

**ANEJO X**  
**DISEÑO HIDRÁULICO**



### a) Diseño y cálculo de las subunidades de riego

Los datos del gotero que vamos a utilizar son los siguientes:

- Emisor interlinea.
- Presión nominal: 10 mca
- Caudal: 4 l/hora
- Exponente de descarga: 0,512
- Coeficiente de variación: 1,18 % = 0,018

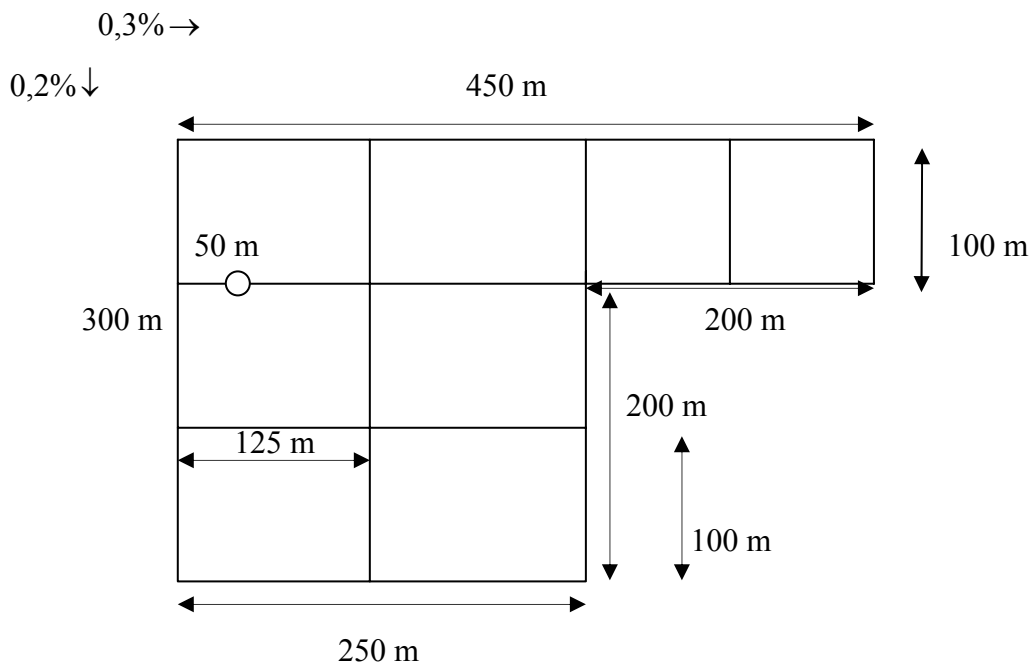
#### A1) Cálculo del número de subunidades de riego:

Se calcula para el mes de máxima demanda hídrica, es decir, agosto, con un tiempo de riego calculado (Anejo IX)  $T_r = 2,49$  h.

$$\text{Nº de subunidades de riego} = \frac{\text{Horas de riego al día}}{T_r}$$

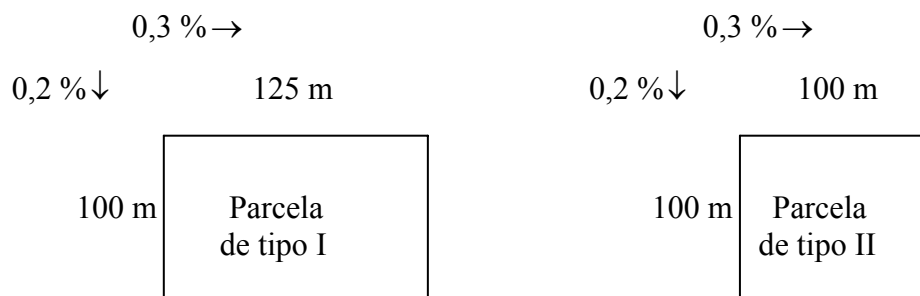
$$\text{Nº de subunidades de riego} = \frac{20 \text{ horas}}{2,49 \text{ horas}} = 8,03 \rightarrow 8 \text{ subunidades}$$

#### A2) Definición de la geometría de la subunidad:





Nuestra parcela tiene una extensión de 9,5 ha y la dividimos en ocho subunidades de riego. Existen dos tipos de subunidades; seis con dimensiones rectangulares de 125 x 100 m (parcelas de tipo I) y dos subunidades cuadradas de 100 m de lado (parcelas de tipo II).



### **Estudio de las parcelas de tipo I:**

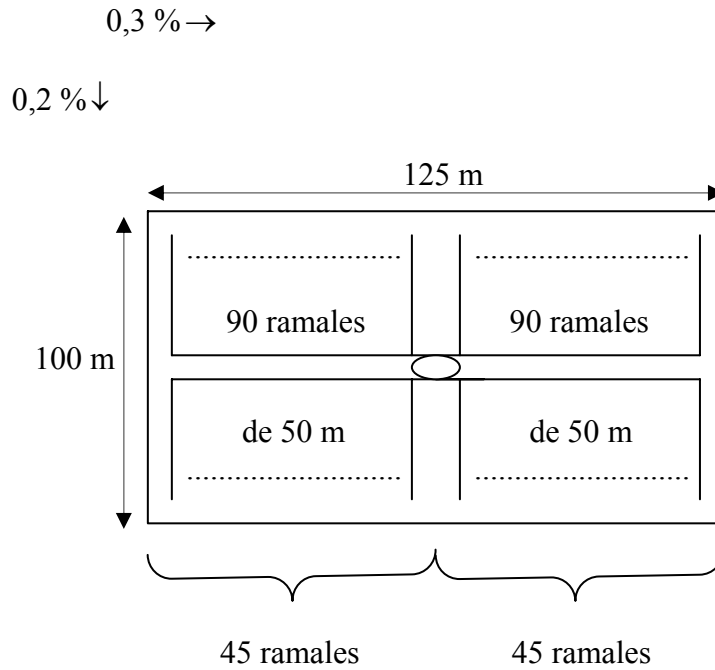
Se diseña abasteciendo laterales y terciarias por su punto medio. Los ramales portagoteros se dispondrán con dirección paralela la menor pendiente de la subunidad; en este caso 0,2 %.

#### LATERALES:

- Longitud de cálculo: 50 m.
- Número de laterales:  $90 \times 2 = 180$  laterales.
- Nº de emisores por lateral: 50 emis/lateral.

#### TERCIARIA:

- Longitud: 62,5 m.
- Nº de salidas:  $180/2 = 90$  salidas.



A3) Variación de presiones en la subunidad:

$$\Delta h_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} \pm Z_l \pm Z_t$$

(+) → desnivel descendente.

(-) → desnivel ascendente.

$$\frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{0,1}{x} \cdot h_a = \frac{0,1}{0,512} \cdot 10 = 1,95 \text{ mca}$$

$$Z_l = 50 \text{ m} \cdot \frac{0,2}{100} = 0,10 \text{ m}$$

$$Z_t = 62,5 \text{ m} \cdot \frac{0,3}{100} = 0,188 \text{ m}$$

$$\Delta h_s = 1,95 - 0,10 - 0,188 = \mathbf{1,6 \text{ mca}}$$

✓ Coefficiente de forma

$$Cf = \frac{L_{lateral}}{L_{terciaria}} = \frac{100m}{125m} = \mathbf{0,8}$$



- ✓ Reparto óptimo de presiones en la subunidad (alimentamos por el punto medio):

$$R = \frac{\Delta h_l}{\Delta h_s} = \frac{0,776 \cdot CF^{0,1402}}{S^{0,054}}$$

$$R = \frac{0,776 \cdot 0,8^{0,1402}}{1,4^{0,054}} = \mathbf{0,74}$$

$$\Delta h_{lat} = \Delta h_s \cdot R = 1,6 \cdot 0,74 = \mathbf{1,19 \text{ mca}}$$

$$\Delta h_{ter} = \Delta h_s - \Delta h_l = 1,6 - 1,19 = \mathbf{0,42 \text{ mca}}$$

Resumiendo tenemos  $\left\{ \begin{array}{l} - 74 \% \text{ para los laterales.} \\ - 26 \% \text{ para la terciaria.} \end{array} \right.$

Podemos tener una pérdida de carga máxima en el lateral de **1,19 mca**; en la terciaria se aprovechará todo lo que sobre.

#### A4) Cálculo de la tubería lateral (PEBD 2,5 atmósferas)

Datos de partida:

- Longitud del lateral: 50 m
- Nº de salidas: 50 salidas (emisores separados 1m)
- Caudal nominal de un emisor: 4 l/h
- Caudal de un lateral: 4 l/h · 50goteros = 200 l/h
- Longitud equivalente de los emisores: 11,5 m

⇓

Long. eq.= número de emisores · pérdida por emisor

$$\text{Long. eq.} = 50 \text{ m} \cdot 0,23 = 11,5 \text{ m}$$



$$h_{lat} = F \cdot J \cdot L < \Delta h_{lat}$$

Siendo:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \begin{cases} S_o = S/2 \\ n = 50 \\ \beta = 1,75 \end{cases}$$

$$F = 0,367$$

$$l = \text{long. lat.} + \text{long. equiv.} = 50 + 11,5 = 61,5 \text{ m}$$

**J** = pérdida de carga unitaria (expresión de Blasius)

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Siendo: Q ( el caudal en l/h)

D ( Diámetro interior de la tubería en mm)

*Hacemos un primer tanteo con  $D_{ext} = 12\text{mm} \rightarrow D_{int} = 10 \text{ mm}$*

$$J = 0,473 \cdot \frac{200^{1,75}}{10^{4,75}} = 0,089 = 8,9 \%$$

$$h_{lat} = F \cdot J \cdot L = 0,367 \cdot 0,089 \cdot 61,5 = 2,01 \text{ mca}$$

**Como  $h_{lat} = 2,01 \text{ mca} > \Delta h_{lat} = 1,19 \text{ mca} \Rightarrow$  No adoptamos diámetro 12 mm en los ramales laterales.**

*Hacemos un segundo tanteo con  $D_{ext} = 16 \text{ mm} \rightarrow D_{int} = 13,6 \text{ mm}$*

$$J = 0,473 \cdot \frac{200^{1,75}}{13,6^{4,75}} = 0,02 = 2 \%$$

$$h_{lat} = F \cdot J \cdot L = 0,367 \cdot 0,02 \cdot 61,5 = 0,45 \text{ mca}$$

**Como  $h_{lat} = 0,45 \text{ mca} < \Delta h_{lat} = 1,19 \text{ mca} \Rightarrow$  Adoptamos diámetro 16 mm en los ramales laterales.**

A5) Cálculo de la tubería terciaria (PVC 6 atmósferas.)

Datos de partida:

-Longitud tubería terciaria: 62,5 m

-Nº de salidas: 90 salidas

-Caudal tubería terciaria = 90 laterales · 200 litros/lat. = 18000 l/h

Como disponemos una línea de goteros por cada dos líneas de cultivo, la separación entre ramales porta goteros será de 1,4 metros ya que la separación entre líneas de plantas es de 0,7 metros.

$$h_{ter} = F \cdot J \cdot L < \Delta h_{ter}$$



$$\Delta h_{ter} = 0,42 + 0,74 = \mathbf{1,16 \text{ mca}}$$



(pérdida de carga no consumida en la tubería lateral y que podemos emplear ahora en la tubería terciaria).

Siendo:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \begin{cases} S_0 = S/2 \\ n = 90 \\ \beta = 1,75 \end{cases}$$

$$F = \mathbf{0,366}$$

$$l = \text{long. ter.} + \text{long. equiv.} = 62,5 + 1,57 = \mathbf{64 \text{ m}}$$



$$L_{eq.} = 0,1 \cdot q_{lat}^{0,3} \cdot N^{0,26} = 0,1 \cdot 200^{0,3} \cdot 90^{0,26} = 1,57 \text{ m}$$

**J** = pérdida de carga unitaria (expresión de Blasius)

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Siendo: Q ( el caudal en l/h)

D ( Diámetro interior de la tubería en mm)



Hacemos un primer tanteo con  $D_{\text{ext}} = 63 \text{ mm} \rightarrow D_{\text{int}} = 59,2 \text{ mm}$

$$J = 0,473 \cdot \frac{18000^{1,75}}{59,2^{4,75}} = 0,05 = 5 \%$$

$$h_{\text{ter}} = F \cdot J \cdot L = 0,366 \cdot 0,05 \cdot 64 = 1,18 \text{ mca}$$

Como  $h_{\text{ter}} = 1,18 \text{ mca} > \Delta h_{\text{ter}} = 1,16 \text{ mca} \Rightarrow$  no admitimos diámetro 63 mm y debemos realizar un nuevo tanteo con un diámetro superior.

Hacemos un segundo tanteo con  $D_{\text{ext}} = 75 \text{ mm} \rightarrow D_{\text{int}} = 70,6 \text{ mm}$

$$J = 0,473 \cdot \frac{18000^{1,75}}{70,6^{4,75}} = 0,021 = 2,1 \%$$

$$h_{\text{ter}} = F \cdot J \cdot L = 0,366 \cdot 0,021 \cdot 64 = 0,5 \text{ mca}$$

Como  $h_{\text{ter}} = 0,5 \text{ mca} < \Delta h_{\text{ter}} = 1,16 \text{ mca} \Rightarrow$  Adoptamos diámetro 75 mm en la tubería terciaria.

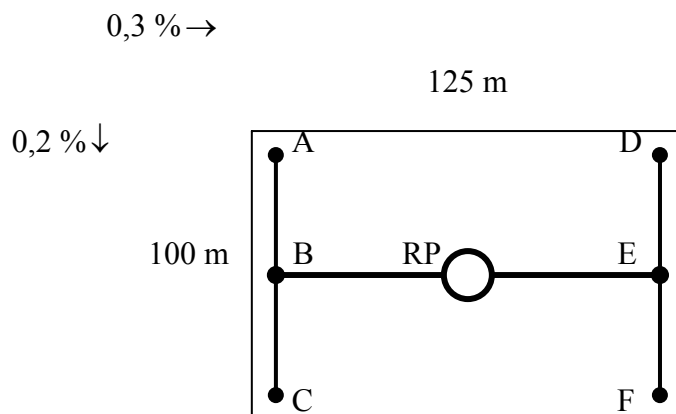
**Resumiendo tenemos:**

-Laterales con  $\emptyset = 16 \text{ mm} \rightarrow \emptyset \text{ interior} = 13,6 \text{ mm}$

-Terciaria con  $\emptyset = 75 \text{ mm} \rightarrow \emptyset \text{ interior} = 70,6 \text{ mm}$



A6) Estudio de presiones en la subunidad:



El punto más desfavorable en la subunidad, es el punto A ya que es el punto más alejado y más alto según indican las pendientes.

1º Cálculo de la presión en el punto más alto y más lejano ( punto A)

$$\frac{H_{\min}}{ha} = \left[ \frac{CU}{1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}}} \right]^{\frac{1}{x}}$$

Siendo:

ha = presión nominal del gotero = 10 mca = 1 atmósfera

CU = Coeficiente de uniformidad = 0,9 = 90 %

CV = Coeficiente de variación = 0,018 = 1,8 %

X = Exponente de descarga = 0,512

e = 1 ( valor mínimo que debe tener e en la formula)

qa = Caudal de un gotero = 4 l/h



Sustituyendo se obtiene:

$$H_{\min} = 10 \cdot \left[ \frac{0,9}{1 - \frac{1,27 \cdot 0,018}{\sqrt{1}}} \right]^{0,512} = 8,51 \text{ mca} \Rightarrow \frac{P_A}{\gamma} = \mathbf{8,51 \text{ mca}}$$

- **A:**  $\frac{P_A}{\gamma} = H_{\min} = \mathbf{8,51 \text{ mca}}$
- **B:**  $\frac{P_B}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma} + Z_{BA} + h_{BA} = 8,51 + 0,2\% \cdot 50 + 0,45 = \mathbf{9,06 \text{ mca}}$
- **C:**  $\frac{P_C}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + Z_{BC} - h_{BC} = 9,06 + 0,2\% \cdot 50 - 0,45 = \mathbf{8,71 \text{ mca}}$
- **RP:**  $\frac{P_{RP}}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + Z_{RP,B} + h_{RP,B} = 9,06 + 0,3\% \cdot 62,5 + 0,5 = \mathbf{9,74 \text{ mca}}$
- **E:**  $\frac{P_E}{\gamma} = \frac{P_{RP}}{\gamma} + Z_{RP,E} - h_{RP,E} = 9,45 + 0,3\% \cdot 62,5 - 0,5 = \mathbf{9,13 \text{ mca}}$
- **D:**  $\frac{P_D}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma} - Z_{DE} - h_{DE} = 9,42 - 0,2\% \cdot 50 - 0,45 = \mathbf{8,87 \text{ mca}}$
- **F:**  $\frac{P_F}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma} + Z_{EF} - h_{EF} = 9,42 + 0,2\% \cdot 50 - 0,45 = \mathbf{9,07 \text{ mca}}$

## 2º/ Presiones máximas y mínimas en la subunidad

$$H_{\max} = \frac{P_{\max}}{\gamma} = \frac{P_{RP}}{\gamma} = \mathbf{9,74 \text{ mca}}$$

$$H_{\min} = \frac{P_{\min}}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma} = \mathbf{8,51 \text{ mca}}$$

3º/ Caudales máximo y mínimo en la subunidad

$$Q_a = K \cdot H_a^x \rightarrow K = \frac{Q_a}{H_a^x} = \frac{4}{10^{0,512}} = 1,23$$

$$Q \text{ máx} = K \cdot H_{\text{máx}}^x = 1,23 \cdot 9,74^{0,512} = 3,94 \text{ l/h}$$

$$Q \text{ mín} = K \cdot H_{\text{mín}}^x = 1,23 \cdot 8,51^{0,512} = 3,68 \text{ l/h}$$

$$\text{Condición: } \frac{q_{\text{max}} - q_{\text{min}}}{q_a} \leq 10 \%$$

$$\frac{3,94 - 3,68}{4} = 6,5 \% \leq 10 \% \rightarrow \text{Luego se cumple la anterior condición.}$$

A7) Coeficiente de uniformidad absoluta en la subunidad (CUa):

$$CUa = \left[ 1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{\text{min}}}{Q_a} + \frac{Q_a}{Q_{\text{max}}} \right] > 90 \%$$

$$CUa = \left[ 1 - \frac{1,27 \cdot 0,018}{\sqrt{1}} \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{3,68}{4} + \frac{4}{3,94} \right] = 0,945 = 94,5 \%$$

**Como CUa ≥ 94 %, el diseño es excelente.**



### Estudio de las parcelas de tipo II:

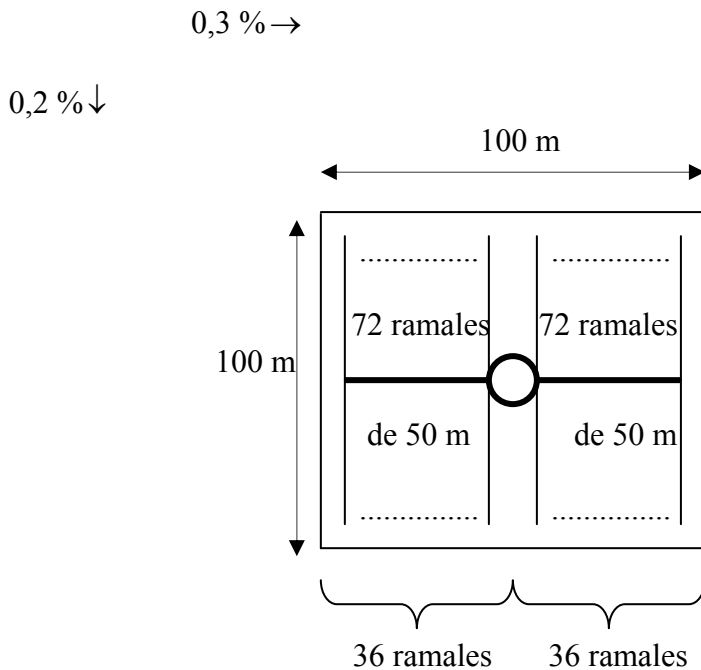
Se diseña abasteciendo laterales y terciarias por su punto medio. Los ramales portagoteros se dispondrán con dirección paralela la menor pendiente de la subunidad; en este caso 0,2 %.

#### LATERALES:

- Longitud de cálculo: 50 m
- Número de laterales:  $72 \times 2 = 144$  laterales
- Nº de emisores por lateral: 50 emis/lateral

#### TERCIARIA:

- Longitud: 50 m
- Nº de salidas:  $144 / 2 = 72$  salidas



A3) Variación de presiones en la subunidad:

$$\Delta h_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} \pm Z_l \pm Z_t$$

(+) → desnivel descendente.

(-) → desnivel ascendente.

$$\frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{0,1}{x} \cdot h_a = \frac{0,1}{0,512} \cdot 10 = 1,95 \text{ mca}$$

$$Z_l = 50 \text{ m} \cdot \frac{0,2}{100} = 0,10 \text{ m}$$

$$Z_t = 50 \text{ m} \cdot \frac{0,3}{100} = 0,15 \text{ m}$$

$$h_s = 1,95 - 0,10 - 0,15 = \mathbf{1,7 \text{ mca}}$$

✓ Coeficiente de forma

$$Cf = \frac{L_{lateral}}{L_{terciaria}} = \frac{100\text{m}}{100\text{m}} = \mathbf{1}$$

✓ Reparto óptimo de presiones en la subunidad (alimentamos por el punto medio):

$$R = \frac{\Delta h_l}{\Delta h_s} = \frac{0,776 \cdot CF^{0,1402}}{S^{0,054}}$$

$$R = \frac{0,776 \cdot 1^{0,1402}}{1,4^{0,054}} = \mathbf{0,76}$$

$$\Delta h_{lat} = \Delta h_s \cdot R = 1,7 \cdot 0,76 = \mathbf{1,29 \text{ mca}}$$

$$\Delta h_{ter} = \Delta h_s - \Delta h_l = 1,7 - 1,29 = \mathbf{0,41 \text{ mca}}$$

Resumiendo tenemos  $\left\{ \begin{array}{l} - 76\% \text{ para los laterales.} \\ - 24\% \text{ para la terciaria.} \end{array} \right.$

Podemos tener una pérdida de carga máxima en el lateral de **1,29 mca**; en la terciaria se aprovechará todo lo que sobre.

A4) Cálculo de la tubería lateral (PEBD 2,5 atmósferas)

Datos de partida:

- Longitud del lateral: 50 m
- Nº de salidas: 50 salidas (emisores separados 1m)
- Caudal nominal de un emisor: 4 l/h
- Caudal de un lateral: 4 l/h · 50 goteros = 200 l/h
- Longitud equivalente: 11,5 m

↓

Long. eq.= número de emisores · pérdida por emisor

$$\text{Long. eq} = 50 \text{ m} \cdot 0,23 = 11,5 \text{ m}$$

$$h_{\text{lat}} = F \cdot J \cdot L < \Delta h_{\text{lat}}$$

Siendo:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \begin{cases} S_0 = S/2 \\ n = 50 \\ \beta = 1,75 \end{cases}$$

$$F = 0,367$$

$$l = \text{long.lat.} + \text{long. equiv.} = 50 + 11,5 = 61,5 \text{ m}$$

J = pérdida de carga unitaria (expresión de Blasius)

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Siendo: Q ( el caudal en l/h)

D ( Diámetro interior de la tubería en mm)

*Hacemos un primer tanteo con  $D_{\text{ext}} = 12\text{mm} \rightarrow D_{\text{int}} = 10 \text{ mm}$*

$$J = 0,473 \cdot \frac{200^{1,75}}{10^{4,75}} = 0,089 = 8,9 \%$$

$$h_{\text{lat}} = F \cdot J \cdot L = 0,367 \cdot 0,089 \cdot 61,5 = 2,01 \text{ mca}$$



**Como  $h_{lat} = 2,01 \text{ mca} > \Delta h_{lat} = 1,19 \text{ mca} \Rightarrow$  No adoptamos diámetro 12 mm en los ramales laterales.**

*Hacemos un segundo tanteo con  $D_{ext} = 16 \text{ mm} \rightarrow D_{int} = 13,6 \text{ mm}$*

$$J = 0,473 \cdot \frac{200^{1,75}}{13,6^{4,75}} = 0,02 = 2\%$$

$$h_{lat} = F \cdot J \cdot L = 0,367 \cdot 0,02 \cdot 61,5 = 0,45 \text{ mca}$$

**Como  $h_{lat} = 0,45 \text{ mca} < \Delta h_{lat} = 1,19 \text{ mca} \Rightarrow$  Adoptamos diámetro 16 mm en los ramales laterales.**

A5) Cálculo de la tubería terciaria (PVC 6 atmósferas.)

Datos de partida:

-Longitud tubería terciaria: 50 m

-Nº de salidas: 72 salidas

-Caudal tubería terciaria = 72 laterales · 200 l/lat. = 14400 l/h

Como disponemos una línea de goteros por cada dos líneas de cultivo, la separación entre ramales portagoteros será de 1,4 metros ya que la separación entre líneas de plantas es de 0,7 m.

$$h_{ter} = F \cdot J \cdot L < \Delta h_{ter}$$



$$\Delta h_{ter} = 0,41 + 0,84 = 1,25 \text{ mca}$$



(Pérdida de carga no consumida en la tubería lateral y que podemos emplear ahora en la tubería terciaria).



Siendo:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \begin{cases} S_o = S/2 \\ n = 72 \\ \beta = 1,75 \end{cases}$$

$$F = 0,365$$

$$I = \text{long. ter.} + \text{long. equiv.} = 50 + 1,49 = 51,49 \text{ m}$$

↓

$$L_{eq} = 0,1 \cdot q_{lat}^{0,3} \cdot N^{0,26} = 0,1 \cdot 200^{0,3} \cdot 72^{0,26} = 1,49 \text{ m}$$

**J** = pérdida de carga unitaria (expresión de Blasius)

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Siendo: Q ( el caudal en l/h)

D ( Diámetro interior de la tubería en mm)

*Hacemos un primer tanteo con  $D_{ext} = 50 \text{ mm} \rightarrow D_{int} = 46,4 \text{ mm}$*

$$J = 0,473 \cdot \frac{14400^{1,75}}{46,4^{4,75}} = 0,108 = 10,8 \%$$

$$h_{ter} = F \cdot J \cdot L = 0,365 \cdot 0,108 \cdot 51,49 = 2,02 \text{ mca}$$

**Como  $h_{ter} = 2,02 \text{ mca} > \Delta h_{ter} = 1,25 \text{ mca} \Rightarrow$  no admitimos diámetro 50 mm y debemos realizar un nuevo tanteo con un diámetro superior.**

*Hacemos un segundo tanteo con  $D_{ext} = 63 \text{ mm} \rightarrow D_{int} = 59,2 \text{ mm}$*

$$J = 0,473 \cdot \frac{14400^{1,75}}{59,2^{4,75}} = 0,034 = 3,4 \%$$

$$h_{ter} = F \cdot J \cdot L = 0,365 \cdot 0,034 \cdot 51,49 = 0,64 \text{ mca}$$



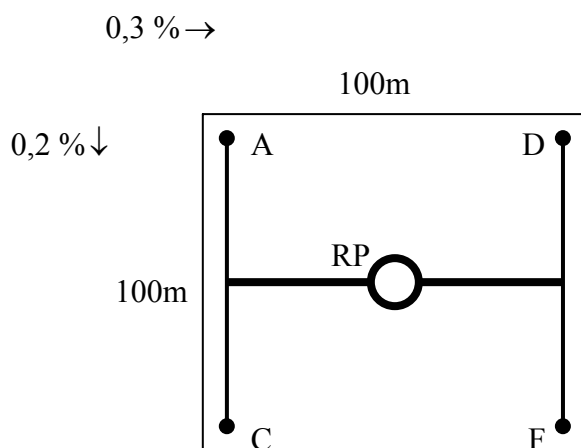
Como  $h_{ter} = 0,64 \text{ mca} < \Delta h_{ter} = 1,25 \text{ mca} \Rightarrow$  Adoptamos diámetro 63 mm en la tubería terciaria.

**Resumiendo tenemos:**

-Laterales con  $\varnothing = 16 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 13,6 \text{ mm}$

-Terciaria con  $\varnothing = 63 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 59,2 \text{ mm}$

A6) Estudio de presiones en la subunidad:



El punto más desfavorable en la subunidad, es el punto A ya que es el punto más alejado y más alto según indican las pendientes.

1º Cálculo de la presión en el punto más alto y más lejano ( punto A)

$$\frac{H_{\min}}{h_a} = \left[ \frac{CU}{1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}}} \right]^{\frac{1}{x}}$$



Siendo:

ha = presión nominal del gotero = 10 mca = 1 atm

CU = Coeficiente de uniformidad = 0,9 = 90 %

CV = Coeficiente de variación = 0,018 = 1,8 %

X = Exponente de descarga = 0,512

e = 1 ( valor mínimo que debe tener e en la formula)

qa = Caudal de un gotero = 4 l/h

Sustituyendo se obtiene:

$$H_{\min} = 10 \cdot \left[ \frac{0,9}{1 - \frac{1,27 \cdot 0,018}{\sqrt{1}}} \right]^{0,512} = 8,51 \text{ mca} \Rightarrow \frac{P_A}{\gamma} = \mathbf{8,51 \text{ mca}}$$

- **A:**  $\frac{P_A}{\gamma} = H_{\min} = \mathbf{8,51 \text{ mca}}$
- **B:**  $\frac{P_B}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma} + Z_{BA} + h_{BA} = 8,51 + 0,2\% \cdot 50 + 0,45 = \mathbf{9,06 \text{ mca}}$
- **C:**  $\frac{P_C}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + Z_{BC} - h_{BC} = 9,06 + 0,2\% \cdot 50 - 0,45 = \mathbf{8,71 \text{ mca}}$
- **RP:**  $\frac{P_{RP}}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + Z_{RP,B} + h_{RP,B} = 9,06 + 0,3\% \cdot 50 + 0,64 = \mathbf{9,85 \text{ mca}}$
- **E:**  $\frac{P_E}{\gamma} = \frac{P_{RP}}{\gamma} + Z_{RP,E} - h_{RP,E} = 9,48 + 0,3\% \cdot 50 - 0,64 = \mathbf{8,99 \text{ mca}}$
- **D:**  $\frac{P_D}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma} - Z_{DE} - h_{DE} = 9,35 - 0,2\% \cdot 50 - 0,45 = \mathbf{8,80 \text{ mca}}$
- **F:**  $\frac{P_F}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma} + Z_{EF} - h_{EF} = 9,35 + 0,2\% \cdot 50 - 0,45 = \mathbf{9,00 \text{ mca}}$



### 2º/ Presiones máximas y mínimas en la subunidad

$$H_{\max} = \frac{P_{\max}}{\gamma} = \frac{P_{RP}}{\gamma} = \mathbf{9,85 \text{ mca}}$$

$$H_{\min} = \frac{P_{\min}}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma} = \mathbf{8,51 \text{ mca}}$$

### 3º/ Caudales máximo y mínimo en la subunidad

$$Q_a = K \cdot H_a^x \rightarrow K = \frac{Q_a}{H_a^x} = \frac{4}{10^{0,512}} = \mathbf{1,23}$$

$$Q_{\max} = K \cdot H_{\max}^x = 1,23 \cdot 9,85^{0,512} = \mathbf{3,96 \text{ l/h}}$$

$$Q_{\min} = K \cdot H_{\min}^x = 1,23 \cdot 8,51^{0,512} = \mathbf{3,68 \text{ l/h}}$$

$$\text{Condición: } \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_a} \leq 10 \%$$

$$\frac{3,96 - 3,68}{4} = 7\% \rightarrow \text{Luego se cumple la anterior condición}$$

### A7) Coeficiente de uniformidad absoluta en la subunidad (CUa):

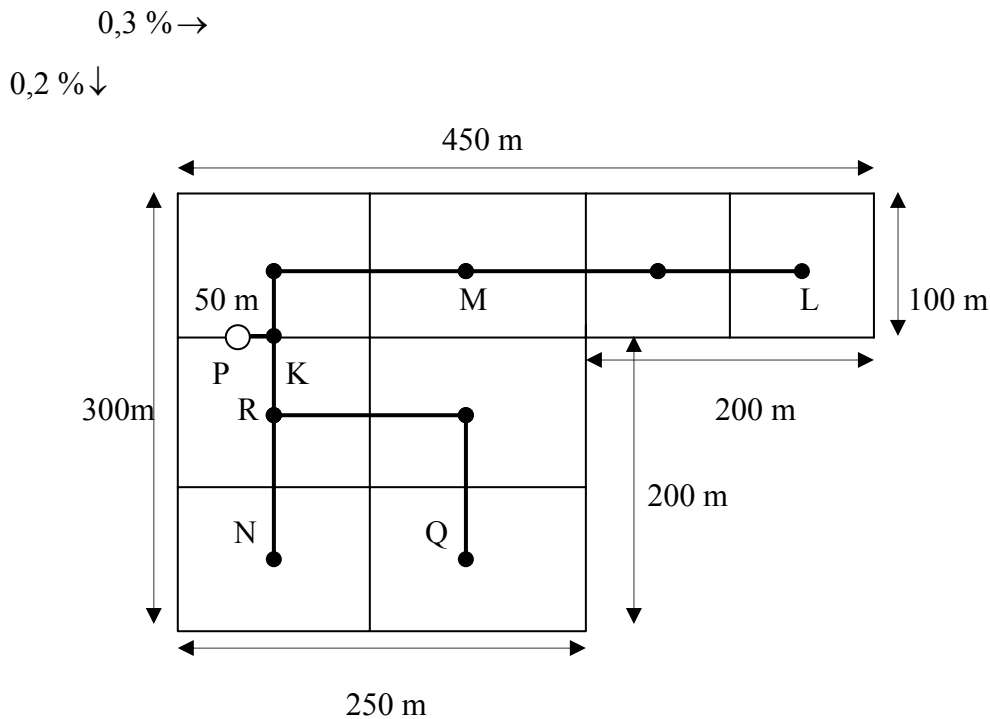
$$CUa = \left[ 1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{\min}}{Q_a} + \frac{Q_a}{Q_{\max}} \right] > 90 \%$$

$$CUa = \left[ 1 - \frac{1,27 \cdot 0,018}{\sqrt{1}} \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{3,68}{4} + \frac{4}{3,96} \right] = 0,942 = \mathbf{94,2 \%}$$

**Como CUa ≥ 94 % , el diseño es excelente.**



## b) Diseño y cálculo de la tubería principal



Nuestra finca tiene una extensión de 9,5 ha y está dividida en ocho subunidades de riego. Existen dos tipos de subunidades distintas; parcelas de tipo I y parcelas de tipo II, con una extensión de 1,25 y 1 ha respectivamente.

Hay que tener en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías que no existe simultaneidad de riego entre las subunidades; por lo que el diámetro de la tubería que abastezca a subunidades semejantes será idéntico y capaz de soportar las exigencias del tipo de subunidad al que abastezca.

Para dimensionar la tubería general tendremos como referencia las siguientes consideraciones:

$$J \ll 5 \%$$

Velocidad entre 1 – 2 m/s

$$h = a \cdot F \cdot J \cdot L$$

$$a = 1,15$$

$F = 1$  , si hay sólo una salida.

**Tramo KM:**

Este tramo de tubería general debe ir en un solo diámetro, ya que alimenta subunidades de riego de las parcelas de tipo I; que son las más exigentes.

$$\text{Longitud} = 50 + 125 = 175 \text{ m}$$

$$\text{Caudal} = 180 \text{ laterales} \cdot 50 \text{ emis/lat} \cdot 4 \text{ l/h por emisor} = 36000 \text{ l/h} = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\underline{\text{Primer tanteo: } \varnothing 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{36000^{1,75}}{84,6^{4,75}} = 0,031 = \mathbf{3,1 \%}$$

$$h = a \cdot J \cdot F \cdot L = 1,15 \cdot 0,031 \cdot 1 \cdot 175 = \mathbf{6,23 \text{ mca}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 0,0846^2} = \mathbf{1,77 \text{ m/s}}$$

Siendo Q = caudal en m<sup>3</sup>/s y D = diámetro interior en mm

**Adoptamos  $\varnothing = 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$  en el tramo KM**

**Tramo ML:**

Este tramo de tubería general debe ir en un solo diámetro, ya que alimenta las dos subunidades de riego de las parcelas de tipo II.

$$\text{Longitud} = 112,5 + 100 = 212,5 \text{ m}$$

$$\text{Caudal} = 144 \text{ laterales} \cdot 50 \text{ emis/lat} \cdot 4 \text{ l/h por emisor} = 28800 \text{ l/h} = 0,008 \text{ m}^3/\text{s}$$



Primer tanteo:  $\varnothing 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{28800^{1,75}}{84,6^{4,75}} = 0,021 = \mathbf{2,1 \%}$$

$$h = a \cdot J \cdot F \cdot L = 1,15 \cdot 0,021 \cdot 1 \cdot 212,5 = \mathbf{5,13 \text{ mca}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,008}{\pi \cdot 0,0846^2} = \mathbf{1,42 \text{ m/s}}$$

Siendo Q = caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$  y D = diámetro interior en mm

**Adoptamos  $\varnothing = 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$  en el tramo ML**

### Tramo RQ:

Este tramo de tubería general debe ir en un solo diámetro, ya que alimenta subunidades de riego de las parcelas de tipo II con idénticos requerimientos.

$$\text{Longitud} = 125 + 100 = 225 \text{ m}$$

$$\text{Caudal} = 180 \text{ laterales} \cdot 50 \text{ emis/lat} \cdot 4 \text{ l/h por emisor} = 36000 \text{ l/h} = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

Primer tanteo:  $\varnothing 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{36000^{1,75}}{84,6^{4,75}} = 0,031 = \mathbf{3,1 \%}$$

$$h = a \cdot J \cdot F \cdot L = 1,15 \cdot 0,031 \cdot 1 \cdot 225 = \mathbf{8,02 \text{ mca}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 0,0846^2} = \mathbf{1,77 \text{ m/s}}$$

Siendo Q = caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$  y D = diámetro interior en mm

**Adoptamos  $\varnothing = 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$  en el tramo RQ**

**Tramo RN:**

Longitud = 100 m

Caudal = 144 laterales · 50 emis/lat · 4 l/h por emisor = 36000 l/h = 0,01 m<sup>3</sup>/s

Primer tanteo: Ø 90 mm → Ø interior = 84,6 mm

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{36000^{1,75}}{84,6^{4,75}} = 0,031 = \mathbf{3,1 \%}$$

$$h = a \cdot J \cdot F \cdot L = 1,15 \cdot 0,031 \cdot 1 \cdot 100 = \mathbf{3,56 \text{ mca}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 0,0846^2} = \mathbf{1,77 \text{ m/s}}$$

Siendo Q = caudal en m<sup>3</sup>/s y D = diámetro interior en mm

**Adoptamos Ø = 90 mm → Ø interior = 84,6 mm en el tramo RN**

**Tramo KR:**

Longitud = 50 m

Caudal = 144 laterales · 50 emis/lat · 4 l/h por emisor = 36000 l/h = 0,01 m<sup>3</sup>/s

Primer tanteo: Ø 90 mm → Ø interior = 84,6 mm

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{36000^{1,75}}{84,6^{4,75}} = 0,031 = \mathbf{3,1 \%}$$

$$h = a \cdot J \cdot F \cdot L = 1,15 \cdot 0,031 \cdot 1 \cdot 50 = \mathbf{1,78 \text{ mca}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 0,0846^2} = \mathbf{1,77 \text{ m/s}}$$

Siendo Q = caudal en m<sup>3</sup>/s y D = diámetro interior en mm

**Adoptamos Ø = 90 mm → Ø interior = 84,6 mm en el tramo RN**

**Tramo PK:**

$$\text{Longitud} = 12,5 \text{ m}$$

$$\text{Caudal} = 144 \text{ laterales} \cdot 50 \text{ emis/lat} \cdot 4 \text{ l/h por emisor} = 36000 \text{ l/h} = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Primer tanteo: } \varnothing 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,473 \cdot \frac{36000^{1,75}}{84,6^{4,75}} = 0,031 = 3,1 \%$$

$$h = a \cdot J \cdot F \cdot L = 1,15 \cdot 0,031 \cdot 1 \cdot 12,5 = 0,45 \text{ mca}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 0,0846^2} = 1,77 \text{ m/s}$$

Siendo Q = caudal en m<sup>3</sup>/s y D = diámetro interior en mm

**Adoptamos  $\varnothing = 90 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 84,6 \text{ mm}$  en el tramo PK**

**Toda la red de tubería principal tendrá el mismo diámetro,  $\varnothing = 90 \text{ mm}$ .**

**c) Cálculo de la presión necesaria a la salida del sondeo**

$$P_{\text{salida sondeo}} = P_{\text{regulador presión}} + P_{\text{camino más crítico}} + P_{\text{cabezal riego}}$$

- **P<sub>regulador presión</sub> = 9,45 mca** (en parcelas de tipo I)
- **P<sub>regulador presión</sub> = 9,48 mca** (en parcelas de tipo II)
- **P<sub>camino más crítico</sub> = 20,41 mca**

$$\text{Camino PL} = P_1 \text{ (camino más crítico)}$$

$$P_1 = P_{RP} \text{ (de parcelas de tipo II)} + h_{PL} + Z_{PL}$$

$$P_1 = 9,48 + (0,53 + 6,23 + 5,13) + \left( - \frac{0,3}{100} \cdot 15 + \frac{0,2}{100} \cdot 50 - \frac{0,3}{100} \cdot 337,5 \right)$$

$$P_1 = 9,48 + 11,89 - 0,96$$

$$P_1 = 20,41 \text{ mca}$$

Camino PN = P<sub>2</sub>

$$P_2 = P_{RP} \text{ (de parcelas de tipo I)} + h_{PN} + Z_{PN}$$

$$P_2 = 9,45 + (0,53 + 1,78 + 3,56) + \left(-\frac{0,3}{100} \cdot 15 - \frac{0,2}{100} \cdot 150\right)$$

$$P_2 = 9,45 + 5,87 - 0,345$$

$$P_2 = 14,97 \text{ mca}$$

Camino PQ = P<sub>3</sub>

$$P_3 = P_{RP} \text{ (de parcelas de tipo I)} + h_{PQ} + Z_{PQ}$$

$$P_3 = 9,45 + (0,53 + 8,02 + 1,78) + \left(-\frac{0,3}{100} \cdot 15 - \frac{0,2}{100} \cdot 50 - \frac{0,3}{100} \cdot 125 - \frac{0,2}{100} \cdot 100\right)$$

$$P_3 = 9,45 + 10,33 - 0,72$$

$$P_3 = 19,06 \text{ mca}$$

- **P<sub>cabezal riego</sub> = 9 mca**

Pérdidas de carga en el filtro de arena      5 mca

Pérdidas de carga en el filtro de mallas      2 mca

Pérdidas de carga en puntos singulares      2 mca

Total = 9 mca

**P<sub>salida sondeo</sub> = 9,48 + 20,41 + 9 = 38,89 mca**



#### **d) Cálculo de la potencia del motor (N)**

Vamos a disponer una bomba sumergida capaz de elevar el agua y proporcionar la presión necesaria en la instalación.

$$N = \frac{Q \cdot H}{\eta \cdot 270} = \frac{36 \cdot 75,36}{0,7 \cdot 270} = 14,35 \text{ c.v.} \rightarrow 15 \text{ c.v.}$$

- Caudal ( $Q$ ) =  $36 \text{ m}^3/\text{s}$
- Altura manométrica ( $H_m$ ) =  $75,36 \text{ mca}$

$$H_m = P_{\text{salida sondeo}} + H_{\text{profundidad bomba}} + h_{\text{tubería impulsión}}$$

$$\text{- } P_{\text{salida sondeo}} = 38,89 \text{ mca}$$

$$\text{- } H_{\text{profundidad bomba}} = 35 \text{ mca}$$

$$\text{- Nivel dinámico} = 30 \text{ m}$$

- Bomba sumergida 35 m (en previsión de que pueda descender el nivel dinámico)

$$\text{- } h_{\text{tubería impulsión}} = 1,47 \text{ mca}$$

$$h_{\text{tubería impulsión}} = a \cdot J \cdot L$$

$$a = 1,20$$

$$J = 3,5\% \text{ (según el prontuario de hidráulica)}$$

$$L = 35 \text{ m}$$

$$V = 1,58 \text{ m/s (según el prontuario de hidráulica)}$$

$$\phi \text{ recomendado} = 90 \text{ mm}$$

- Rendimiento ( $\eta$ ) = 80 %



### e) Cálculo de los elementos del cabezal

#### Filtro de arena:

$$Q = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Superficie filtrante} = \frac{36}{60} = 0,6 \text{ m}^2$$

Siendo 60 el caudal filtrante medio para granulometría media, normal en goteo ( $\phi \approx 1$  mm).

Superficie filtrante =  $0,6 \text{ m}^2$  a repartir entre dos filtros de arena:

$$\frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ m}^2 \text{ cada uno.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3}{\pi}} = 0,62 \text{ m de diámetro cada uno, que habría que mayorar hasta el diámetro}$$

comercial superior  $\rightarrow \phi = 0,7 \text{ m}$

#### Filtro de mallas:

$$Q = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1,2 \cdot 36 = 43,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para un  $\phi$  de paso del gotero de  $\approx 1$ mm el orificio de malla será el correspondiente a 150 mesh.

$$\text{Superficie filtrante} = \frac{43,2 \text{ m}^3/\text{h}}{446 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2} = 0,096 \text{ m}^2 \text{ a repartir entre dos filtros de mallas:}$$

$$\frac{0,096}{2} = 0,048 \text{ m}^2 \rightarrow 0,05 \text{ m}^2 \text{ cada uno.}$$