

ÍNDICE SUBANEJO 9.2: INSTALACIÓN HIDRÁULICA

1. INTRODUCCIÓN	2
2. CÁLCULOS.....	3
2.1. Caudal a impulsar	3
2.2. Tubería de distribución	3
Pérdida de carga máxima admisible	3
Pérdidas de carga continuas (Ah_c).....	3
Pérdidas de carga unitarias (J).....	4
Diámetro de la tubería (D).....	4
Pérdidas de carga localizadas	5
Pérdidas de carga totales.....	5
Velocidad del agua	6
2.3. Bomba de distribución	6
2.4. Cálculo bomba sumergible del pozo.....	7
Velocidad del caudal	7
Pérdidas de carga continuas.....	7
Pérdidas de carga localizadas (Ah_s).....	8
Pérdidas de carga totales.....	9
Potencia de la bomba.....	9

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se llevará a cabo el dimensionamiento de la red hidráulica empleada para el sistema hidropónico NFT. Cálculos realizados en función del caudal requerido para asegurar el paso de la lámina nutritiva que atraviesa los canales, a los que llamaremos unidades de cultivo (UC). Cada invernadero cuenta con 22 canales, 44 en total, con una longitud de 7 metros cada uno.

Se parte de la premisa que por cada canal debe pasar el caudal (lámina nutritiva) de 2 l/min, sin embargo, a lo largo del período de crecimiento del cultivo este flujo puede aumentarse. La altura de la lámina será de 4 mm. Para asegurar esta escasa altura se escoge un canal de sección rectangular de PVC.

La disolución nutritiva es transferida desde el estanque colector por una tubería distribuidora. Dicha tubería transfiere la disolución a los canales a través de unos emisores de 0,7 mm de diámetro de la casa comercial Netafim, con una presión de 1,5 bar. Estos emisores transfieren la disolución a los canales con un caudal de 120 l/h.

Al tratarse de un sistema recirculante, la lámina nutritiva retorna por gravedad a un tanque colector donde se controla la CE y el pH, para volver a ser impulsada. Esta recirculación se consigue añadiendo una pendiente del 1% (0,25 cm) a los canales de cultivo, que mediante unos tubos de PE colocados al final de los canales transfieren el flujo a un canal de drenaje. Finalmente este canal de drenaje transfiere la lámina nutritiva al tanque colector, también por gravedad, al igual que en los canales de cultivo, con una pendiente del 1%.

2. CÁLCULOS

2.1. Caudal a impulsar

El caudal necesario para cada canal de cultivo va a ser de 2 l/min. Por tanto el caudal de la bomba de impulsión del estanque colector será:

$$Q_{\text{bomba}} = Q_{\text{canal}} \cdot n^{\circ} \text{ canales} = 2 \text{ l/min} \cdot 22 \text{ canales} = 44 \text{ l/min} = 2640 \text{ l/h} \\ = 0,73 \text{ l/s} = 0,00073 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2. Tubería de distribución

Datos a tener en cuenta:

- Longitud de la tubería (L): 35,86 m.
- Caudal (Q): 0,00073 m³/s.
- Presión nominal de los emisores (Pn): 1,5 bar = 15,3 m.c.a.
- Pérdidas de carga singulares de PE (a): 1,1.
- Pendiente 1% (Tramo 1-2): 0,025 m.

Pérdida de carga máxima admisible

Tomando como referencia que la variación del caudal descargado entre dos de los emisores no debe ser inferior al 10%, esta variación de caudal es equivalente a una variación de presión del 20%.

Por tanto en el Tramo 1-2 de la tubería el caudal tiene que superar una pendiente del 1%, por tanto las pérdidas de carga máxima admisible será:

$$Ah_{\text{máx.}} \leq 0,2 \cdot \frac{P}{\gamma} - Z$$

$$Ah_{\text{máx.}} = 0,2 \cdot 15,3 - 0,025 = 3,06 \text{ m.c.a}$$

Pérdidas de carga continuas (Ah_c)

$$Ah_c = \frac{Ah}{a}$$

$$Ah_c = \frac{3,06}{1,1} = 2,78 \text{ m}$$

Subanejo 9.2: Instalación hidráulica

Pérdidas de carga unitarias (J)

$$J = \frac{Ahc}{L} = \frac{2,78}{35,86} = 0,077 \text{ m/m}$$

Diámetro de la tubería (D)

$$D = \sqrt[4,8]{92 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{Q^{1,8}}{J}}$$

$$D = \sqrt[4,8]{92 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,00073^{1,8}}{0,077}} = 0,0265 \text{ m} = 26,5 \text{ mm}$$

A continuación se escoge la tubería de PE con el diámetro comercial inmediatamente superior y se vuelven a calcular las pérdidas de carga con dicho diámetro.

Tubería	PN (atm)	DN (mm)	DI (mm)	e (mm)
PE 50A	6	40	35,2	4,8

Se opta por la elección de PE, ya que los emisores se introducen directamente en la tubería, y este material es el idóneo para la perforación.

Comprobaciones con este diámetro:

Para determinar las pérdidas de carga unitarias, se escoge la formula de Blasius para un régimen turbulento liso:

$$J = 83 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 83 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,00073^{1,75}}{0,0352^{4,75}} = 0,0216 \text{ m/m}$$

$$Ahc = J \cdot L = 0,00216 \cdot 35,86 = 0,775 \text{ m}$$

$$Ah = a \cdot Ahc = 1,1 \cdot 0,775 = 0,852 \text{ m}$$

Subanejo 9.2: Instalación hidráulica

Pérdidas de carga localizadas

Se producen por las perturbaciones en la corriente en puntos concretos, en este caso se presentan dos cambios bruscos de dirección, que se producen por dos codos. Por tanto se calculan las pérdidas de carga localizadas dividiendo la tubería en dos tramos.

Se escoge para el cálculo la fórmula de las pérdidas de carga en función del caudal:

$$Ah = 0,08263 \cdot K \cdot \frac{Q^2}{D^4}$$

Donde:

K: coeficiente de las pérdidas localizadas, propio de cada accesorio (adimensional). Se toma el dato de la ficha técnica del producto, en este caso dos codos que tienen un valor de 0,6.

Tramo 1-2:

$$Ah = 0,08263 \cdot 0,6 \cdot \frac{0,00073^2}{0,0352^4} = 0,017 \text{ m}$$

Tramo 2-3:

$$Ah = 0,08263 \cdot 0,6 \cdot \frac{0,00073^2}{0,0352^4} = 0,017 \text{ m}$$

Total: 0,034 m

Pérdidas de carga totales

Por tanto se establece que las pérdidas de carga totales a lo largo de la tubería de distribución serán:

$$Ah_T = \Sigma \text{Pérdidas de carga}$$

$$Ah_T = 0,034 + 0,852 + 0,775 + 0,0216 = 1,68 \text{ m} < 3,06 \text{ (} Ah_{\text{máx.adm.}} \text{)}$$

Subanejo 9.2: Instalación hidráulica

Velocidad del agua

En función de la ecuación de la continuidad se obtiene la velocidad de la disolución a lo largo de la tubería:

$$Q = v \cdot S; v = \frac{Q}{S} = \frac{0,00073}{\pi \cdot \left(\frac{0,0352}{2}\right)^2} = 0,75 \text{ m/s}$$

2.3. Bomba de distribución

Para transmitir el caudal desde el tanque colector a la tubería de distribución se realiza con una bomba de desplazamiento, ya que permiten una regulación precisa del caudal a impulsar, son de pequeñas dimensiones y fácil manejo.

Teniendo en cuenta los datos de la tubería de distribución, se calcula a continuación la potencia necesaria para esta bomba.

Bernoulli entre el estanque colector y los canales

$$\left(Z_a + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_a^2}{2g} \right) + H_B - Ah_T = \left(Z_b + \frac{P_b}{\gamma} + \frac{V_b^2}{2g} \right)$$

$$(0 + 0 + 0) + H_B - 1,68 = 0,025 + 15,3 + \frac{0,75^2}{2g}$$

$$H_B = \left(0,025 + 15,3 + \frac{0,75^2}{2g} \right) + 1,68 = \mathbf{17 \text{ m}}$$

Potencia de la Bomba

$$N_B = \gamma \cdot Q_B \cdot H_B$$

$$N_B = 9810(\text{N/m}^3) \cdot 0,00073 (\text{m}^3/\text{s}) \cdot 17 (\text{m}) = 121 \text{ W} = 0,121 \text{ kW}$$
$$= \mathbf{0,16 \text{ CV}}$$

2.4.Cálculo bomba sumergible del pozo

A continuación se realizan los cálculos para obtener la potencia de la bomba necesaria para extraer el agua del pozo, para un caudal de 0,0015 m³/s.

Singularidades:

- 2 codos de 90°.
- 2 electroválvulas de compuerta.
- 2 válvulas de retención.
- 2 entradas a depósito.

Tubería PE 50 A, que conecta el agua del pozo con ambos tanques colectores:

- Pérdidas de carga en la tubería: 2,12 m.
- DN: 40 mm.
- DI: 35,2.
- L: 25 m.

Velocidad del caudal

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,0015}{\pi \cdot \left(\frac{0,0352}{2}\right)^2} = 1,54 \text{ m/s}$$

Pérdidas de carga continuas

Ecuación de Darcy-Weisbach:

$$A_{hc} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

f: coeficiente de pérdidas primarias (adimensional). Se obtiene de la fórmula de Blasius:

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

Subanejo 9.2: Instalación hidráulica

Nº de Reynolds

$$Re = 352,64 \cdot \frac{Q}{D} = 352,64 \cdot \frac{5280 \text{ l/h}}{35,2 \text{ mm}} = 52896$$

52896 > 2000 → Régimen Turbulento, tuberías lisas.

Por tanto f:

$$f = \frac{0,3164}{52896^{0,25}} = \mathbf{0,021}$$

Las pérdidas de carga continuas serán:

$$Ah_c = 0,021 \cdot \frac{25}{0,0352} \cdot \frac{1,54^2}{2g} = \mathbf{1,80 \text{ m}}$$

Pérdidas de carga localizadas (Ah_s)

Se obtienen mediante la ecuación fundamental de las pérdidas localizadas, en función de la velocidad:

$$Ah_s = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

K: coeficiente de las pérdidas localizadas (adimensional). Es propio de cada accesorio presente en la instalación, y se obtiene del catálogo comercial de la casa comercial donde se escogen los accesorios.

En la siguiente tabla se resumen los cálculos para cada accesorio:

Accesorio	K	Ah _s = K · $\frac{v^2}{2g}$ (m)
Codo 90° (2)	0,6	0,073 m · 2 = 0,15
Electroválvula de compuerta (2)	0,2	0,024 m · 2 = 0,048
Válvula de retención (2)	3	0,357 m · 2 = 0,725
Entradas a depósito (2)	1	0,121 m · 2 = 0,242
TOTAL		1,165

Subanejo 9.2: Instalación hidráulica

Pérdidas de carga totales

$$\mathbf{Ah_T = Ah_c + \Sigma Ah_s}$$

$$\mathbf{Ah_T = 1,80 + 1,165 = 2,97 \text{ m}}$$

Potencia de la bomba

Bernoulli entre el pozo y los estanques colectores

$$\left(Z_a + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_a^2}{2g} \right) + H_B - Ah_T = \left(Z_b + \frac{P_b}{\gamma} + \frac{V_b^2}{2g} \right)$$

$$(0 + 0 + 0) + H_B - 2,97 = 10 + 0 + 0$$

$$\mathbf{H_B = 10 + 2,97 = 12,97 \text{ m}}$$

Potencia de la Bomba

$$\mathbf{N_B = \gamma \cdot Q_B \cdot H_B}$$

$$N_B = 9810(\text{N/m}^3) \cdot 0,0015 (\text{m}^3/\text{s}) \cdot 12,97 (\text{m}) = 190,85 \text{ W} = 0,191 \text{ kW}$$

$$\mathbf{= 0,26 \text{ CV}}$$