

## **1. TOMA DE DECISIONES**

Instalar sistema de riego es algo opcional, que vamos a realizar para asegurar la producción e incluso aumentarla. El riego se convierte en una inversión especialmente rentable en los años de sequía, cuando en las truferas naturales hay un gran descenso de producción y el precio del hongo aumenta considerablemente.

Para la elección del sistema de riego se han estudiado las posibles alternativas atendiendo a sus ventajas e inconvenientes.

### **Riego por aspersión tradicional**

#### **Ventajas:**

- Puede utilizarse en todos los suelos independientemente de la permeabilidad de los mismos.
- La uniformidad de distribución del agua depende de una adecuada disposición y elección de los aspersores.
- Este riego permite un importante ahorro de mano de obra, sobre todo en las instalaciones fijas y en las mecanizadas, siendo posible el riego nocturno sin tener que estar vigilando continuamente.

#### **Inconvenientes:**

- El principal inconveniente que presenta el riego por aspersión es el elevado coste de su instalación.
- Algunos autores señalan inconvenientes como la existencia de pérdidas por evaporación cuando las gotas son pequeñas y el ambiente seco, pero esta evaporación puede disminuirse regando por la noche.
- En algunos cultivos y en determinadas épocas puede producir daños, por ejemplo en la floración.
- Puede apelmazar el suelo formando costra al golpear las gotas sobre la superficie del terreno, pero eligiendo el

aspersor adecuado en cada situación se soluciona el problema.

### **Riego por aspersión con cañón enrollable**

#### **Ventajas**

- Ahorro de mano de obra, puesto que sus exigencias se limitan al traslado de una toma a otra y a la extensión de la tubería, que se realiza con el tractor.
- Se puede utilizar en todo tipo de suelos.
- Posibilita el riego nocturno sin tener que estar vigilando continuamente.

#### **Inconveniente**

- Exigencia de elevadas presiones.
- Falta de uniformidad en la distribución agravada por la sensibilidad a los vientos.

### **Riego localizado**

#### **Ventajas**

- Se posibilita la incorporación de abono al agua de riego.
- Mantiene constantemente una humedad adecuada en el suelo.
- Es posible la utilización de aguas de peor calidad.
- Algunos autores citan ahorros importantes de agua como consecuencia de la reducción de la evaporación.
- El problema de las malas hierbas se reduce, pues sólo una parte de la superficie está húmeda.
- Permite un riego adecuado en todo tipo de suelos.

### Inconvenientes

- El principal inconveniente que presenta el riego localizado es el de las obturaciones.
- Es normal la acumulación de sales en la periferia del bulbo húmedo, por lo que en caso de tener lugar ligeras lluvias, las sales pueden ser arrastradas a la zona radical con el correspondiente daño al elevarse la presión osmótica.
- Las raíces se concentran en los bulbos húmedos, por lo que el enraizamiento puede resultar insuficiente.

Una vez analizadas las opciones, se descarta el riego localizado, ya que no es necesaria una humedad constante en el terreno; la posibilidad de la utilización de aguas de peor calidad no nos afecta (puesto que el agua se extraerá de un pozo de buena calidad); no nos interesa que tanto las raíces como el micelio, puedan dañarse por la acumulación de sales, y sobretodo, como la parte más importante para este cultivo son las raíces, no interesa que se concentren en la zona del bulbo húmedo sino que tengan un gran desarrollo, hasta ocupar el total de la extensión del terreno.

Por lo dicho con anterioridad, el método de riego elegido es el de aspersión, y en su modelo de cañón enrollable, ya que es el sistema más barato y se dispone de una alta presión.

## **2. CAÑÓN AUTOENROLLABLE**

### **2.1 Funcionamiento**

Los enrolladores constan de un cañón colocado sobre un carro con ruedas, que es arrastrado por la propia manguera flexible de polietileno por la que recibe el agua a presión. La manguera se enrolla en un tambor

que es accionado por la propia corriente de agua a través de un mecanismo de turbina o de fuelle hidráulico.

La disposición típica de este sistema de riego es una tubería principal enterrada por el centro de la parcela que permite estacionar la máquina junto a ella y conectarla a un hidrante.

Para efectuar el riego se desenrolla la manguera tirando del carro portacañón con ayuda de un tractor hasta situarlo junto al borde de la parcela, tras lo cual puede comenzar el riego. Una vez realizado el enrollamiento de la manguera, y finalizado el riego de esa banda, se gira la máquina 180° y se repite la operación, pudiendo regar una nueva banda. Para realizar otro riego es preciso desplazar la máquina hasta el siguiente hidrante para regar una nueva banda paralela a la primera que tenga solape con ella.

## **2.2 Condiciones de funcionamiento**

Los cultivos más adecuados son en general todos aquellos cultivos que cubren una alta proporción de la superficie del suelo, estando especialmente indicados para zonas húmedas para dar riegos de apoyo

La uniformidad de distribución del agua depende principalmente de la variación de la velocidad de avance, de las características propias del aspersor y de sus condiciones de trabajo, (presión, boquilla, ángulo de descarga...).

La presión a la entrada de la manguera estará entre 600 y 1000 kPa (6-10 kg/cm<sup>2</sup>) según el caudal transportado y el diámetro y longitud de tubería.

Las presiones de trabajo recomendadas en el cañón para obtener un tamaño de gota medio y un buen reparto son:

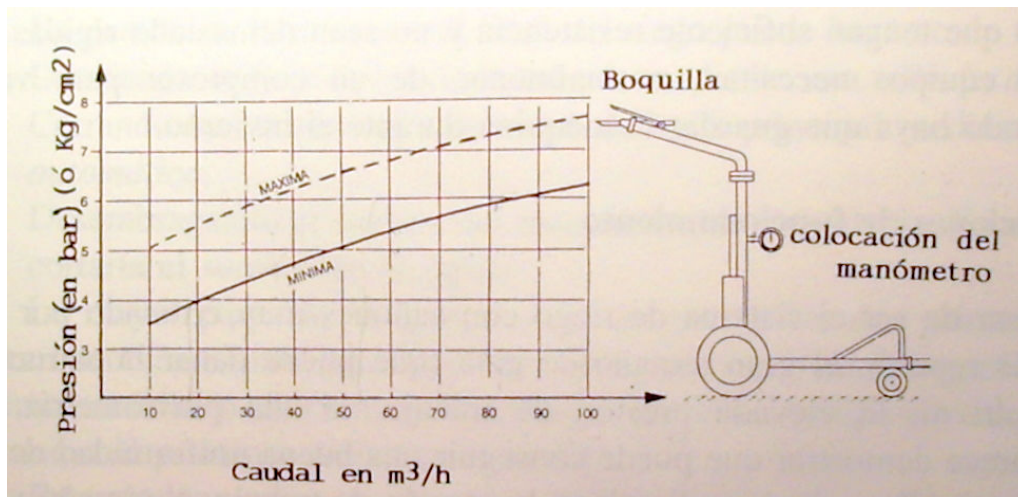


Figura 1: Intervalo de presión recomendado en el cañón según el caudal descargado.  
Fuente: Tarjuelo, 1995.

Los espaciamientos entre posiciones de riego más adecuados, en función de la velocidad del viento, suelen ser:

| Velocidad del viento m/s |     |       |       |       |
|--------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Espaciamiento            | 0-1 | 1-2,5 | 2,5-5 | >5    |
| (% del diámetro mojado)  | 80  | 75-70 | 65-60 | 55-50 |

Tabla 1: Espaciamiento en función de la velocidad del viento  
Fuente: Tarjuelo, 1995.

### 2.3 Características de los cañones

Son grandes aspersores giratorios, que originan un elevado caudal y la presión de trabajo, pudiendo ser de brazo oscilante o de turbina. Se elegirá el de turbina por permitir una mayor uniformidad en el riego.

Funcionan de forma sectorial normalmente de 200 a 220º, con lo que se consigue que el cañón se traslade sobre terreno seco. Además suelen llevar una válvula que cierra el paso del agua al llegar al final de su recorrido, lo que permite su uso sin tener que estar vigilado.

Los diámetros de boquilla varían normalmente entre 12 y 40 mm y su uso dependerá del caudal y presión de trabajo.

## **2.4 Características de las mangueras**

Suelen ser de diámetros entre 50 y 125 mm con longitudes que varían entre 120 y 500 m, y son diseñadas para soportar altas presiones y las fuerzas de tracción que aparecen al arrastrarse sobre el suelo. La vida útil de estas mangueras suele ser de 6 a 8 años.

Las mangueras suelen ser de polietileno (PE) de media densidad, para que tengan suficiente resistencia y no sean demasiado rígidas.

## **3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RIEGO**

El sistema de riego consta de un pozo donde hay instalada una bomba que extrae el agua del acuífero del Alto Palancia. Esta bomba de riego es accionada por un grupo electrógeno situado junto al pozo.

La bomba de riego presenta una potencia de 30 Kw, con un rendimiento del 70,4 %. En pozo tiene una profundidad de 250 m, donde hay instalado un grupo motobomba de 50 CV, con una velocidad de giro de 2.900 rpm.

El grupo electrógeno que acciona el sistema de riego tiene una potencia de 100 CV, con un consumo de 8 l/h.

La aplicación del agua se hará de manera directa mediante la bomba del pozo sin realizar ningún almacenamiento previo de agua, dadas las dimensiones de la red, las características del cultivo y por el abaratamiento de las instalaciones.

Los elementos del sistema de riego que deberán ser instalados son:

### **3.1 Tubería principal**

Para permitir las labores de cultivo, las tuberías irán enterradas, por lo tanto se colocarán tuberías de PVC, que son muy sensibles al efecto directo de la radiación solar, pero más baratas.

Para proteger las tuberías de la presión producida por el paso de los vehículos, se enterrarán en una zanja de 1 m de profundidad.

Los productos de la excavación se ubicarán a un mínimo de 60 cm del borde de la zanja, para evitar que se produzcan derrumbes durante el montaje. El fondo de la zanja debe dejarse plano, libre de piedras y raíces.

El procedimiento de montaje de la tubería y piezas se realizará fuera de la zanja de modo que el ancho de zanja sea el menor posible.

### **3.2 Válvulas**

#### **3.2.1 Válvula de esfera**

Permite el paso del agua a través de la conducción.

#### **3.2.2 Ventosa**

Se colocará inmediatamente después de la válvula de retención situada a la salida de la tubería del pozo. Esta válvula permitirá la expulsión del aire que pueda acumularse en este punto y permitir la entrada del mismo, cuando se den presiones negativas debido al golpe de ariete producido tras la parada de la bomba.

Estas válvulas generalmente se sitúan en los puntos más altos de la red de riego para evitar la formación de bolsas de aire en las tuberías, debido a las bajas presiones que se pueden alcanzar en estos puntos.

### **3.3 Accesorios y uniones**

Es el conjunto de piezas que se utilizan en la instalación de riego para unir tuberías de igual o distinto diámetro, hacer derivaciones, conectar válvulas, etc. Los más usuales son: manguitos, té, codos, cruces, anillas, tuercas, etc.

El material de los accesorios será de PVC, al igual que la tubería principal, e irán conectados mediante rosca.

### **3.4 Hidrantes**

Son los elementos de unión entre la tubería principal y la manguera del cañón de riego. Los hidrantes serán tipo "Barcelona" de 4", de bronce, con cerradura.

## **4. CALCULO DEL RIEGO**

### **4.1 Necesidades hídricas**

Las necesidades hídricas se calculan restando la precipitación a los valores de evapotranspiración. Para ello se han empleado los datos de los meses con mayor evapotranspiración, calculado según Thornthwaite, (véase Anejo 2: Estudio climático) que son de mayo a septiembre.

ETP - P= 245 mm

Las necesidades mensuales serán:  $245 \text{ l/m}^2 / 5 \text{ meses} = 49 \text{ l/m}^2/\text{mes}$ , lo que supondrá una cantidad de  $1,6 \text{ l/m}^2/\text{día}$ .

Las necesidades de riego en verano son de  $25\text{-}30 \text{ l/m}^2$ .



Para los cálculos de riego se estima una eficiencia de aplicación  $E_a = 75\%$ , estando previsto parar 4 h al día coincidiendo con las horas punta de coste energético. Se estima 1 h el tiempo necesario para el cambio de posición del equipo, y los vientos dominantes con velocidad media de 2,5 m/s.

#### **4.2 Cálculo de los parámetros de riego**

$$D_n = CA \cdot Z \cdot DPM$$

$$D_b = D_n / E_a$$

Donde:

$CA$  = capacidad de almacenamiento en mm/cm de suelo (valor tabulado: 1 para suelo franco-arenoso).

$Z$  = profundidad radicular en cm (las raíces se desarrollan en los primeros 40 cm de suelo).

Por lo tanto:

$$D_n = 1 \cdot 40 \cdot 0,45 = 18 \text{ mm}$$

$$D_b = 18 / 0,75 = 24 \text{ mm}$$

#### **4.3 Caudal medio de bombeo necesario**

Se calculará como cociente entre el volumen de agua que es necesario aplicar en un riego y el número de horas utilizadas para tal fin:

$$Q \text{ (l/s)} = \frac{N \text{ (l/m}^2 \text{ día)} \cdot 10000 \text{ (m}^2 \text{/ha)} \cdot A \text{ (ha)}}{E_a \cdot Trd \text{ (h/días)} \cdot 3600 \text{ (s/h)}}$$

$$Q \text{ (l/s)} = \frac{1,6 \cdot 10000 \cdot 22,3}{0,75 \cdot 19 \cdot 3600} = 6,95 \text{ l/s} = 25,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal se mayorará un 20% para evitar las pérdidas en caso de viento superior a 4 m/s, quedando además así un margen de seguridad en el equipo para caso de averías.

#### 4.4 Selección del aspersor

Según se indica en la figura nº 1 del apartado 2.2 del presente anejo, para este caudal, la presión más recomendable de trabajo es de 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que con los datos de un fabricante, a título de ejemplo, cogeríamos un aspersor con boquilla de diámetro 20 mm, que a esa presión da un caudal de 34,4 m<sup>3</sup>/h, y será el que adoptaremos.

Ese cañón, en estas condiciones tiene un alcance de 45 m.

Se suele recomendar un sector circular de riego entre 200º y 220º. Si adoptamos el mayor, la pluviometría media que el suelo debe infiltrar puede estimarse mediante la ecuación:

$$P \text{ (mm/h)} = \frac{Q \text{ (l/h)}}{S \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{34400}{\pi (0,9 \cdot 45)^2 (220/360)} = 10,92 \text{ mm/h}$$

Por lo que este cañón no tendría problemas en el suelo franco arenoso, incluso en condiciones de suelo desnudo, como se puede observar en la siguiente tabla:

| Velocidad de infiltración (mm/h) |                             |                              |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b><i>Textura del suelo</i></b>  | <b><i>Suelo desnudo</i></b> | <b><i>Suelo cubierto</i></b> |
| Arenoso                          | 25                          | 50                           |
| Franco-arenoso                   | 18                          | 36                           |

|                  |    |    |
|------------------|----|----|
| Franco           | 12 | 25 |
| Franco-arcilloso | 6  | 12 |
| Arcilloso        | 2  | 5  |

El considerar el 90% del radio mojado (Keller, 1990) es para estimar la pluviometría que cae en la mayor parte del área mojada, que está por encima del valor medio.

#### **4.5 Separación entre posiciones de riego**

Teniendo en cuenta lo indicado en la tabla nº 1 del apartado 2.2 del presente anejo, el espaciamiento entre posiciones de riego para una velocidad media del viento de 2,5 m/s puede ser del 75% del diámetro mojado, por lo que se tendrá:

$$E = 2 \cdot 45 \cdot 0,75 = 67,5 \text{ m}$$

Por lo que colocando el equipo según la menor dimensión de la parcela para que sea más corta la manguera y menores las pérdidas de carga, se tendrá:

$$500/67,5 = 7,4 \text{ bandas}$$

Tomando 7 bandas, el espaciamiento sería de  $500/7 = 71,43 \text{ m}$ , que corresponde a un 79% del diámetro mojado y sobrepasa la recomendación. Se tomarán pues 8 bandas y el espaciamiento quedará en:  $E = 500/8 = 62,5 \text{ m}$ , que corresponde a un 67,7% del diámetro.

#### **4.6 Velocidad de avance del cañón y tiempo de riego**

La velocidad de avance vendrá dada por la expresión:

$$V \text{ (m/h)} = \frac{Q \text{ (l/h)}}{Db \text{ (l/m}^2\text{)} E \text{ (m)}} = \frac{34400}{24 \cdot 62,5} = 22,93 \text{ m/h}$$

Esta velocidad está dentro del intervalo que puede desarrollar la máquina (entre 5 y 50 m/h).

El tiempo necesario para realizar una postura de riego dependerá de la longitud a recorrer y de la velocidad de avance, debiendo tener en cuenta además el tiempo de funcionamiento sin avance al principio y al final de la misma.

Para nuestro caso se tendrá:

$$Di = 2/3 R = 2/3 \cdot 45 = 30 \text{ m}$$

$$Ti = \frac{2}{3} \frac{\alpha}{360} \frac{R}{V} = \frac{2}{3} \frac{220}{360} \frac{45}{22,9} = 0,8 \text{ h}$$

$$Tfe = \frac{2}{3} \left(1 - \frac{\alpha}{360}\right) \frac{R}{V} = \frac{2}{3} \left(1 - \frac{220}{360}\right) \frac{45}{22,9} = 0,5 \text{ h}$$

La postura más larga consta de 370 m, por lo tanto, la longitud de la manguera será:

$$Lm = 370 - 30 = 340 \text{ m}$$

Y el tiempo de riego al principio y al final de la misma será:

$$Tr = 340/22,9 + 0,8 + 0,5 = 16,15 \text{ h}$$

Esto permite realizar una o dos posturas de riego al día, dependiendo de la longitud de la misma.

#### 4.7 Presión necesaria a la entrada del aparato

Se obtendrá sumando a la presión necesaria en el cañón la altura de éste sobre el terreno y las pérdidas de carga en la manguera y en los mecanismos de propulsión y regulación, que serán mucho más importantes en las máquinas de turbina (de 50 a 100 kPa o más) que en las de fuelle. En estas últimas en cambio hay que prever un caudal adicional para el consumo del fuelle (entre 1,5 y 5 % del caudal total).

Para el caudal de 34,4 m<sup>3</sup>/h, y suponiendo que se trata de un enrollador de turbina, el diámetro de manguera más adecuado es el de 100 mm. A continuación se calcula la presión a la entrada del aparato para este diámetro de manguera.

#### Diámetro de manguera 100 mm

|                                                                    |                |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| Presión necesaria en el cañón                                      | 500 kPa        |
| Pérdida de carga en la manguera $h$ (kPa) = $100 \cdot J \cdot L$  | 68 kPa         |
| Pérdida de carga en la turbina y demás elementos singulares        | 100 kPa        |
| Altura del cañón sobre el suelo y pérdidas en elementos singulares | 30 kPa         |
| <b>TOTAL</b>                                                       | <b>698 kPa</b> |

Siendo la pérdida de carga en la manguera  $h = 100 \cdot 0,2 \cdot 3,4 = 68$  kPa, donde el coeficiente 0,2 viene dado por tablas.

Los valores de pérdida de carga en la turbina y pérdida de carga por altura sobre el suelo se consideran constantes para cualquier diámetro de manguera.

## **5. DISEÑO DE LA CONDUCCION PRINCIPAL**

### **5.1 Diámetro de la conducción**

Suponiendo una velocidad de 1,5 m/s para el caudal en l/h que atraviesa la conducción, se estima el diámetro interior teórico en milímetros con la expresión:

$$D_i = 0,486 \sqrt{Q}$$

$$D_i = 0,486 \sqrt{34400} = 90,14 \text{ mm}$$

Con este diámetro interior teórico y utilizando tablas se obtiene el diámetro nominal y el diámetro interior en milímetros.

| Q (l/h) | DN (mm) | PN (MPa) | Di (mm) | L (m) | $\Delta h$ (m) |
|---------|---------|----------|---------|-------|----------------|
| 34400   | 90      | 1,0      | 81,4    | 455   | 10,96          |
|         | 110     | 1,0      | 99,4    | 455   | 4,20           |
|         | 125     | 1,0      | 113     | 455   | 2,27           |

Se elige la tubería de DN125, pues la de DN90 tiene un diámetro interior inferior al diámetro interior teórico y la de DN110 unas pérdidas excesivas.

Se considera la longitud de la conducción  $L = 500 - 45 = 455$  m, siendo 45 los metros de diámetro mojado.

## 5.2 Pérdidas de carga en la conducción

Las pérdidas de carga se han calculado por la fórmula de Veronesse.

$$\Delta h = 0,365 L (Q^{1,8}/D_i^{4,8}) = 2,27 \text{ m}$$

Siendo:

Q: caudal en m<sup>3</sup>/h

D<sub>i</sub>: diámetro interior en mm

L: longitud de la tubería en m

**6. CALCULO PARA LA EXCAVACION DE ZANJAS**

Para la instalación del sistema de riego se abrirá una zanja de 478,70 metros de longitud por 50 cm de ancho y 100 cm de profundidad. Lo que da un total de  $239,35 \text{ m}^3$  de tierra.

Después de la instalación de la tubería, se rellenará la zanja con los productos de la excavación y se compactará al 90% del proctor normal.