

EL RIEGO LOCALIZADO
Marco de aplicación y Componentes

Jesús Rodrigo López ¹

1. INTRODUCCION

El riego localizado, llamado también microirrigación, es la aplicación de agua al suelo en zonas más o menos restringidas, próximas a las plantas, en donde se forman y mantienen unos bulbos con alto contenido de humedad, para lo que se precisan riegos con pequeñas dosis y alta frecuencia.

Esta definición incluye los siguientes submétodos de riego:

- a) **Riego por goteo**, en el que el agua se aplica en la superficie del suelo a través de goteros, tuberías emisoras o sistemas integrados, con caudales menores a los 20 l/h. El principal medio de propagación del agua es el suelo.

- b) **Riego por microaspersión o difusión**, se utilizan miniaspersores o difusores con caudales inferiores a los 200 l/h. El agua se aplica a la superficie del suelo y el principal medio de distribución es el aire.

¹ Dr. Ingeniero Agrónomo. Catedrático de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad de La Laguna. Canarias. España.

- c) **Riego subterráneo**, se trata de un riego por goteo en el que el agua se aplica en el interior de la zona radicular por debajo de la superficie del terreno.

- d) **Riego por borboteo**, en el que el agua fluye por unas tuberías de pequeño diámetro para llenar unas pocetas o eras que rodean las plantas con caudales inferiores a los 100 l/h.

Aunque el riego localizado empezó a utilizarse en Alemania en 1860 y posteriormente en invernaderos en el Reino Unido hacia 1940, no es hasta la década de los 60 cuando empieza a desarrollarse, tal como se concibe hoy en día, en Israel gracias a la aplicación de los plásticos, PVC y polietileno. Posteriormente se ha ido extendiendo por todo el mundo y, en la actualidad, se estima que debe existir una superficie de 1,2 millones de ha, de las cuales una tercera parte en USA. En España hay unas 50.000 ha con riego localizado, 25.000 ha en el sureste peninsular y 10.000 ha en Canarias. Estas cifras suponen el 0,5 % de las 220 millones de ha en riego a nivel mundial y el 1,5 % de las 3,3 millones de ha en riego en España.

Marco de aplicación

Para la elección del riego localizado entre los métodos de riego existentes, superficie o gravedad y aspersión, habrá que tener presente una serie de factores que influyen en mayor o menor medida sobre esta decisión.

Decisión que no siempre se hace con la objetividad necesaria debido a la presión comercial que ejercen las firmas comerciales al tratarse de instalaciones con un coste unitario que suele ser el más alto del mercado.

- Rendimiento unitario de la cosecha

La primera condición necesaria aunque no suficiente para poder seleccionar el riego localizado entre los restantes métodos de riego es que el rendimiento económico del cultivo soporte el alto coste unitario de una instalación de este tipo.

Aunque el coste unitario de la instalación puede variar mucho en función del marco de plantación, de la topografía del terreno, de la superficie de la finca, grado de automatización, etc., de 3.000 a 15.000 dólares USA/ha, puede adelantarse que, salvo raras excepciones, sólo los cultivos llamados de primor, hortalizas, flores y plantas ornamentales, para consumo en fresco, y plantaciones frutales, por su relativamente bajo costo, admiten unas inversiones tan altas.

Cumplida esta primera condición se deberán presentar al menos una de las siguientes:

- Problemas en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos en cantidad y/o calidad suficientes

Si la mayoría de los autores coinciden en afirmar que la demanda hídrica de los cultivos, necesidades netas de agua, es la misma bajo riego localizado que cuando se usa otro método de riego, superficie o gravedad y aspersion, .

también están de acuerdo en que la eficiencia de aplicación de agua² puede llegar a ser la más alta cuando se usa riego localizado, por lo que el consumo puede llegar a ser el menor.

El puede vendrá determinado por la bondad del manejo del riego, entendiendo como tal a dosis y calendario de riegos y mantenimiento de la instalación, extremo este último absolutamente indispensable para el correcto funcionamiento de una instalación de riego localizado.

Por ello, si se cuenta con recursos hídricos escasos, estará indicado el uso del riego localizado siempre y cuando se realice un adecuado manejo de la instalación.

El contenido en sales del agua de riego puede llegar a ocasionar problemas, sobre todo en aquellos cultivos más sensibles, lo que se refleja en una pérdida de cosecha. Este contenido en sales produce una disminución del potencial osmótico del agua y, por tanto, de la solución del suelo, lo que hace más difícil para la planta conseguir el agua necesaria para la transpiración.

Sin embargo, mediante el riego localizado en el interior de los bulbos húmedos se consigue mantener un alto potencial hidráulico gracias al alto contenido de agua que se conserva al aplicar muy frecuentemente el riego, aunque debido a la salinidad del agua el potencial osmótico sea bajo, facilitando de esta forma el desarrollo del cultivo en mejores condiciones que con otros métodos de riego.

2. Relación entre el volumen de agua que necesita el cultivo y que tiene a su disposición en la zona radicular para compensar la evapotranspiración y evitar estrés hídricos durante su ciclo de crecimiento y el volumen de agua aplicado a la parcela de riego.

En consecuencia, cuando se presentan problemas de salinidad en el agua de riego o en el suelo, el riego localizado está más indicado que otros métodos, aunque ello no quiere decir que no se deba tener un especial cuidado en el manejo del riego, aplicando en todo caso sobredosis de lavado.

- Orografía de la zona a regar

Algunas fincas o partes de finca pueden presentar problemas orográficos importantes por pendientes excesivas, superiores al 7%, terrenos ondulados, suelos con profundidad variables, etc. que hagan inviables las obras de preparación necesarias para los riego por gravedad o por aspersión. En estos casos, el riego localizado puede ser la única solución.

- Problemas en el suelo

El movimiento del agua en el suelo está gobernado por su textura, estructura y grado de estratificación. Una excesiva o escasa permeabilidad puede comprometer seriamente la eficiencia de aplicación de agua según el método de riego que se utilice, por lo que, en estos casos, será necesaria la elección del riego localizado.

- Escasez y/o carestía de la mano de obra

El riego localizado admite llegar a una automatización casi total de su funcionamiento, pero incluso en sus grados de operación más manual exige poca mano de obra que se limita a las prácticas de recarga de abonos, limpieza de filtros, mantenimiento de la instalación y abertura y

cierre de válvulas. Solamente algunas variantes del riego por aspersión como son los sistemas fijos o los pivot pueden consumir la misma cantidad de mano de obra. Por ello, en los casos en que haya escasez de mano de obra y/o ésta sea muy costosa, el riego localizado puede ser la solución.

- Elevado costo de energía

Ya se ha mencionado que el consumo hídrico unitario con riego localizado puede ser el más bajo al poder conseguir una alta eficiencia de aplicación. En general, y sobre todo cuando sea necesario el uso de equipos de bombeo, al utilizar menor volumen de agua para el riego se gastará menos energía por lo que en esta situación también podrá ser preferible utilizar riego localizado.

En contrapartida, existen también una serie de factores que deben tenerse presentes y que influirán negativamente en la elección del riego localizado, como son:

- Fertilidad natural del suelo

En riego localizado el sistema radicular más activo en cuanto a la toma de agua y nutrientes se encuentra en el interior de los bulbos húmedos, por lo que se explora un volumen mucho más reducido de suelo y, en consecuencia, se aprovechan mucho menos las reservas naturales de nutrientes que pueda contener. Así, es muy frecuente que surjan problemas de carencias en microelementos cuando se utiliza el riego localizado si no se aplican estos oligoelementos con el agua de riego.

- Preparación técnica de las firmas comerciales y servicios postventa

Al tratarse de un riego muy tecnificado es necesario que las firmas comerciales cuenten con servicios técnicos cualificados capaces de realizar diseños adecuados y proporcionar un servicio postventa que permita mantener la instalación en correctas condiciones de funcionamiento e, incluso, asesore a los usuarios en su manejo.

- Servicios de asesoramiento

La experiencia acumulada en otros países es concluyente en el sentido de que para un buen funcionamiento de estos sistemas es necesario la existencia de servicios de asesoramiento en riegos públicos y/o privados.

- Nivel de formación de los regantes

En última instancia, el éxito de los resultados obtenidos con riego localizado descansa fundamentalmente en las personas que directamente lo van a operar. Su nivel de preparación, su capacidad de asimilación y su grado de receptividad a estas nuevas técnicas serán claves para conseguir un rendimiento óptimo de estos equipos.

2. DEFINICIONES Y COMPONENTES DE UNA INSTALACION

Una instalación de riego localizado es una red de tuberías que sirven para transportar el agua a presión desde el punto en donde se recibe en la finca hasta las plantas.

El dispositivo a través del cual pasa al suelo se denomina emisor y en él se pierde total o parcialmente la presión hidráulica para que el caudal de salida sea bajo.

Este tipo de sistemas podrían estar formados por (Figura 1): La estación de bombeo, el centro de control o cabezal con los filtros y equipos de fertilización, las tuberías principales, secundarias, terciarias y laterales, los emisores, válvulas, acoples y demás piezas especiales.

La estación de bombeo será necesaria si no existe presión suficiente en cabecera de la red y estará compuesta de un grupo electrobomba o bomba acoplada a motor diesel según el tipo de energía con el que se cuente en la finca.

Centro de control o cabezal es el conjunto de dispositivos que dominan toda la red de riego y pueden servir para filtrar el agua, tratarla, incorporar fertilizantes, controlar la presión, medir dosis de riego, etc.

Normalmente para cada instalación existirá un único cabezal, pero si la finca cuenta con distintos cultivos a regar puede necesitar un cabezal principal y varios secundarios. En este caso, en el primero se filtra el agua y en los segundos se incorpora el abono y se vuelve a filtrar.

Sistema de filtración es el conjunto de dispositivos utilizados para eliminar los sólidos suspendidos en el agua. El problema de las obturaciones es el principal en este tipo de instalaciones, por lo que evitarlas deberá ser un objetivo prioritario.

TABLA 1. SELECCION DEL TIPO DE FILTRO

Contaminante	Separador arena	Filtro de arena	Filtro de malla	Otros
Partículas inorgánicas:				
- Arena	X	-	X	Sedimentación
- Limo y arcilla	-	X	X	Floculación y Sedimentación
Partículas orgánicas	X	X	X	Tratamientos químicos

El agua de riego puede traer en suspensión partículas inorgánicas (arcilla, limo y arena) u orgánicas (algas, peces, crustáceos, protozoos, insectos, semillas, etc.). También puede llevar en disolución sales que en determinadas condiciones precipitan provocando también obturaciones. Por último, existen algunos tipos de bacterias y algas que pueden desarrollarse dentro de la propia red de riego ocasionando graves problemas.

Para eliminar del agua las partículas en suspensión que pueden causar problemas se utilizarán filtros, mientras que para tratar sales en dilución o controlar procesos biológicos se usarán tratamientos químicos a base de ácidos (nitríco, fosfórico, clorhídrico, sulfúrico, etc.) o biocidas (hipoclorito sódico o cálcico, cloro gas, etc.).

Cuando se trate de aguas muy contaminadas por solidos en suspensión será necesario tratarlas previamente mediante prefiltros (Ver Tabla 1).

- a) Hidrociclones o separadores de arena (Figura 2). El agua entra tangencialmente en una cámara circular que provoca una fuerza centrífuga que hace que las partículas más densas que el agua se separen cayendo al fondo. El agua limpia sale por el centro hacia arriba.

- b) Filtros de arena (Figura 3). Son depósitos metálicos generalmente cilíndricos resistentes a la presión de la red que se rellenan en una altura de 50 cm de arena con diámetro efectivo de 0,9 a 1,2 mm y un coeficiente de uniformidad máximo de 1,6. La plancha de acero soldada de que están hechos debe estar protegida con pintura epoxi aplicada cuando previamente se ha efectuado un tratamiento con chorro de arena de la chapa.

El agua circula en sentido descendente atravesando la arena en la que quedan retenidas partículas de tamaño superior a $1/7$ del diámetro efectivo de la arena. El caudal a tratar dependerá del grado de contaminación. En condiciones medias sirven para $60 \text{ m}^3/\text{h}$ y m^2 de lecho de arena.

La limpieza de estos filtros se realiza por refluo haciendo circular el agua en sentido contrario cuando la diferencia de presión entre la entrada y salida alcanza los 5 mca. Tienen una gran capacidad de retención de contaminantes ya que filtran en volumen.

- c) Filtros de malla (Figura 4). Se sitúan en todos los cabezales después de la incorporación de los abonos. En ellos el agua debe atravesar una malla de acero inoxidable con tamaño de orificio que dependerá del menor diámetro de paso del agua dentro del emisor.

Así, en goteros, tuberías emisoras y sistemas integrados, el tamaño del orificio de la malla será 1/10 del emisor, mientras que en difusores y miniaspersores será sólo de 1/5 debido a su menor sensibilidad a las obturaciones. Según su tamaño, las mallas se denominan con un número de mesh.

La malla está sustentada por un elemento filtrante que es un cilindro de PVC con orificios repartidos en su superficie. Este elemento se encuentra dentro de una carcasa metálica cilíndrica que debe resistir la presión de la red. Su construcción es la misma que la de los filtros de arena.

Su filtrado es en superficie y, por tanto, tiene menor capacidad de retención de contaminantes. Su limpieza se efectúa manualmente, extrayendo el elemento filtrante, cuando la diferencia de presión entre entrada y salida alcanza los 3 a 4 mca. También los hay de limpieza automática por diferencia de presión o por tiempos.

- d) Filtros de discos (Figura 5). El elemento filtrante lo componen una serie de anillas con ranuras impresas sobre un soporte central cilíndrico y perforado. El agua queda filtrada al pasar por los pequeños conductos formados entre dos anillas consecutivas.

Su capacidad de retención es intermedia entre los filtros de malla y los de arena. Su limpieza es automática. Sustituyen a los filtros de arena en las instalaciones con difusores o microaspersores.

Sistema de fertilización es el o los mecanismos usados principalmente para la incorporación de fertilizantes líquidos o sólidos, en este caso solubles en agua, en el sistema de riego. Estos aparatos pueden utilizarse además para incorporar nematicidas, sustancias para desinfección de suelos, para dar tratamientos de limpieza de la instalación y para prevenir obturaciones. Los distintos modelos pueden agruparse en:

- a) Tanques de fertilización (Figura 6). Son depósitos cilíndricos en los que se introduce la solución concentrada de abonos que se quiere incorporar y que, una vez cerrados, alcanzan en su interior la misma presión que la red de riego. Se instalan en paralelo con relación a la conducción principal. En ésta se instalan dos tomas separadas por una válvula para introducir una diferencia de presión entre ellas. La primera toma introduce el agua en el tanque por su parte inferior. Del tanque sale por su parte superior otro conducto que lleva agua con abono disuelto hacia la segunda conexión después de la válvula. La caída de presión que se debe provocar es de unos 3 mca.

La cantidad de solución incorporada va disminuyendo con el tiempo por lo que no podrán usarse en instalaciones automatizadas al variar la concentración de abono en el agua de riego.

Deberá cuidarse muy especialmente la protección de la chapa de acero soldada que conforma el tanque mediante pintura epoxi con tratamiento previo de chorro de arena, ya que la solución concentrada de abono es muy corrosiva.

- b) Fertilizadores tipo venturi (Figura 7). En ellos la solución concentrada de abonos se incorpora a la red a través de un tubo de succión conectado a un punto de la tubería en el que existe un "venturi" que crea una depresión. Cuanto más caudal pase por el venturi mayor es la succión y mayor cantidad de abono se mezcla con el agua.

La principal ventaja es su sencillo funcionamiento con mantenimiento nulo. Su mayor inconveniente es la pérdida de carga que necesitan para su trabajo por lo que deben instalarse en aquellos puntos de la red en donde se produzcan importantes saltos de presión (válvulas reductoras de presión, equipos de bombeo, etc.) o colocarlos después de equipos de bombeo capaces de proporcionar el caudal necesario para el venturi.

- c) Inyectores. Se trata de bombas especiales de pistones o membrana que inyectan a presión en la red un caudal constante de solución fertilizante. Según sea el tipo de motor acoplado a estas bombas se tiene a:

- Bombas accionadas por motores convencionales, normalmente eléctricos que permiten inyectar caudales constantes con la posibilidad de ajustar la dosis.
- Bombas de accionamiento hidráulico (Figura 8). Usan la propia presión del agua para mover sus mecanismos. Los modelos existentes gastan 2 ó 3 partes de agua por cada parte de solución que inyectan y exigen un cuidadoso mantenimiento.

Tanto los venturi como los inyectores pueden usarse con la automatización de la instalación al inyectar un caudal constante de fertilizante.

Unidad operacional o turno de riego es la superficie de la finca que se riega simultáneamente desde un mismo cabezal o centro de control. El número de turnos puede determinarse fácilmente dividiendo el tiempo disponible entre dos riego consecutivos, para la época de máximo consumo, por el tiempo de aplicación de un riego. Cuanto mayor sea el número de turnos que se vayan a utilizar, menores serán los caudales y por tanto los diámetros de las tuberías de distribución y la capacidad del cabezal, lo que abaratará la instalación.

Subunidad de riego es la superficie que se riega simultáneamente desde un mismo punto donde se regula o controla la presión de entrada del agua. En cabecera, lleva, por tanto, un dispositivo regulador de presión. Servirá de base para controlar la uniformidad de riego.

Unidad de riego es la superficie formada por el conjunto de subunidades que se riegan simultáneamente desde un mismo punto donde se controla la dosis de agua a aplicar en cada riego. Debe llevar, por tanto, en cabecera, una válvula.

Tuberías principales son las que transportan el agua desde el cabezal hasta las unidades de riego. Dependiendo del tamaño de la finca, podrán ser de PVC o de polietileno, PE. En el primer caso deberán ir enterradas para protegerlas de la radiación solar. No se recomienda el fibrocemento y el acero galvanizado por la aplicación de abonos con el riego.

Tuberías secundarias son las que, dentro de una unidad de riego, sirven a las distintas subunidades. Se deberá utilizar PVC o PE por las mismas razones anteriores.

Tuberías terciarias en la subunidad de riego, son las que alimentan a las tuberías laterales. Hasta un diámetro de ϕ 75 mm podrá usarse LDPE (polietileno de baja densidad) de Pn 0,4 MPa. Para diámetros superiores se usará PVC. El LDPE es preferible ya que los acoples con los laterales son más estancos y puede dejarse encima del terreno.

Se proyectarán con varios diámetros en una misma tubería, con un máximo de 4. Hasta un 5 % de pendiente del terreno se colocarán a nivel y para pendientes mayores se situarán a favor de éstas.

Tuberías laterales o simplemente laterales son las tuberías que llevan conectados los emisores. Serán de LDPE Pn 0,25 MPa, con diámetros exteriores de 12, 16 a 20 mm, procurando usar un único diámetro en la subunidad e incluso en toda el área de riego. Irán situados en el sentido de la pendiente hasta el 5 % y a nivel para pendientes superiores.

Según se pretenda mojar franjas continuas de terreno o zonas localizadas alrededor de las plantas se usarán diferentes disposiciones de laterales. Para riego en franjas se colocará simple o doble línea lateral o disposición en serpiente. En los demás casos dependerá del tipo de emisor que se use (Figura 9).

Emisores son los dispositivos que controlan la salida del agua, desde las tuberías laterales, en puntos discretos o continuos.

- b) Punto de emisión. Son los orificios de salida del agua procedente de los emisores. Cuando el mismo emisor dispone de varios puntos de emisión, se denomina «multisalida».
- c) Goteros. Son emisores con caudales no superiores a 20 l/h. En ellos se produce una disipación de energía que para caudales inferiores a 8 l/h es casi total, por lo que el agua sale «gota a gota» y para caudales mayores conserva parte de la energía saliendo el agua en forma de pequeños «chorros».
- d) Sistemas integrados. Se trata de conducciones en las que, en el propio proceso de fabricación, se insertan interiormente goteros uniformemente espaciados, generalmente con caudales inferiores a 4 l/h.

Son los que han salido más recientemente al mercado y su principal ventaja es la de permitir su tendido y recogida mediante medios mecánicos. Su coste es intermedio entre los goteros convencionales más tubería y las tuberías emisoras. Su vida útil es equivalente a la de los goteros más laterales.

- e) Tuberías emisoras o cintas. Son conducciones que a su vez aplican riego mediante perforaciones poco espaciadas (-de 0,50 m), pared porosa, etc. El caudal que descargan no sobrepasa los 20 l/h y metro lineal de conducción. La unidad de emisión es el tramo de tubería emisora repetido a intervalos desde que fluye agua al exterior.

Se emplean, por su bajo coste, en cultivos de marco de plantación muy estrecho que requerirían una gran densidad de goteros. En general son bastante sensibles a las obturaciones ya que cuentan generalmente con orificios de salida de diámetro inferior a 1 mm. Están siendo desplazadas por los sistemas integrados.

- f) Difusores. Son emisores por cuyo orificio de salida se lanza el agua al exterior con la suficiente presión para permitir su difusión a través del aire, tras incidir el chorro en un deflector fijo. No tienen piezas móviles.
- g) Miniaspersores. Son aspersores de baja presión y caudal. El alcance es pequeño, normalmente no superior a los 3 m.

Tanto los difusores como los miniaspersores tienen caudales que no sobrepasan los 200 l/h. En este caso el aire es el principal medio de propagación del agua. En general, las pérdidas de agua debidas a evaporación son mínimas. A pesar de tener diámetros de paso relativamente pequeños son poco sensibles a las obturaciones debido a la velocidad del agua.

Es importante el sistema de sustentación del emisor para que la posición de la boquilla en los difusores o el eje de giro en los miniaspersores se mantengan verticales ya que de lo contrario se verá afectada la superficie mojada y la uniformidad de distribución.

Requerimientos básicos de los emisores

Las características fundamentales que se deben tener presentes al seleccionar un emisor son:

- a) Caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión.
- b) Poca sensibilidad a las obturaciones.
- c) Elevada uniformidad de fabricación.
- d) Resistencia a la agresividad química y ambiental, así como a las operaciones agrícolas.
- e) Bajo costo.
- f) Estabilidad de la relación caudal-presión a lo largo del tiempo.
- g) Poca sensibilidad a los cambios de temperatura.
- h) Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.
- i) Resistencia al ataque de insectos y/o roedores.

Clasificación de emisores

- 1) Según su tipo de conexión a la tubería lateral pueden clasificarse en los siguientes grandes grupos (Figura 10).
 - Conexión interlínea (10 A): Con ella el propio emisor sirve para unir segmentos de lateral. Normalmente los emisores se sirven de fábrica instalados en la tubería a una distancia determinada en la tubería. La conexión suele ser en forma de diente de tiburón.
 - Conexión sobre línea (10 B): En este caso la tubería lateral es perforada mediante un punzón, introduciendo en el orificio producido la conexión del emisor.

- Conexión sobre línea con alargadera (10 D): Variante del anterior, donde en la perforación hecha en la tubería lateral, o bien en una T, se conecta un trozo de tubo que termina en el emisor.
 - Sistemas integrados (10 C): En ellos el emisor va embutido en el interior del lateral.
- 2) Atendiendo al número de puntos de emisión, normalmente los emisores se construyen con uno sólo, pero muchos de ellos, mediante sencillos acoples, se pueden transformar en multisalidas.
- 3) Según su configuración se pueden distinguir:
- a) Entre los goteros la configuración es muy variable, pero simplificando, se pueden agrupar en cuatro grandes apartados en función de su diseño y acabado:
 - Goteros sellados, con dos o más piezas acopladas en fábrica que no pueden separarse si no es provocando su rotura. En general son los mejor fabricados. Cuando se obturan deben reemplazarse.
 - Goteros desmontables de dos o más piezas que pueden separarse para proceder a su limpieza manual. Suelen tener variaciones en su fabricación por los problemas de ajuste en el montaje y, por otra parte, su limpieza manual es más una ventaja aparente que real dada la imposibilidad de practicarla en miles de unidades ya que cuando se presenta un problema de obturación no suele afectar a goteros aislados.

- Goteros en los que su carcasa es la propia tubería. Son goteros interlínea, de una sola pieza que se insertan dentro de la tubería utilizando parte de ésta como pieza exterior. Los tipos mejores vienen montados en la tubería desde la fábrica. A pesar de esto suelen tener una alta variación de fabricación. Son desmontables, aunque, algunas veces con dificultad. Se les conoce vulgarmente como de tipo "husillo".

 - Goteros integrados: los goteros convencionales se sitúan en el interior de las tuberías, en el mismo proceso de fabricación, sin que exista ningún tipo de acoples o juntas. Al ser éste un proceso que requiere una alta tecnología suelen estar bien fabricados.

 - Goteros interlínea para riego subterráneo. En su proceso de fabricación se ha añadido un herbicida de emisión lenta (trifluralin) que impide la entrada de raíces en la red a través de ellos.
- b) Las tuberías emisoras están, frecuentemente, fabricadas a base de PE, de espesor variable, por lo que convendrá cerciorarse de que su precio esté relacionado con su vida útil. En términos generales, estas tuberías deben colocarse enterradas a poca profundidad. Se pueden distinguir:
- Tuberías porosas o de rezume. En ellas el agua sale al exterior a través de material poroso o, en el caso más sencillo, de un cosido. Su vida útil también es corta. Son muy sensibles a obturaciones por carbonatos, especialmente las de material poroso. Para conseguir una buena distribución de agua, debe irse a longitudes cortas.

- Tuberías tipo «Bi-wall». Constan de dos tubos excéntricos o adyacentes. El agua circula por uno de ellos y pasa a través de unos pequeños orificios al segundo tubo, desde donde sale al exterior por otras perforaciones. Por cada orificio interior hay varios exteriores, por lo que pueden considerarse como goteros de orificio con multisalida. Suelen ser de polietileno de distinto espesor, lo que influye en su vida útil. Estas tuberías permiten regar grandes longitudes (hasta unos 200 m) con una buena uniformidad de distribución a lo largo de ellas.
- Tuberías corrugadas. Formadas por dos tuberías concéntricas, la exterior lisa y la interior corrugada, dejando entre ambas un conducto, de pequeño diámetro, a modo de resorte. El agua circula por la tubería interior y pasa al conducto a través de unas perforaciones practicadas regularmente en el mismo. Después de perder presión en el largo conducto; el agua sale a través de unas perforaciones practicadas en la manguera exterior.
- Tuberías perforadas. Son tuberías de PE, generalmente de poco espesor, con perforaciones espaciadas uniformemente, de forma lineal en sentido axial o circulares, efectuadas por procedimientos sofisticados, se emplea incluso técnica láser, para que la longitud o diámetro de la perforación sean lo más iguales posibles. Por el pequeño tamaño de las perforaciones, son bastante sensibles a las obturaciones.
- Otros tipos. Otros tipos de tuberías emisoras llevan una solapa en toda su longitud, con unos circuitos, generalmente impresos, tipo laberinto, que a intervalos regulares se comunican con la cámara interior que actúa como tubo para la conducción de agua, y ésta, tras

circular por los conductos, sale al exterior. Estos circuitos actúan, pues, como goteros.

- 4) Según la configuración de los conductos de paso del agua, pueden encontrarse:
 - a) De largo conducto (Figura 11, D y 12 A y D): En ellos la pérdida de carga tiene lugar en un conducto largo y de pequeño diámetro (de 0,5 mm a 2 mm). Su caudal varía mucho con la presión de trabajo. Son bastante sensibles a las obturaciones y a los cambios de temperatura, por lo que están prácticamente en desuso.
 - b) De laberinto (Figura 11, E): Pertenecen a este grupo una serie de emisores a los que se les ha llamado la segunda generación, con largos conductos tortuosos gracias a los cuales se aumenta la turbulencia del flujo, consiguiéndose que el caudal dependa menos de los cambios de presión. Son menos sensibles a las obturaciones (secciones de paso de 1 a 2 mm) y a los cambios de temperatura.
 - c) De orificio (Figura 11, A y 12 B). En ellos el agua sale al exterior a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro. Son emisores muy sensibles a las obturaciones.
 - d) De tipo vortex (Figura 11, B y 12 C). Estos goteros tienen una cámara circular en donde se produce un flujo vorticial. Este movimiento se consigue al entrar el agua tangencialmente a la pared circular de la cámara. El rápido movimiento de rotación consigue que el eje del vortex obtenido esté en el eje de la cámara. Como consecuencia de ello la pérdida de carga que se produce es superior que la del emisor de orificio del mismo diámetro.

Los modelos existentes en el mercado son muy sensibles a las obturaciones, pues el menor diámetro de paso es del orden de 0,6 mm.

- e) Autocompensantes (Figuras 11, F y H y 12 E). Se trata de goteros con flujo turbulento o transitorio en los que se intenta obtener un caudal constante independiente de la presión. La autorregulación se consigue normalmente mediante una pieza móvil y flexible de caucho que se deforma bajo el efecto de la presión, disminuyendo la sección de paso del agua y limitando así el caudal.

La autoregulación de estos goteros y, sobre todo, las características de su membrana flexible pueden verse afectadas por el tiempo y la temperatura, sobre todo cuando son empleados con aguas bicarbonatadas.

La sensibilidad a las obturaciones puede llegar a ser grande, ya que cuando la presión aumenta disminuye la sección de paso, pudiendo llegar a valores inferiores a 0,5 mm. El efecto autorregulante no se consigue sino a partir de una determinada presión que deberá indicar el fabricante, existiendo también una presión máxima a partir de la cual el emisor deja de funcionar correctamente.

A pesar de lo anterior, existen en el mercado excelentes modelos de goteros autocompensantes. El empleo de la silicona en la membrana ha mejorado sensiblemente sus prestaciones.

- f) Autolimpiantes. Existen fundamentalmente dos tipos de goteros autolimpiantes: los que pueden estar o no en posición limpiante y los que continuamente lo están.

Los primeros sólo se limpian durante el corto tiempo que tarda el sistema en ponerse en funcionamiento y alcanzar la presión de régimen, o en pararse y pasar de ésta a la presión atmosférica.

Los segundos (Figura 11, C), de limpieza continua, están fabricados para que partículas relativamente grandes sean expulsadas durante su funcionamiento. Esto se consigue mediante una serie de orificios flexibles que disipan la presión y que son deformables. Cuando una partícula de mayor tamaño que el orificio llega a él consigue pasar, deformándolo, a causa de la diferencia de presión que se crea entre las dos cámaras que comunica el orificio.

Con los del primer tipo debe tenerse la precaución de que la capacidad del sistema en caudal sea suficiente para poder llegar a la presión de régimen, ya que descargan más caudal cuando están en la posición de limpieza. Por otra parte, la pieza móvil (generalmente una bolita), que suele servir para efectuar estos cambios de funcionamiento, obliga a que el gotero esté perfectamente en vertical y a pesar de ello suele llegar a bloquearse. Estos inconvenientes han hecho que hoy en día estén prácticamente en desuso.

En los segundos las deformaciones y desgastes que se producen en los orificios flexibles hacen que al poco tiempo de uso los caudales producidos varíen considerablemente. Este hecho unido a su elevado precio han reducido su utilización.

Existe un tercer grupo en los que a la entrada del emisor va situada una rejilla que opera como filtro para evitar la entrada de partículas en el cuerpo del emisor.

Reguladores de presión y de caudal

Ya se ha señalado que a la entrada de las subunidades de riego se necesita regular la presión para conseguir una adecuada uniformidad de riego. También en otros puntos de la red, a veces, hay que regular los caudales.

Los reguladores son dispositivos que, creando una pérdida de carga adicional, absorben el exceso de energía de la red proporcionando, aguas abajo de él, un valor constante del caudal y/o presión.

- a) Los reguladores de caudal (Figura 13) mantiene un caudal aproximadamente constante dentro de un determinado rango de presiones de entrada. La presión de salida dependerá de las características hidráulicas de la red aguas abajo del regulador. Aunque ésta se quede sin presión, p.e. en una rotura, se seguirá regulando el caudal. Normalmente están constituidos por un disco perforado de material flexible que cuando aumenta la presión disminuye la sección de paso.

- b) En los reguladores de presión (Figura 14) se mantiene una presión de salida prácticamente constante para un determinado rango de presiones de entrada. El caudal dependerá de las características hidráulicas de la red aguas abajo del regulador. El mecanismo que acciona la mayor parte de éstos dispositivos es un pistón con un muelle que se mueve dentro de una carcasa y provoca el estrangulamiento del paso del agua cuando la presión aumenta aguas abajo del regulador.

Automatización

Las instalaciones de riego localizado son redes fijas que cuentan con varios turnos de riego que se manejan, en general, con largos tiempos de aplicación y cortos intervalos entre riegos lo que les hace especialmente indicadas para una posible automatización.

La principal actividad del regante consistirá en la recarga de los abonos, limpieza de los filtros, vigilancia del funcionamiento correcto y abrir y cerrar válvulas de acuerdo con el programa de riegos. Estas actividades las hará directamente si el nivel de automatización es "cero".

Los progresivos niveles de automatización se centran principalmente en la apertura y cierre de válvulas, si bien también pueden afectar a otras operaciones como la limpieza de los filtros y a un cierto control del funcionamiento de la instalación, paradas del riego cuando surgen problemas y/o puesta en marcha del riego gobernada por sensores indicadores del estado hídrico del suelo y/o de la planta o parámetros micrometeorológicos.

La apertura y cierre de válvulas se puede controlar por tiempos o por volúmenes de agua. En el primer caso se suele realizar mediante pequeños programadores electrónicos que gobiernan un relativo reducido número de válvulas hidráulicas con solenoide a las que envían señales eléctricas.

Los principales inconvenientes son que un control por tiempos siempre puede llevar a errores en la cantidad de agua aplicada, que se necesita energía eléctrica en el

campo o el uso de baterías y que la conexión de las válvulas con el programador se efectúa mediante doble cable independiente por válvula.

Para automatizar por volúmenes se usan válvulas volumétricas, mezcla de un contador con una válvula hidráulica, en las que se marca previamente la dosis de riego y cuando ésta ha pasado la válvula cierra enviando una señal hidráulica que permite empezar el riego de otra y así sucesivamente. Los principales inconvenientes de éstos riegos secuenciales semiautomatizados son que el riego debe efectuarse siguiendo siempre la misma secuencia y que la separación entre las válvulas tiene una limitación en cuanto a su longitud, unos 200 m, y a su desnivel, necesitando en estos casos refuerzos de presión o válvulas antitopográficas.

Existe una automatización mixta en la que mediante un programador se envían señales eléctricas a unas válvulas con solenoide que a su vez abren o cierran circuitos hidráulicos que son los que gobiernan la apertura y cierre de las válvulas hidráulicas. En este caso solo es necesario contar con electricidad en donde se encuentra el programador y las válvulas solenoides. No existen cables eléctricos en el campo, solo tubos de PE de pequeño diámetro (4 a 6 mm).

Existen contadores que, mediante la transformación de medidas unitarias en pulsos emitidos, p.e. por cada m³ que pasa emite un pulso, permiten controlar la automatización electrónica por volúmenes en lugar de por tiempos.

Todos estos niveles de automatización son compatibles con la fertilización mediante inyectores.

Otros niveles más sofisticados de automatización incluyen el uso de Centros de control que comandan estaciones satélites a través de radio o cable que, a su vez, gobiernan unidades de campo inteligentes, unidas a las anteriores con un solo cable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASAE Subsurface and Trickle Irrigation Committee, 1989. "Design and Installation of Microirrigation Systems". ASAE Engineering practice: ASAE EP405.1. Standards 1992. 647-650.
- BOSWELL, M.J., 1990. "Manual de Diseño y Manejo de Sistemas de Micro-irrigación". Traducción y adaptación 2ª Edición inglesa por J. Rodrigo López y A. Pérez Regalado y M. Bello Hernández. Editado por Hardie-Irrigation. Sevilla. España.
- DOORENBOS J. Y PRUITT W.O., 1976. "Las necesidades de agua de los cultivos". Estudio FAO, Riegos y Drenajes, 24. Roma, Italia. 173 p.
- DRIP IRRIGATION TUBING STANDARS COMMITTE OF THE IRRIGATION ASSOCIATION AND THE ASAE SUBSURFACE AND TRICKLE IRRIGATION COMMITTEE. 1991. "Polyethylene Pipe used for Microirrigation Laterals". ASAE S435. Standars 1992. 670-672 p.
- GOLDBERG D., GORNAD B. Y RIMON D., 1976. "Drip Irrigation". Scientific Publications. Israel. 296 p.
- HERNANDEZ ABREU J.M. Y RODRIGO LOPEZ J., 1977. "El riego por goteo". Hojas divulgadoras. Nº 11-12/77 HD. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 32 p.
- IRYDA-Comisión estudio instrucción sobre riego a presión (aspersión, localizado), 1983. "Memoria de Riego Localizado". Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 127 p.
- KELLER J. Y KARMELI D., 1974. "Trickle Irrigation Design". Rain Bird. Glendora. California, USA. 133 p.
- KELLER J. Y RODRIGO J., 1979. "Trickle irrigation lateral design". ASAE Technical Paper. Nº 79-2570. USA. 26 p.

- LOPEZ J., RODRIGO. 1990. "Evaluación de instalaciones de riego localizado". Ciclos de Seminarios. V Curso Internacional de Riego Localizado. Centro de Investigación y Tecnología Agrarias. Tenerife, España. 75-98 p.
- LOPEZ J., RODRIGO; HERNANDEZ ABREU, J.M.; PEREZ REGALADO A. Y GONZALEZ HERNANDEZ, J.F. 1992. "Riego Localizado". Mundi-Prensa. IRYDA. Madrid, España. 405 p.
- RODRIGO LOPEZ J., 1992. "Riego Localizado (II)". Programas informáticos. En prensa. Mundi-Prensa. IRYDA. Madrid, España.
- MERRIAN J.L. Y KELLER J., 1978. "Farm irrigation system evaluation: a guide for management". Third Edition. Utah State University. Logan, Utah, USA.
- NAKAYAMA F.S. Y BUCKS D.A., 1986. "Trickle irrigation for crop production". U.S. Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory. Arizona, USA. 383 p.
- WATTERS G.Z. Y KELLER J., 1978. "Trickle irrigation turbine hydraulics". American Soc. Agric. Engineers Technical Paper. 78(2015). USA. 18 p.

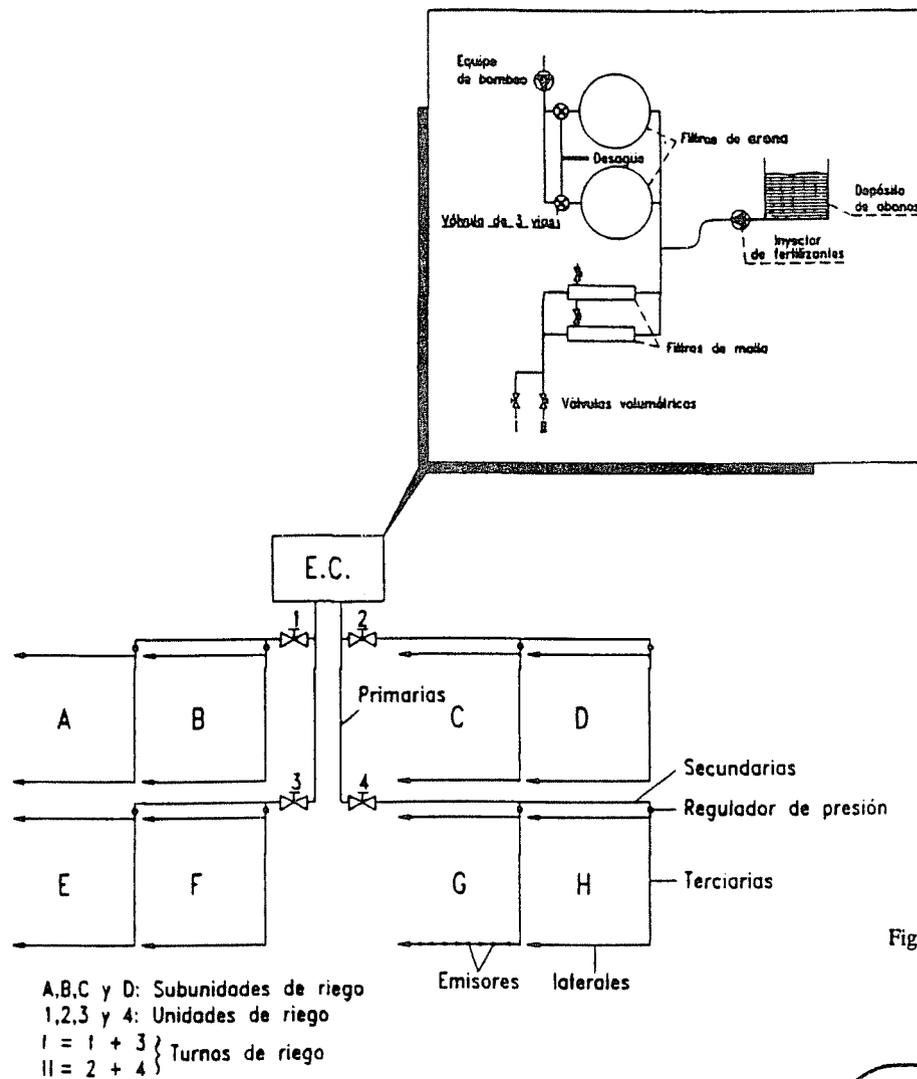


Fig. 1.- Instalación tipo de riego localizado

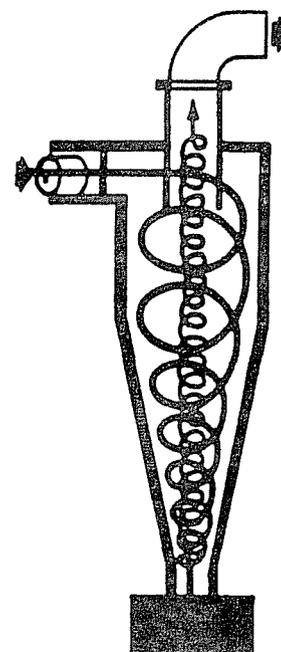


Fig. 2.- Hidrociclón o separador de arena

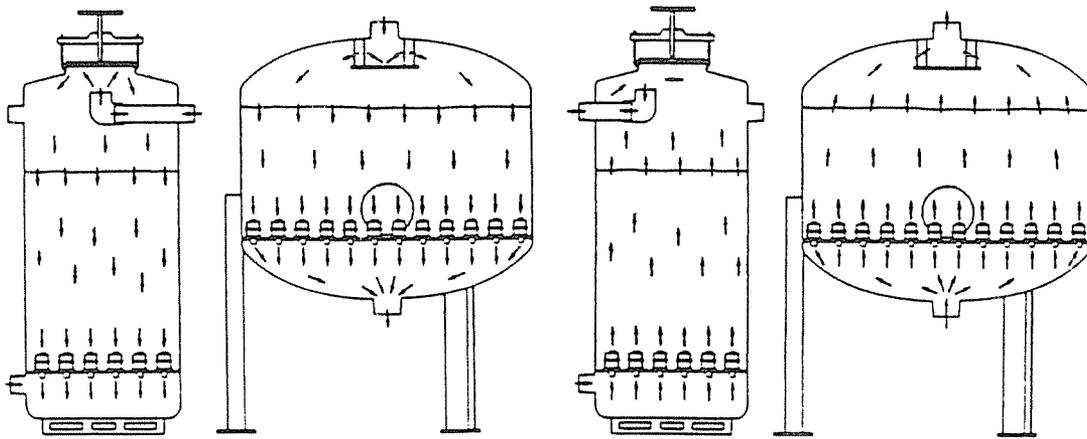


Fig. 3.- Filtros de arena

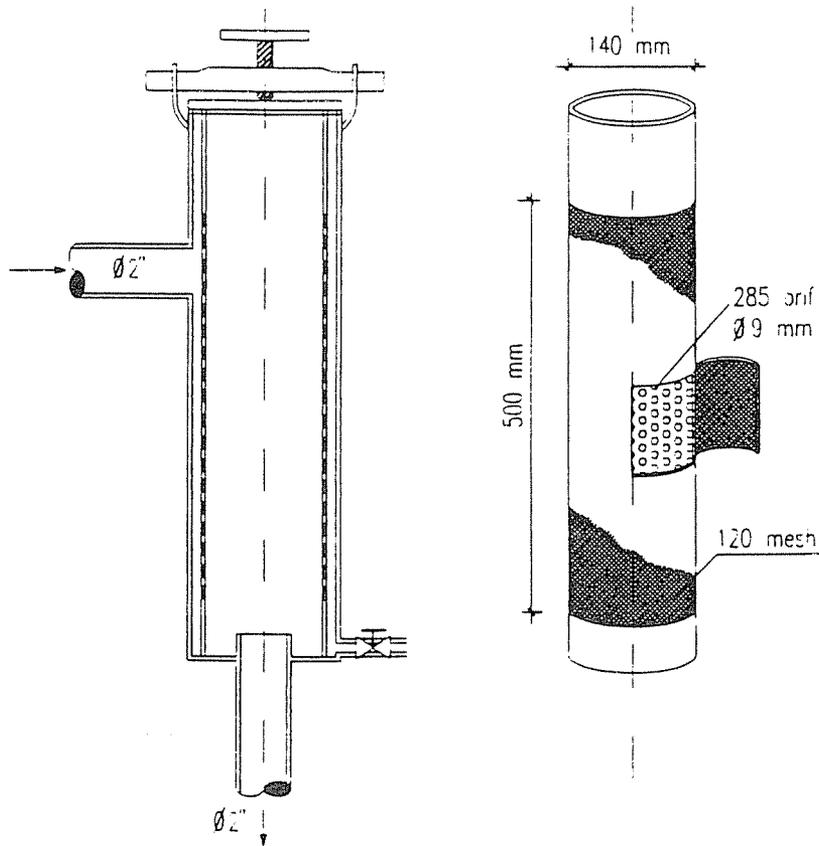


Fig. 4.- Filtro de malla

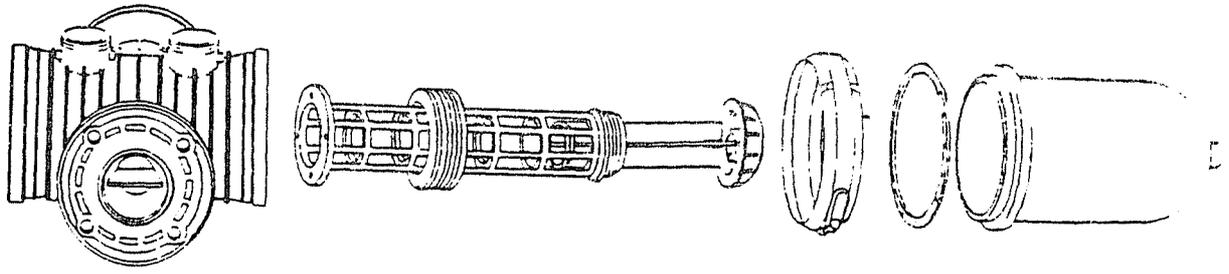


Fig. 5.- Filtro de discos

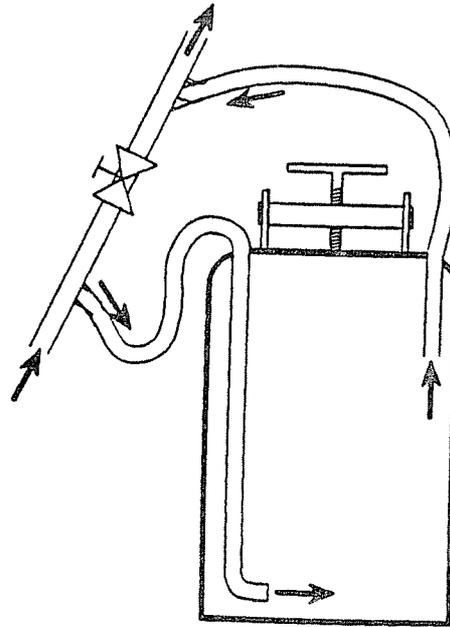


Fig. 6.- Tanque de fertilización

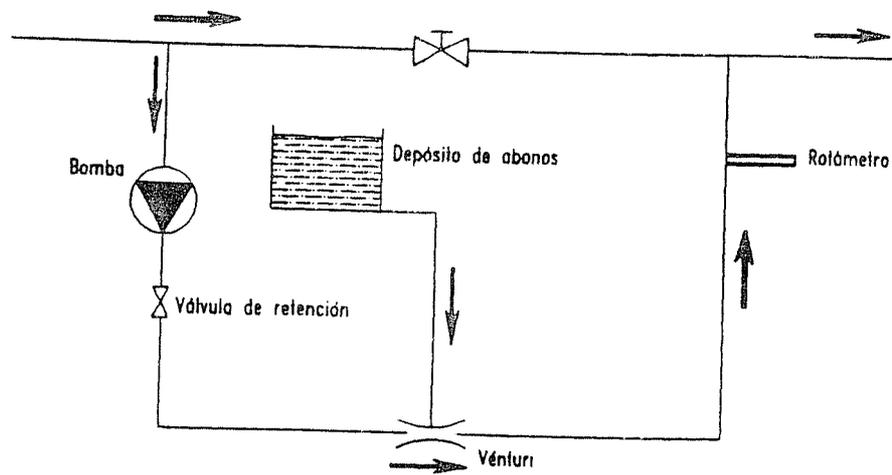
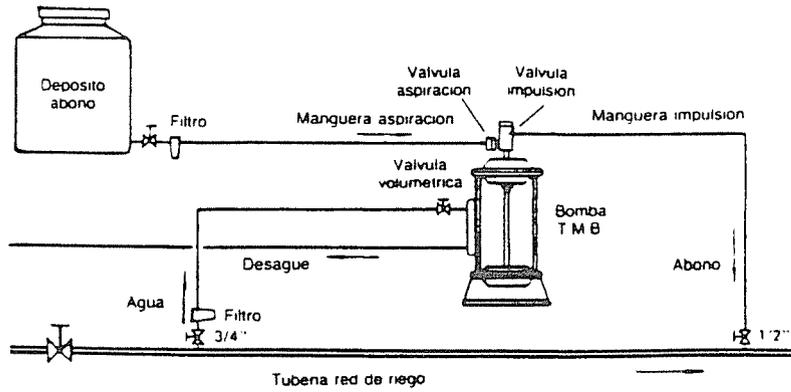


Fig. 7.- Fertilizador tipo venturi



ESQUEMA DE CONEXION BOMBA T.M.B.

Fig. 8.- Bomba de accionamiento hidráulico

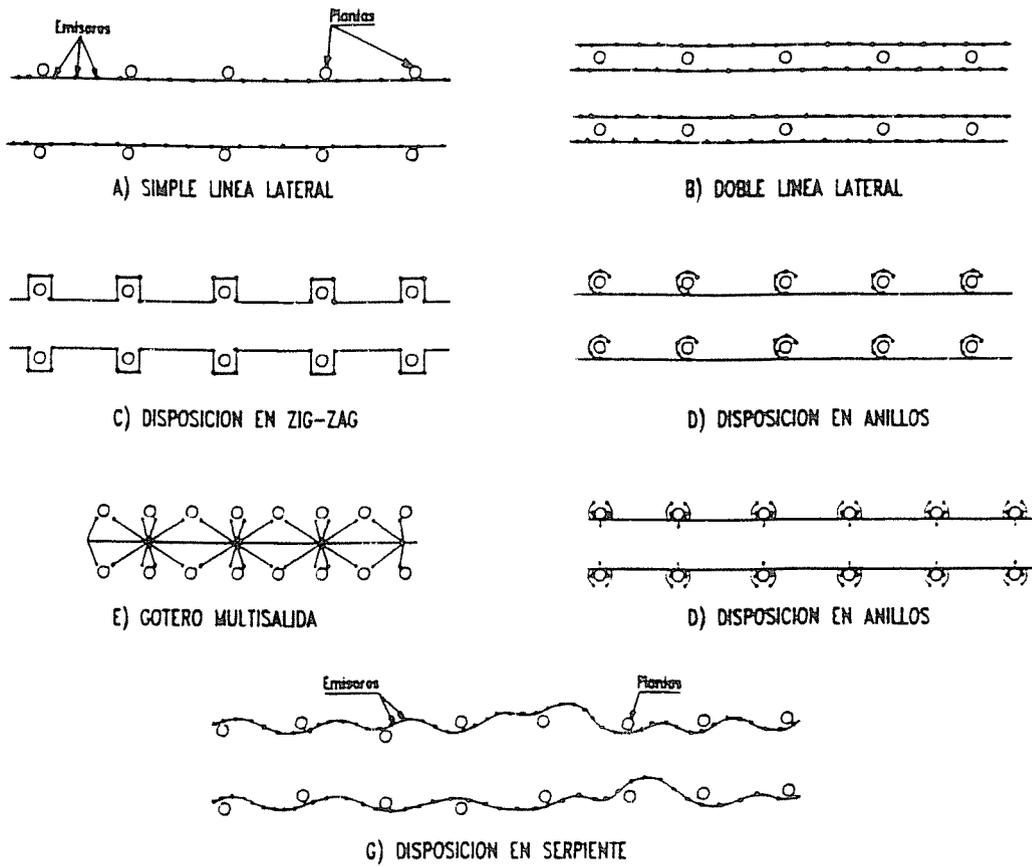


Fig. 9.- Disposición de laterales

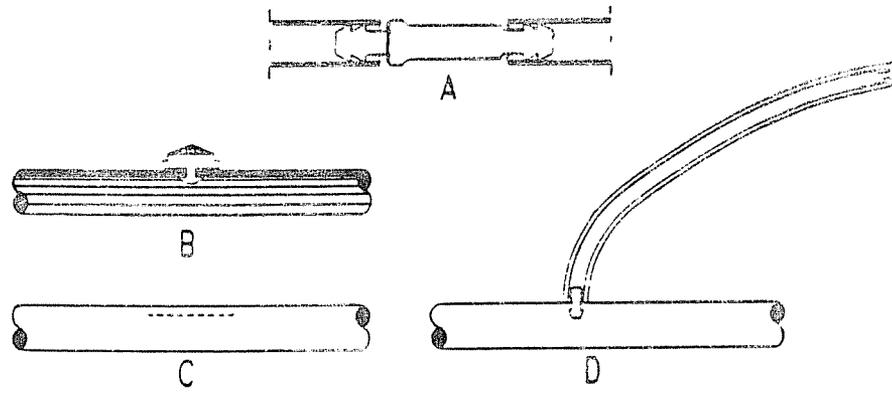


Fig. 10.- Tipos de conexión de emisores

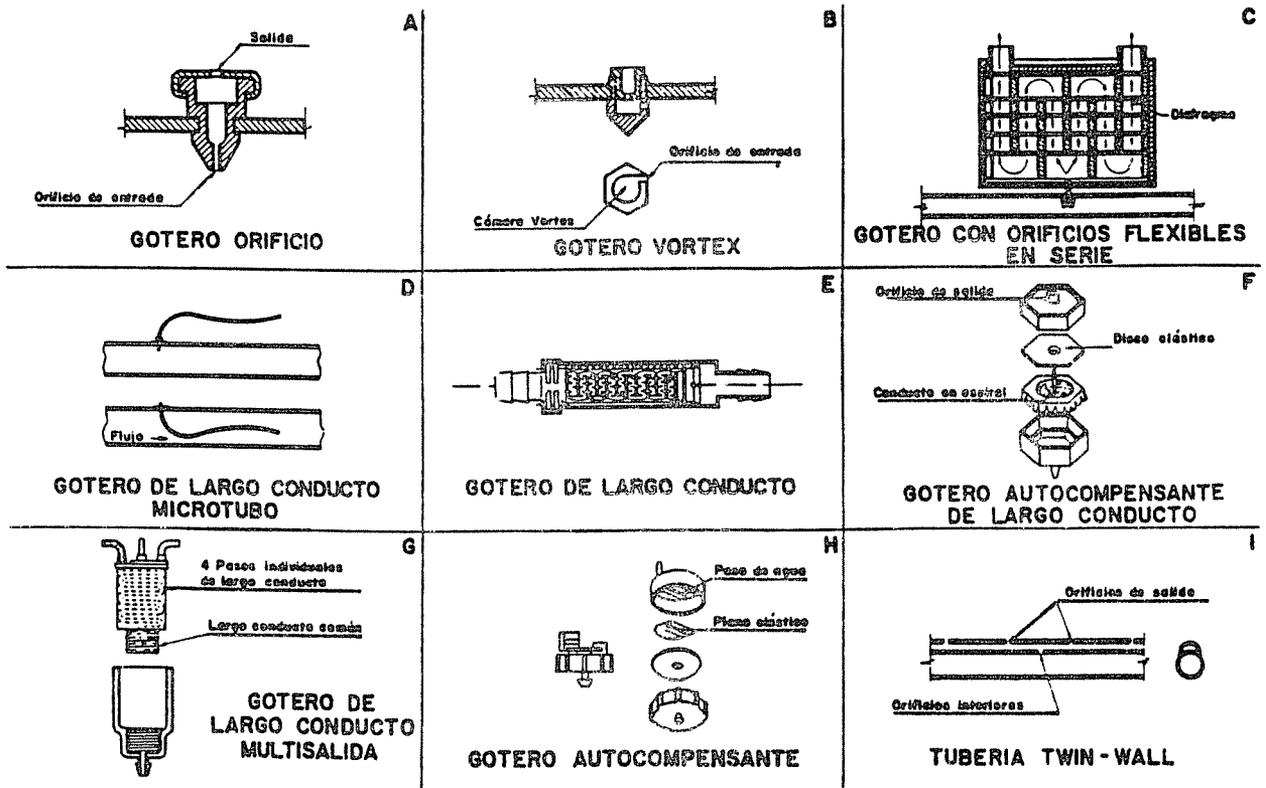


Fig. 11.- Goteros y tuberías emisoras

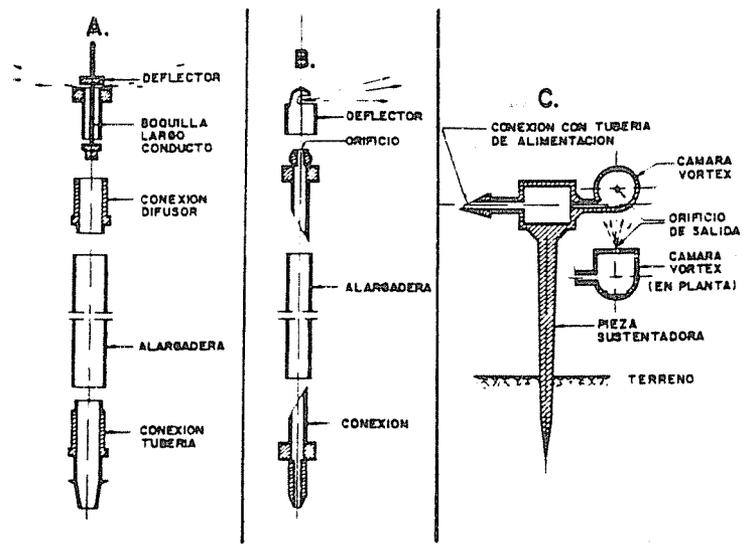


Fig. 12.- Difusores y miniaspersores

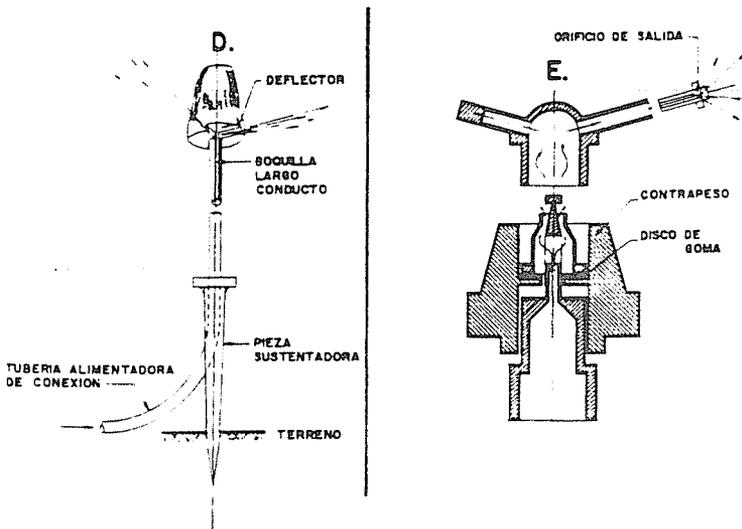


Fig. 14.- Regulador de presión

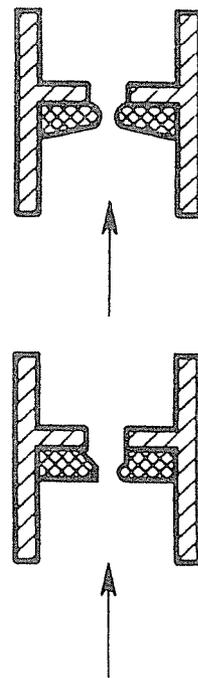


Fig. 13.- Regulador de caudal

