

# **ANEJO VI**

# **DISEÑO HIDRÁULICO**

## **ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. RED DE DISTRIBUCIÓN .....	3
3. CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE LÍNEA. ....	4
4. CÁLCULO DE LA RED. ....	6

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el diseño hidráulico se determinarán las dimensiones de todos los componentes de la instalación de riego, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus fases de desarrollo; otro objetivo es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme. Con todo ello se podrá obtener un buen mantenimiento del cultivo con el menor gasto de agua.

Un dato importante es que el valor de la uniformidad de aplicación que se utilizará en el proceso de diseño hay que elegirlo previamente, teniendo en cuenta que optando por una uniformidad alta, se estará eligiendo una instalación de riego que ahorrará agua y mantendrá el césped y los cultivos en un buen estado, lo que siempre es necesario. Pero también será mayor el coste de la instalación ya que las presiones deberán ser más uniformes, mayores los diámetros de tuberías, una buena longitud de estas etc.

Así pues, habrá que llegar a un equilibrio, eligiendo una uniformidad lo suficientemente elevada que permita aprovechar el agua al tiempo que se obtienen buenas producciones, sin que el coste sea excesivo. En cualquier caso el coeficiente de uniformidad (UE) deberá ser mayor o igual que 75%.

Para lograr una buena uniformidad de aplicación del agua será necesario que la presión en todos los aspersores sea similar, tenemos que tener en cuenta que el agua perderá presión a su paso por las tuberías, en las conexiones, piezas especiales, etc, lo que se conoce como pérdida de carga. Para que las diferencias de presión sean lo menor posible debemos colocar los ramales siguiendo más o menos las curvas de nivel.

En este caso la parcela no tiene desniveles, es un espacio plano por lo que las diferencias de presión serán despreciables.

## **2. RED DE DISTRIBUCIÓN**

Toda red hidráulica está formada por un conjunto de líneas y nudos. Una línea es aquel elemento en el que el circulante por el mismo es función de la diferencia de cotas piezométricas entre sus nudos extremos.

Dado que el tipo de red es ramificada y con un único punto de alimentación, el sentido de circulación del agua está definido por el propio punto de alimentación y la cota piezométrica en el nudo inicial de cada línea será mayor que la cota piezométrica en el nudo final y la diferencia será la pérdida de carga en la línea.

En la red de distribución podemos distinguir los siguientes elementos:

- Tuberías: Sus características dependen de su longitud, diámetro interior, caudal circulante, coeficiente de pérdidas menores y rugosidad interior de la tubería
- Bombas: Dispositivo que aporta la energía en forma de altura de agua para un caudal dado. El caudal y la altura manométrica dependen de sus características motrices.
- Cabezal de filtrado: A nivel de dimensionado se comportan como válvulas de rotura de carga. Introducen una pérdida que define el usuario independientemente del caudal que circule en cada momento.
- Válvulas:
- Los nudos son los conectores del inicio y final de cada línea. A efectos de dimensionado podemos distinguir tres tipos:
  - Nudo inicial: Definen el origen de la red y modelizan un depósito, hidrante o balsa. Al mismo tiempo es el nudo inicial de la primera línea de red.
  - Nudos de bifurcación: Son el inicio o final de una línea y sirven para interconectar las líneas de la red. Se admite que no hay consumo ni restricción de presión mínima.
  - Nudos de consumo: Corresponden siempre a un final de línea y en ellos hay un consumo determinado y se debe garantizar una presión mínima. Estos también modelizan una subunidad de riego, un hidrante o una boca de riego.

### **3. CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE LÍNEA.**

Una vez ha sido definida la red y las condiciones de funcionamiento podemos calcular los caudales de línea. Para cada sector el caudal circulante por línea se calcula aplicando la

ecuación de continuidad en los nudos de la red, empezando por los extremos aguas abajo y siguiendo un sentido inverso al de circulación del agua.

El cálculo de los caudales de línea para el dimensionado de la red se determina adoptando el caudal máximo circulante por cada línea para todos los sectores de la red.

Una vez tenemos el caudal podremos calcular los diámetros teóricos interiores, los cuales se procede a normalizar adoptando el inmediato superior.

La tabla siguiente muestra los cálculos realizados en todas las líneas de nuestra instalación, donde Nudo(+) hace referencia al punto de inicio de la línea y Nudo (-) el punto final de esa línea. Además también podemos observar los metros que tiene cada una de las tuberías utilizadas:

Línea	Nudo(+)	Nudo(-)	Tipo línea	Longitud (m)	Cota nudo (-)	Sector riego
1	1	2	1	10,6	125,00	
2	2	3	2		125,00	
3	3	4	3		125,00	1
4	3	5	1	19,0	125,00	
5	5	6	1	11,0	125,00	2
6	6	7	1	41,0	125,00	3
7	5	8	1	3,0	125,00	4
8	8	9	1	3,0	125,00	5
9	9	10	1	55,0	125,00	
10	10	11	1	4,0	125,00	6
11	11	12	1	11,0	125,00	7
12	12	13	1	36,0	125,00	8
13	10	14	1	12,0	125,00	9
14	14	15	1	94,0	125,00	10
15	15	16	1	13,0	125,00	
16	16	17	1	10,0	125,00	11
17	16	18	1	7,0	125,00	12

*Tabla 1: Distribución de la red.*

Línea	Nudo(+)	Nudo(-)	Tipo línea	Caudal línea	Diám.int. Teórico(mm)	Sector riego
1	1	2	1	51,28	85,2	
2	2	3	2	51,28	85,2	
3	3	4	3	25,90	60,5	1
4	3	5	1	51,28	85,2	
5	5	6	1	51,28	85,2	2
6	6	7	1	4,60	25,5	3
7	5	8	1	41,50	76,6	4
8	8	9	1	41,50	76,6	5
9	9	10	1	41,50	76,6	
10	10	11	1	41,50	76,6	6
11	11	12	1	17,55	49,8	7
12	12	13	1	13,62	43,9	8
13	10	14	1	22,50	56,4	9
14	14	15	1	14,70	45,6	10
15	15	16	1	14,70	45,6	
16	16	17	1	8,80	35,3	11
17	16	18	1	14,70	45,6	12

Nudo (+) hace referencia al punto desde donde sale la tubería y Nudo (-) al punto donde llega dicha tubería

#### 4. CÁLCULO DE LA RED.

El siguiente paso es el cálculo de las velocidades reales de circulación y de la pérdida de carga en cada línea, para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{4xQ_l}{\pi x D_N^2}$$

La pérdida de carga en cada línea se calcula mediante la fórmula de Darcy-Weisbach, calculando el factor de fricción mediante la fórmula de White-Colebrook:

$$h_i = 0.0826 \times f_i \times L_i \times K_m \times \frac{Q_i^2}{D_i^5}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{R_e \sqrt{f}} + \frac{K_r/D_i}{3.7} \right)$$

La pérdida acumulada desde el nudo i+1 hasta el origen será el sumatorio de las pérdidas de carga en las líneas que conectan el nudo i+1 con el origen de la red

$$h_{acumulada[1-i]} = \sum_{j=i}^1 h_{r_i} \quad \forall j \in \text{Serie}(1, i)$$

Calculadas las pérdidas de carga acumulada, lo siguiente es el cálculo de la presión resultante en casa uno de los nudos aguas debajo de las líneas que componene la red.

$$\frac{P_{r_i}}{\gamma} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} - z_i - h_{acum1-i}$$

A continuación se calcula el déficit de presión en cada nudo con consumo. Se define el mismo como la diferencia entre la presión requerida en el mismo y la resultante calculada previamente.

$$\text{Déficit} \frac{P}{\gamma} = \frac{P_{req1}}{\gamma} - \frac{P(\text{resultante})}{\gamma}$$

El déficit máximo será el valor máximo de los déficits, calculados para todos los nudos con consumos de la red. El nudo en el que se verifica el mismo se denomina *nudo más desfavorable de la red*.

Si el déficit máximo es negativo, cuando la cota piezométrica es conocida en origen (hidrante o depósito a cota elevada) indica que se cumplen las restricciones de presión en todos los nudos con consumo y por lo tanto los diámetros adoptados son aceptables.

En el caso de disponer de bomba, la altura manométrica que garantice los requerimientos de presión en los nudos con consumo se calcula a partir de la altura manométrica inicial y el déficit máximo:

$$H_m = H_{m_o} + Déficit_{max}$$

Todos los cálculos quedan expuestos en las siguientes tablas:

Línea	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (kPa)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m)	Pérdida acumulada (m)	Presión estática (m)
1	125	1,00	1,49	0,20	0,20	0,00
2			0,00	-28,43		34,59
3			0,00	0,00	0,20	34,59
4	125	1,00	1,49	0,36	0,56	34,59
5	110	1,00	1,94	0,39	0,95	34,59
6	40	1,00	1,31	2,47	3,42	34,59
7	110	1,00	1,57	0,07	0,63	34,59
8	110	1,00	1,57	0,07	0,71	34,59
9	110	1,00	1,57	1,33	2,04	34,59
10	110	1,00	1,57	0,10	2,13	34,59
11	90	1,00	0,99	0,15	2,28	34,59
12	75	1,00	1,11	0,74	3,02	34,59
13	90	1,00	1,27	0,25	2,29	34,59
14	90	1,00	0,83	0,92	3,21	34,59



Línea	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (kPa)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m)	Pérdida acumulada (m)	Presión estática (m)
15	90	1,00	0,83	0,13	3,33	34,59
16	75	1,00	0,71	0,09	3,43	34,59
17	90	1,00	0,83	0,07	3,40	34,59

*Tabla 2: velocidad de las líneas, pérdidas de carga y Pestáticas*

En esta tabla podemos observar una pérdida de carga negativa de -28.43m. Esta pérdida negativa solo implica que es la altura manométrica de la bomba.

Línea	Nudo(+)	Nudo(-)	Tipo línea	Diámetro nominal (mm)	Presión resultante (m)
1	1	2	1	125	-0,20
2	2	3	2		28,23
3	3	4	3		28,23
4	3	5	1	125	27,87
5	5	6	1	110	27,47
6	6	7	1	40	25,00
7	5	8	1	110	27,79
8	8	9	1	110	27,72
9	9	10	1	110	26,39
10	10	11	1	110	26,29
11	11	12	1	90	26,15
12	12	13	1	75	25,41
13	10	14	1	90	26,14
14	14	15	1	90	25,22
15	15	16	1	90	25,09
16	16	17	1	75	25,00
17	16	18	1	90	25,03

*Tabla 3: Diámetro nominal y P resultante.*

La siguiente tabla hace referencia al resumen de todas las mediciones, los diámetros de tubería necesarios, la longitud, el coste y la presión nominal de cada uno de ellos. Las tuberías seleccionadas han sido de PE-100.

Resumen de mediciones				
Presión nominal (mPa)	Presión nominal (mPa)	Longitud (m)	Coste unitario (€/m)	Coste parcial (€)
40	1,00	41,00	2,12	86,94
75	1,00	46,00	7,17	330,00
90	1,00	137,00	10,48	1435,23
110	1,00	76,00	15,67	1190,67

*Tabla 4: Resumen todas las mediciones.*