo de riego que es aplicada a los cultivos o campos de cultivo no pueden exceder el Límite de Desinfectante Residual Máximo, conforme al Decreto de Agua Potable Segura, actualmente en 4 mg/L (4 ppm) expresadas como cloro. Para ser usado como alguicida, desinfectante y sanitizador.	205.601(a)(2)
Permitido	CT	Ácido cítrico no sintético. Usado como limpiador del sistema de riego por goteo y ajustador de pH.	205.105
Permitido	CT	Limpiadores no sintéticos del sistema de riego por goteo, incluyendo: ácido acético, vinagre, ácido cítrico y otros ácidos naturales.	205.105
Prohibido	CT	Limpiadores sintéticos prohibidos del sistema de riego por goteo: ácidos nítrico, fosfórico y sulfúrico.	205.105(a)
Restringido	CT	Limpiadores del sistema de riego por goteo no sintéticos, incluyendo: blanqueador y productos base cloro.	205.601(a)(2)
Prohibido	CT	Ácido Clorhídrico (muriático) sintético.	205.105(a)
Permitido	CT	Peróxido de hidrógeno sintético. Usado como alguicida, desinfectante y sanitizante; incluyendo los sistemas de limpieza del sistema de riego por goteo.	205.105(a)(4)
Permitido	CT, CP	Ácidos naturales, no sintéticos.	205.105, 205.206
Restringido	CT, CP	Gas ozono, no sintético. Para ser usado como limpiador del sistema de riego, únicamente.	205.601(a)(5)(F)
Permitido	CT	Ácido paracético, no sintético. Para ser usado en la desinfección de equipo.	205.601(a)(6)
Permitido	CT	Reguladores (bufers) de pH, no sintéticos. Deben provenir de una fuente no sintética, como ácido cítrico o vinagre. La lejía y el ácido sulfúrico están prohibidos.	205.105
Prohibido	CT	Reguladores (bufers) de pH sintéticos. Los reguladores como la lejía y el ácido sulfúrico están prohibidos.	205.105
Prohibido	CT	Ácido fosfórico, sintético	205.105(a)

Cuando aplique ácido o cloro, tome las siguientes precauciones:

- 1. SIEMPRE AÑADA ÁCIDO AL AGUA. NUNCA AÑADA AGUA AL ÁCIDO.**
- 2. NUNCA MEZCLE NI ALMACENE EL ÁCIDO Y EL CLORO JUNTOS.**

6.2 Lavado del Sistema

Es común que a los sistemas de riego por goteo superficiales se le dé menos prioridad e inclusive se olvide de lavarlos rutinariamente. Sin embargo, en los sistemas de riego subterráneos (SDI), es necesario darle prioridad al lavado del sistema por lo poco práctico que resultaría estar cambiando la cinta, sobre todo cuando el sistema fue diseñado para durar 20 o más años. Incluso si la cinta se usa durante periodos cortos, es importante lavar el sistema para mantener su uniformidad. Por lo tanto, sin importar si el sistema de riego por goteo es superficial o subterráneo (SDI), es imprescindible que el sistema no solo sea diseñado para tener una alta uniformidad en la aplicación de riego, sino también para eliminar los residuos de material sedimentado en las tuberías y en los goteros. El siguiente “Esquema de un Sistema de Riego por Goteo” muestra las distintas opciones de lavado del sistema, incluyendo el lavado de las líneas secundarias de los sistemas SDI, las líneas secundarias de lavado de la manguera oval semipermanente, las válvulas de lavado al final de la línea y los conectores sencillos del final de la línea. El capítulo 2 muestra información detallada sobre el procedimiento de conexión.

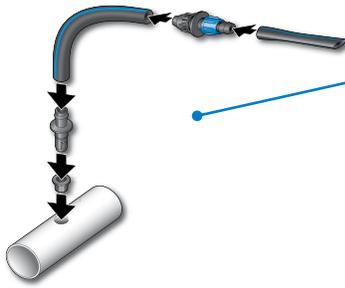


Diferentes configuraciones de terminales para facilitar el proceso de lavado de un sistema de riego por goteo

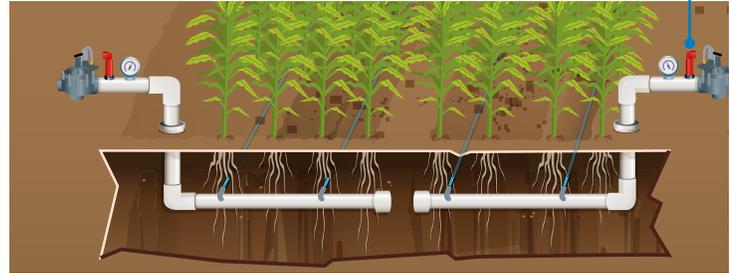
En la mayoría de los casos, la longitud y los diámetros de las tuberías serán determinados por el requisito de optimizar la velocidad del agua durante el proceso de lavado, en lugar de optimizar la uniformidad de riego del sistema. Por tal motivo, el tamaño de las bombas deberá ir de acuerdo con los requerimientos del caudal requerido durante el proceso de lavado. El apéndice incluye cinco gráficas que muestran la relación entre el caudal de lavado y las presiones Vs los caudales operativos y las presiones normales. En las gráficas 13.15 y 13.16 (Lamm, 2007), los requerimientos de presión de entrada pueden ser de hasta 15 psi (100 kPa) y los caudales pueden ser hasta tres veces los de la capacidad nominal, para lograr una velocidad de 0.3 m/s (1 pie por segundo fps), con presiones aguas abajo de 1, 2 y 3 psi (7, 14 and 21 kPa) en cinta de 7/8" con caudales de flujo de 0.56 gpm/100' (7.71 LPM/100m) y 0.22 gpm/100' (3.12 LPM/100m). De

Lave el sistema de riego de manera rutinaria manteniendo el caudal y la presión adecuada.

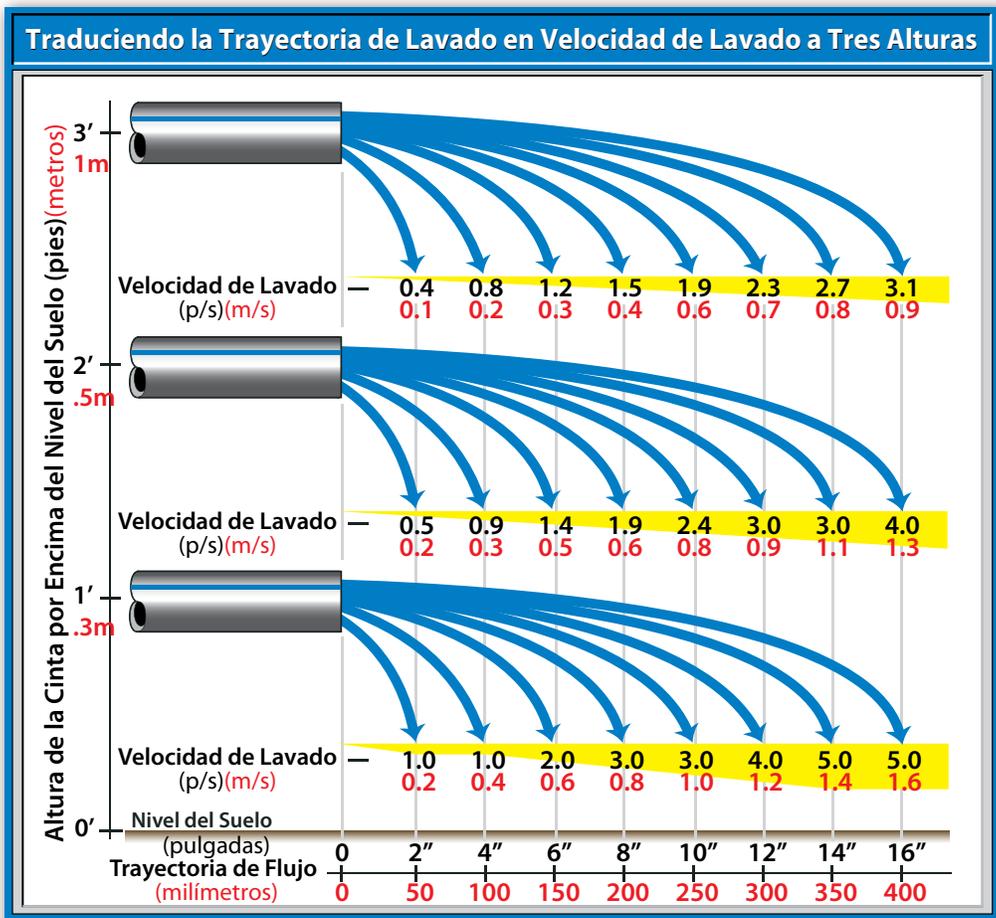
igual manera, las gráficas 196, 198 y 200 (Burt 2007) muestran este mismo punto para cinta de 5/8" (16 mm) con caudal de 0.22 gpm/100' (3.12 LPM/100m). Estas gráficas incluyen presiones agua abajo tan altas como 6 psi (40 kPa) (ver curva f) y muestran que se requieren presiones de entrada y flujos de entrada mucho más altos para operar con 6 psi (40 kPa) de presión agua abajo para compensar las pérdidas por elevación y fricción en el múltiple ("manifold") de lavado. Esta presión de lavado agua abajo cobra nueva importancia, tal y como se muestra en la siguiente imagen, ya que pueden ocurrir pérdidas por fricción importantes en el conjunto de las líneas, las tuberías y las válvulas secundarias. Asimismo, ocurrirán cambios por elevación entre la cinta, el múltiple de lavado y la válvula de lavado. Estas pérdidas por fricción deben ser consideradas desde la etapa de diseño del sistema, antes de determinar la presión y el flujo de lavado del sistema que se requieren para lograr suficiente velocidad de lavado.



Lave el sistema de riego de manera rutinaria manteniendo el caudal y la presión adecuada.



Las fotografías muestran un sistema híbrido de cinta subterránea (SDI), en el que se han desenterrado los extremos de las líneas de cinta. En este caso cada línea se abre manualmente y se lava hasta que sale el agua transparente.



Las gráficas: “Traduciendo la Trayectoria de Lavado en Velocidad de Lavado a Tres Alturas”, pueden ser usadas por el personal de campo para detectar si se está alcanzando suficiente velocidad de lavado durante la operación manual. Este cálculo puede hacerse midiendo la distancia de la trayectoria de lavado desde el extremo final de la manguera y comparando esa distancia con la velocidad de lavado de la gráfica. Por ejemplo, si una línea lateral de la cinta se encuentra colocada a un pie (0.3 meters) por encima del nivel del suelo y la trayectoria de lavado es de ocho pulgadas (200 mm), entonces la velocidad de lavado es de aproximadamente 3.0 pies por segundo (fps) (0.8 m/s), que en la mayoría de los casos debe ser suficiente.

El sistema debe de ser lavado con la frecuencia necesaria para mantener las líneas limpias, misma que dependerá tanto de la calidad y la temperatura del agua utilizada durante el ciclo agrícola como de la efectividad del sistema de filtrado. Las líneas principales, las secundarias y las líneas laterales deben ser lavadas en secuencia hasta que el agua de lavado salga transparente por lo menos durante dos minutos. Deseche el agua de lavado de la manera adecuada para evitar deteriorar la calidad del agua con la que alimenta al sistema y/o la calidad del medio ambiente cercano a sus operaciones. Debido a que las presiones de entrada y el caudal del sistema son mucho más altos durante el proceso de lavado, es importante asegurarse de que las tuberías, mangueras y cintas sean lo suficientemente resistentes para asegurar un buen lavado.

6.3 Control de Plagas

La cinta de riego por goteo es susceptible a sufrir daños mecánicos a causa de mamíferos, roedores e insectos; por lo tanto es importante controlar este tipo de plagas. Existe un amplio rango de opciones de tratamiento, incluyendo la quimigación. **Antes de aplicar sustancias químicas por el sistema de riego, asegúrese de que el producto sea el recomendado para su caso y que todas las indicaciones y buenas prácticas de seguridad hayan sido satisfechas.**

Hay que identificar la presencia de plagas e implementar un plan de control antes de que dañen el sistema de riego.

Los daños ocasionados por animales a los sistemas de riego subterráneos (SDI) pueden llegar a ser un problema grave, en especial cuando las áreas de cultivo se encuentran cerca de terrenos baldíos. Los roedores que cavan madrigueras o túneles, tales como ratones, ratas, ardillas, topos o castores; pueden causar daños a la cinta de riego superficial o subterránea. En lugar de buscar agua, estos roedores mordisquean los materiales duros para desgastarse los dientes que les crecen continuamente (Lamm, 2007). Se sabe de otros animales, incluyendo los cuervos y los coyotes que dañan las líneas laterales de riego, aparentemente en su búsqueda de agua. Si hay suficiente número de ellos, estos animales pueden ocasionar graves daños a los sistemas de micro-riego.

Soluciones Básicas para los Problemas de Plagas

Las cuatro soluciones básicas para los problemas de plagas son:

1. Usar repelentes para mantener a los animales alejados de las líneas laterales.
2. Poner cebo o trampas para controlar la población de animales
3. Eliminar la fuente de alimento de los animales
4. Colocar una fuente alterna de agua para beber para que se mantengan alejados de las líneas laterales.

Repelentes

Los repelentes mantienen a los animales alejados mediante ciertos tipos de sustancias químicas que saben o huelen mal. Los repelentes pueden ser inyectados por el mismo sistema de riego o bien pueden ser aplicados al costado de las líneas laterales al momento de su instalación. En términos generales, la técnica preferida es la inyección de sustancias químicas por medio del sistema de riego ya que los productos químicos aplicados durante la instalación perderán su eficacia al pasar del tiempo o bien pueden ser lixiviados. Existen una serie de productos químicos que irritan los sentidos de los animales como el hidróxido de amonio (agua de amoniaco) y los insecticidas.

Trampas

Las trampas son muy efectivas, sin embargo debido a la intensidad de la mano de obra requerida para su instalación, pueden no ser prácticas en campos grandes. Su uso también puede ser útil para determinar el tipo de animal responsable del daño. La aplicación de cebo puede hacerse por inyección en el subsuelo mediante un tractor equipado con un cincel o bien superficialmente sobre las áreas infestadas. En la mayoría de los casos, este método es muy efectivo y de bajo costo.

Fuente de Alimentos

Las malezas o el cultivo mismo pueden servir como fuente de alimento para los animales que cavan túneles. Si se alimentan de malezas, el problema se resuelve controlando el crecimiento de maleza. Si se alimentan del cultivo, entonces será necesario controlar la población de animales, para beneficio de la salud y el rendimiento del cultivo.

Los animales sedientos pueden dañar las líneas laterales superficiales y subterráneas al mordisquearlas en búsqueda de agua. Algunos productores han reducido estos daños colocando cubetas de agua en sitios estratégicos. Puede mantener las cubetas siempre llenas colocando un gotero a la línea lateral (Boswell, 1990)

Control de Plagas

Para controlar las plagas, Burt et al (2007) recomienda lo siguiente: 1) utilizar cinta de pared gruesa, 2) encender el sistema de riego tan pronto se instale la cinta, 3) aniquilar a los insectos con productos químicos como Vapam, Ridamil y Diazinon, 4) usar jaulas para controlar a los topos, 5) hacer “ruido” para ahuyentar a los animales, 6) colocar vasijas con agua en espera de que los animales beban de ellas, en lugar de mordisquear las líneas de riego, 7) dejarles huesos de vaca para que jueguen con ellos en lugar de atacar las líneas de riego, y 8) eliminar a los animales.

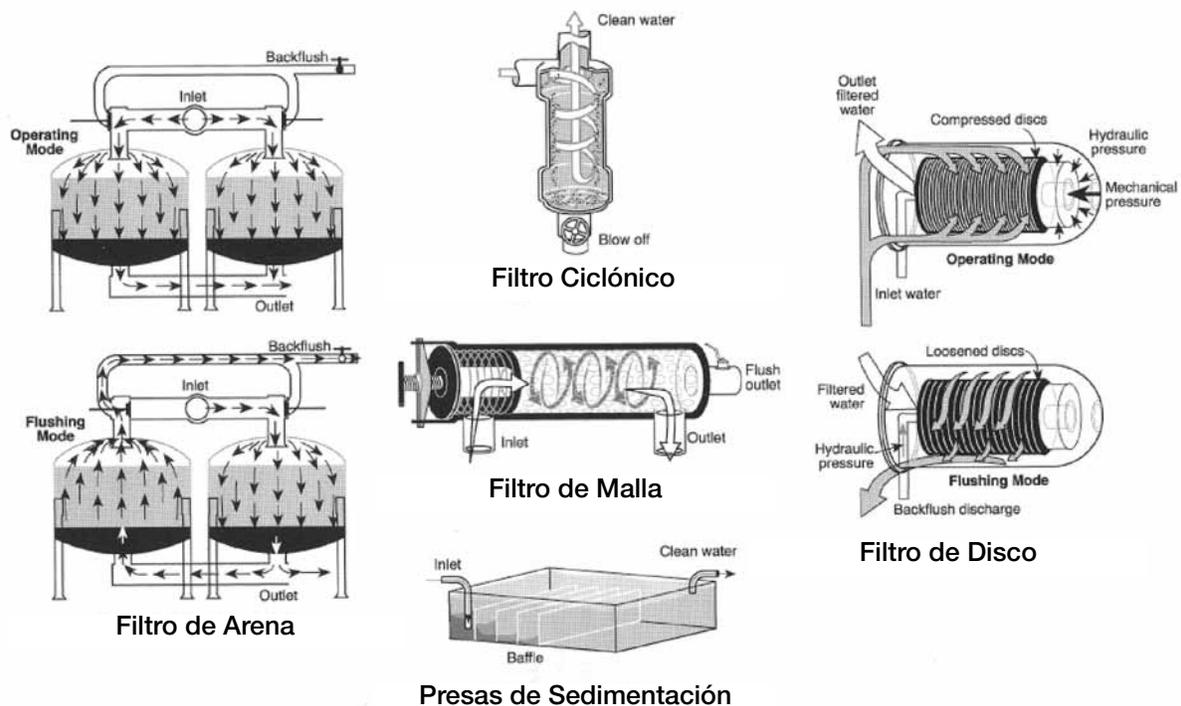
Howard Wuertz de “Sundance Farms” en Coolidge, Arizona, aplica el fumigante de suelo Telone antes de sembrar, para controlar los nemátodos agalladores de raíz y los topos en sus campos de alfalfa con cinta de riego enterrada. Las trampas colocadas en las orillas del campo mantienen a los otros topos alejados del sistema de riego por goteo (Western farm Press, Mayo 2009).

Como en todos los casos, antes de realizar la quimigación, asegúrese de que el producto haya sido recomendado para esa aplicación y de seguir las indicaciones de seguridad y de buenas prácticas de manejo.

Lamm (2007) proporciona información específica sobre las profundidades de los túneles y las preferencias de hábitat de algunos mamíferos en los Estados Unidos; indicando que muchos mamíferos cavadores de túneles que provocan daños a los cultivos en los Estados Unidos, actúan a una profundidad típica de menos de 18 pulgadas (0.5 metro). Por lo tanto, el enterrar las líneas de riego por goteo a más de 18 pulgadas (0.5 metro) puede ayudar a evitar parte del daño ocasionado por roedores.

6.4 Mantenimiento del Sistema de Filtración

El mantenimiento preventivo del sistema de filtración es esencial para mantener todo el sistema de riego en buenas condiciones operativas. Los filtros de arena, los filtros ciclónicos, los filtros de malla y los filtros de disco, así como las presas de sedimentación requieren de cuidado rutinario durante y al final del ciclo de riego. La siguiente imagen muestra muchos de los filtros usados en los sistemas de riego por goteo (Lamm, 2007). Todos pueden funcionar bien bajo cualquier aplicación, siempre y cuando sean del tamaño adecuado para filtrar el agua al grado de calidad que se requiere para proteger los emisores. Toro especifica las necesidades de filtración de todos sus emisores y la mayoría de los fabricantes de filtros expresan la capacidad nominal de filtración de sus filtros en tamaños de malla (mesh). La Tabla 9.4 de la página 104 dentro del Apéndice, traduce esos valores nominales a sus equivalentes en pulgadas, milímetros o micras de abertura. Si el filtro requiere limpieza con mucha frecuencia, esto se puede deber a que es más pequeño del tamaño requerido, a que se está utilizando el filtro incorrecto para la aplicación, o bien que no es necesario filtrar a un grado tan fino.



Monitoreo del Diferencial de Presión

A medida en que los filtros se van tapando se incurren pérdidas progresivas de presión entre la entrada y la salida. Es importante revisar frecuentemente el diferencial de presión del filtro en especial cuando las condiciones de agua

Es importante limpiar los filtros por lo menos una vez al año.

cambian a lo largo del ciclo de riego. El diferencial de presión excesivo puede hacer que los residuos pasen a través de los filtros y/o deterioren el funcionamiento del sistema de riego. Muchos sistemas de filtración son automáticos. Una vez que se alcanza un diferencial de presión predeterminado en el filtro, se limpian automáticamente mediante la activación de una válvula hidráulica de retro lavado de 3 vías. Este procedimiento consiste en invertir el flujo de agua durante un periodo corto, eliminando los residuos a través de la línea de retro lavado. También es posible dar mantenimiento manual a los filtros, activando las válvulas de retro lavado de 3 vías manualmente o bien sacando la malla o el cartucho del disco fuera del cuerpo del filtro para limpiarlos con agua presurizada y/o cepillos.

Inspección de Filtros

Es preciso cuidar que el sistema esté apagado y sin presurizar cuando vaya a dar servicio a los filtros. Revise los filtros de malla para asegurarse de que no estén tapados, rasgados o presenten problemas de corrosión. Revise los filtros de disco dentro del compartimiento de discos para asegurarse de que las ranuras no estén desgastadas ni tapadas. También inspeccione los aro-sellos en busca de señales de desgaste. Drene los filtros de arena y permita que sequen para poder revisar el nivel de arena y la condición de la misma. La arena no debe estar agrumada o presentar algún otro problema. Muchos usuarios de filtros de arena procuran reemplazar la arena una vez al año. Asimismo, deberá inspeccionar los ajustes de la válvula de control del agua de lavado para verificar que el exceso de arena no salga del



filtro cuando se retro lave el filtro. Para este propósito se instala una mirilla transparente como la que se muestra en la fotografía del lado izquierdo. Si los filtros son automáticos, es necesario revisar también que funcione bien la válvula, la bobina y el controlador. Finalmente, los filtros y las presas de sedimentación deben ser clorados de manera periódica para evitar el desarrollo de microorganismos.

6.5 Mantenimiento de Accesorios

Las válvulas, los reguladores, los flujómetros, los manómetros, los controles y el equipo de bombeo deben ser revisados periódicamente para asegurarse de que los parámetros de ajuste sean los correctos y que funcionen adecuadamente. Revise el buen funcionamiento de los diagramas de las válvulas, los aro-sellos, los solenoides y la tubería de control, así como la integridad del cableado eléctrico. Lubrique los dispositivos mecánicos cuando sea necesario. Los flujómetros deben ser calibrados periódicamente por profesionales y deberá verificar las lecturas de los manómetros comparándolas con las lecturas de un manómetro confiable lleno de líquido o glicerina, de precisión comprobada.

6.6 Protección del Sistema Contra el Medio Ambiente (Intemperizado)

Es importante proteger al sistema de riego de las temperaturas bajas, ya que el agua contenida dentro del mismo se puede congelar y expandir. La expansión del agua atrapada puede dañar los componentes plásticos y metálicos del sistema de riego. Las líneas laterales con goteros de polietileno no sufren este tipo de daños, ya que los goteros sirven de puntos de drenado y el polietileno es un material flexible. Sin embargo, el agua de los filtros, las válvulas, el equipo de quimigación, los reguladores de presión y todas las tuberías, debe de ser evacuada por medio de un compresor de aire. Hay que prestar atención en particular a todos aquellos tubos que quedan en las partes bajas del campo de cultivo, donde por efecto de la gravedad, se acumula el agua. Asimismo, los sistemas deben de limpiarse antes de apagarlos durante la temporada de invierno. Este procedimiento de limpieza incluye la inyección de sustancias químicas, el lavado de todas las tuberías y la limpieza de los filtros.

6.7 Procedimientos de Arranque

Los procedimientos de arranque antes de un periodo de inactividad son similares a los procedimientos que se llevan a cabo después de instalar el sistema, incluyendo una revisión general de todos los componentes del sistema para asegurarse de que funcionen bien: filtros, válvulas, controladores, equipo de quimigación, flujómetros, manómetros, reguladores de presión y válvulas de lavado. Cuando el sistema ya esté en condiciones de ser operado, deberá inyectar las sustancias químicas que sean necesarias antes de lavarlo perfectamente. Registre las lecturas de referencia y compárelas contra las especificaciones del equipo. Haga los ajustes que se requieran.





OPTIMIZANDO
SU INVERSIÓN

Optimizando su Inversión

Ningún tipo de información sobre riego por goteo estaría completa si no se habla sobre el costo. Los beneficios ya han sido definidos con claridad, sin embargo el que la inversión valga la pena depende de numerosas variables específicas de cada operación que pueden afectar la rentabilidad y los beneficios generales. El cuadro siguiente contiene una lista parcial de aspectos importantes relacionados con el rendimiento económico de la inversión. No obstante, ya que la tendencia hacia la agricultura sustentable sigue creciendo y este manual se terminó de redactar en diciembre del 2009, debemos enfatizar que desde ese entonces, muchos otros productores empiezan a dar gran valor (y en algunos casos aprecian más) a los beneficios no monetarios que produce el riego por goteo. Por ejemplo, la cinta enterrada para riego por goteo (SDI) puede integrarse con facilidad a las operaciones con cero labranza, contribuyendo además a la reducción de malezas y enfermedades en los cultivos en hileras y permanentes. Tal vez lo más importante sea que la tecnología del riego por goteo ayuda a reducir el uso de recursos valiosos como el agua, los fertilizantes y la energía, al mismo tiempo que ayuda a aumentar la productividad por unidad de tierra trabajada. Dentro de un contexto en el que los líderes del mundo se esfuerzan en aprovechar al máximo los recursos para alimentar a mayor población en el futuro, el riego por goteo es citado con frecuencia entre las tecnologías que ayudarán a resolver ese problema apremiante. En resumen, sin importar cuánto valor se de a los beneficios sociales o a los económicos, son tan reales que están siendo descubiertos por un número cada vez mayor de productores en todo el mundo.

El Riego por Goteo Aumenta la Rentabilidad del Productor

1. Mejores Ingresos

- Rendimiento
- Calidad Mejorada/uniformidad

2. Menor uso de Recursos (costos)

- Agua
- Fertilizantes
- Energía
- Mano de Obra
- Químicos
- Equipo
- Pólizas de seguros

3. Flexibilidad

- Acceso al campo de cultivo
- Riego en terrenos poco uniformes

4. Manejo ambiental

- Menos escurrimientos y percolación profunda
- Menor evaporación y arrastre por el viento
- Mejor hábitat para la vida silvestre

“Payback Wizard” es un sistema para calcular el rendimiento de la inversión en un sistema de riego por goteo/ micro-riego

Con el propósito de ayudar a los productores a evaluar los beneficios económicos de su sistema de riego por goteo. Toro pone a su disposición la calculadora “Payback Wizard” que les permite determinar el tiempo que necesitarán para recuperar su inversión en un nuevo sistema de riego por goteo o de micro-riego. Además, la calculadora les indicará cuantos acres adicionales podrán sembrar con el agua ahorrada al usar esta tecnología de riego. Desarrollada en asociación con la “Irrigation Association” (IA), la calculadora está disponible en línea y fue diseñada para que los productores determinen con facilidad tanto el ahorro de recursos como el periodo requerido para recuperar la inversión realizada en implementar un sistema de micro-riego o de riego por goteo. La calculadora se encuentra a su disposición en: toro.com, y en dripirrigation.org.

El programa “Payback Wizard” es fácil de utilizar. Los productores solo tienen que ingresar los datos correspondientes a 5 criterios; el estado en el que viven, el tipo de cultivo, la cantidad de acres, su sistema de riego actual (rodado, aspersión o mecanizado) y su costo por agua por pie-acre. En segundos, el programa “Payback Wizard” analiza las operaciones de producción y los costos de inversión, así como el aumento de ingresos proyectado, para calcular el tiempo en el que se amortizará la inversión y los acres adicionales que podrán sembrarse con el agua ahorrada por el uso del nuevo sistema de riego por goteo. A partir de esos resultados, los productores pueden profundizar en más detalles de la información generada por “Payback Wizard” y ajustar los valores capturados en el sistema para analizar distintos casos específicos de producción.

Al finalizar su consulta podrá solicitar que el programa le imprima un reporte. En el Apéndice encontrará un ejemplo del reporte elaborado por “Payback Wizard” para riego por goteo y micro-riego.

A pesar de que cada caso es diferente, existen resultados documentados realmente impresionantes. Por ejemplo, el periodo de recuperación de Cox farms en Longview, KS, con cinta con goteros Aqua-Traxx en un campo sembrado con maíz fue de 1.5 años (Ver el resumen del cuadro de abajo).

Periodo de Recuperación de Inversión del Sistema de Riego por Goteo en Cox Farms*	
Inversión realizada en el sistema de riego por goteo	\$1,100.00 por acre (\$ 2,700.00 por hectárea)
Monto subsidiado (30% del costo)	\$330.00 por acre (\$ 810.00 por hectárea)
Inversión Total \$770.00 por acre \$1,890.00 por hectárea
Incremento potencial de rendimiento con el riego por goteo	100 bushels per acre (asumiendo 175 bushels/acre ó 430 bushels por hectárea, con riego por gravedad) (250 bushels por hectárea)
Precio del maíz	\$3.50 por bushel
Ingresos Adicionales Potenciales \$350.00 por acre (\$875.00 por hectárea)
Ahorro Potencial	
Ahorro en combustible	\$25.00 por acre (\$62.00 por hectárea)
Ahorro en mano de obra	\$26.62 por acre (\$65.75 por hectárea)
Ahorro en productos químicos y fungicidas	\$27.50 por acre (\$67.90 por hectárea)
Ahorro en fertilizantes	\$43.88 por acre (\$108.38 por hectárea)
Ahorro en el cultivo	\$37.50 por acre (\$92.62 por hectárea)
Ahorro Potencial Total	... US \$160.50 por acre (\$396.65 por hectárea)
Tiempo Requerido para Recuperar la Inversión: †1.5 años	

* Resultados basados en condiciones específicas- Puede haber variaciones

† La inversión total del productor se divide entre la suma del ingreso adicional potencial y el Ahorro Potencial Total

Conclusión

En conclusión, es importante recordar que un sistema de riego por goteo puede requerir un manejo extremadamente cuidadoso e inversión adicional en tiempo y capital, particularmente durante la curva de aprendizaje. No obstante, la gran mayoría de los usuarios de sistemas de riego por goteo coinciden en que una vez que han aprendido a controlarlo, no hay mejor forma de producir. Muchos de ellos hubiesen deseado haber invertido antes en un sistema de riego por goteo.

Esperamos que usted se beneficie de las múltiples ventajas que proporcionan los sistemas de riego por goteo Toro y también deseamos comunicarle que, de ser requerido, siempre estaremos disponibles para brindar apoyo. Como lo indicamos en el cuadro siguiente, la división de micro-riego de Toro puede contribuir con un gran número de recursos para la instalación y operación de los sistemas de riego por goteo. Tome en cuenta lo benéfico que es trabajar con Toro y nuestra extensa red de Distribuidores Calificados.

Por último, queremos infórmale que además de este manual puede obtener mucha más información sobre productos y temas de interés para los agricultores en: dripirrigation.org ó toro.com. ¡Quedamos en espera de su visita!

Empresa Mundial con sede en Estados Unidos

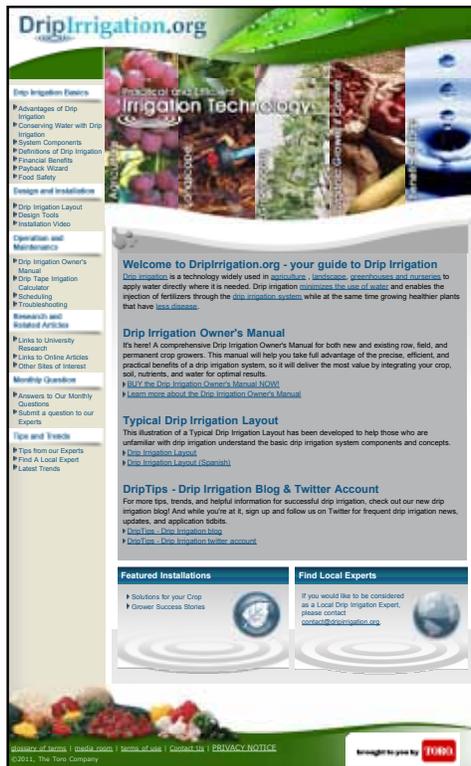
- Fábricas en: California, Florida y Texas
- Recursos para seguir creciendo

Componentes de Alta Calidad a Precios Competitivos

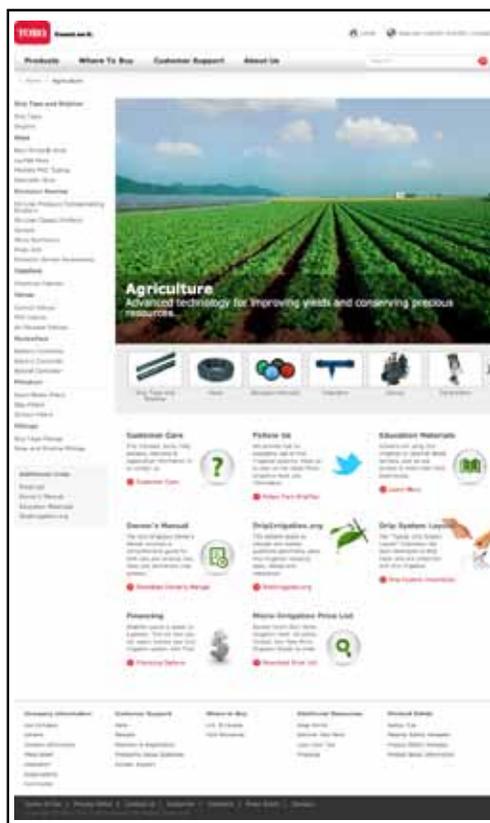
- Emisores
- Equipo de distribución
- Equipo de control

Excelente Apoyo

- Distribuidores locales calificados
- Personal Técnico de campo
 - Servicio de Ventas
 - Soporte para las garantías (Política de respuesta en 24 Horas)
- Personal de Soporte Técnico
 - Vía telefónica, vía Internet, en persona
 - Software de diseño y aplicaciones
 - Soporte agronómico/diseño
- Programas de mercado
 - Educación
 - Reciclado
 - Finanzas



dripirrigation.org



toro.com





REFERENCIAS

Referencias

- AgriMet, 2009. Pacific Northwest Cooperative Agricultural Weather Network. United States Bureau of Reclamation, http://www.usbr.gov/pn/agrimet/cropcurves/crop_curves.html
- Ayers, R.S., 1977. Quality of Water for Irrigation. Am. Soc. Civil Engr. Proc. J. Irrig. & Drain.
- Blake, Cary, 2009. Drip Irrigation Increasing Alfalfa Yields. Western Farm Press, www.westernfarmpress.com
- Boswell, M., 1990. Micro-Irrigation Design Manual, Hardie Irrigation, El Cajon, CA. toro.com
- Bucks, D.A. and F.S. Nakayama, 1980. Injection of Fertilizer and Other Chemicals for Drip Irrigation. Proc. Agri-Turf Irrig. Conf., The Irrigation Association.
- Burt, C. and S. W. Styles, 2007. Drip and Micro Irrigation Design and Management for Trees, Vines, and Field Crops, 3rd Edition, Irrigation and Training Resource Center (ITRC), California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA. www.itrc.org
- Burt, C and K. O'Conner and T. Ruehr, 1995. Fertigation, Irrigation and Training Resource Center (ITRC), California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, www.itrc.org
- California Irrigation Management Information System (CIMIS), 1999. Reference Evapotranspiration for California. University of California, Davis and California Department of Water Resources.
- Carpentier, Dale, 2003. Sedimentation Test of Soil Texture. Edited by the Georgia Agriculture Education Curriculum Office.
- Center for Irrigation Technology (CIT), 2009. Waterright scheduling tool, (www.waterright.org).
- Hanson, Blaine, Stephen Grattan and Allan Fulton, 2003. Agricultural Salinity and Drainage, University of California Irrigation Program, Davis, CA. Publication #93-01. lawrweb@ucdavis.edu
- Hanson, Blaine and L. Schwankl, Stephen Grattan and T. Pritchard, 1994. Drip Irrigation for Row Crops. University of California, Davis, CA. Publication #93-05. lawrweb@ucdavis.edu
- Improving Plant Life. www.improvingplantlife.com/information-about-plant-nutrients/
- Klauzer, Jim, 2009. Photos of Aqua-Traxx wetting patterns. Clearwater Supply, Othello, Washington. www.cwsupply.com
- Lamm, F and James Ayers and Francis Nakayama, 2007. Microirrigation for Crop Production: Design, Operation and Management. Elsevier, Oxford, UK. www.oznet.ksu.edu
- Lamm, F and Danny H. Rogers, 2009. Keys to Successful Adoption of SDI: Minimizing Problems and Ensuring Longevity. Proceedings of the 21st Annual Central Plains Irrigation Conference, Colby, Kansas. www.oznet.ksu.edu
- Mikkelsen, Rob, 2009. Fertilizer Efficiency with Drip and Microsprinklers. International Plant Nutrition Institute. rmikkelsen@ipni.net

NASA/EOS project. Average ET for North America.

http://secure.nts.gov/umt.edu/projects/files/images/mod16/global_ET/ET_avg_NACP.png

NASA GSFC Water and Energy Cycle website.

http://nasascience.nasa.gov/images/oceans-images/water_cycle.jpg/image_preview

Phene, C.J., K.R. Davis, R.L. McCormick, R. Hutmacher, J. Pierro. 1988. Water-fertility management for subsurface drip irrigated tomatoes. Proceedings, International Symposium on Integrated Management Practices for Tomato and Pepper Production in the Tropics, Shanhua, Taiwan, ROC.

Plaster, Edward J., 2003. Soil Science and Management, 4th Edition. Delmar Learning, Lifton Park, NY

Rogers, Danny and Freddie Lamm and Mahbub Alam, 2003. Subsurface Drip Irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines. Kansas State University Publication #2575. www.oznet.ksu.edu

Schwankl, L. and T. Prichard, 2001. Chemigation in Tree and Vine Micro Irrigation Systems, Publication 21599, University of California Division of Ag & Natural Resources.

Simonne, Eric et al., 2008. Drip-irrigation Systems for Small Conventional Vegetable Farms and Organic Vegetable Farms. University of Florida, IFAS Extension document #HS1144. www.edis.ifas.ufl.edu

Snyder, et al. Using Reference Evapotranspiration (ET_o) and Crop Coefficients to Estimate Crop Evapotranspiration (ET_c) for Trees and Vines. University of California Cooperative Extension, Leaflet #21428.

Techalive, 2009. <http://techalive.mtu.edu/meec/module01/images/transpiration.jpg>

Thien, S.J. 1979. A Flow Diagram for Teaching Texture-By- Feel Analysis. Journal of Agronomic Education. 8:54-55.

Truog, Emil, 1943. The Liming of Soils. USDA Yearbook of Agriculture, 1943 – 1947.
http://naldr.nal.usda.gov/NALWeb/Agricola_Link.asp?Accession=IND43893966

Toro Micro-Irrigation, 2009. toro.com, dripirrigation.org

United States Bureau of Reclamation (USBR), 2000. Achieving Efficient Water Management: A Guidebook for Preparing Agricultural Water Conservation Plans.

United States Department of Agriculture (USDA), 1997. Irrigation Guide: National Engineering Handbook. NRCS.

United States Department of Agriculture (USDA), 1998. Estimating Soil Moisture by Feel and Appearance.

Van der Gulik, T.W., 1999. B.C. Trickle irrigation Manual. B.C. Ministry of Agriculture and Food, and the Irrigation Industry Association of British Columbia, Abbotsford, B.C. Canada

Westcot, D.W. and R.S. Ayers, 1984. Irrigation Water Quality Criteria. Report No. 84-1, California State Water Resources Control Board.

Wolfram, William L. (Bill), 2008. New Developments in Drip Irrigation. Presentation to American Society of Plasticulture. Toro Micro-Irrigation, El Cajon, CA. toro.com

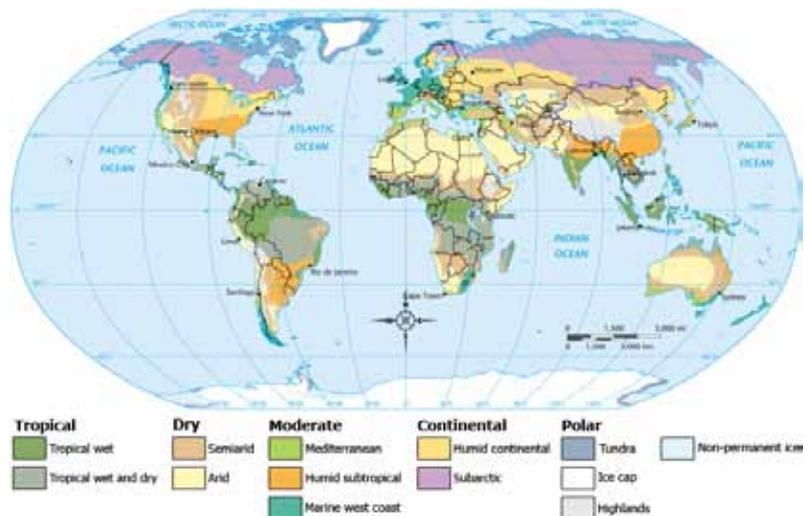




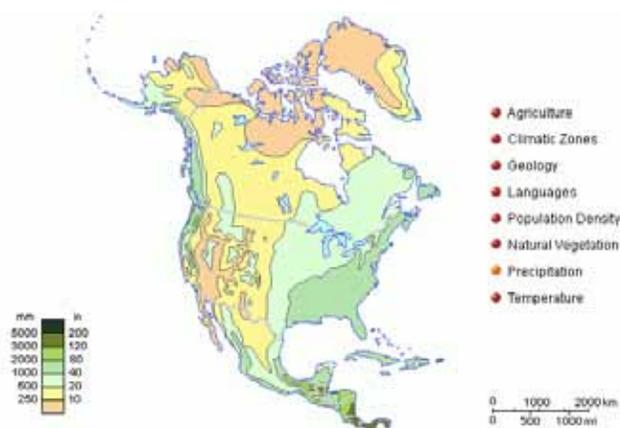
APÉNDICE

Apéndice

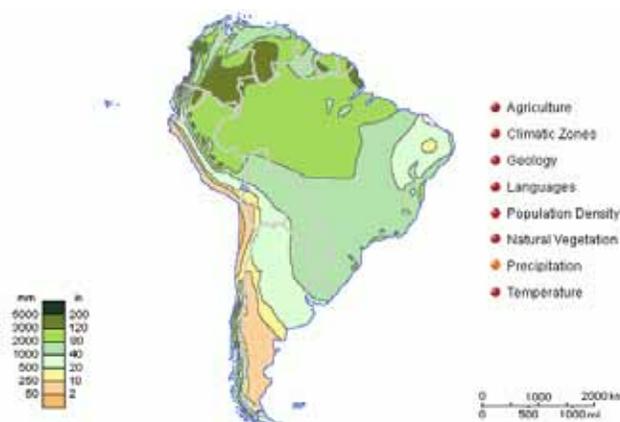
Climas del Mundo



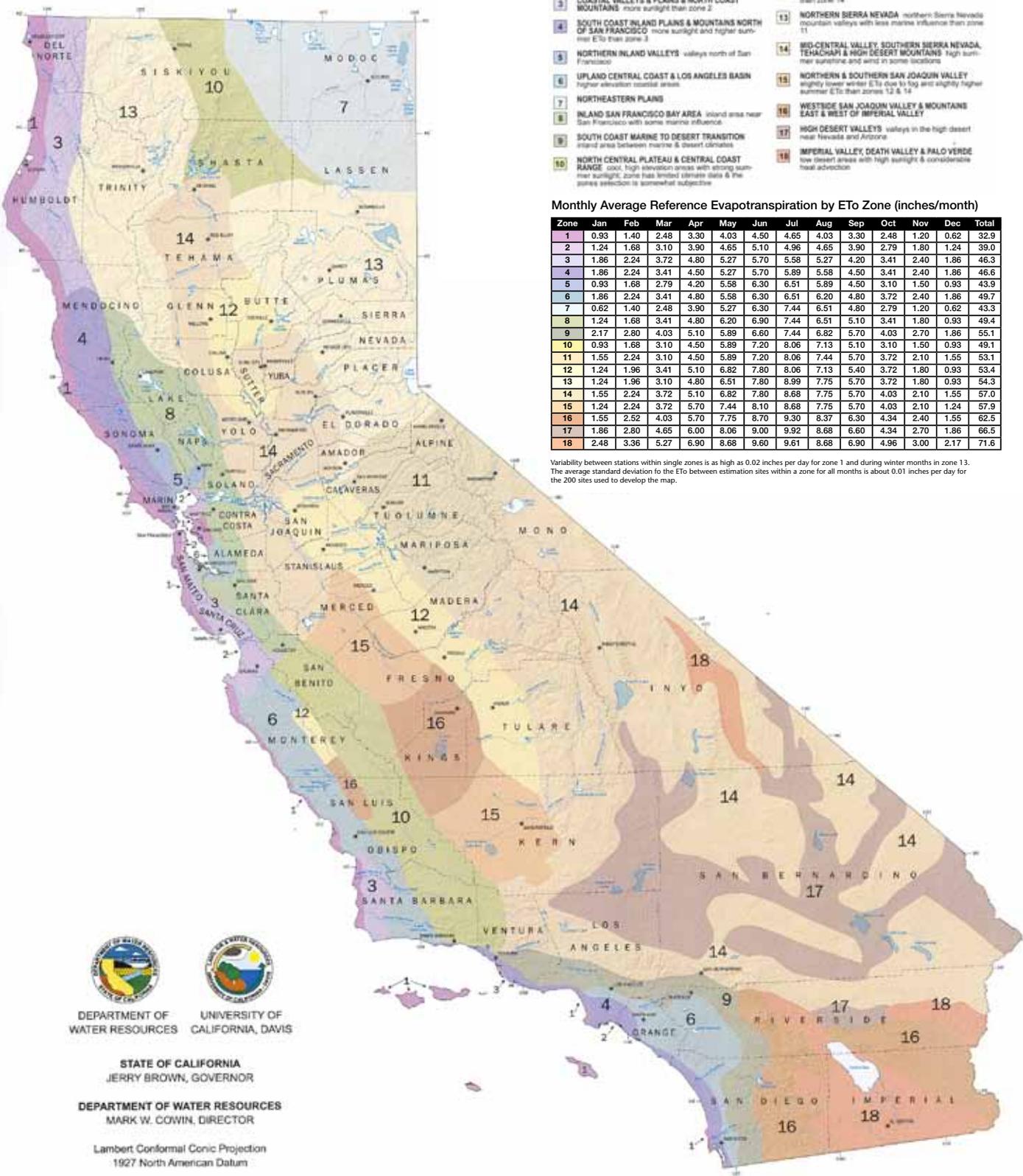
Precipitación Promedio, Norteamérica



Precipitación Promedio, Sudamérica



Sistema de Información para el Manejo del Riego en California (CIMIS) Evapotranspiración de Referencia



Reference EvapoTranspiration (ET0) Zones

- 1 COASTAL PLAINS HEAVY FOG BELT lowest ET0 in California, characterized by dense fog
- 2 COASTAL MIXED FOG AREA less fog and higher ET0 than zone 1
- 3 COASTAL VALLEYS & PLAINS & NORTH COAST MOUNTAINS more sunlight than zone 2
- 4 SOUTH COAST INLAND PLAINS & MOUNTAINS NORTH OF SAN FRANCISCO more sunlight and higher summer ET0 than zone 3
- 5 NORTHERN INLAND VALLEYS valleys north of San Francisco
- 6 UPLAND CENTRAL COAST & LOS ANGELES BASIN higher elevation mountain areas
- 7 NORTHEASTERN PLAINS
- 8 INLAND SAN FRANCISCO BAY AREA inland area near San Francisco with some marine influence
- 9 SOUTH COAST MARINE TO DESERT TRANSITION inland area between marine & desert climates
- 10 NORTH CENTRAL PLATEAU & CENTRAL COAST RANGE cool, high elevation areas with strong summer sunlight. Zone has limited climate data & the zones location is somewhat subjective
- 11 CENTRAL SIERRA NEVADA mountain valleys east of Sacramento with some influence from delta breeze in summer
- 12 EAST SIDE SACRAMENTO-SAN JOAQUIN VALLEY low winter & high summer ET0 with slightly lower ET0 than zone 14
- 13 NORTHERN SIERRA NEVADA northern Sierra Nevada mountain valleys with less marine influence than zone 11
- 14 MID-CENTRAL VALLEY, SOUTHERN SIERRA NEVADA, TEHACHAPI & HIGH DESERT MOUNTAINS high summer ET0
- 15 NORTHERN & SOUTHERN SAN JOAQUIN VALLEY slightly lower winter ET0 due to fog and slightly higher summer ET0 than zones 12 & 14
- 16 WESTSIDE SAN JOAQUIN VALLEY MOUNTAINS EAST & WEST OF IMPERIAL VALLEY
- 17 HIGH DESERT VALLEYS valleys in the high desert near Nevada and Arizona
- 18 IMPERIAL VALLEY, DEATH VALLEY & PALO VERDE low desert areas with high sunlight & considerable heat advection

Monthly Average Reference Evapotranspiration by ET0 Zone (inches/month)

Zone	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1	0.93	1.40	2.48	3.90	4.03	4.50	4.65	4.03	3.30	2.48	1.20	0.62	32.9
2	1.24	1.68	3.10	3.90	4.65	5.10	4.96	4.65	3.90	2.79	1.80	1.24	39.0
3	1.86	2.24	3.72	4.80	5.27	5.70	5.58	5.27	4.20	3.41	2.40	1.86	46.3
4	1.86	2.24	3.41	4.60	5.27	5.70	5.89	5.58	4.50	3.41	2.40	1.86	46.6
5	0.93	1.68	2.79	4.20	5.58	6.30	6.51	5.89	4.50	3.10	1.50	0.93	43.9
6	1.86	2.24	3.41	4.80	5.58	6.30	6.51	6.20	4.80	3.72	2.40	1.86	49.7
7	0.62	1.40	2.48	3.90	5.27	6.30	7.44	6.51	4.80	2.79	1.20	0.62	43.3
8	1.24	1.68	3.41	4.80	6.20	6.90	7.44	6.51	5.10	3.41	1.80	0.93	49.4
9	2.17	2.80	4.03	5.10	5.89	6.60	7.44	6.82	5.70	4.03	2.70	1.86	55.1
10	0.93	1.68	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.13	5.10	3.10	1.50	0.93	49.1
11	1.55	2.24	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.44	5.70	3.72	2.10	1.55	53.1
12	1.24	1.96	3.41	5.10	6.82	7.80	8.06	7.13	5.40	3.72	1.80	0.93	53.4
13	1.24	1.96	3.10	4.80	6.51	7.80	8.99	7.75	5.70	3.72	1.80	0.93	54.3
14	1.55	2.24	3.72	5.10	6.82	7.80	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.55	57.0
15	1.24	2.24	3.72	5.70	7.44	8.10	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.24	57.9
16	1.55	2.52	4.03	5.70	7.75	8.70	9.30	8.37	6.30	4.34	2.40	1.55	62.5
17	1.86	2.80	4.65	6.00	8.06	9.00	9.92	8.68	6.60	4.34	2.70	1.86	66.5
18	2.48	3.36	5.27	6.90	8.68	9.60	9.61	8.68	6.90	4.96	3.00	2.17	71.6

Variability between stations within single zones is as high as 0.02 inches per day for zone 1 and during winter months in zone 13. The average standard deviation for the ET0 between estimation sites within a zone for all months is about 0.01 inches per day for the 200 sites used to develop the map.



DEPARTMENT OF
WATER RESOURCES



UNIVERSITY OF
CALIFORNIA, DAVIS

STATE OF CALIFORNIA
JERRY BROWN, GOVERNOR

DEPARTMENT OF WATER RESOURCES
MARK W. COWIN, DIRECTOR

Lambert Conformal Conic Projection
1927 North American Datum

Procedimiento de Prueba de Sedimentación para Determinar la Textura del Suelo (Carpentier, 2003)

La prueba de sedimentación es una forma sencilla de medir el porcentaje de arena, limo y arcilla que contiene una muestra de suelo. Se base en el hecho de que las partículas más grandes se sedimentarán con más rapidez en el agua, mientras que las pequeñas partículas ligeras se sedimentarán más lentamente. El polvo de Calgon para lavar ropa se usa para crear una solución que disolverá los terrones de suelo y mantendrá las partículas separadas.

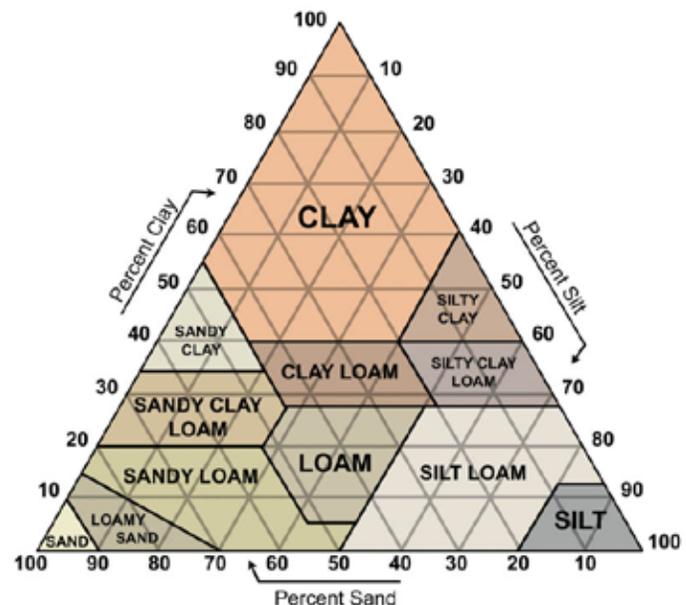
Materiales

- Muestra de suelo, ½ taza (125 ml)
- Un frasco (liter) con tapa
- Solución de Calgon™ al 8% (mezcle 6 cucharadas (90 ml) de Calgon™ en un cuarto (litro) de agua para preparar la solución al 8%)
- Regla métrica
- Taza medidora
- Cuchara (15 ml)



Procedimiento

1. Coloque ½ taza de (125 ml) suelo en el frasco. Agregue 3 ½ tazas (450 ml) de agua y 5 cucharadas (75 ml) de la solución de Calgon™.
2. Tape el frasco, agítelo por 5 minutos y déjelo reposar por 24 horas.
3. Después de 24 horas mida la profundidad del suelo sedimentado. Todas las partículas del suelo deberán haberse sedimentado y se obtendrá la Profundidad Total. Registre la profundidad en una etiqueta y péguela al frasco.
4. Agite durante otros 5 minutos. Déjelo reposando durante 40 segundos para dar tiempo a que se sedimente la arena. Mida la profundidad del suelo sedimentado y regístrelo como Profundidad de la Arena.
5. No agite otra vez. Deje reposar el frasco durante 30 minutos más. Mida la profundidad y reste la profundidad de la arena para obtener la Profundidad del Limo.
6. El resto de las partículas no sedimentadas son arcilla. Calcule el contenido de arcilla restando las profundidades de limo y arena de la profundidad total para obtener la Profundidad de la Arcilla.
7. Ahora calcule el porcentaje de cada suelo por separado con las siguientes fórmulas:
 - % de arena= profundidad de la arena/ profundidad total x 100
 - % de limo= profundidad de limo/ profundidad total x 100
 - % de arcilla= profundidad de arcilla / profundidad total x 100.
8. Utilice el triángulo de textura del Capítulo 4 (siguiente imagen) para buscar el punto donde hacen intersección los porcentajes de arcilla, limo y arena que acaba de calcular y encontrará el resultado sobre la Textura del Suelo.



Gráficas de Flujo y Presión de Lavado (Lamm, 2007)

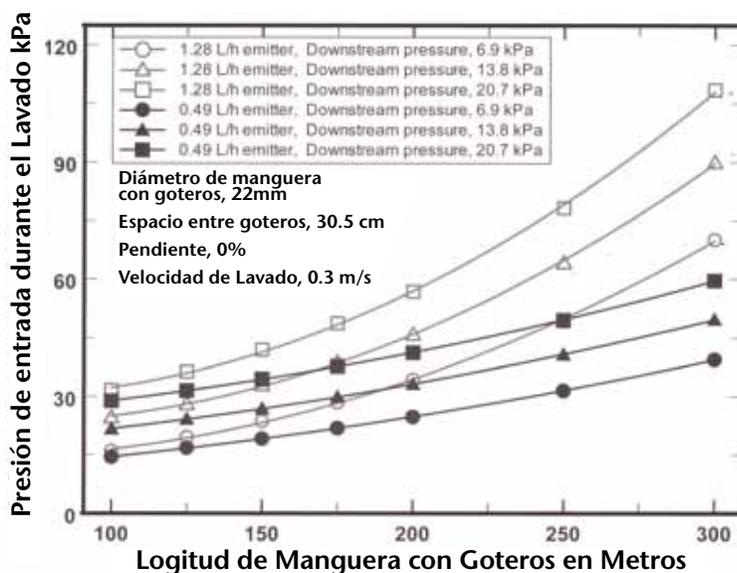


Figura 13.15. Presión de entrada requerida para mantener una velocidad de lavado de 0.3 m/s en función del: caudal del gotero, longitud de manguera y la presión de salida. Los resultados fueron calculados con el software de Toro Ag (2002).

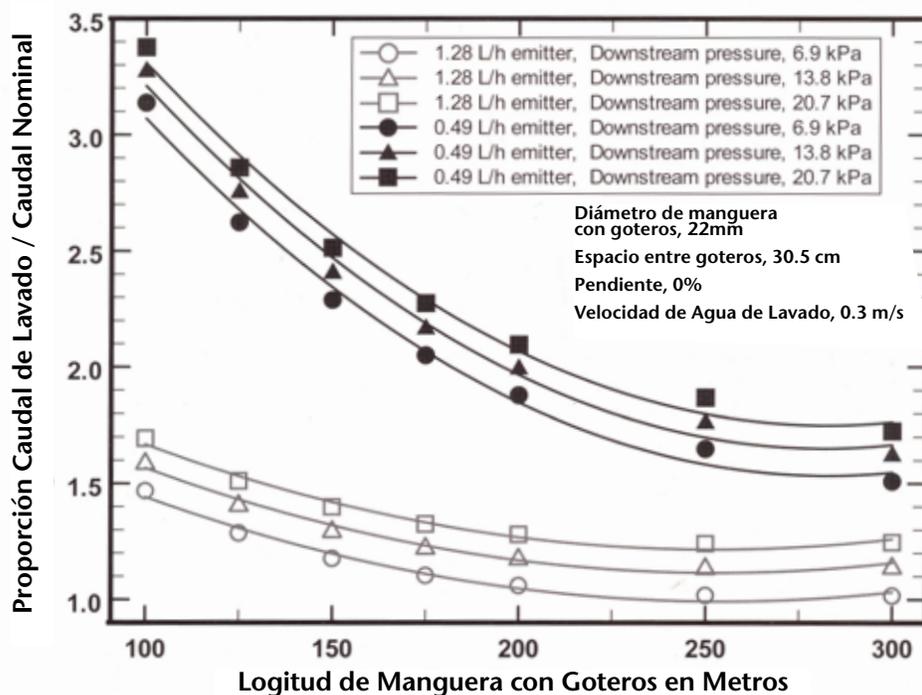


Figura 13.16. Proporción del Caudal de Lavado / Caudal Nominal requerida para mantener una velocidad de lavado de 0.3 m/s en función del: caudal del gotero, longitud de manguera y la presión de salida. Los resultados fueron calculados con el software de Toro Ag (2002).

Gráficas de Flujo y Presión de Lavado (Burt, 2007)

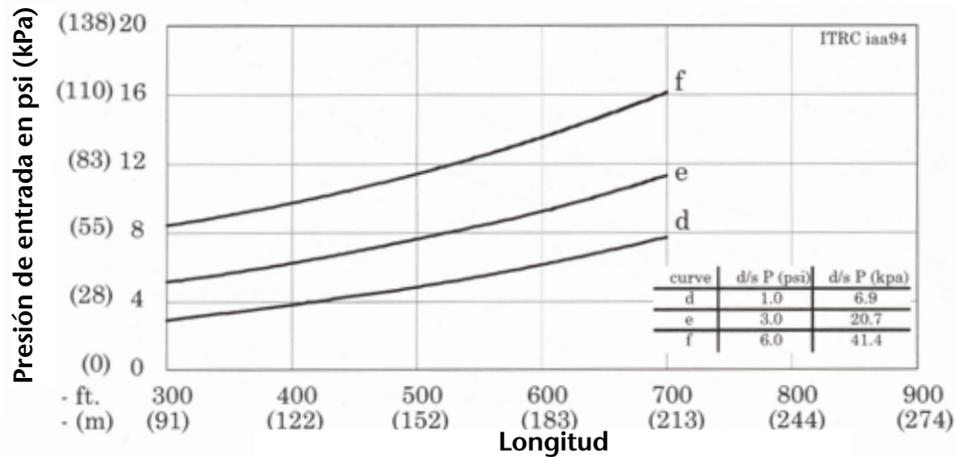


Figura 196. Presión de entrada vs longitud de cinta de riego de 0.625" (15.9mm) DIA con caudal de $Q = 0.22 \text{ GPM}/100' @ 8\text{psi}$ (1.64 lph/m @ 55 kPa) (excluyendo el coeficiente de variación c_v) en función de varias presiones de entrada y un caudal de lavado fijo de 1 GPM (0.063 lps). $X = 0.5$ y pendiente de cero (0).

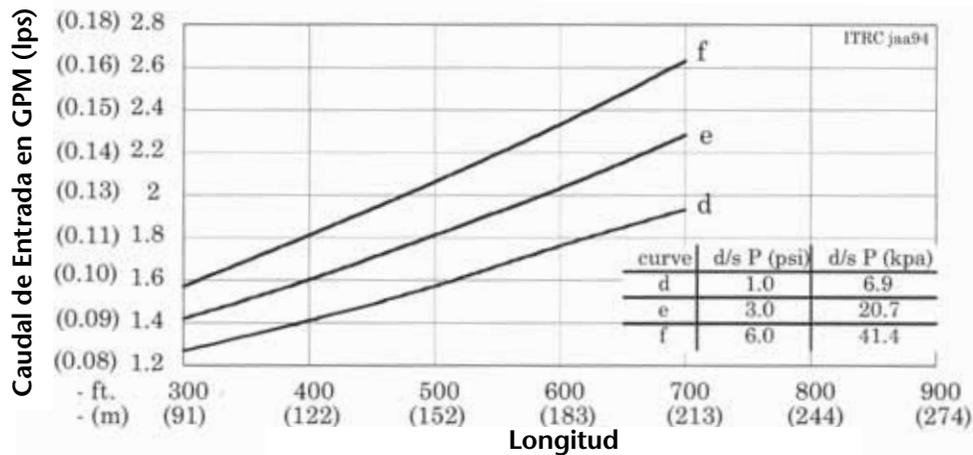
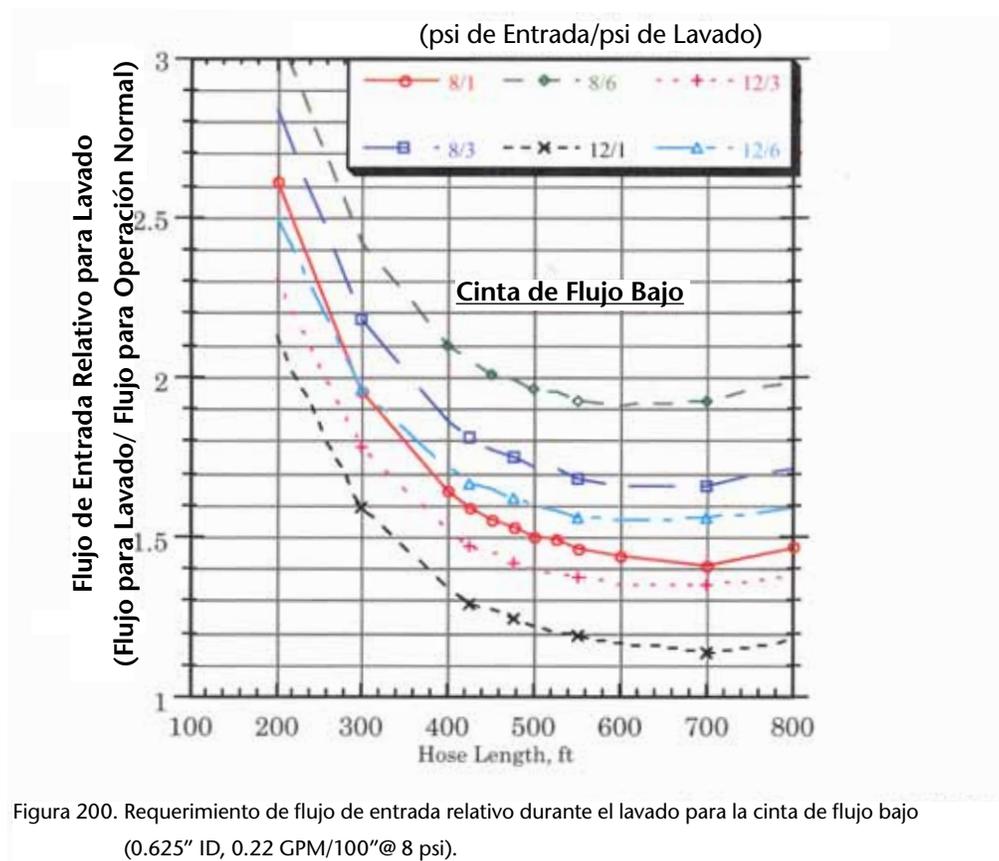


Figura 198. Caudal de entrada vs longitud de cinta de riego de 0.625" (15.9mm) DIA con caudal de $Q = 0.22 \text{ GPM}/100' @ 8\text{psi}$ (1.64 lph/m @ 55 kPa) (excluyendo el coeficiente de variación c_v) en función de varias presiones de entrada y un caudal de lavado fijo de 1 GPM (0.063 lps). $X = 0.5$ y pendiente de cero (0).

Gráficas de Flujo y Presión de Lavado (Burt, 2007)



CUADRO 9-4: EQUIVALENTES DE LOS TAMAÑOS DE ORIFICIOS EN LOS FILTROS DE MALLA

Tamaño de Malla (Mesh)	Pulgadas	Tamaño de Abertura mm	Micras
20	0.0280	0.711	711
40	0.0165	0.420	420
80	0.0071	0.180	180
100	0.0060	0.152	152
120	0.0049	0.125	125
150	0.0041	0.105	105
180	0.0035	0.089	89
200	0.0030	0.074	74
270	0.0021	0.053	53
325	0.0017	0.044	44

Factores de Conversión

PARA CONVERTIR DE:	A	MULTIPLIQUE POR:
Acres	Hectáreas	0.4047
Acres	Pies cuadrados	43,560
Acres	Metros cuadrados	4,047
Acres	Millas cuadradas	1.562x10-3
Acres	Yardas cuadradas	4,840
acre-pie	Pies cúbicos	43,560
acre-pie	Galones	3.259x10+5
Atmósferas	Pies de agua	33.9
Atmósferas	Pulgadas de mercurio	29.92
Atmósferas	kg/cm 2	1.0333
Atmósferas	kg/m 2	10,332
Atmósferas	Libras/pulgada cuadrada	14.7
Bars	Atmósferas	0.9869
Bars	dinas/cm 2	1.0x10+6
Bars	Kg/m 2	1.020x10+4
Bars	Libras/pie 2	2,089
Bars	Libras/pulg. 2	14.5
BTU	Kilowatt-hrs	2.928x10-4
Centígrados	Fahrenheit	(C x 1.8)+32
Centímetros	Pies	3.281x10-2
Centímetros	Pulgadas	0.3937
Centímetros	Milímetros	10
Centímetros cúbicos	Pulgadas cúbicas	0.06102
Centímetros cúbicos	Galones (E.U.)	2.642x10-4
Centímetros cúbicos	Litros	0.001
Centímetros cúbicos	Pintas (E.U.)	2.113x10-3
Centímetros cúbicos	Cuartos (E.U.)	1.057x10-3
Pies cúbicos	Cm 3	28,320
Pies cúbicos	Pulgadas cúbicas	1,728
Pies cúbicos	m 3	0.02832
Pies cúbicos	Yardas cúbicas	0.03704
Pies cúbicos	Galones (E.U.)	7.48052
Pies cúbicos	Litros	28.32
Pies cúbicos	Pintas (E.U.)	59.84
Pies cúbicos	Cuartos (E.U.)	29.92
Pies cúbicos/seg	Millón de galones/día	0.646317
Pies cúbicos/seg	Galones /min.	448.831
Pulgadas cúbicas	Cm 3	16.39
Pulgadas cúbicas	Galones	4.329x10-3
Pulgadas cúbicas	Litros	0.01639
Metros cúbicos	Yardas cúbicas	1.308
Metros cúbicos	Galones (U.S.)	264.2
Metros cúbicos	Litros	1,000
Dinas/cm 2	Atmósferas	9.869x10-7
Dinas/cm 2	Pulgadas de mercurio a 0° C	2.953x10-5
Dinas/cm 2	En agua a 4° C	4.015x10-4
Dinas/cm 2	Bars	1.0x10-4

Nota: Los factores de conversión aparecen en orden alfabético.

Factores de Conversión

PARA CONVERTIR DE:	A	MULTIPLIQUE POR:
Pies	Centímetros	30.48
Pies	Kilómetros	3.048x10-4
Pies	Metros	0.3048
Pies de agua	Atmósferas	0.0295
Pies de agua	Pulgadas de mercurio	0.8826
Pies de agua	kg/m ²	304.8
Pies de agua	libras/pulgada cuadrada	0.4335
Galones	Cm ³	3,785
Galones	Pies cúbicos	0.1337
Galones	Pulgadas cúbicas	231
Galones	m ³	3.785x10-3
Galones	Yardas cúbicas	4.951x10-3
Galones	Litros	3.785
Galones (Inglés.)	Galones (E.U.)	1.20095
Galones de agua	Galones (Inglés)	0.83267
Galones de agua	Libras de agua	8.3453
galones/min	Pies cúbicos/seg	2.228x10-3
Galones/min	Litros/seg	0.06308
Galones/min	Pies cúbicos/hr	8.0208
Hectáreas	Acres	2.471
Hectáreas	Pies cuadrados	1.076x10+5
Caballos de potencia	Btu/min	42.44
Caballos de potencia	Pies-lbs./min	33,000
Caballos de potencia	pies-lbs./seg	550
Caballos de potencia (métrico)	Caballos de potencia (Inglés)	0.9863
Caballos de potencia (inglés)	Caballos de potencia (métrico)	1.014
Caballos de potencia	kg-calorías/min	10.68
Caballos de potencia	kilowatts	0.7457
Caballos de potencia	Watts	745.7
Pulgadas	Centímetros	2.54
Pulgadas	Metros	2.54x10-2
Pulgadas	Millas	1.578x10-5
Pulgadas	Milímetros	25.4
Pulgadas	Milésimas	1,000
Pulgadas	Yardas	2.778x10-2
Pulgadas de mercurio	Atmósferas	0.03342
Pulgadas de mercurio	Pies de agua	1.133
Pulgadas de mercurio	kg/ cm ²	0.03453
Pulgadas de mercurio	kg/m ²	345.3
Pulgadas de mercurio	libras/pie cuadrado	70.73
Pulgadas de mercurio	libras/pulgada cuadrada	0.4912
Pulgadas de agua	Atmósferas	2.458x10-3
Pulgadas de agua	Pulgadas de mercurio	0.07355
Pulgadas de agua	kg/cm ²	2.540x10-3
Pulgadas de agua	onzas/pulgadas cuadradas	0.5781
Pulgadas de agua	libras/ pies cuadrados	5.204
Pulgadas de agua	Libras/pulgadas cuadradas	0.03613

Nota: Los factores de conversión aparecen en orden alfabético.

Factores de Conversión

PARA CONVERTIR DE:	A	MULTIPLIQUE POR:
Kilogramos	Libras	2.205
kilogramos/ m ³	libras/pies cúbicos	0.06243
Kilogramos/hectárea	Libras/acre	0.8924
kilogramos/cm ²	Dinas	980,665
kilogramos/cm ²	Atmósferas	0.9678
kilogramos/cm ²	Pies de agua	32.81
kilogramos/cm ²	Pulgadas de mercurio	28.96
kilogramos/cm ²	Libras/pies cuadrados	2,048
kilogramos/cm ²	libras/pulgadas cuadradas	14.22
kilogramos/m ²	Atmósferas	9.678x10 ⁻⁵
kilogramos/m ²	Bars	98.07x10 ⁻⁶
kilogramos/m ²	Pies de agua	3.281x10 ⁻³
kilogramos/m ²	Pulgadas de mercurio	2.896x10 ⁻³
kilogramos/m ²	libras/pies cuadrados	0.2048
kilogramos/m ²	Libras/pies cuadrados	1.422x10 ⁻³
Kilómetros	Pies	3,281
Kilómetros	Metros	1,000
Kilómetros	Millas	0.6214
Kilómetros	Yardas	1,094
Kilómetros/hr	Pies/min	54.68
Kilómetros/hr	Pies/seg	0.9113
kilopascasles (kPa)	libras/pulgadas cuadradas	0.14503
Kilowatts	BTU/min	56.92
Kilowatts	Caballos de potencia	1.341
Kilowatt-hrs	BTU	3,413
Kilowatt-hrs	Caballos de potencia-hrs	1.341
Litros	Cm ³	1,000
Litros	Pies cúbicos	0.03501
Litros	Pulgadas cúbicas	61.02
Litros	m ³	0.001
Litros	Yardas cúbicas	1.308x10 ⁻³
Litros	Galones (E.U.)	0.2642
Litros	Pintas (E.U.)	2.113
Litros	Cuartos (E.U.)	1.057
Litros/min	Pies cúbicos/seg	5.886x10 ⁻⁴
Litros/min	Galones/seg	4.403x10 ⁻³
Litros/seg	Galones/min	15.852
litros/m ² – seg	Galones /min-pies cuadrados	1.4726
Metros	Centímetros	100
Metros	Pies	3.281
Metros	Pulgadas	39.37
Metros	Kilómetros	0.001
Metros	Millas (naut.)	5.396x10 ⁺⁴
Metros	Millas (stat.)	6.214x10 ⁺⁴
Metros	Milímetros	1,000
Metros	Yardas	1.094
Metros/min	millas/hr	0.03728

Nota: Los factores de conversión aparecen en orden alfabético.

Factores de Conversión

PARA CONVERTIR DE	A	MULTIPLIQUE POR
Metros /seg	Pies/min	196.8
Metros/seg	pies/seg	3.281
Metros /seg	Kilómetros/hr	3.6
Metros /seg	Kilómetros/min	0.06
Metros /seg	Millas/hr	2.237
Metros /seg	Millas/min	0.03728
Millas (estatuto)	Pies	5,280
Millas (estatuto)	Pulgadas	6.336x10+4
Millas (estatuto)	Kilómetros	1.609
Millas (estatuto)	Metros	1,609
Millas/hr	cm/seg	44.7
Millas/hr	Pies/min	88
Millas/hr	Pies/seg	1.467
miligramos/litro	partes/millón	1
Mililitros	Litros	0.001
Milímetros	Centímetros	0.1
Milímetros	Pulgadas	0.03937
Milímetros	Milésimas	39.37
Millón de galones/día	Pies cúbicos/seg	1.54723
Milésimas	Centímetros	2.540x10-3
Milésimas	Pulgadas	0.001
Partes/millón	libras/millón de galones	8.345
Libras	Dinas	44.4823x10+4
Libras	gramos	453.5924
Libras	kilogramos	0.4536
Libras	Onzas	16
Libras de agua	Galones	0.1198
Libras/pies cúbicos	gramos/ cm 3	0.01602
Libras/pies cúbicos	kg/m 3	16.02
Libras /pulgadas cuadradas	Atmósferas	0.06804
Libras /pulgadas cuadradas	Bars	0.0689
Libras/pulgadas cuadradas	Pies de agua	2.307
Libras/pulgadas cuadradas	Pulgadas de mercurio	2.036
Libras/ Pulgadas cuadradas	kPa	6.895
Libras/ Pulgadas cuadradas	kg/m 2	703.1
Libras/ pulgadas cuadradas	libras/ pies cuadrados	144
Cuartos (liq.)	Litros	0.9463
Millas cuadradas	Acres	640
M 2	Pies cuadrados	10.7639
M 2	Pulgadas cuadrados	1,550
toneladas (métricas)	Kilogramos	1,000
toneladas (métricas)	Libras	2,205
Toneladas (cortas)	kilogramos	907.1848
toneladas (cortas)	Libras	2,000
Toneladas (cortas)	toneladas (métricas)	0.9078
Yardas	Metros	0.9144

Nota: Los factores de conversión aparecen en orden alfabético.

Formatos en Blanco

Puede utilizar los siguientes formatos para recabar información:

Parámetros de Operación para El Sistema de Riego con Cinta Subterránea											
	Caudal del sistema	Presión de la Bomba	Presión de entrada del filtro	Presión de salida del filtro	Presión de salida de la válvula de control de la línea principal	Apariencia del agua de lavado a la salida del filtro	Zona de Riego #				Apariencia del Agua de lavado de la Cinta
							Presión de entrada de válvula de bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	Apariencia del agua de lavado de la cinta	
Después de la Compra:											
Lecturas	Semana 1										
	Semana 2										
	Semana 3										
	Semana 4										
	Semana 5										
	Semana 6										
	Semana 7										
	Semana 8										
	Semana 9										
	Semana 10										
	Semana 11										
	Semana 12										
	Semana 13										

Parámetros de Operación del Bloque de Riego					
	Zona de Riego #				Apariencia del Agua de lavado de la Cinta
	Presión de Entrada de la válvula de bloque	Presión de salida de la válvula de bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	
Después de la compra:					
Lecturas	Semana 1				
	Semana 2				
	Semana 3				
	Semana 4				
	Semana 5				
	Semana 6				
	Semana 7				
	Semana 8				
	Semana 9				
	Semana 10				
	Semana 11				
	Semana 12				
	Semana 13				

Parámetros de Operación del Bloque de Riego					
	Zona de Riego #				Apariencia del Agua de lavado de la Cinta
	Presión de Entrada de la válvula de bloque	Presión de salida de la válvula de bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	
Después de la compra:					
Lecturas	Semana 1				
	Semana 2				
	Semana 3				
	Semana 4				
	Semana 5				
	Semana 6				
	Semana 7				
	Semana 8				
	Semana 9				
	Semana 10				
	Semana 11				
	Semana 12				
	Semana 13				

Formatos en Blanco

Puede utilizar los siguientes formatos para recabar información:

Formato del Programa de Riego para "Reponer el Agua Utilizada"													
Campo _____		Zona _____		Hectáreas _____		Tipo de Suelo _____		Agua disponible (Ft) _____					
Día	Presión de Bomba	Caudal de Bomba	Tasa de Aplicación*	Horas de Operación	Agua aplicada en bruto	Agua aplicada en neto**	ET del cultivo	"Agua en reserva"	Agua en reserva neta	Humedad del suelo Sitio 1	Humedad del suelo Sitio 2	Humedad del suelo Sitio 3	Humedad del suelo Sitio 4
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

*Pulgadas por hora= Flujo de la bomba GPM x 0.0022/Acres regados.

**Cantidad Neta de Agua Aplicada = Cantidad Bruta de Agua Aplicada (pulgadas) x 0.9 eficiencia de aplicación.

Reporte “ Payback Wizard “de Recuperación de Inversión en el Sistema de Riego por Goteo

REPORTE “ PAYBACK WIZARD “DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN EN EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Muchas gracias por considerar invertir en un Sistema de Riego por Goteo

REPORTE

Fecha:

Lugar: Nebraska

Cultivo: Maiz

Acres: 160 (65 hectáreas)

Sistema actual de riego: Rodado

	SISTEMA ACTUAL		RIEGO POR GOTEO	
	Por Acre	Por Hectáreas	Por Acre	Por Hectáreas
Costos Operativos				
Agua:	\$104.48	\$258.07	\$79.51	\$196.39
Energía:	\$199.20	\$492.02	\$298.80	\$738.04
Fertilizantes:	\$91.84	\$226.85	\$73.47	\$181.47
Productos Químicos:	\$61.30	\$151.45	\$49.04	\$121.13
Mano de Obra en riego:	\$23.03	\$56.88	\$11.52	\$28.45
Mantenimiento:	\$32.47	\$80.20	\$32.47	\$80.20
Prácticas de Cultivo:	\$7.46	\$18.43	\$3.73	\$9.21
Equipo:	\$57.40	\$141.78	\$57.40	\$141.78
Costos de Cosecha:	\$55.08	\$136.05	\$66.10	\$163.27

Ingresos

Rendimiento: 72.00 Bu/ac, 425 Bu/Ha 206.40 Bu/ac, 510 Bu/Ha

Ingresos por Unidad: \$3.83 \$4.60

Inversión

Costo neto del productor por el sistema: \$1000.00/ac, \$2,470/ha

Parte proporcional del costo \$300.00/ac, \$741/ha

Costo neto de inversión en el sistema \$700.00/ac, \$1,729/ha

Tiempo requerido para recuperar la inversión: 2.79 Años

Acres adicionales que podrá regar con el agua ahorrada: 50.15 acres (20.3 hectáreas)

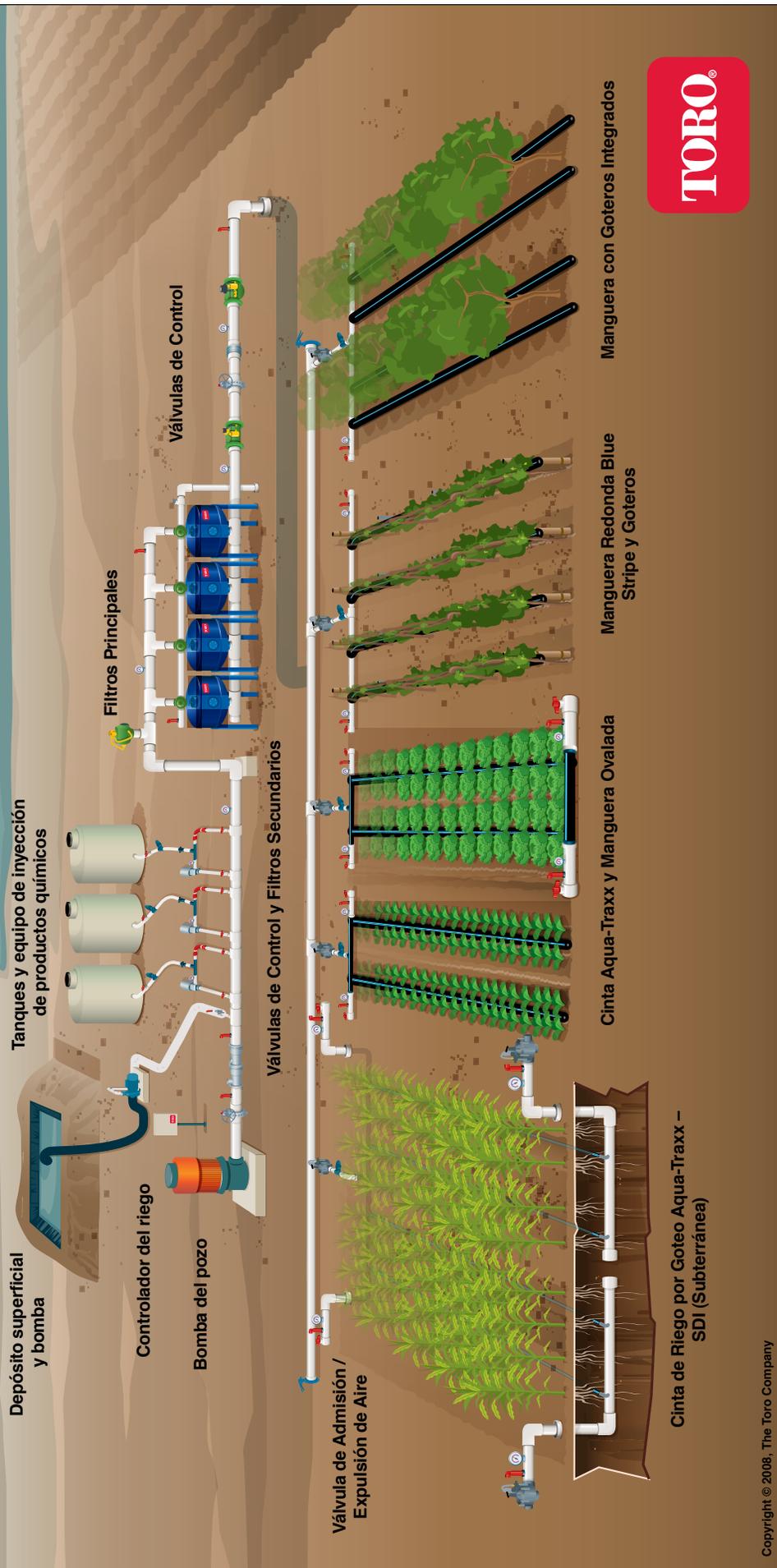
Este cálculo es una aproximación lograda utilizando las condiciones de campo promedio proporcionadas por dependencias federales Norteamericanas. Los valores particulares de su campo pueden variar dependiendo de las condiciones regionales.





INFORMACIÓN DEL SISTEMA

Esquema de un Sistema de Riego por Goteo



TORO®



Soluciones de Riego Toro

PRECISAS. EFICACES. PRÁCTICAS.

The Toro Company
Micro-Irrigation Business
1588 N. Marshall Avenue, El Cajon, CA 82020-1523, USA
Tel: +1 (800) 333-8125 or +1 (619) 562-2950
Fax: +1 (800) 892-1822 or +1 (619) 258-9973

toro.com

© 2010 The Toro Company ALT195



Count on it.