

25 JUL 1990

# Algunas consideraciones en las instalaciones de riego localizado.

.....

Autor: Angel Bercero Bercero  
Sección de Técnicas Agrarias  
Agricultura, Ganadería y Montes



## ALGUNAS CONSIDERACIONES EN LAS INSTALACIONES DE RIEGO LOCALIZADO

### Consideraciones previas:

Uno de los factores mas importantes que caracteriza al riego localizado es el ahorro de agua, que unido a la posibilidad de nutrir a las plantas de forma continua y racional, hacen ser un sistema adecuado para determinado tipo de cultivos.

El ahorro de agua puede ser importante cuando es escasa, cara, o perjudicial para determinado tipo de suelos. Normalmente no se puede esperar un ahorro superior a un 30% respecto a otro sistema bien diseñado, ya que solo se ahorra la parte que corresponde a la evaporación de la superficie del suelo no explorada por las raíces en los cultivos de marco de plantación amplio.

Por otra parte, la posibilidad de aprovechar terrenos accidentados y transformarlos en explotaciones altamente productivas, es una razón de peso para abogar por este tipo de riego.

La calidad del agua de riego es otro factor que influye a favor del riego localizado (goteo principalmente), ya que debiendo estar el bulbo continuamente húmedo, las raíces de las plantas pueden emplear la potencia de extracción en abosorber agua de mayor concentración de sales, en lugar de emplearla en vencer la resistencia ejercida por el suelo cuando se encuentra seco.

Otro aspecto que conviene tener en cuenta es la variación que puede sufrir cualquier diseño en función del cultivo. Hay que adaptar el riego al cultivo y no a la inversa. El cultivo deberá plantarse con arreglo a los condicionamientos técnicos y económicos adecuados al mismo, y una vez decidido esto, planificar el riego para que cumpla las condiciones anteriores.

### Aspectos a tener en cuenta para proyectar un riego localizado:

Una vez que conocemos el croquis de la finca, con la distribución de las plantas y el marco de plantación, tenemos que tener presente los aspectos:

- Agronómico
- Hidráulico.

#### Aspecto agronómico

Para que la planta sea capaz de producir el 100% de su potencial, hay que procurarle una zona húmeda suficiente para que las raíces sean capaces de absorber toda el agua y nutrientes

De las experiencias realizadas al efecto por diversos investigadores se ha puesto de manifiesto que es necesario humedecer casi un 50% de la zona que ocupan las raíces para que el árbol sea capaz de transpirar el 100% de su potencial. La zona que exploran las raíces va en función del marco de plantación y de la propia variedad en sí.

El bulbo húmedo que se produce con un gotero es función, en gran parte, de la textura del suelo y del caudal de dicho gotero

Para saber con certeza la mancha húmeda que nos produce un gotero en un suelo determinado, es necesario realizar las pruebas pertinentes que se describen en la información técnica 24/1.986 de Jose Manuel Tabuena Martínez. A falta de estas pruebas, puede ser suficiente aplicar la siguiente fórmula:

$$S = (Q/K) \cdot 1,64$$

S = Superficie mojada por el gotero en m<sup>2</sup>.

Q = Caudal del gotero en l/h.

K = Permeabilidad del suelo en mm/h.

Generalizando, se ha de producir una mancha húmeda próxima al 50% de la superficie que van a ocupar las raíces, si bien las raíces ocuparán un porcentaje del marco de plantación que irá en función de lo amplio que sea este. Cuanto menor sea el marco de plantación mayor será el porcentaje ocupado por las raíces respecto a aquel, y a la inversa. Véase el siguiente cuadro.

Marco de plantación (m <sup>2</sup> )	Porcentaje ocupado por raíces (%)	Sup. raíces/árbol (m <sup>2</sup> )	Sup. a humedecer por goteros/árbol (m <sup>2</sup> )
20	50	10	5
15	60	9	4.5
10	70	7	3.5
5	100	5	2.5

Suponiendo un marco de plantación de 5 x 4 mts. = 20 m<sup>2</sup>  
 Superficie ocupada por las raíces = 10 m<sup>2</sup>  
 Superficie a humedecer con goteros = 5 m<sup>2</sup>

Suponiendo que la textura del suelo sea franco-limoso y la permeabilidad de 8 mm/h. y la superficie a humedecer con goteros 5 m<sup>2</sup> podemos aplicar la fórmula anterior para ver que tipo de gotero necesitamos probando con goteros de distinto caudal (4,6 y 8 l/h), y estimar la superficie de mancha húmeda producida.

$$S = 4/8 \times 1.64 = 0.82 \text{ m}^2 \text{ cada gotero}$$

$$S = 6/8 \times 1.64 = 1.23 \text{ m}^2 \text{ cada gotero}$$

$$S = 8/8 \times 1.64 = 1.64 \text{ m}^2 \text{ cada gotero}$$

Consecuentemente, los goteros necesarios por árbol serán:

$$5/0.82 = 6 \text{ goteros/árbol}$$

$$5/1.23 = 4 \text{ goteros/árbol}$$

$$5/1.64 = 3 \text{ goteros/árbol}$$

Podemos optar por colocar 4 goteros de 6 lt/hora y tenemos cubierta la mancha húmeda para cumplir con el aspecto agronómico.

En suelos más permeables harían falta mayor número de goteros/árbol e incluso de mayor caudal.

De forma general, en suelos arenosos es preferible inclinarse por la microaspersión, porque harían falta demasiados goteros por árbol y se encarecería la instalación.

### Aspecto hidráulico.

Hasta aquí hemos tratado de averiguar que descarga necesitamos en gotero para que nos cumpla bien el aspecto agronómico. Posteriormente, necesitamos saber si los goteros elegidos de 6 l/h de descarga se comportan con suficiente homogeneidad, es decir, si todos los goteros aplican aproximadamente una cantidad de agua parecida en idénticas condiciones de presión de funcionamiento.

Caso de que la casa comercial no proporcione el c.v. del gotero, se pueden someter a prueba un mínimo de 25 goteros y observar la cantidad de agua que arrojan en 5 minutos.

La cantidad de agua que descarga cada gotero se transforma a litros/hora multiplicando la medida de 5 minutos por 12; después se obtiene la media de todos los goteros.

Posteriormente se calculará la varianza y después el coeficiente de variación, que es el que nos dará el grado de uniformidad de fabricación que tiene esa "marca" de gotero.

$$m = \sum n_i / N$$

$$S^2 = \sum (n_i - m)^2 / (N-1)$$

$$C.V. = 100 \cdot S/m$$

m = Media de descarga de goteros en lt/h

n<sub>i</sub> = Descarga de cada gotero en lt/h.

N = Número de goteros probados

S<sup>2</sup> = Varianza (estimación).

S = Desviación típica (estimación).

C.V. = Coeficiente de variación en %.



El coeficiente de variación debe ser el mínimo posible y siempre inferior al 7%.

Otra característica de los goteros que debemos conocer, es la llamada curva del gotero, es decir, la variación de caudal que sufre cuando varía la presión del agua, y así prever la pérdida de carga que podemos admitir en las tuberías.

Sería deseable que a variaciones de presión importantes, no hubiese variación en la cantidad de agua aportada por el gotero, pero esto en la práctica no se da, ya que según las características del gotero, a una variación determinada de presión corresponde una variación en la descarga del gotero en función del exponente de descarga del mismo. Es importante pues, conocer de antemano la ecuación del gotero.

$$Q = K H^x$$

Q = Descarga del gotero en l/h.

x = Exponente de descarga del gotero.

K = Constante de cada tipo de gotero.

H = Presión de trabajo en m.c.a.

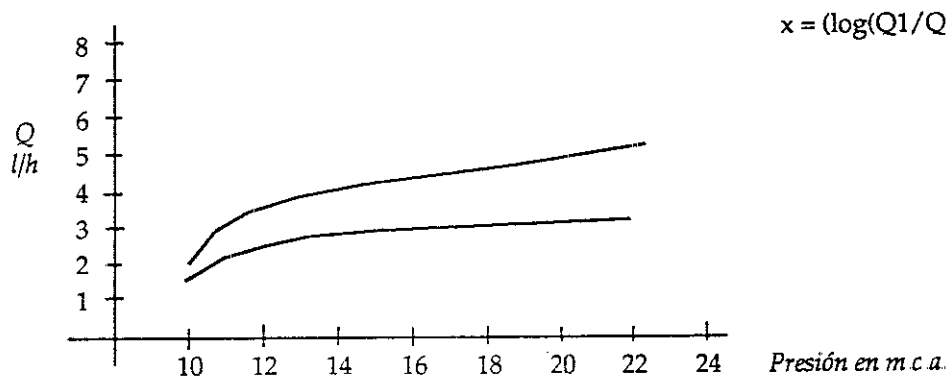
x puede variar entre 0 y 1 (en teoría)

Si x = 1 el caudal variará linealmente conforme varía la presión.

Si x = 0 el caudal permanecerá constante aunque varíe la presión.

En la práctica, los goteros autocompensantes soportan variaciones de presión de casi un 50% sin variaciones apreciables en el caudal.

Para goteros normales hay que pensar en valores de x = 0.5



Si el comportamiento de descarga de agua en un intervalo de presiones determinado es bueno, se puede utilizar con éxito, siempre que la instalación se proyecte adecuadamente para que funcione en ese intervalo de presiones.

Para proyectar una instalación de riego localizado, hay que partir de los siguientes datos:

- Localización y situación geográfica.
- Croquis de la finca con medidas
- Marco de plantación, en función de la especie y la variedad.

La localización de la finca es importante para poder prever la evapotranspiración de referencia sabiendo la temperatura media mensual de la estación climática más cercana.

Para las zonas frutícolas de Aragón se puede aplicar con suficiente aproximación la fórmula de Blaney-Criddle.

$$EI_0 = p(0.46 \times T^2 + 8.13)$$

EI<sub>0</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

p = para nuestra latitud tiene un valor en el mes de julio de 0.33

T<sup>2</sup> = Temperatura media mensual. (°C).

$$EI_c = EI_0 \times K_c$$

K<sub>c</sub> = Coeficiente de cultivo que depende de especies, variedad y fase vegetativa entre otras.

EI<sub>c</sub> = Evapotranspiración del cultivo. (mm/día).

Habrá que diseñar la instalación para que sea capaz de aplicar agua correctamente en el mes de máximo consumo cuando la plantación sea adulta. Para estas circunstancias hay que diseñar la instalación.

Para que el aspecto hidráulico cumpla su objetivo, en función de las características del gotero elegido, las tuberías deben tener las secciones debidas para que las pérdidas de carga sean menores del 10% de la presión media de trabajo (15% en microaspersión) y así la descarga de los goteros sea razonablemente uniforme. Para que esto se pueda cumplir, habrá que procurar ir en favor de pendiente, si es que la finca no es llana.

Ejemplo práctico:

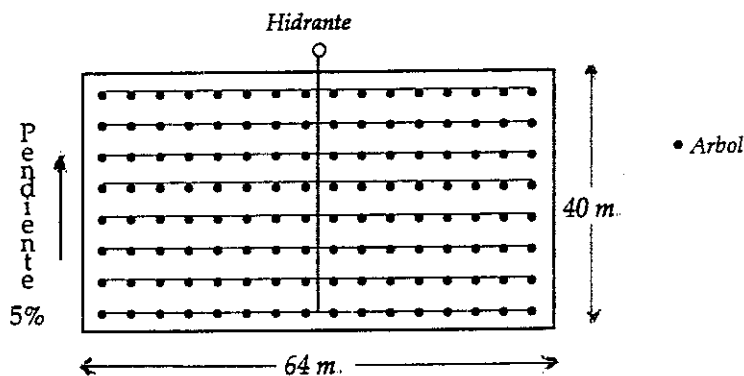
Supongamos una parcela como la de la figura, de textura franco-limosa y permeabilidad estabilizada en 8 mm/h. Plantación de melocotoneros a un marco de 5 x 4 mts.

Repasando lo escrito anteriormente, vemos que podemos colocar goteros de 6 l/h a razón de 4 por árbol. Si la temperatura media del mes de Julio es de 24° C, la  $ET_o = 6,3$  mm/día. Si el coeficiente de cultivo en cuestión es de 0,9, la  $ET_c = 6,3 \cdot 0,9 = 5,67$  mm/día. Esto supone 56,7 m<sup>3</sup>/ha. y día.

Teniendo en cuenta un porcentaje de sombreado respecto al marco de plantación, del 50% en el ejemplo, podremos aplicar un coeficiente reductor (C) según función definida por E. Fereres:

P %	10	20	30	40	50	60	70	80
C	0,3	0,5	0,62	0,74	0,87	0,95	0,99	1

Así pues, las necesidades máximas de riego serán de  $56,7 \cdot 0,87 = 50$  m<sup>3</sup>/ha. y día. Como en cada hectárea habrá 500 árboles, las necesidades máximas de agua por árbol serán de  $50000/500 = 100$  litros/árbol y día, cuando esta plantación sea adulta. Estas necesidades por árbol varían mucho en función del marco de plantación.



Vemos en el croquis que la línea portagoteros más larga, alimenta a 8 árboles a cada lado, lo que suponen 32 goteros de 6 lt/h = 192 lt/h. a una distancia de 32 mts.

Si la presión media de funcionamiento es 1,2 atmósferas (12 m.c.a.), la pérdida de carga en las líneas portagoteros y portaramales no deberán superar el 10% de 12 m.c.a.

$$\Delta h_t = \Delta h_{pg} + \Delta h_{pr}$$

$$\Delta h_t = 1,2$$

$$\Delta h_{pg} = 1$$

$$\Delta h_{pr} = 0,2$$

$$\Delta h_t = \text{Pérdida de carga total.}$$

$$\Delta h_{pg} = \text{Pérdida de carga en portagoteros.}$$

$$\Delta h_{pr} = \text{Pérdida de carga en porta-ramales.}$$

Si hemos de perder 1 m.c.a. con tubería cerrada, al tener 32 salidas, podemos colocar una tubería de menor diámetro, que produjese  $1/0,38^* = 2,63$  m.c.a. si fuera cerrada, pero al tener 32 salidas producirá 1 m.c.a. de pérdida de carga. (\* Coeficiente de Christiansen).

Para ir al ábaco, tenemos que transformar la pérdida de carga a mil metros. Es decir, si pierde 2,63 m.c.a. en 32 m. de tubería, en 1.000 m. de tubería serán:

$$(2,63 \times 1.000)/32 = 2.630/32 \approx 82 \text{ m.c.a.}$$

Vamos al ábaco y trazamos una recta por  $192/3.600 = 0,053$  l/s. y 82 m.c.a. y nos da directamente el diámetro de la tubería portagoteros, y que está entre 12 y 16 mm., luego la tubería deberá ser de 16 mm. de diámetro.

Si la presión media es de 12 m.c.a., la que debe existir al inicio de la tubería portagoteros deberá ser

$$H_i = h_m + 0,77 \cdot \Delta h_{pg} \quad \text{---} \quad 12,77 = 12 + 0,77 \cdot 1$$

Y la que habrá al final de la tubería

$$H_f = h_m - 0,23 \cdot \Delta h_{pg} \quad \text{---} \quad 11,77 = 12 - 0,23 \cdot 1$$

El diámetro de la tubería portarramales tendrá que provocar una pérdida de carga menor de 0 2 m c a. ( $\Delta h_{pr}$ ), pero como la pendiente juega a su favor podemos permitirle una pérdida de 2 m.c.a., ya que por desnivel ganamos más de 2 m.c.a.

Para entrar en el ábaco, si puede perder 2 m.c.a. en 40 m., en 1000 m. perderá;

$$1000 \cdot 2/40 = 50 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{al tener 8 salidas } 50/0.4^* = 125 \text{ m.c.a. en 1.000 m.}$$

$$\text{Caudal: } 384 \cdot 8 = 3072 \text{ l/h} = 3072/3600 = 0.85 \text{ l/s.}$$

Si vamos al ábaco y pasamos una recta por 0.85 l/s. y por 125 m.c.a. de pérdida de carga nos da el diámetro de la tubería portarramales que es mayor de 25, luego habrá que colocar una de 32 mm. de Ø.

Para que haya un correcto funcionamiento de la instalación, ha de colocarse materiales de calidad con la garantía suficiente del fabricante. El montaje ha de ser correcto, efectuando las pruebas de presión y estanqueidad, además de no escatimar en la colocación de filtros y automatismos que se consideren necesarios.

COEFICIENTE REDUCTOR DE PERDIDAS DE CARGA PARA TUBERIAS PORTARRAMALES (CHRISTIANSSEN)		
Nº Portaemisores	L1=L2	L1=L2/2
1	1	1
2	0,644	0,525
3	0,540	0,448
4	0,491	0,419
5	0,463	0,403
6	0,445	0,394
7	0,432	0,388
8	0,422	0,383
9	0,414	0,380
10	0,409	0,378
11	0,404	0,385
12	0,400	0,374
13	0,396	0,372
14	0,394	0,371
15	0,391	0,370
20	0,382	0,367
30	0,374	0,363
40	0,370	0,362
50	0,367	0,361
100	0,362	0,359
∞	0,357	0,358

L2= Distancia constante entre porta emisores.  
L1= Distancia del primer portaemisor al comienzo del ramal portaemisor.

COEFICIENTE REDUCTOR DE PERDIDAS DE CARGA PARA TUBERIAS PORTAEMISORES. (CHRISTIANSSEN)		
Nº Emisores	L1=L2	L1=L2/2
5	0,469	0,410
10	0,415	0,384
15	0,397	0,377
20	0,389	0,373
25	0,384	0,371
30	0,380	0,370
35	0,378	0,369
40	0,376	0,368
50	0,374	0,367
100	0,369	0,365
200	0,367	0,365
∞	0,364	0,364

L2 = Distancia media entre emisores.  
L1 = Distancia del primer emisor al origen.

### Comprobación de uniformidad del riego.

Si decíamos al principio que el ahorro de agua era uno de los pilares en los que se basa el riego localizado, consecuentemente, ha de haber una distribución de agua muy homogénea, para que se cumpla dicha premisa.

Por ello, si queremos comprobar la bondad de la distribución en el aspecto hidráulico habrá que comprobar un número suficiente de goteros, distribuidos convenientemente para verificar la uniformidad de distribución del agua operando como se explica a continuación.

Se elige un sector de riego y en él cuatro líneas portagoteros. En cada línea de goteros se eligen cuatro goteros situados al inicio, al 33%, al 66% y al final del recorrido. De esta forma tenemos en evaluación goteros situados en condiciones de máxima y mínima presión de funcionamiento.

Se pone en funcionamiento la instalación y se obtienen los volúmenes (c.c) de agua que han arrojado cada uno de los goteros controlados, en un tiempo determinado (p. ej. 5 minutos).

Se calcula la media =  $\sum n_i / N$

Se calcula la media del 25% de menor volumen  $m_{25} = (\sum_1^{N/4} n_i) / (N/4)$

U.D. =  $(m_{25} / m) \cdot 100$

El valor de la uniformidad de distribución (U.D.) debe ser mayor o igual que el 90%

Otra manera de valorar la uniformidad de una instalación de riego es calcular el C.U., conociendo de antemano el c.v. de los goteros.

$C.U. = 100 (1 - (1,27 \cdot c.v.) / \sqrt{e}) (q_{min} / q_m)$

c.v. = Coeficiente de variación del gotero.

e = Num. de goteros por árbol.

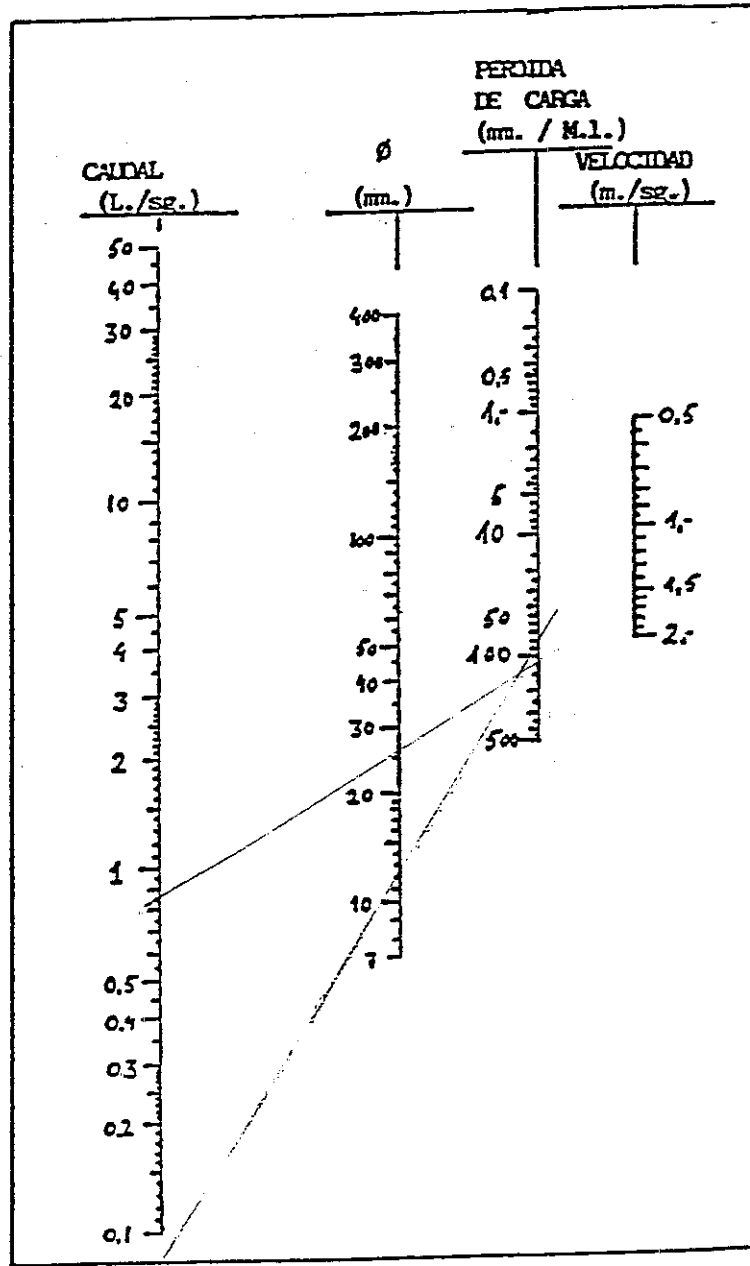
$q_{min}$  = Caudal del gotero que menos agua ha aportado.

$q_m$  = Caudal medio de los goteros controlados.

El C.U. debe ser mayor del 90%.

**Autor: Angel Bercero Bercero.**  
**Especialista en Suelos y Riegos.**  
**Sección Técnicas Agrarias**

ABACO PARA CALCULO DE TUBERIAS



Ø = Diámetro exterior



