

INSTALACION DE RIEGO POR GOTEO



JOSE LUIS FUENTES YAGÜE

Ingeniero Agrónomo
IRYDA. Corazón de María, 8
28002 Madrid



INSTALACION DE RIEGO POR GOTEO

Componentes de la instalación

Los componentes fundamentales de una instalación de riego por goteo son los siguientes:

- Cabezal de riego.
- Red de distribución.
- Emisores o goteros.
- Dispositivos de control.

El cabezal de riego comprende un conjunto de aparatos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes. Existe una gran variedad de cabezales, aunque los elementos básicos (equipo de tratamiento del agua, filtros, equipo de fertilización) son comunes a todos ellos y varían según la calidad del agua, grado de automatismo y características de los materiales.

Del cabezal depende en gran parte el éxito o fracaso del riego, por lo que debe prestarse una gran importancia a su instalación, ya que desde él se regula el suministro de agua y un gran número de prácticas agrícolas, tales como la fertilización y la aplicación de pesticidas.

La red de distribución conduce el agua desde el cabezal hasta las



plantas. Del cabezal parte una red de tuberías que se llaman primarias, secundarias, etc., según su orden. Las tuberías de último orden, en donde se colocan los goteros, se llaman *laterales o portagoteros* (fig. 1).

Se suele colocar un regulador de presión al principio de cada tubería (de segundo o tercer orden) de donde parten los laterales o portagoteros. La superficie de riego dominada por un regulador de presión se denomina *subunidad de riego*. Al conjunto de subunidades de riego que se riegan desde un mismo punto se denomina *unidad de riego*, en cuyo punto se suele instalar un aparato para controlar la cantidad de agua.

Los goteros son los elementos encargados de aplicar el agua a las plantas. En ellos se produce una pérdida de carga del agua hasta provocar un determinado caudal de goteo. Los caudales más utilizados son de dos y cuatro litros por hora; los primeros, para cultivos hortícolas, y los segundos, para árboles.

Los dispositivos de control son los elementos que permiten regular el funcionamiento de la instalación. Estos elementos son: contadores, manómetros, reguladores de presión o de caudal, etc.

Obstrucciones

Uno de los mayores problemas del riego por goteo es la obstrucción de los goteros y otros componentes de la instalación, causadas por partículas de distinta naturaleza:

- Partículas orgánicas: restos vegetales y animales, algas, bacterias.
- Partículas minerales: arena, limo, arcilla.
- Precipitados químicos.

El mayor o menor riesgo de obstrucción se debe, sobre todo, a las características del agua: sales disueltas, pH, temperatura, etc. Algunas de estas características son variables, como es el caso de la temperatura: con temperatura baja aumenta la precipitación de elementos solubles, debido a su menor solubilidad; en cambio, disminuye la proliferación de bacterias. La fertirrigación es un riesgo de obstrucción, puesto que modifica algunas cualidades del agua de riego.

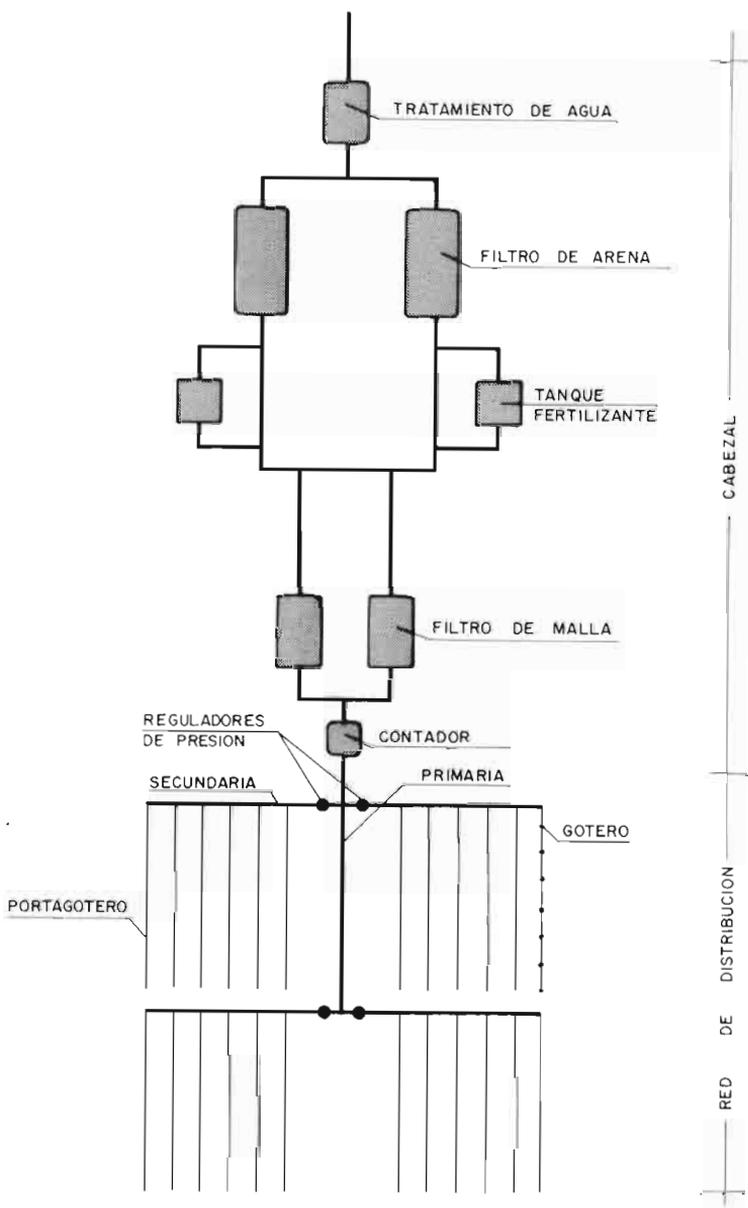


Fig. 1.-Esquema de una instalación de riego por goteo (la red de distribución comprende 4 subunidades de riego).



La prevención de obstrucciones debe empezar antes de entrar en servicio la instalación, efectuando un lavado de la misma con agua a presión, con el fin de facilitar la salida de partículas de plástico y de tierra que hubieran podido quedar dentro de las conducciones durante el montaje. Se deben colocar purgadores en los extremos de las tuberías principales, secundarias y portagotos.

Las instalaciones de cultivos arbóreos se deben lavar cada seis meses, y las de cultivos herbáceos, al comienzo, en medio y al final de cada época de riego. El lavado comienza por las tuberías primarias, siguiendo sucesivamente por las de menor orden hasta terminar en las tuberías portagotos.

Para combatir las obstrucciones se utilizan dos tipos de procedimientos: filtrado y tratamientos químicos del agua.

Prefiltrado

Cuando el agua contiene en suspensión una gran proporción de partículas inorgánicas (arena, limo, arcilla) hay que eliminar una buena parte de ellas antes de la entrada del agua en el cabezal de riego. Esta separación de partículas o prefiltrado se hace de dos formas:

Depósito de decantación

Se instala cuando las partículas de limo y arcilla sobrepasan las 200 partes por millón (ppm), para evitar la limpieza reiterativa de los equipos de filtración. Es un depósito construido de obra, en donde se provoca la decantación de las partículas más pesadas que el agua. La profundidad suele variar de 0,80 a 1,5 metros y su longitud suele ser cinco veces mayor que su anchura. La velocidad del agua debe ser pequeña.

En la entrada del decantador se colocan unos deflectores que distribuyen el agua por toda su anchura, con lo que se evita la formación de turbulencias. La salida del agua del decantador se efectúa a una altura media, de tal forma que impida el paso de cuerpos flotantes y partículas sedimentadas.

Hidrociclón

El hidrociclón es un dispositivo, desprovisto de elementos móviles, que permite la separación de las partículas sólidas en suspensión cuyo tamaño sea superior a 75 micras y cuya densidad sea superior a la del agua. Consiste en un recipiente de forma de cono invertido en donde el agua entra tangencialmente por la parte superior, lo que provoca un movimiento rotacional descendente en la periferia del recipiente. Las partículas sólidas en suspensión se proyectan contra las paredes y descienden hacia un depósito de sedimentos colocado en la parte inferior. El agua libre de sedimentos es impulsada en movimiento rotacional ascendente y sale por un tubo situado en la parte superior (fig. 2).

En el hidrociclón se producen unas importantes pérdidas de carga (de 3 a 8 m.c.a.), que dependen del caudal. Debido a su forma de funcionamiento, estas pérdidas de carga son independientes de la mayor o menor acumulación de sedimentos.

Filtrado

El filtrado del agua consiste en retener las partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de arena) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla y filtro de anillas).

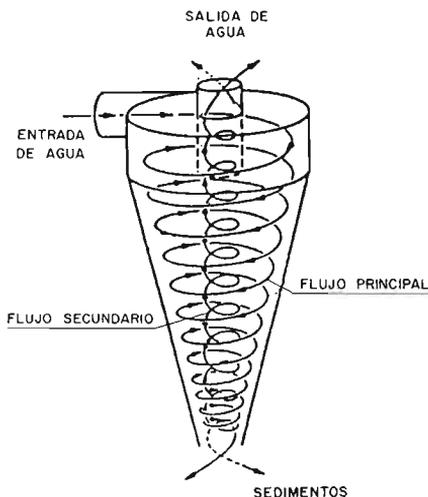


Fig. 2.—Esquema de un hidrociclón.



Filtro de arena

El filtro de arena se utiliza para retener restos orgánicos, algas y pequeñas partículas minerales. Consiste en un depósito metálico o de poliéster, de forma cilíndrica, en cuyo interior pasa el agua a través de una capa de arena silíceo. No sirve la arena de machaqueo. El agua entra por la parte superior del depósito y se recoge en la parte inferior a través de unos colectores que desembocan en la tubería de salida. El depósito lleva una boca de carga de arena en la parte superior y otra de descarga en la parte inferior (fig. 3).

La eficacia del filtrado depende del tamaño de la arena, que a su vez determina el tamaño de los poros entre las partículas. Se utilizan tres tamaños o granulometrías de arena: arena fina, con tamaño comprendido entre 0,4 y 0,8 mm; arena media, cuyo tamaño está comprendido entre 0,8 y 1,5 mm; y arena gruesa, con tamaño comprendido entre 1,5 y 3 mm.

Como norma general se debe utilizar una arena uniforme con un tamaño igual al diámetro de paso de agua en el gotero. El espesor de la capa de arena será, como mínimo, de 45 cm.

Para calcular el diámetro de un filtro hay que tener en cuenta que el flujo de agua debe ser, como máximo, de 800 litros por minuto y por m² de superficie filtrante.

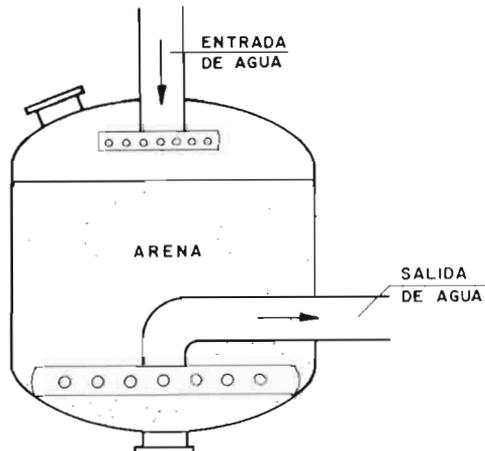


Fig. 3.—Esquema de un filtro de arena.

Ejemplo

Calcular el diámetro de un filtro de arena para un caudal de 950 litros/minuto.

Solución:

$$\left. \begin{array}{l} 800 \text{ litros/minuto en } 1 \text{ m}^2 \text{ superficie filtrante} \\ 950 \quad \gg \quad S \quad \gg \end{array} \right\}$$
$$S = \frac{950}{800} = 1,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,18}{3,1416}} = 1,22 \text{ m}$$

Se instala un filtro de 1,30 m de diámetro. Si se instalasen dos filtros, cada uno de ellos debería tener una superficie filtrante de $1,18 : 2 = 0,59 \text{ m}^2$.

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,59}{3,1416}} = 0,86 \text{ m}$$

Se instalan dos filtros de 0,90 m de diámetro.

Cuando el filtro entra en uso se van contaminando sucesivamente las capas de arena desde arriba hacia abajo. En el momento en que toda la capa de arena está contaminada se produce una diferencia de presión importante entre las partes superior e inferior del filtro, pudiendo ocurrir que se originen conductos a través de la capa de arena (canales preferentes) por donde el agua pasa sin filtrar. Antes de llegar a esta situación hay que limpiar el filtro.

En filtros limpios la pérdida de carga no debe sobrepasar 3 m.c.a., aumentando progresivamente conforme el filtro se va contaminando. Se debe efectuar la limpieza del filtro cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro sea de 2 m.c.a. con respecto a las condiciones de limpieza total. Conviene utilizar el



mismo manómetro para ambas tomas, con el fin de que su descalibrado no afecte a las lecturas.

Para limpiar el filtro de arena se invierte el sentido de la circulación del agua, para lo cual se prevén de antemano las correspondientes derivaciones en las tuberías de entrada y de salida. Para garantizar una mejor limpieza conviene instalar dos filtros, de tal forma que el agua filtrada de uno de ellos sirva para hacer la limpieza de otro.

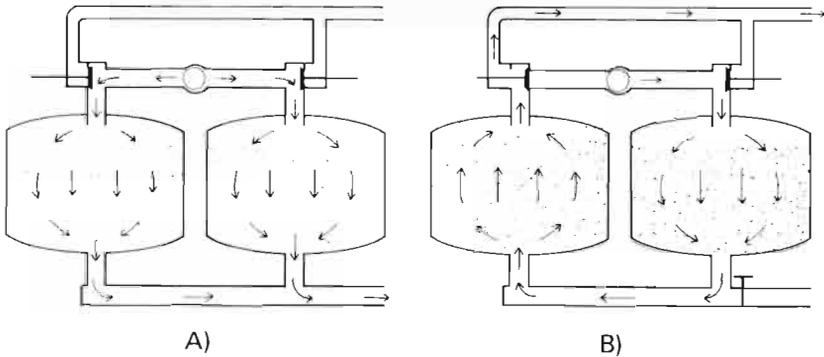


Fig. 4.-A) Funcionamiento de un filtro de arena en fase de filtración. B) Funcionamiento en fase de lavado.

Se puede automatizar la limpieza mediante un sistema que se acciona cuando la diferencia de presión en la conducción, antes y después del filtro, alcance el valor prefijado.

La operación de lavado se hace durante cinco minutos, por lo menos, con el fin de remover bien la arena y eliminar los posibles canales preferentes que se hayan podido formar en su interior. Se puede sospechar de la existencia de dichos canales cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro es inferior a 2 – 3 m.c.a. y, sin embargo, los filtros de malla (que se colocan aguas abajo) se ensucian reiteradamente.

Los filtros de arena se colocan en el cabezal, antes de los contadores y válvulas volumétricas, ya que estos aparatos requieren agua limpia para su correcto funcionamiento.

Filtro de malla

El filtro de malla retiene las impurezas en la superficie de unas mallas metálicas o de material plástico (nilón, poliéster). Se colmatan con rapidez, por cuya razón se utilizan para retener partículas inorgánicas de aguas que no estén muy sucias. Si el agua contiene algas hay que instalar antes un filtro de arena para retenerlas, pues colmatarían rápidamente las mallas.

Un modelo de filtro de mallas y su funcionamiento se representa en la figura 5.

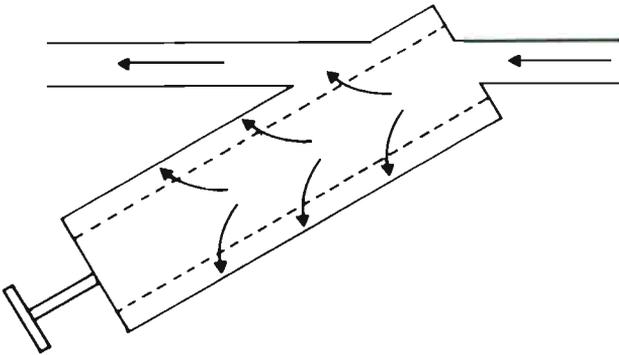


Fig. 5.—Filtro de malla. El agua proveniente de la tubería penetra en el interior del cartucho de malla y se filtra a través de sus paredes, pasando a la periferia del filtro y posteriormente a la conducción de salida. Las partículas filtradas quedan en la cara interior del cartucho de malla.

El tamaño de los orificios de la malla se mide por el *número de mesh* o *número de malla*, que es la densidad de mallas por pulgada lineal.

El grosor de los hilos de la malla es distinto, según sean de acero o de plástico (son más finos los de acero que los de plástico), por cuyo motivo los orificios de malla de acero son mayores que los de malla de plástico. En la tabla siguiente se indica la relación entre el número de mesh y el tamaño de los orificios de la malla de acero inoxidable.

Se admite que el tamaño de los orificios de la malla debe ser $1/7$ del tamaño del orificio del gotero. No es recomendable utilizar mallas con tamaño inferior a 200 mesh, porque se obstruyen continuamente.



RELACION ENTRE N.º DE MESH Y TAMAÑO DE LOS ORIFICIOS EN MALLA DE ACERO INOXIDABLE

N.º mesh	Tamaño orificio micras
20	850
60	250
80	180
100	150
120	130
150	106
170	90
200	75
250	63

En mallas de plástico cada fabricante debe suministrar la información correspondiente a su producto.

Para la elección del filtro hay que tener en cuenta que el flujo de agua debe ser del orden de 24-36 m³ por minuto y por m² de superfi-



Fig. 6.-Filtro de malla desmontado.

cie filtrante. Esta superficie filtrante (área efectiva) es un porcentaje de la superficie total del filtro, cuyo dato debe ser suministrado por el fabricante.

Ejemplo

Calcular el tipo de malla y la superficie filtrante de un filtro de malla de acero para un caudal de 950 litros/minuto y un diámetro mínimo del gotero de 0,9 mm. Se sabe que el área efectiva es 0,3 del área total.

Solución:

$$\text{Orificio de malla} = \frac{0,9}{7} = 0,128 \text{ mm} = 128 \text{ micras}$$

N.º de mesh (según tabla): 120

$$\left. \begin{array}{l} 24 \text{ m}^3/\text{minuto en } 1 \text{ m}^2 \text{ área efectiva} \\ 0,95 \quad \gg \quad \text{en } S \quad \gg \end{array} \right\}$$

$$S = \frac{0,95}{24} = 0,039 \text{ m}^2$$

$$\text{Area total} = \frac{S}{0,3} = \frac{0,039}{0,3} = 0,12 \text{ m}^2$$

A medida que la malla se va colmatando de impurezas aumenta la pérdida de carga. En un filtro limpio, la pérdida de carga es de 1 a 2 m.c.a., dato que deben dar los fabricantes. La limpieza del filtro debe realizarse cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro sea superior a 2 m.c.a. con respecto a las condiciones de limpieza total.

La limpieza manual de los filtros se realiza sacando el cartucho y lavándolo con un cepillo y agua a presión. Al final de la temporada se realiza una limpieza más esmerada, para lo cual se sumerge el cartucho durante unos minutos en una disolución de ácido nítrico, lavándolo posteriormente con agua a presión. También se puede hacer esta limpieza sumergiendo el cartucho durante doce horas en un baño de vinagre, lavándolo posteriormente con agua a presión y cepillo.



La operación de limpieza se puede automatizar mediante mecanismos adecuados que provocan la inversión del flujo cuando se alcanza una diferencia de presión prefijada entre la entrada y la salida del filtro.

Los filtros de malla se instalan en los cabezales de riego o en algún punto de la red de tubería. Cuando se instala filtro de arena, el filtro de malla se coloca aguas abajo de aquél, para que la arena que pudiera arrastrar el agua procedente del filtro de arena quede retenida en el filtro de malla.

El fertilizante se inyecta entre el filtro de arena y el de malla. De esta forma no se favorece la formación de algas en el filtro de arena, y el de malla retiene las impurezas de los fertilizantes y los precipitados que se puedan formar. Cuando los fertilizantes se inyectan en la red de tuberías, el filtro de malla se coloca aguas abajo de la inyección.

Tratamientos del agua

Los tratamientos del agua tienen por misión combatir las obstrucciones causadas por algas, bacterias o precipitaciones químicas.

Algas en depósitos de agua

En muchas ocasiones el agua de riego se almacena en depósitos o embalses al aire libre, en donde se crea un medio favorable para el desarrollo de algas, cuyo problema más importante es que obstruyen con mucha frecuencia los filtros de arena, lo que obliga a lavados frecuentes.

En los depósitos cubiertos se priva a las algas de la luz que necesitan para vivir, pero esta solución es cara y, a veces, inviable, por la gran superficie a cubrir.

El tratamiento más efectivo es la aplicación de sulfato de cobre a la dosis de 2 gramos por cada m³ de agua a tratar. También se pueden utilizar productos clorados o alguicidas en dosis no tóxicas para los cultivos.

A falta de otro tratamiento será conveniente vaciar la balsa, limpiarla y pintar las paredes con pintura alguicida. También da buenos resultados incorporar a la balsa carpas o tencas, en cuyo caso habría que reducir la dosis de sulfato de cobre, en el supuesto de que se completase la acción de los peces con un tratamiento químico.



Fig. 7.-Balsa revestida de plástico para almacenar agua.

Microorganismos en el interior de la instalación

La causa más frecuente de obstrucciones es la proliferación de algas microscópicas y bacterias en el interior de la instalación. La mayor o menor proliferación de estos microorganismos es debida a factores tales como la calidad del agua, su temperatura, la transparencia de los materiales, etc.

En el interior de las tuberías más o menos transparentes a la luz se desarrollan unas algas filamentosas que pueden provocar obstrucciones. Para evitar este inconveniente, las tuberías deben estar enterradas o ser de colores oscuros.

Los residuos de algas muertas que atraviesan los filtros, junto con el hierro y el azufre disueltos en el agua, son un buen alimento para ciertas bacterias ferrosas y sulfurosas que oxidan las formas solubles de hierro y azufre transformándolas en insolubles, que precipitan. Estos precipitados se unen a los cuerpos de las bacterias formando un mucílago o una masa gelatinosa que se adhiere a las conducciones y los goteros.

El agua de riego es problemática a partir de unas concentraciones de 0,1 ppm de hierro y de 0,1 ppm de sulfuros totales.



El tratamiento preventivo más frecuente contra las bacterias es la cloración, incorporando a la red hipoclorito sódico o cloro gaseoso. El hipoclorito es de fácil manejo, pero requiere dosificaciones altas (200 cm³ de hipoclorito sódico del 10 por 100 por cada m³ de agua), por lo que resulta caro. Es más barato el cloro gaseoso, sobre todo en grandes instalaciones, pero es muy peligroso y requiere personal especializado para su aplicación. Para que se produzca la muerte de los microorganismo se requiere un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos; se suele aplicar durante los últimos 30 minutos de riego, y de esta forma el agua tratada queda en las tuberías hasta el próximo riego.

La concentración recomendada de cloro libre en el agua será de 10-20 ppm en tratamientos periódicos y de 1-2 ppm en tratamiento continuo. Si la concentración de hierro es superior a 0,1 ppm la cloración debe hacerse de forma continua.

La inyección de cloro o productos clorados se realiza antes del sistema de filtración, para evitar el crecimiento de algas y bacterias en los filtros. Por otra parte, los productos insolubles que se hayan podido formar por la acción oxidante del cloro pueden ser retenidos por los filtros.

Cuando ya se han formado los mucílago (mezcla de microorganismos y precipitados) que obstruyen los goteros total o parcialmente, la acción del cloro como biocida es poco eficaz, por lo que se requiere una concentración de cloro libre de, aproximadamente, 1.000 ppm, mantenida durante 24 horas. A continuación se hace un lavado de la instalación.

No es recomendable el tratamiento con concentración inferior a 1.000 ppm, ya que las partículas y costras desprendidas de las paredes y no destruidas por completo (cosa que sucede cuando la concentración es inferior a 1.000 ppm) ocasionan el taponamiento de los goteros.

Precipitados químicos

Los precipitados químicos se producen cuando se modifican las cualidades del agua (temperatura, pH, aumento de la concentración de ciertos elementos debidos a la incorporación de fertilizantes) y cuando se evapora el agua en los goteros después de cada riego, lo que hace aumentar la concentración de sales disueltas.

Las obstrucciones más frecuentes son las provocadas por carbonato cálcico, que se produce cuando el agua contiene calcio y lleva en disolución el ion bicarbonato; en menor medida están las obstrucciones producidas por compuesto de hierro, azufre o manganeso, que en forma reducida son solubles pero precipitan al oxidarse.

El carbonato cálcico es una sal poco soluble en medio neutro o alcalino y muy soluble en medio ácido. Por tanto, el mejor tratamiento preventivo contra estas obstrucciones es la acidificación, empleando para ello los siguientes ácidos, grado industrial: clorhídrico 12N, sulfúrico 36N, nítrico 16N y fosfórico 45N. Los dos últimos aportan elementos nutritivos.

En la tabla siguiente se indican las concentraciones de calcio que se mantienen disueltas en el agua según su grado de acidez:

pH	6	6,2	6,4	6,6	6,8	7	7,2	7,4	7,6	7,8
Ca-meq/litro	36,8	25,2	17,6	12,7	9,3	7	5,4	4,2	3,3	2,6

Así, por ejemplo, en un agua de riego de pH = 6,8 que contiene 13,6 meq/litro de calcio precipitarán $13,6 - 9,3 = 4,3$ meq/litro, que producirán obstrucciones.

Hay que tener la precaución de no mezclar los distintos ácidos y de incorporar siempre el ácido al agua y nunca el agua al ácido. La inyección del ácido se hace después del sistema de filtrado, para evitar corrosiones de los elementos metálicos.

Durante los tratamientos preventivos se debe mantener un pH = 5,5 en el agua de riego. Se suele utilizar ácido clorhídrico o ácido nítrico.

En los tratamientos de limpieza, que se efectúan cuando ya se ha producido la obstrucción caliza, se debe mantener un pH = 2 en el agua de riego durante el tiempo que dura el tratamiento.

La cantidad de ácido necesario para bajar el pH del agua de riego se calcula en el campo de la forma siguiente: se añade ácido concentrado en un volumen conocido de agua, se agita y se mide la acidez mediante papel medidor de pH hasta llegar al pH deseado; a continuación se calcula mediante una proporción la cantidad de ácido necesario para el caudal de riego.

Durante el tiempo que dura la inyección, la instalación funciona a



baja presión. Cuando se termina la inyección se para el funcionamiento de la instalación durante 12 horas y, a continuación, se limpian las tuberías haciendo funcionar la instalación a la presión máxima y abriendo los extremos de los ramales portagoteros para que salgan los restos de precipitados no disueltos. La aplicación de ácido se hace por subunidades de riego.

Una vez terminada la limpieza se comprueban las presiones en la red y el caudal del gotero. Si éstas no son las deseables se procede a una nueva inyección de ácido.

En tratamientos preventivos el ácido debe aplicarse en los momentos finales del riego, que es cuando existe mayor riesgo de precipitaciones.

Cuando la obstrucción es muy grande, estos tratamientos son ineficaces, en cuyo caso se introducen los goteros en baños de ácido. En cualquier caso, hay que calcular si resulta más barato hacer esta aplicación que sustituir los goteros por otros nuevos.

Los elementos hierro, azufre y manganeso son solubles en su forma reducida, pero precipitan al oxidarse. La oxidación del hierro y del azufre puede ser producida por bacterias o por contacto con el aire o con oxidantes. El tratamiento preventivo consiste en oxidar antes de los filtros de arena, para que las partículas de los precipitados puedan ser retenidas en estos filtros.

La aireación que se produce cuando se bombea el agua, en primer lugar a un depósito y luego a la red de riego, puede ser suficiente para eliminar una buena parte del hierro presente. El método más eficaz es la aplicación de un oxidante, tal como permanganato, en la proporción de 0,6:1 con relación a la cantidad de hierro presente.

En presencia de manganeso hay que tener precaución en la aplicación de hipoclorito, ya que la reacción es muy lenta y los precipitados se pueden formar después de pasar el filtro de arena.

En el caso de que la obstrucción ya se haya producido con compuestos de hierro, azufre o manganeso, se hace un tratamiento análogo al descrito para obstrucciones calizas.

Fertirrigación y quimigación

La fertirrigación es la incorporación de fertilizantes al agua de riego, y se suele llamar quimigación a la incorporación de otras sustancias químicas, tales como productos fitosanitarios y regulado-

res de crecimiento. En todos los casos hay que evitar la formación de precipitados, que se pueden producir al reaccionar los productos incorporados con los elementos disueltos en el agua.

Para evitar la formación de precipitados, las sustancias incorporadas deben cumplir los siguientes requisitos:

- Deben ser suficientemente solubles y muy puras, para que no se formen natas ni sedimentos.
- Hay que evitar la mezcla de sustancias que puedan reaccionar entre sí y producir precipitados.
- Compatibilidad con los elementos contenidos en el agua de riego.
- No deben corroer ni dañar el material de la instalación.

Para comprobar la compatibilidad del producto incorporado con el agua de riego se vierte una cantidad del producto en un recipiente con agua, en tal proporción que resulte una concentración ligeramente más alta a la que se ha de producir en el riego. Se agita bien y se deja en reposo durante 24 horas. No se recomienda el empleo de esa sustancia cuando se forma sedimento en el fondo o espuma en la superficie.

Las soluciones amoniacales incorporadas al agua de riego que contenga cantidades apreciables de calcio y magnesio pueden provocar la precipitación de estos elementos cuando el pH es alto. Pero, en general, los problemas de obstrucción no están asociados a los fertilizantes nitrogenados, salvo en el caso que éstos quedaran estancados en la tubería entre dos riegos consecutivos, lo que favorecería la proliferación de microorganismos. Para evitar este inconveniente se riega con agua sola al final de la fertirrigación.

Los fertilizantes fosfatados pueden reaccionar con el calcio y magnesio presentes en el agua de riego provocando la formación de precipitados insolubles. Para evitar estos inconvenientes, que se producen con un pH elevado, se acidifica la solución fertilizante añadiendo ácido sulfúrico a la propia solución o inmediatamente después de la fertirrigación. Se da por supuesto que los fertilizantes fosfatados no pueden mezclarse con otros que contengan calcio o magnesio.

La compatibilidad entre los fertilizantes más utilizados en fertirrigación viene indicada en la tabla 1.



Tabla 1
COMPATIBILIDAD DE FERTILIZANTES

C = Compatible. Se pueden mezclar
 I = Incompatible. No se pueden mezclar
 X = Se pueden mezclar en el momento de su empleo

	Nitrato amónico	Sulfato amónico	Solución nitrogenada	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Fosfato monoamónico o diamónico	Acido fosfórico	Sulfato potásico	Cloruro potásico
Nitrato amónico		C	X	X	I	X	X	X	C	C
Sulfato amónico	C		C	X	I	C	I	I	C	C
Solución nitrogenada	X	X		X	X	X	X	X	C	C
Urea	X	X	X		X	X	X	X	C	C
Nitrato cálcico	I	I	X	X		X	I	I	I	C
Nitrato potásico	C	C	C	X	C		C	C	C	C
Fosfato monoamónico o diamónico	X	I	X	X	I	C		C	C	C
Acido fosfórico	X	I	X	X	I	C	C		C	C
Sulfato potásico	C	C	C	C	I	C	C	C		C
Cloruro potásico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	

El empleo de fertilizantes acidificantes puede ser un buen método para mantener limpia la instalación. En algunos casos tan sólo es preciso utilizar ácido una vez al año para hacer una limpieza profunda de la instalación. La acidez de los fertilizantes más utilizados viene en la tabla 2.

Cuando se fertirriga hay que tener la precaución de regar sin fertilizantes al principio y al final de cada riego, pues en estas fases hay mayor riesgo de que se produzcan precipitados.

Cuando el zinc se suministra en forma de sulfato se pueden producir precipitaciones. Los quelatos no ofrecen esta dificultad, pero tienen un coste más elevado.

Las soluciones concentradas de fertilizantes o las que tienen un pH muy alto o muy bajo pueden producir corrosión en el cobre, zinc, bronce u otras partes metálicas, por lo que se recomienda que los componentes que entren en contacto con esos fertilizantes sean de plástico o de acero inoxidable.

Tabla 2
ACIDEZ DE LOS FERTILIZANTES

Fertilizante	Equivalente ácido
Nitrato amónico	62
Sulfato amónico	110
Solución nitrogenada (N-20)	36
Urea	71
Nitrato cálcico	-20
Nitrato potásico	23
Fosfato monoamónico	58
Fosfato diamónico	70
Acido fosfórico	110
Sulfato potásico	Neutro
Cloruro potásico	Neutro

El equivalente ácido es la cantidad de carbonato cálcico (expresada en kg) necesario para neutralizar 100 kg de fertilizante.

Hay que tener la precaución de no utilizar nematocidas que reaccionen con el PVC, ni emulsionantes que ataquen al polietileno.

Equipos de fertirrigación

Tanque de abonado

Consiste en un depósito cerrado herméticamente en donde se coloca el abono en forma sólida o en solución líquida. Una tubería de entrada al depósito y otra de salida lo conectan a la tubería de riego en dos puntos próximos: entre ambos se instala una válvula que tiene por misión crear una diferencia de presión para que una parte del agua de la tubería se desvíe al depósito (fig. 8).

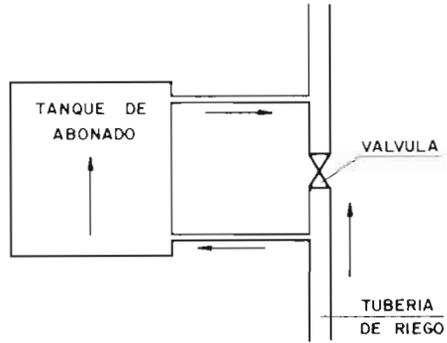
El tanque de abonado es barato, pero tiene el inconveniente de que la concentración de abono en el agua de riego no es uniforme a lo largo del riego.

Inyector venturi

La figura 9 muestra un esquema de inyector venturi, que consiste esencialmente en una tubería conectada en paralelo a la red y provista de un estrechamiento en donde se produce una depresión que



Fig. 8.-Esquema de la instalación de un tanque de abonado.



provoca la succión de la solución fertilizante. Entre los dos puntos de conexión a la red se instala una válvula, cuya misión consiste en producir una diferencia de presión para derivar una parte del agua a la red.

El depósito de fertilizante va provisto de un mecanismo de cierre para evitar que el aparato siga funcionando con el depósito vacío, lo que provocaría la inyección de aire en la red.

En este aparato la concentración de abono en el agua de riego es constante durante todo el tiempo.

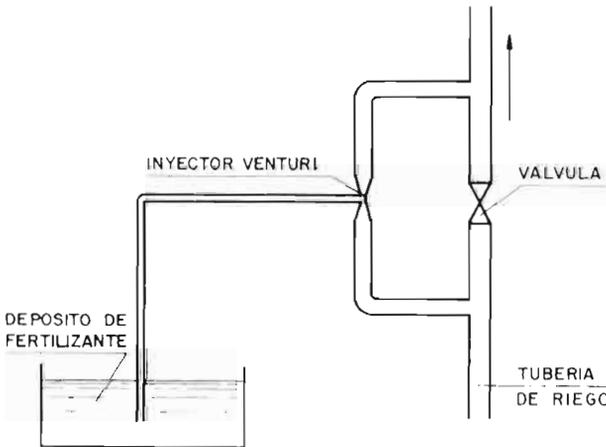


Fig. 9.-Esquema de una instalación de inyector venturi.

Dosificadores de abono

Estos aparatos toman el abono líquido de un depósito sin presión y lo inyectan con presión a la red. Pueden ser accionados por un motor eléctrico (dosificadores eléctricos) o por la presión de la propia red (dosificadores hidráulicos). Algunos modelos de dosificadores hidráulicos necesitan una presión de dos atmósferas, lo que puede ser un inconveniente en riegos de baja presión.

Los dosificadores mantienen la concentración de abono constante durante todo el tiempo de riego. Son más caros que los tanques de fertilizantes y los inyectores venturi.

Tuberías

Las tuberías utilizadas en riego por goteo son de material plástico: policloruro de vinilo (PVC) y polietileno (PE). En ellas hay que considerar los siguientes conceptos:

- *Presión nominal*. Sirve para clasificar y tipificar los tubos.
- *Presión de trabajo*. Es la máxima presión a la que puede estar sometido un tubo en servicio. Para temperaturas comprendidas entre 0 y 20° C, la presión de trabajo es igual a la presión nominal; a temperaturas superiores a 20° C la presión de trabajo es menor que la presión nominal.
- *Diámetro nominal*. En tuberías de plástico el diámetro nominal es igual al diámetro exterior.

Con frecuencia las tuberías de plástico se designan por un diámetro en pulgadas que equivale aproximadamente al diámetro interior. La correspondencia entre diámetro nominal y diámetro en pulgadas es la siguiente:

Diámetro nominal (mm)	Diámetro en pulgadas
12	1/4
16	3/8
20	1/2
25	3/4
32	1
40	1 1/4
50	1 1/2
63	2
75	2 1/2
90	3



Fig. 10.-Tubería secundaria de polietileno de donde parten los portagoteros, también de polietileno.

Las tuberías portagoteros son de polietileno flexible de baja densidad y diámetros de 12, 16 ó 20 mm. Su trazado debe ser próximo a la horizontalidad, por lo que en terrenos con pendiente se han de seguir las curvas de nivel o poner goteros autocompensantes.

En las tuberías de distribución se utiliza polietileno y PVC. La tubería de PVC debe enterrarse para evitar los efectos negativos de la radiación solar y la temperatura. Las profundidades recomendadas son las siguientes:

45 cm, para diámetros comprendidos entre 20 y 75 mm.

60 cm, para diámetros comprendidos entre 75 y 110 mm.

75 cm, para diámetros mayores de 110 mm.

La tubería se debe rodear de una capa de tierra exenta de piedras, sobre todo en los puntos singulares (codos, tes, cambios de dirección, etc.); estos puntos deben anclarse mediante bloques de hormigón cuando se producen empujes significativos.

Policloruro de vinilo (PVC)

La tubería de PVC es rígida; no puede utilizarse a la intemperie porque se descompone por la acción de los rayos solares. Está regulada por las normas UNE, que establecen presiones nominales de 4, 6, 10 y 16 atmósferas. Los tubos suelen tener una longitud de 5 ó 6 metros y su diámetro varía de 10 a 500 mm.

Los tubos y accesorios de PVC deben llevar marcado lo siguiente:

- Marca comercial.
- Sigla PVC.
- Diámetro nominal.
- Presión nominal.
- Referencia a la norma UNE (53-112).

La unión de los tubos de PVC puede hacerse de dos maneras:

- Mediante encolado. Un extremo del tubo es liso y el otro extremo presenta un abocardado. Para hacer la unión se limpia previamente con un disolvente la superficie que se ha de unir y a continuación se encola el exterior del extremo liso y el interior del extremo abocardado. Esta unión se utiliza generalmente para tuberías de hasta 50 mm de diámetro. Cuando se utiliza esta unión hay que hacer una junta elástica cada 100 metros, con el fin de absorber las dilataciones.
- Mediante un anillo de goma elástica que se aloja en una ranura de un extremo abocardado. Este tipo de unión se utiliza para tuberías con diámetro igual o superior a 63 mm y no es preciso hacer juntas de dilatación.

La tubería de PVC se dilata o se contrae unos 7 cm por cada 100 m de longitud para cada cambio de temperatura de 10°C. Durante el día se dilata al exponerse al sol, y se contrae cuando se enfría por la noche o cuando se entierra en una zanja. Esta contracción puede causar varios trastornos: movimientos en la tubería, separación de juntas, etc. Para evitar estos inconvenientes debe colocarse en la zanja y cubrirse cuando aún está fría (en las primeras horas de la mañana o en las últimas de la tarde, en días calurosos).

La tubería de PVC es más barata que la de polietileno para diámetros iguales o superiores a 50 mm.



Polietileno (PE)

La tubería de polietileno es flexible. La que se utiliza para regar es de color negro, por llevar incorporado negro de humo que impide su deterioro cuando se expone a la luz. Hay tres clases de tubería de polietileno: de baja densidad, de media densidad y de alta densidad. La más flexible es la de baja densidad, que es la que suele utilizarse en riego por goteo.

Las tuberías de polietileno están reguladas por las normas UNE, que establecen presiones nominales de 4, 6 y 10 atmósferas y diámetros nominales comprendidos entre 10 y 500 mm.

Los tubos de polietileno deben llevar marcado las siguientes indicaciones:

- Marca comercial
- Tipo de material
- Espesor nominal
- Presión nominal
- Año de fabricación
- Referencia a la norma UNE (53-131).



Fig. 11.-Unión de tubería de polietileno mediante manguito exterior de plástico.

Algunos fabricantes utilizan polietileno regenerado para la fabricación de tubería no normalizada para presiones iguales o inferiores a 2,5 atmósferas, y que venden a un precio muy inferior al de la tubería normalizada. Esta tubería no normalizada es muy irregular en su calidad, ya que depende de la materia prima utilizada. En general presenta defectos de porosidad, una gran rugosidad interior y un reparto irregular del negro de humo, por lo que es probable que se deteriore al cabo de dos o tres años. No es recomendable, en modo alguno, la utilización de tubería no normalizada, ya que para obtener las ventajas del riego por goteo hay que trabajar con materiales de buena calidad que se atengan a las normas internacionales de control.

La tubería de polietileno se sirve en rollos para diámetros pequeños y medianos, y en barras para diámetros grandes.

Para unir los tubos de polietileno hay que tener en cuenta que este material no se puede pegar ni roscar. En riego por goteo las uniones se hacen, por lo general, mediante manguitos exteriores o interiores. La fijación del tubo al manguito se logra mediante unos salientes en forma de «diente de tiburón».

La tubería de polietileno dilata o contrae mucho con la temperatura (unos 15 cm por cada 100 metros de longitud para cada cambio de temperatura de 10°C). Cuando se entierra en zanja se coloca formando ondulaciones, que absorberán la dilataciones que puedan presentarse. Otra buena medida consiste en enterrarla cuando está fría (por la mañana o por la noche en días calurosos).

La tubería de PE es más barata que cualquier otra para diámetros inferiores a 50 mm.

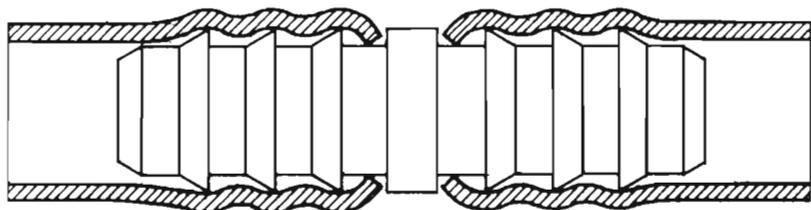


Fig. 12.—Unión de tubería de polietileno mediante manguito interior provisto de salientes en forma de diente de tiburón.



Piezas especiales

Las piezas especiales son elementos que se intercalan en la conducción para poder realizar: derivaciones, cambios de dirección, cierre o apertura del paso de agua, empalmes, variaciones de dirección, etc. Las piezas especiales de mayor utilización son las siguientes:

- *Válvula de regulación o llave de paso.* Es un dispositivo que permite estrangular o interrumpir el paso del agua.
- *Válvula de retención.* Tiene por misión evitar el cambio de dirección de la corriente. Cuando se utiliza en el riego agua procedente de conducciones urbanas es obligado instalar una válvula de retención antes del punto de inyección de los fertilizantes, con el fin de evitar el retroceso del flujo y la contaminación del agua utilizada para el consumo humano o del ganado.
Esta válvula también se utiliza para amortiguar los golpes de ariete y para evitar que se descargue la tubería de aspiración, causando el descebado de la bomba.
- *Válvula de seguridad.* Es un dispositivo que permite la salida automática de un cierto caudal, con el fin de evitar un aumento excesivo de la presión.
- *Válvula de descarga o de drenaje.* Es un dispositivo que permite desaguar las tuberías una vez que el riego ha finalizado, con la finalidad de que en el interior de las mismas no se desarrollen microorganismos ni se produzcan precipitados químicos.
- *Hidrante.* Es una válvula de regulación que permite derivar el agua de la tubería.
- *Purgadores y ventosas.* Permiten la salida del aire en aquellos puntos de la instalación donde pueda acumularse: partes elevadas de las tuberías, codos, filtros, etc. Las ventosas permiten también la entrada de aire.

Goteros

El gotero es el elemento encargado de aplicar el agua al suelo. Debe reunir las siguientes características:

-
- Proporcionar un caudal pequeño y uniforme, para lo cual se precisa un orificio pequeño, aunque suficientemente grande para prevenir las obstrucciones.
 - Ser poco sensible a las variaciones de presión.

Los caudales de los goteros suelen oscilar entre 2 y 12 litros/hora, con unas presiones de trabajo que suelen oscilar entre 10 y 20 m.c.a. Según el cultivo y el suelo se deberá elegir el gotero más conveniente. En términos generales se aconsejan goteros de 4 litros/hora en frutales y de 2 litros/hora en horticultura, trabajando a 10 m.c.a.

El régimen hidráulico del gotero tiene una serie de consecuencias prácticas sobre su funcionamiento:

- Los goteros que trabajan en régimen laminar son muy sensibles a los cambios de presión, lo que repercute en la uniformidad del riego.
- En régimen laminar el caudal del emisor viene influido por la viscosidad del agua y, en consecuencia, por su temperatura. Para una misma presión, a mayor temperatura corresponde mayor caudal. En una tubería portagoteros expuesta al sol, los últimos tramos se calientan más que los primeros, debido a que la velocidad del agua disminuye a lo largo de la tubería. Por este motivo los primeros goteros arrojan menos caudal que los últimos, salvo que haya compensaciones debidas a pérdidas de carga a lo largo de la tubería.
- En régimen turbulento la velocidad del agua es mayor, con lo cual disminuye el riesgo de obstrucción.

Ante estas desventajas del régimen laminar, los goteros han ido evolucionando de régimen laminar a régimen turbulento.

La *curva característica* de un gotero relaciona su caudal con la presión del agua. Viene definida por la ecuación:

$$q = Kh^x$$

q = Caudal del gotero, expresado en litros/hora.

K = Coeficiente característico de cada gotero.

h = Presión a la entrada del gotero, expresado en m.c.a.

x = Exponente de descarga del gotero (x = 1 en régimen laminar; x < 1 en régimen turbulento).



La figura 13 representa la curva característica de goteros con diferentes regímenes hidráulicos.

Los fabricantes deberían proporcionar la ecuación del gotero o, al menos, su curva característica. Cuando no se dispone de estos datos se hace un ensayo consistente en someter al gotero a dos presiones distintas (h_1 y h_2) y aforar sus respectivos caudales (q_1 y q_2). En este caso x y K se obtienen mediante las fórmulas:

$$x = \frac{\log (q_1/q_2)}{\log (h_1/h_2)} \qquad K = \frac{q_1}{h_1^x}$$

El exponente de descarga expresa la sensibilidad de los goteros a las variaciones de presión. Cuando su valor se aproxima a 1 significa que el caudal del gotero varía mucho con los cambios de presión. Cuando el valor se aproxima a cero significa que el caudal varía muy poco con las variaciones de presión, en cuyo caso el gotero se llama *autocompensante*. Interesa, por tanto, que el exponente de descarga sea bajo.

Tipos de goteros

En el mercado existe una gran variedad de goteros, que se pueden clasificar según diversos criterios.

Por la forma en que tiene lugar la pérdida de carga, los goteros se clasifican de la forma siguiente:

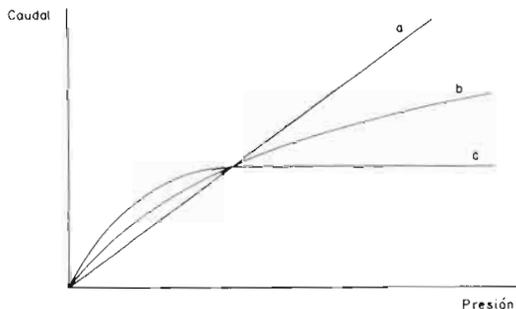


Fig. 13.-Curva característica de diferentes goteros. a) Régimen laminar. b) Régimen turbulento. c) Auto-compensante.

a) *De recorrido largo*

Microtubo. Consiste en un tubo de pequeño diámetro y longitud variable. El régimen hidráulico es laminar, y el exponente de descarga varía de 0,75 a 1, por lo que resultan muy sensibles a las variaciones de presión y temperatura y tienen mayor riesgo de obturaciones. Actualmente el microtubo ya no se utiliza como gotero, sino como elemento de conducción de agua acoplado a un gotero.

Helicoidal. El agua pasa por un conducto arrollado en hélice. El régimen es parcialmente turbulento, y el exponente de descarga varía de 0,65 a 0,75. Es menos sensible que el microtubo a la presión, temperatura y obturaciones.

Laberíntico. El agua recorre una trayectoria en laberinto, por lo que su régimen es totalmente turbulento. El exponente de descarga es 0,5. Este gotero es poco sensible a las obturaciones y a las variaciones de presión y temperatura.

b) *De recorrido corto*

De orificio. El agua descarga por un orificio. Tiene régimen turbulento, y el exponente de descarga es 0,5. Es poco sensible a las variaciones de presión y temperatura. Debido a su pequeño diámetro, se obstruye con facilidad.

Vortex. En este gotero el agua vierte desde un orificio a una cámara en donde se produce una pérdida de carga adicional, con lo cual el orificio puede ser de mayor tamaño que en el tipo anterior y disminuye el riesgo de obturaciones. El exponente de descarga es 0,4, por lo que es poco sensible a las variaciones de presión.

Autocompensante. Tiene un dispositivo que le permite mantener un caudal constante, aunque varíe la presión de entrada. El exponente de descarga varía de 0 a 0,4. Este gotero está indicado en terrenos accidentales en donde se producen importantes diferencias de presión. Tiene el inconveniente de que las variaciones de temperatura afectan a su membrana flexible, por lo que al cabo de cierto tiempo de funcionamiento pierde su autocompensación.



Características constructivas

Pequeñas variaciones en los conductos de los goteros dan lugar a caudales distintos, por lo que se ha establecido el *coeficiente de variación de fabricación*.

Según este criterio, los goteros se clasifican en dos categorías:

Categoría A. Coeficiente de variación inferior a 0,05.

Categoría B. Coeficiente de variación comprendido entre 0,05 y 0,1.

El riesgo de obstrucción depende de la velocidad del agua y del tamaño del orificio de salida. Según este tamaño, los goteros se clasifican así:

1) Tamaño pequeño. Diámetro inferior a 0,7 mm. Riesgo de obstrucción: grande.

2) Tamaño mediano. Diámetro comprendido entre 0,7 y 1,5 mm. Riesgo de obstrucción: medio.

3) Tamaño grande. Diámetro mayor de 1,5 mm. Riesgo de obstrucción: bajo.

Los goteros pueden tener una o varias salidas (normalmente 2, 4 ó 6). En este último caso, para que haya una mayor superficie mojada, se amplía el radio de acción mediante unos microtubos que se acoplan a las distintas salidas.

La conexión del gotero a la tubería puede hacerse de dos formas:

- *Interlínea*. El gotero termina en una pieza que se introduce en la tubería. También se construyen tuberías con los goteros embutidos.
- *En derivación*. El gotero puede ir anclado en la tubería o desplazado de ésta mediante un microtubo que se introduce en la tubería.

La conexión del gotero a la tubería produce una pérdida de carga que puede expresarse en forma de longitud equivalente de tubería. Para conexión interlínea, la longitud equivalente es 0,23 metros de

tubería por cada emisor. Para conexión en derivación, la longitud equivalente, según distintos diámetros nominales del portagotero, es la siguiente:

Diámetro (mm)	12	16	20	25
Longitud equivalente	0,25	0,16	0,12	0,08

Para su identificación, cada gotero deberá llevar marcadas las siguientes indicaciones:

- Marca registrada o nombre del fabricante.
- Caudal nominal.
- La letra A o B según su categoría.
- Flecha indicando la dirección del flujo, cuando sea necesario.

Aparatos de control

Reguladores de caudal y de presión

Los reguladores de caudal mantienen un caudal constante dentro de una determinada variación de presión de entrada. Estos reguladores provocan una pérdida de carga mediante la variación de la sección del paso del agua. El mecanismo puede ser una membrana elástica que se deforma más o menos según la presión de entrada, de un modo análogo a como ocurre en los goteros autocompensantes.

Los reguladores de caudal se instalan en la cabecera de subunidades y unidades de riego. Provocan una pérdida de carga que varía de 0,3 a 1,2 atmósferas. En caso de caudales altos y variables, las pérdidas de carga son muy elevadas, por lo que estos reguladores se sustituyen por reguladores de presión.

Los reguladores de presión mantienen constante la presión de salida, dentro de una determinada variación de la presión de entrada. Por lo general, el mecanismo consiste en un pistón en donde la cara superior esté sometida a la presión de entrada y la cara inferior está sometida a la presión de salida. Cuando se eleva la presión de salida, el pistón se mueve y actúa sobre un obturador que estrangula



el paso del agua, provocando un aumento de la pérdida de carga y una reducción de la presión de salida.

La pérdida de carga que provoca el aparato, sin considerar el efecto de regulación, varía de 0,1 a 1 atmósfera. Cuando la presión de entrada es muy elevada se colocan dos o más reguladores en serie.

Manómetro

La medida de la presión en varios puntos de la red garantiza el correcto funcionamiento de la instalación y detecta las averías. Generalmente se efectúa mediante manómetros metálicos, en donde la presión del agua se comunica a un tubo flexible curvado, cuya deformación provocada por la presión se comunica a una aguja indicadora.

Se suelen instalar tomas manométricas en puntos estratégicos para conectar un manómetro portátil. De este modo se evitan los errores de calibración de los diferentes manómetros, aparte de que, por lo general, interesa más la diferencia de presión entre dos puntos que la presión absoluta.

Rotámetro

El rotámetro es un aparato que mide el flujo que pasa a través de una tubería. Consta de una cámara cilíndrica, colocada en posición vertical, en donde se encierra un balín que se desplaza hacia arriba con mayor o menor intensidad, según la magnitud del flujo. Una escala graduada mide los desplazamientos del balín.

Contadores

Los contadores se utilizan para controlar el volumen de agua. Los hay de dos tipos:

- *Woltmann*. Basado en el giro de un molinete helicoidal cuyo número de vueltas es función del caudal.
- *Proporcional*. Se basa en medir una parte del caudal derivado de la conducción y establecer la proporcionalidad correspondiente entre el caudal derivado y el total.

El contador Woltmann es más caro que el proporcional, pero tiene, quizá, un grado de precisión mayor. Ambos provocan una pérdida de carga de 0,1 a 0,3 atmósferas.

Los contadores, al igual que los manómetros y rotámetros, deben instalarse en tramos rectos de tubería, cuya longitud, antes y después del aparato, debe ser de 80-100 veces su diámetro.

Automatización

Con la automatización se pretende, sobre todo, reducir la mano de obra en las operaciones del riego. Se logra también una mayor flexibilidad en las labores agrícolas y se mejora la calidad del riego, debido a que se ejerce un mejor control sobre el mismo.

La automatización puede hacerse de varias formas:

- *Por tiempos.* Las válvulas se cierran después de un determinado tiempo de funcionamiento. Este automatismo es sencillo, pero tiene el inconveniente de que se modifica la dosis de riego cuando se altera el caudal a consecuencia de varias circunstancias: roturas, obstrucciones, colmatación de filtros, variaciones en la presión de entrada, etc.
- *Por volúmenes.* Este método se basa en medir el agua aplicada e interrumpir su paso cuando se alcanza el volumen preciso. Ofrece la ventaja de que se aplica siempre el caudal que se desea.
- *Por otros parámetros,* tales como la evaporación o el nivel de humedad del suelo. En el primer caso, la información es suministrada por un tanque evaporímetro, y en el segundo, por tensiómetros. Estos parámetros sólo sirven para poner el riego en funcionamiento, y se para mediante un control de tiempo o de volumen de agua aplicada.

La automatización abarca una amplia gama de posibilidades, desde las más simples a las más sofisticadas, desde la apertura y cierre manual de las válvulas hasta la total automatización de las operacio-



nes. Ello implica un incremento del coste de la instalación, que se justifica según diversas circunstancias: tamaño de la explotación, clase de cultivo, disponibilidad y coste de la mano de obra, nivel técnico de la misma, etc.

Un primer grado de automatización puede ser el empleo de válvulas volumétricas, que constan de una válvula hidráulica y un contador con un dial. Se selecciona manualmente con el dial el volumen de agua que se quiere aplicar en cada riego, y la válvula se cierra automáticamente cuando ha pasado a su través el volumen establecido. Estas válvulas operan en secuencia, de forma que el cierre de una válvula que riega un determinado sector acciona la apertura de la válvula que riega el sector siguiente. Cuando todos los sectores se han regado, todas las válvulas permanecen cerradas. Sólo la primera válvula se acciona manualmente al principio de cada riego. La fertirrigación se hace de forma manual. Este sistema es adecuado para instalaciones que no disponen de energía eléctrica.

Un segundo nivel de automatización es el riego secuencial repetido mediante un reloj programador, accionado por corriente eléctrica de red o de batería, que controla la apertura y cierre de electroválvulas. La programación se efectúa estableciendo los días de riego y la duración de cada riego. A este nivel se pueden controlar las bombas dosificadoras para el aporte de productos químicos.

Un nivel más alto de automatización es el riego con microcomputadora. En el mercado existen programadores específicos para riego que abarcan todas las operaciones necesarias para la automatización completa: riego secuencial o independiente por sectores, limpieza de filtros, fertilización, detección de averías, elección de tarifa eléctrica más adecuada, etc. Este nivel de automatización permite la utilización de un gran número de sensores para controlar el riego.

El nivel más alto de automatización se está aplicando en el Programa de Asesoramiento de Riegos de la Comunidad de Murcia. Una serie de casetas agrometeorológicas integradas, conectadas por teléfono mediante modem a un ordenador, suministran los datos para el cálculo de los parámetros necesarios, que son reenviados por vía teléfono a los programadores de riego, con lo cual se establece un programa diario de riego conforme a las necesidades.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Riegos localizados de alta frecuencia.* F. PIZARRO. Ed. Mundi-Prensa.
Riego por goteo. J. A. MEDINA SAN JUAN. Ed. Mundi-Prensa.
Riegos a presión media y alta frecuencia. V. CONESA. Ed. Prensa XXI.
Manual de diseño y manejo de sistemas de microirrigación. M. J. BOSWELL.
Ed. James Hardie Irrigation.
Obstrucciones en sistemas de riego localizado. L. RINCON, J. SAEZ y R. DOMINGO. Riegos y drenajes XXI, n.º 35.
Factores a tener en cuenta en el manejo de riego localizado. J. R. CASTEL. Riegos y drenajes XXI, n.º 47.
Instalaciones de riego localizado en España. F. DEL AMOR y J. M. SANCHEZ. Platicultura, n.º 82.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION

Corazón de María, 8 - 28002-Madrid