

RIEGO POR GOTEO ENTERRADO

Departamento Técnico REGABER
Enero 2006

1. Introducción

Desde el surgimiento de la técnica de riego por goteo se ha comprobado su idoneidad y sus ventajas, principalmente en el ahorro de agua y fertilizantes. La tecnología empleada para este propósito ha experimentado grandes mejoras desde su nacimiento en los años 60. Se ha pasado de goteros basados en el enrollamiento de microtubos en la tubería a goteros autocompensantes y con sistemas antisucción de reducido tamaño insertados dentro de la tubería.

Estas mejoras han permitido la posibilidad de efectuar el riego por goteo enterrado o subterráneo, el cual incrementa el ahorro de agua a la vez que suma otras ventajas de interés.

Ventajas del riego por goteo subterráneo

- Mayor ahorro de agua. Disminuye o evita la pérdida de agua por evaporación superficial, evita escorrentía y se consigue mayor uniformidad de riego.
- Disminuye la presencia de malezas al no mojar la superficie del terreno.
- Mejora la nutrición de la planta. Se administra el agua y los nutrientes directamente al sistema radicular, especialmente aquellos que son poco móviles en el suelo como el K y el P. Permite el ahorro de fertilizantes.
- Permite la utilización de aguas recicladas. Evita las limitaciones que impone la calidad ambiental y sanitaria en cultivos que no está permitido regar por encima de la superficie.
- Reduce la presencia de enfermedades y plagas ya que reduce la humedad en el tallo y las hojas de las plantas.
- Evita los daños que producen roedores y pájaros en el sistema.
- Ahorra los días de trabajo. Según el cultivo, los laterales no deben tenderse ni recogerse cada año. Permite el laboreo sin obstáculos.
- Evita los riesgos por vandalismo.
- En jardinería, permite regar a cualquier hora y no mojar zonas de paso.

Inconvenientes del riego por goteo subterráneo

- No permite la inspección visual. Se puede solucionar con una buena distribución de contadores de agua o medidores de presión.
- Posible penetración de raíces en los goteros que producen obturaciones. Actualmente algunas gamas de goteros como el UNIRAM disponen de sistemas físicos que lo evitan.
- Absorción de partículas de tierra en los goteros y su obturación. La gama de UNIRAM dispone de sistemas antisucción.
- Daños en los laterales producidos por insectos. Estos daños también se pueden dar en laterales superficiales.
- Dificultades para realizar reparaciones en las tuberías enterradas. Por ello se debe efectuar la instalación con las máximas garantías.
- Se debe tener en cuenta el riego en la etapa de germinación si en cultivo lo requiere.

2. Principios de planificación del riego por goteo

La planificación de un diseño hidráulico en que las mangueras o laterales serán enterrados se compone de dos partes principales:

1. Diseño hidráulico normal: éste comprende todas las reglas y consideraciones que se debe tomar en cuenta en cualquier diseño hidráulico planificado para riego por goteo: filtración, pérdidas de presiones, velocidades del flujo hidráulico en las tuberías principales y de distribución, diferencia máxima de caudales, válvulas de aire, reposición de lámina diaria máxima en el ciclo de cultivo, etc.
2. Consideraciones especiales para el goteo enterrado: válvulas de activación en las tuberías distribuidoras, sistema de lavado de los laterales, distancias más cortas entre goteros, filtros de control en casos necesarios.

Consideraciones especiales:

Diámetro de la tubería distribuidora

En tuberías de distribución que serán enterradas se recomienda el uso de tuberías de PVC o de polietileno cuyo diámetro interior no exceda el tamaño de 6", para evitar grandes fuerzas de succión en el proceso de vaciado de las mismas.

El grado de grosor de pared de las tuberías debe dar respuesta a la seguridad que el sistema requiera en casos de subidas inesperadas de la presión en el mismo, ya sea en las principales o en las secundarias.

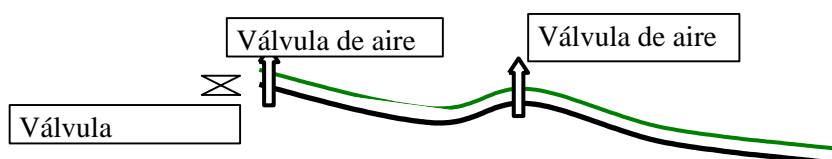
Válvulas ventosa

Estas válvulas deben cumplir con los dos requisitos para los cuales son instaladas:

- extracción del aire de las tuberías en el tiempo de llenado.
- entrada de aire o acción de activación en el lapso de tiempo del vaciado de los laterales.

La ubicación de estas válvulas es de primordial importancia para que las mismas cumplan con su objetivo. La ubicación dependerá si el terreno tiene pendiente y si la pendiente es en subida o en bajada.

En cualquiera de los casos se habla de una válvula tanto en la tubería distribuidora como en la tubería de lavado en el punto más alto de cada uno de ellos. En el caso de que la topografía del terreno, aunque con pendiente, no sea uniforme, se debe instalar una válvula de aire de doble efecto, automático y cinético, en los puntos más altos de los cambios de pendientes.



Profundidad de enterrado

Desde el punto de vista técnico, cualquier profundidad al cual un lateral será enterrado, debe ser considerado como sistema de riego por goteo “enterrado”, lo cual impone tener en cuenta todas las consideraciones especiales para el caso.

Los diferentes tipos de riego subterráneo pueden clasificarse en tres grupos según la profundidad de tendido.

- Tendido superficial. Hasta 10 cm de profundidad. Se usa principalmente para superficies tapizantes como puede ser el césped.
- Profundidad media. Hasta 20 cm de profundidad. Este método facilita el acceso a la instalación para posibles reparaciones pero no permite aún el laboreo en profundidad.
- Tendido profundo. A partir de 30 cm de profundidad. En este caso se supone que la superficie del suelo se mantiene seca, y se manifiestan todas las ventajas del riego subterráneo.

La profundidad de enterrado dependerá de:

1. las características del cultivo, anual o perenne.
2. zona de desarrollo del sistema radicular, superficial o profundo.
3. si el lateral será retirado o no cada ciclo.
4. maquinarias usadas en la cosecha, maquinarias de corte y cosecha por encima del suelo, maquinarias con penetración en el suelo.
5. profundidad de laboreo de maquinarias agrícolas.
6. tipos de suelo: suelos livianos y suelos pesados; suelos livianos requieren de laterales a menos profundidad que suelos pesados.

Ejemplos:

Caña de azúcar: entre 25 y 30 cm. de profundidad

Rotación de cultivos : algodón -maíz-tomate industrial, entre 40 y 50 cm.

Forrajeras: entre 30 y 40 cm.

Especias y hortalizas de raíces profundas: entre 25 y 30 cm.

Patatas y hortalizas de raíces superficiales: entre 5 y 10 cm. con retiro de los laterales al final del ciclo.

Distancia entre goteros

En el sistema de goteo enterrado, por causa de la característica de capilaridad del suelo, el agua que sale de un gotero se mueve en toda dirección y forma un volumen humedecido parecido a una elipse, similar a un huevo agrandado en su parte superior, se denomina bulbo húmedo. En un suelo con porcentaje alto de arcilla se formará un volumen de suelo mojado con forma de esfera, mientras que un suelo con porcentaje alto de arena el movimiento del agua será más en sentido vertical, hacia abajo, comparado con el movimiento horizontal.

Cuando la cantidad de agua proveída de un gotero superficial y uno enterrado es igual, el volumen del suelo humedecido por el gotero enterrado será mayor que el volumen humedecido por medio del gotero superficial.

La distancia entre los goteros dependerá especialmente del tipo de suelo y del cultivo a regar. El objetivo deberá ser, lograr un franja continua de volumen de suelo humedecido. Esto se consigue solapando los bulbos húmedos que forma cada gotero.

De forma general, se recomienda no pasar de 0.5 – 0.6 m. En caña de azúcar, entre 0.3 y 0.5 m. En rotación de cultivos extensivos, entre 0.5 y 0.6 m. En patatas, entre 0.2 y 0.4 m. Estas distancias son orientativas, dependiendo de la textura del suelo se debe incrementar o reducir la distancia. A mayor contenido de arcillas mayor espaciamiento, y a mayor contenido de arena mayor densidad lineal de goteros.

Caudal del gotero

El caudal del gotero en un sistema de riego es resultado de las características físicas del gotero y del diseño hidráulico.

La elección del caudal del gotero tiene relación con la distancia entre los goteros del lateral y el tipo de suelo. De todas maneras, en la toma de decisión, hay que relacionar el caudal del gotero con el tipo de suelo (pesado o liviano), reposición de la lámina diaria de agua al cultivo, longitud del lateral y la capacidad horaria de riego deseada.

Se recomienda que el caudal de los goteros no sobrepase los 2 lts./hora. Diseños planificados con caudal de gotero de 1 litro/hora, deberán considerar, aparte del sistema principal de filtros, si la distancia entre el punto de bombeo y los laterales es grande, el uso de filtros secundarios, ya sea al comienzo de cada tubería distribuidora o un segundo filtrado principal más cercano al campo.

Tipo de lateral

Siempre se trabaja con tuberías de gotero integrado en el interior de la misma. Ha de ser un gotero de máxima calidad y con un diseño específico que lo haga poco susceptible a las obturaciones por deposición de partículas en el laberinto del mismo. Se recomienda el uso de goteros con el laberinto de gran sección de paso que trabajen a régimen turbulento.

Es muy recomendable el uso de goteros autocompensantes y con sistemas que impidan la entrada de raíces o partículas del suelo por succión. En la toma de decisión sobre el lateral a ser usado, en caso que no se usara el gotero Ram, se recomienda el uso de laterales con goteros que cuentan en la salida con un "Flap" (Puerta Batiente), que cumple con el propósito de tapar el orificio de salida del gotero al interrumpir el riego y proporcionando posteriormente una defensa permanente.

El grosor de pared del lateral dependerá de los años que se proyecta utilizar el equipo.

El diámetro interior dependerá de la longitud deseada para el lateral.

El largo máximo del lateral será de acuerdo a los criterios del diseño hidráulico. Se recomienda diseñar hasta un máximo de 15 % de diferencia de caudal o no menor de 92 % de E.U. (Uniformidad de Emisión).

También se debe considerar la situación del lavado de los laterales, que requiere una velocidad mínima del flujo del agua hasta el final del lateral. Si la presión de entrada es fija y la sección de la tubería está sobredimensionada será imposible conseguir la velocidad mínima de lavado. La distancia y el número total de goteros del lateral también afectan a la velocidad final de lavado.

Para tener en cuenta todos estos casos existe el programa hidráulico de Netafim

Lavado de los laterales

En el riego con goteros enterrados deberá ser considerado en el proceso de diseño, la planificación de un sistema de lavado de los laterales; su objetivo primordial es la eliminación de posibles cuerpos extraños que puedan influir en el funcionamiento normal del gotero, como ser suciedades que han podido pasar los filtros, precipitaciones de partículas sólidas en el agua, precipitaciones de fertilizantes, etc.

Se debe considerar dos puntos básicos:

- velocidad del flujo de agua: la velocidad del agua en el lateral al final de la línea debe ser 0.4 metros / segundo como mínimo.
- sistema de lavado: el sistema de lavado puede ser por medio de colectores o por medio de válvulas de lavado.

Los **colectores** son tuberías ubicadas transversalmente al final de los laterales y unidos a éstas, que cuentan con una válvula para poder evacuar agua y realizar el lavado, y una válvula de aire para permitir la entrada de aire evitando el vacío. Las válvulas hidráulicas pueden ser operadas manualmente o por medio de un sistema de automatización. Si el colector, transversal a los laterales, será muy largo, es conveniente dividirlo en partes, de tal manera, que el caudal de la bomba no aumente excesivamente, causando una baja de presión.

La válvula de lavado es, como su nombre indica, una válvula que se instala al final de cada lateral, cumple con los propósitos de lavado de la línea en cada apertura del agua y acción antivacío al cierre de ésta.

Tanto si se usa colectores o válvulas de lavado en línea, se pueden diseñar estados intermedios entre ellos. Por ejemplo, en lugar de usar un colector a lo ancho del campo, se puede diseñar colectores pequeños para no más de 10 laterales con una válvula hidráulica de manejo manual para cada colector, o el uso de una válvula de lavado para dos líneas laterales. En cualquiera de los casos, la velocidad del torrente hidráulico al final de las líneas no debe ser inferior a 0.40 metros/segundo.

Filtración

Un sistema bien planeado incluye un diseño de filtración adecuado. Se puede diferenciar entre un sistema fácil de manejar y otro que requiera supervisión constante.

El tipo de sistema de filtración a usar deberá responder a los estándares mínimos utilizados en riego por goteo. Cabe recomendar en este punto, que conviene en un sistema de goteo enterrado, elevar los parámetros de calidad de filtración. Se deberá tener en cuenta la calidad del agua, el tipo y el potencial de fluctuaciones de los contaminantes a todo lo largo de la temporada de riego.

En campos en que el punto de bombeo se encuentra muy lejos del lugar de riego, se deberá considerar el uso de filtros secundarios o de un filtrado principal adicional. En casos de presencia de arena en el agua, el uso de hidrociclón a la salida de la bomba es recomendado.

La unidad de filtración constituye, a primera vista, un componente costoso en la lista del equipo a adquirir, pero un filtro deficiente genera un costo mucho mayor en tratamientos químicos, mano de obra y mantenimiento extraordinario para solucionar problemas de taponamiento, que la suma ahorrada originalmente.

Medidores de agua

El uso de medidores de agua en todo diseño hidráulico para uso agrícola es necesario como instrumento de control, para poder regar según volúmenes de agua de acuerdo a los programas establecidos, seguimiento de los mismos y monitoreo del funcionamiento del sistema hidráulico, pero, si en un sistema de goteo superficial su uso es “necesario”, en un sistema de goteo enterrado su uso es “indispensable”.

En el goteo enterrado, el medidor de agua cumple con la función de “indicador” del funcionamiento normal del sistema, pues, en el caso de laterales con problemas de taponamientos, el medidor de agua indicará volúmenes diferentes al cual fue programado el diseño. Por tanto, ayuda a detectar disfunciones y su ubicación si los contadores se han distribuido adecuadamente.

Regulación de la presión de trabajo

La presión de trabajo del sistema deberá ser regulada a través de:

- válvulas hidráulicas de comando hidráulico con pilotos reguladores.
- válvulas hidráulicas manuales con reguladores de presión en la tubería distribuidora.

Una solución conjunta teniendo en cuenta la conveniencia de medidores y reguladores, es el uso de hidrantes para líneas de riego de gran caudal.

Centro de bombeo

Un centro de bombeo se compone, según las necesidades, de un reservorio de agua, pozo de agua, bombas, filtros, tableros electrónicos, sala de motores, centro de automatización, etc.

El reservorio de agua debe estar diseñado para permitir una decantación aceptable antes del bombeo del agua, y la profundidad de bombeo debe ser tal que no permita la succión, elevación y posterior bombeo de material decantado.

Control del régimen de riego

En un suelo regado con goteo enterrado se deberá ser más precavido con el seguimiento de la variación de la humedad disponible para el cultivo en cuestión, pues el volumen humedecido se desarrolla más por debajo de la superficie.

Por lo tanto, es recomendable el uso de instrumentos, como pueden ser tensiómetros, que permitan dar seguimiento a dichas variaciones, de tal manera que el nivel de humedad disponible para el cultivo sea lo más uniforme y fácil de absorción a lo largo de toda la temporada de riego.

Aplicación de fertilizantes

Como en todo diseño de riego por goteo, el goteo enterrado deberá ser combinado en toda ocasión con un sistema de fertilización adecuado.

Los sistemas inyectoros deberán responder a las necesidades para poder usar todos los agroquímicos, ser fáciles de operar, de calibrar y disponer de medios para evitar precipitados indeseables, como por ejemplo, filtro secundario en el punto de inyección del fertilizante líquido en la tubería conductora. También deberá proveer la cantidad de fertilizante según las necesidades diarias del mismo, según la lámina diaria a regar y según el caudal del sistema.

Los tipos de fertilizantes utilizados para la preparación de las soluciones fertilizantes deberán cumplir los requisitos de calidad para su utilización, como ser, solubilidad completa en agua, libres de impurezas físicas, de elementos tóxicos para el cultivo, de aditivos químicos que produzcan precipitaciones o interfieran en la solubilidad de todo el complejo soluble, como ejemplo, gránulos de fertilizantes recubiertos con productos anti-hidroscópicos.

Una rutina de procedimientos adecuados de limpieza reduce la probabilidad de obstrucción

3. INSTALACIÓN

Preparación de suelo

El enterrado de un equipo de riego por goteo es de por sí una tarea de gran responsabilidad para el futuro buen funcionamiento de todo el sistema. Cada etapa de su aplicación en el campo se debe llevar a cabo con la máxima eficiencia posible según las condiciones que el medio impone. Ejemplo: tipos diferentes de suelo, obstáculos naturales, piedras en el perfil del suelo, etc.

La preparación del suelo debe:

1. Cumplir con todas las exigencias agronómicas antes de iniciar la instalación del equipo, ya sea con arado, subsolado y gradas de discos o cuchillas, que permitan un desarrollo adecuado de cultivos anuales o en casos de cultivos perennes, cuyos suelos no recibirán ninguna labor profunda durante varios años.
2. Permitir un trabajo de enterrado sin mayores molestias, de esta forma se conseguirá un movimiento horizontal uniforme del agua de riego, uniformidad de riego y una germinación uniforme de las semillas o esquejes usados para la reproducción, como pueden ser, trozos de tallos de la caña de azúcar.

Ya realizada la preparación del suelo para el cultivo mismo, se procede a las labores relacionadas con el enterrado mismo:

Señalización de camas o surcos: es necesario, en principio, señalar el terreno para ayudar a las labores posteriores, más difíciles, a que se realicen en línea recta o según lo establecido en el diseño.

Primer subsolado: se recomienda un subsolado anterior al enterrado de la manguera para permitir, posteriormente, un enterrado a profundidad uniforme y sin posibles obstáculos que obliguen a interrumpir el paso del equipo enterrador. La unidad o cuchilla de subsolador debe realizar este laboreo en el mismo lugar donde se realizará el enterrado de la lateral, y debe ser unos centímetros más profundo que la posterior profundidad definitiva del mismo. Este equipo debe llevar, también consigo, vertederas en la parte posterior para poder mantener la señalización de los surcos.

Enterrado del lateral: una vez realizados todas las labores anteriores y cumpliendo con los requisitos expuestos, se procederá al enterrado mismo del lateral.

Para este propósito, se recomienda, que antes del marcado de los surcos, se realice varias pasadas con el subsolador en dirección transversal a la dirección de los surcos

en el principio y al final de los mismos, con el objetivo de permitir un acceso más fácil y rápido del equipo enterrador cuando inicia el enterrado de una regante en un nuevo surco.

El equipo enterrador debe trabajar en esta labor con las cuchillas que preparan el surco donde serán plantados los canutos, esto es recomendable porque de esta manera se conserva una distancia uniforme entre la manguera enterrada y los canutos plantados.

El tractor que realiza este trabajo debe ser adecuado para esta labor, recomendándose un tractor de aproximadamente 120 caballos de fuerza para un equipo con una cuchilla enterradora a 0.4 metros de profundidad en un suelo medianamente arcilloso; se recomienda que la velocidad de trabajo sea entre 6 a 8 Km. por hora, y que el control de la profundidad de enterrado de la línea sea llevado a cabo por medio de las ruedas de profundidad del equipo y no con el control hidráulico de profundidad del tractor.

Si se procede al enterrado de un lateral a una distancia de 1 - 1.2 metros entre líneas o sea dos líneas por cama, se debe trabajar con dos cuchillas enterradoras en el mismo equipo para el enterrado simultáneo de los mismos.

Enterrado de los laterales

Equipo enterrador

Un equipo bien diseñado ayuda a una instalación sin inconvenientes y a la eficiente operación de los laterales. Es importante inspeccionar cada componente del equipo, particularmente los que están en contacto directo con la manguera.

Tubo inyector: este tubo curvo guía al lateral hacia abajo y adentro de la tierra; debe ser de acero inoxidable liso y sin muescas ni rebabas interiores. El diámetro interno debe ser de 1.5 pulgadas (40 mm) y la parte superior lo bastante alta sobre la superficie del suelo para que no penetren piedras, terrones u otra suciedad que podrían dañar seriamente a la tubería. En el extremo superior del tubo se ajusta un embudo de nylon o polietileno de peso molecular ultra-elevado y de larga duración (Teflón) que permita una baja fricción con el lateral. Tanto el tubo como el embudo de plástico deben ser regularmente inspeccionados para detectar señales de desgaste o avería y si es necesario, pulir por dentro del tubo de acero utilizando un taladro eléctrico con una afiladora flexible o cepillos circulares.

Montura de la bobina: las monturas de la bobina deben poder moverse libremente para que la manguera entre suavemente en el tubo inyector; los estiramientos o tirones pueden averiar o romper la manguera, permitiendo el acceso de partículas de tierra en las salidas de los goteros y obstrucciones al comienzo de la operación. La montura debe tener un mecanismo de freno para evitar que siga desenrollando cuando el tractor se detiene. Al introducirse en el tubo inyector, la tubería no debe ser arrastrada sobre esquinas pronunciadas o superficies accidentadas, ya que podría dañarse. Debe prestarse especial atención en evitar el retroceso al detener o arrancar el tractor, ya que la tubería podría desgarrarse o retorcerse.

Manejo de las tuberías

Las tuberías de Netafim están embaladas especialmente para protegerlas de la humedad y daños mecánicos; deben permanecer en las bobinas hasta la instalación. Antes de instalarlas, se recomienda proceder según las instrucciones a continuación, asegurándose que el eje y las paredes de la bobina se mantengan secos hasta la instalación, particularmente en tiempo lluvioso.

- 1) Exponer el eje retirando la película protectora.
- 2) Colocar el rollo en la máquina de instalación.
- 3) Retirar la película protectora.
- 4) Quitar el cartón del carrete.
- 5) Introducir la tubería en el tubo inyector.
- 6) Cuidado !! La bobina debe estar instalada de tal forma que permita la instalación del lateral con el orificio de salida del gotero hacia arriba.
- 7) A continuación, al enterrar el lateral se debe verificar que el orificio de salida del agua este ubicado hacia arriba !!

Para proteger a los laterales de posibles daños causados por roedores, se recomienda la aplicación simultánea al enterrado, de algún producto contra éstos; existe una pequeña aplicadora de estos productos que se instala sobre el equipo enterrador. Si se tiene sospechas de posibles problemas causados por grillos, saltamontes u otros insectos masticadores, se recomienda untar la manguera o lateral con un producto insecticida.

Cuando un rollo o bobina de lateral se termina, conviene hacer la unión del mismo y el rollo nuevo por medio de conectores adecuados, poco antes de la entrada del embudo y sin levantar el equipo. Una vez ya conectado se empieza a avanzar lentamente hasta llegar a la velocidad normal de trabajo.

Tuberías distribuidoras y tuberías colectoras

La instalación de las tuberías distribuidoras y colectoras es recomendable llevarla a cabo posteriormente al enterrado de los laterales. Es posible, que en primera instancia, se suponga que debe ser al revés, pero, después de mucha experiencia en diferentes lugares del mundo, se ha comprobado que es más ventajoso y más eficiente de esta manera.

Esta forma de manejo proporciona las siguientes y muy importantes ventajas:

- a) profundidad uniforme de enterrado, pues no hay necesidad de levantar el equipo enterrador cuando se acerca a la tubería distribuidora o colectoras ya enterradas.
- b) conexión exacta (frente a frente) entre el lateral y la tubería distribuidora y colectoras.
- c) se evita un trabajo innecesario, pues no hay necesidad de rellenar las zanjas para el paso del tractor y el equipo enterrador, y su posterior apertura para conectar los laterales a la tubería, en caso de que si se hubiese hecho al revés.

La apertura de las zanjas en donde se instalarán las tuberías se realiza en forma normal, y cuando se llega a la profundidad de una línea se corta manualmente. La profundidad de la tubería distribuidora y recolectora debe ser a 20 cm. como mínimo por debajo del lateral y a una profundidad que no moleste en las labores agrícolas profundas.

La apertura de los orificios en las tuberías se realiza cuando los tubos ya están depositados en las zanjas, y debe ser con los instrumentos específicos. En tubos de PVC los orificios deben ser de 16 o 16.5 mm. de diámetro; en tubos de polietileno, si se usa el conector inicial para polietileno de Netafim, se recomienda orificios de 12 mm. para tubos de clase 4 atm. y de 12.5 mm. para tubos de clase 6 atm., para lo que se recomienda usar la herramienta con posibilidad de graduación del tamaño de los orificios.

La conexión entre la tubería distribuidora/colectoras y el lateral se debe realizar con una manguera ciega de clase 2.5 atm. de un largo de alrededor 0.50 mts. con el objetivo de evitar alguna doblez en el mismo. Es conveniente en esta etapa de la instalación realizar un lavado de la tubería distribuidora antes de conectar la misma a los laterales.

Una vez conectado el lateral a la tubería distribuidora y antes de la conexión a la tubería colectoras se procede a la verificación de salida de agua por todos los laterales y al lavado de los mismos. Esta prueba es sólo con el objetivo de corroborar que el agua llega al final de los laterales, y no con el objetivo de probar el sistema con las presiones necesarias de trabajo normal. Una vez realizada esta operación se procede a la conexión entre los laterales y la tubería colectoras.

En esta etapa, si las tuberías distribuidoras y colectoras utilizadas son de PVC se recomienda cubrirlas con una capa de mínimo 20 cms. de arena seguido de un relleno parcial de las zanjas.

El uso de la capa de arena sobre las tuberías de PVC es por las siguientes razones:

- a) evitar puntos de presión por contacto directo entre piedras y tubo PVC, que luego son puntos de posibles fugas.
- b) proteger los conectores iniciales en el momento de rellenado de las zanjas.
- c) en caso de una apertura posterior de las zanjas, la capa de arena encima de la tubería advierte sobre la proximidad a la misma.

El rellenado parcial de las zanjas es con el objetivo de evitar el levantamiento y desconexión de las tuberías de PVC.

4. Puesta en marcha del sistema

Una vez que todos los laterales ya están conectados a la tubería distribuidora y a la colectora se procede al lavado de todo el sistema.

Ya realizado el lavado del mismo se procede a la primera apertura del riego bajo condiciones de trabajo. En este punto, si se utilizan válvulas hidráulicas con pilotos reguladores de presión, conviene empezar con presiones bajas y lentamente ir aumentando las presiones hasta llegar a la presión de trabajo programado para el sistema.

Se recomienda la verificación y la anotación de las presiones de trabajo en cada válvula y en varios puntos de la tubería distribuidora y colectora, esta práctica servirá para comprobar en el transcurso del tiempo (meses y años) los cambios que puedan haber en los caudales por motivos de taponamientos o de fugas en los laterales. Tras realizar todas estas labores se procede al llenado total de las zanjas.

5. Mantenimiento

Un mantenimiento periódico contribuye a prolongar la vida del sistema y limitar los inconvenientes. Las operaciones deben realizarse de conformidad con un programa regular y registrarse para una futura referencia.

El programa de mantenimiento se podría dividir en dos categorías:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

Por supuesto que un programa de mantenimiento preventivo es el más efectivo y la solución más práctica para mantener el sistema en buenas condiciones de trabajo.

Calidad del agua

Generalmente toda fuente de aprovisionamiento de agua para riego cuenta con agentes contaminantes; todos los constituyentes que contribuyen a taponar los goteros son frecuentemente encontrados en dichas aguas. Estos incluyen materiales sólidos en suspensión, compuestos orgánicos biológicos, químicos disueltos, bacterias y restos plásticos. Estos materiales causantes de taponamientos pueden ser clasificados en: factores físicos, químicos y biológicos.

Principales constituyentes físicos, químicos y biológicos causantes de taponamientos en sistemas de riego por goteo

Físicos (Sólidos en suspensión)	Químicos (Compuestos precipitados)	Biológicos
Partículas inorgánicas: arena - limo - arcilla plásticos	Carbonato de Calcio	Filamentos
	Carbonato de Magnesio	Ramas
	Sulfato de Calcio	Hierro
Partículas orgánicas: plantas acuáticas (algas) animales acuáticos: (zooplancton) bacterias	Metales pesados	Sulfuros
	Hidróxidos - Silicatos	Descomposición
	Fertilizantes: fosfatos, gas amoniacal, hierro, cobre, manganeso, zinc.	microbiológica
Sulfuros		

En lo referente a calidad del agua de riego, es esencial contar con análisis del agua a utilizarse, pues los resultados de estos influyen en la elección del tipo de filtros o de algún equipo para un tratamiento especial.

La calidad del agua cambia durante el ciclo de cultivo, especialmente si son fuentes abiertas, por lo que deben realizarse estos análisis periódicamente para que las peores condiciones fuesen detectadas a tiempo.

El análisis de agua para propósitos de ingeniería de riego (no agronómicos) debe incluir la siguiente información:

- | | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. pH | 5. Total de sólidos solubles |
| 2. Nutrientes | 6. Total de sólidos en suspensión:
orgánicos e inorgánicos |
| 3. Total de hierro | |
| 4. Hierro en solución | |

Contaminantes físicos incluyen materia orgánica, como algas, bacterias, hojas, invertebrados, pequeños vertebrados, etc. y materia inorgánica como limos y arenas. Contaminantes químicos son solubles y causan problemas cuando precipitan como partículas sólidas o cuando estimulan crecimiento orgánico, por ejemplo: hierro.

Programa de mantenimiento

Un programa de mantenimiento constante de todo el sistema de riego permitirá grandes posibilidades de evitar posibles inconvenientes y/o descubrirlos tempranamente antes de que causen serios problemas.

Se recomienda controlar:

1. *Medidor/es de agua*: lecturas periódicas de los medidores revelan problemas en el sistema y suministran una comprobación del total de riego. Lecturas por encima de lo diseñado indican fugas en las tuberías, presiones demasiado altas después de las válvulas hidráulicas, operaciones de riego más grandes de lo diseñado. Lecturas por debajo de lo diseñado indican goteros con problemas de taponamientos, filtros tapados, problemas de bombeo, presiones bajas después de las válvulas, entrada de aire en el sistema, válvulas hidráulicas mal reguladas, operaciones de riego más pequeñas de lo diseñado.
2. *Equipo de filtrado*: inspecciones periódicas del lavado automático o manual; inspección de los elementos de filtrado (discos, arena y mallas) para determinar el grado de filtración y limpieza; servicios de acuerdo a las recomendaciones del fabricante; verificar presiones en la entrada y salida de los filtros, el registro de las diferencias de presión a través de la unidad contribuye a detectar cualquier disminución gradual en el caudal de los filtros.
3. *Control de presiones*: los controles periódicos de las presiones en el sistema ayudan a descubrir problemas en las parcelas. Es necesario comprobar con regularidad los caudales y presiones para cada sección.
4. *Sistema inyector de fertilizantes*: toda solución de fertilizante para su inyección en el sistema de riego por goteo debe ser preparado según las relaciones de

cantidad de fertilizante, volumen y temperatura del agua como disolvente, se debe revisar periódicamente la calibración de los inyectores; registrar el descenso de los niveles del tanque para comprobar la correcta operación de los mismos; abrir y revisar regularmente los tanques para detectar precipitados y señales de contaminación; lavar los tanques periódicamente con agua limpia.

5. *Lavados del sistema:* el diseño hidráulico debe estar planificado para realizar el lavado de los laterales, para lo cual, la velocidad del agua al final de las líneas debe ser no menor a 0.4 metros por segundo.

Los lavados pueden ser automáticos o manuales, pero siempre deben terminar sólo cuando empieza a fluir agua limpia por los finales. El sistema debe ser lavado por bloques para asegurar así un lavado con suficiente presión y caudal al final de los laterales.

La periodicidad del lavado de los laterales dependerá de la calidad del agua. En un nuevo sistema de riego, conviene realizar los primeros lavados cada 3 a 4 semanas, y según la apariencia del agua de lavado y el tiempo de lavado hasta que empieza a fluir agua limpia, se decidirá si es necesario modificar la frecuencia del mismo.

Por lo menos, una vez al año, o algunas veces dos o tres veces al año, de acuerdo con el tipo de agua que se utilice, el sistema completo debe ser lavado. Las tuberías conductoras y las tuberías distribuidoras deben ser lavadas con altas presiones y altos caudales para limpiar todo sedimento de las paredes de las mismas. En caso de alguna fuga o rotura en las tuberías conductoras, el sistema debe ser lavado después de la reparación y antes de la introducción del agua de riego a los laterales.

Al final de la temporada de riego se recomienda realizar un buen lavado de las tuberías distribuidoras, colectoras y laterales.

Tratamientos químicos

La presencia de materia orgánica e inorgánica es la razón principal de los tratamientos químicos. Todo tratamiento químico llevado a cabo en forma de tratamiento preventivo es preferible, ya sea por su costo económico más bajo, su facilidad de aplicación y sus posibilidades de éxito.

Cloración

En casos de presencia de algas, alguna otra materia orgánica, o alta concentración de hierro, el sistema debe ser tratado con cloro.

El cloro activo es un fuerte oxidante que:

1. Impide la acumulación de tapiz bacterial en las tuberías y laterales.
2. Destruye y descompone las bacterias quimioautotróficas (azufre y hierro).
3. Limpia el sistema de sedimentos orgánicos y de film bacteriano.
4. Mejora la eficiencia del filtrado inicial cuando se utiliza agua con alto contenido de materia orgánica.

Los productos como fuente de cloro activo son: el hipoclorito de sodio y el cloro gaseoso .

La concentración del cloro residual se reduce proporcionalmente al tiempo y a la distancia del punto de inyección, consecuentemente, la menor concentración se hallará en el punto más alejado del punto de inyección.

La concentración requerida de cloro activo dependerá del objetivo de la cloración.

Objetivo de la cloración	Método de aplicación	Concentración requerida (ppm)	
		Comienzo del sistema	Final del sistema
Prevenir sedimentación	-Continuo	3.0 - 5.0	5.0
	-Intermitente	- 8.0	> 3.0
Limpiar el sistema	-Continuo	5.0 - 10.0	> 3.0
	-Intermitente	15.0	> 5.0

Puntos de inyección: cuando el tratamiento de cloración se realiza en la estación de bombeo y el objetivo es la eliminación del hierro disuelto en el agua, el punto de inyección debe ser inmediatamente después de la bomba para lograr el máximo tiempo de contacto entre el hierro y el cloro inyectado antes del filtro. Cuando el tratamiento es por causa de la presencia de materia orgánica en el agua, en la mayoría de los casos el punto de inyección también será antes de los filtros, y en especial cuando se trata de filtros de grava o arena.

Cálculo y medición: la descarga requerida de las soluciones de cloro inyectadas, se calcula de la siguiente manera:

$$q = \frac{C1 \times Q}{Co \times 10}$$

en donde: q = caudal de la solución inyectada de cloro en litros/hora
 Co = porcentaje de cloro activo en la solución inyectada en %
 C1 = concentración deseada de cloro activo en el agua de riego en partes por millón (ppm)
 Q = caudal del sistema en tratamiento, en m3 por hora

Ejemplo: Caudal del sistema: Q = 125 m3/h
 Porcentaje del cloro activo en la solución: Co = 10 %
 Concentración deseada: C1 = 8 ppm

$$q = \frac{8 \times 125}{10 \times 10} = 10 \text{ lts / h}$$

El caudal inyectado debe ser de 10 litros / hora.

El peso específico de la solución es insignificante y por eso no se incluye en el cálculo. Esta forma de calcular es adecuado para toda solución de cloro.

En caso de usar cloro gaseoso, el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$q = C1 \times Q$$

Caudal del sistema : Q = 100 m3 / h

Concentración deseada de cloro activo en el riego: C1 = 5 ppm

q = cantidad necesaria de cloro gaseoso por hora de riego.

$$q = 5 \times 100 = 500 \text{ gramos / hora}$$

Es importante verificar la concentración de cloro en el sistema, tanto en el punto de inyección como al final durante el tratamiento y no confiarse exclusivamente en los cálculos. En la mayoría de los tipos diferentes de agua de riego, el cloro medido es el "cloro libre", y en casos de aguas residuales o aguas servidas el cloro medido es el "cloro total". Para cada uno de estos dos tipos de cloro medidos existen sus respectivos reactivos.

Al final del tratamiento, es necesario continuar con el riego por lo menos durante media a una hora para lograr un lavado completo del sistema.

Tratamientos con ácidos

El objetivo de los tratamientos con ácidos es el de disolver precipitaciones y costras acumuladas en el sistema. El tratamiento con ácidos no es la solución para casos de sedimentos orgánicos. Precipitaciones de calcio, magnesio u otra materia inorgánica son removidas por ácidos inyectados en el agua de riego. Aparte de arena y limo, los causantes más comunes de los taponamientos son las precipitaciones de carbonato cálcico (CaCO_3), componentes de fosfatos e hidróxidos.

Los sistemas de riego por goteo deben ser inspeccionados por lo menos una vez al año abriendo el final de las líneas regantes para verificar la presencia de precipitados en los goteros. Presencia de algas y babazas son usualmente de color negro y apariencia aceitosa; precipitaciones de limo son de color blanco; y precipitaciones de apariencia a óxidos o de color ocre indican presencia de hierro.

Los ácidos son muy corrosivos para el acero, el cemento y el aluminio, en tanto que las tuberías de PVC y polietileno soportan muy bien a los mismos.

Tipos de ácidos.

Los ácidos de uso industrial como el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y el fosfórico son adecuados para este fin. La concentración recomendada del ácido en el agua de riego tratada depende del tipo de ácido y de su concentración.

Tipo de ácido	Concentración normal del ácido	Concentración recomendada del ácido en el agua tratada
Ácido clorhídrico (HCl)	33 - 35 %	0.6 %
Ácido nítrico (HNO ₃)	60 %	0.6 %
Ácido fosfórico (H ₃ PO ₄)	85 %	0.6 %

Si se usa un ácido con concentración diferente a la tabla, deberá corregirse la concentración recomendada en el agua de riego. Por ejemplo: si se usa ácido sulfúrico a una concentración de 98 %, la corrección se hará según:

- C1 = Concentración normal del ácido (como en la tabla)
- C2 = Concentración nueva del ácido
- Cr = Conc. recomendada del ácido normal (tabla) en el agua
- Cd = Concentración deseada del ácido nuevo en el agua
- $Cd = (C1 \times Cr) / C2$

o sea: $Cd = (70 \times 0.6) / 98 = 0.43 \%$

Procedimiento

Los pasos a seguir para un tratamiento con ácido son los siguientes:

1. Comprobar que todos los componentes del equipo se encuentran en condiciones óptimas de trabajo, bombas de agua, bomba inyectora de fertilizantes tolerante a ácidos, filtros, válvulas, tuberías principales, distribuidoras y colectoras.
2. Realizar un lavado de todo el sistema con agua normal para eliminar suciedades y sedimentos que no necesitan del tratamiento para ser expulsados del sistema. Se recomienda dividir el área regada a ser tratada en pequeñas áreas.
3. La inyección del ácido debe comenzar cuando el sistema se encuentra con las presiones estabilizadas.
4. El tiempo recomendado de inyección debe ser de 10 a 12 minutos.
5. Una vez terminada la inyección, se debe continuar regando durante media a una hora.

Válvulas ventosa

En equipos de riego por goteo enterrado puede crearse situaciones en que se creen presiones negativas en el lateral cuando se termina un riego y se cierran las válvulas de agua.

Si no se permite la entrada de aire al sistema, se puede crear un efecto de vacío en los laterales, en que partículas de suelo pueden ser succionadas hacia el interior de los goteros a través del orificio de salida.

Para evitar estos problemas de vacío, el sistema no solo debe contar con las suficientes cantidades de válvulas ventosa, sino que al comienzo de la temporada de riego y varias veces durante el mismo se debe verificar el buen funcionamiento de estas válvulas.

6. Resumen

Un buen programa de mantenimiento es esencial en todo equipo de riego para mantener el sistema en buenas condiciones de trabajo, eficiencia y libre de taponamientos, lo que tendrá por resultados un mejor manejo del cultivo.

La manera más económica de mantener un sistema en buenas condiciones de trabajo es previniendo los problemas a través de un buen programa de mantenimiento preventivo.
