

## **SECCIÓN 4**

### **DISEÑOS MODELO**



## CAPÍTULO 20

### MODELO DE DISEÑOS: RIEGO POR GOTEO

---

#### **Condiciones Dadas**

- Lote con 150 hileras de vid separadas entre sí 3,7 m (12,1 pies). La separación entre plantas en la hilera es 1,8 m (5,9 pies).
- El lote no es de forma rectangular: tiene 50 vides por hilera en un extremo y 100 vides por hilera en el otro.
- La bomba del pozo está localizada en la mitad del borde del lote al final de la hilera No. 75, en el lado no inclinado.
- ET pico = 170 mm (6,7") en el mes de Julio; en esta región no hay lluvia en los veranos.
- Suelo franco.
- Abatimiento en el pozo = 1,5 m/10 LPS (3'/100 GPM).
- Nivel Estático en el pozo = 20 m (65').
- Pérdida estimada en la columna = 21 kPa (3 psi).
- Pendiente = 0,5% bajando en dirección de las hileras (N-S); 0,5% a través de las hileras (O-E).
- 18 horas de operación/día durante el período de ET pico.
- Para hacer la selección de emisores se dispone de los siguientes:
  - Emisor #1:  $LPH = 0,238 P^{0,6}$  ( $GPH = 0,2 P^{0,6}$ )
  - Emisor #2:  $LPH = 0,356 P^{0,6}$  ( $GPH = 0,3 P^{0,6}$ )
  - Emisor #3:  $LPH = 0,475 P^{0,6}$  ( $GPH = 0,4 P^{0,6}$ )Para LPH, P = kPa; (Para GPH, P = psi)
- cv de fabricación = 0,025

Diseñar un sistema nuevo con UD de 0,92.

Asumir:

La UD después de unos pocos años podría alcanzar un valor de 0,80 debido a manejo inapropiado.

Tolerancia de los regulador es de presión =  $\pm 6\%$ .

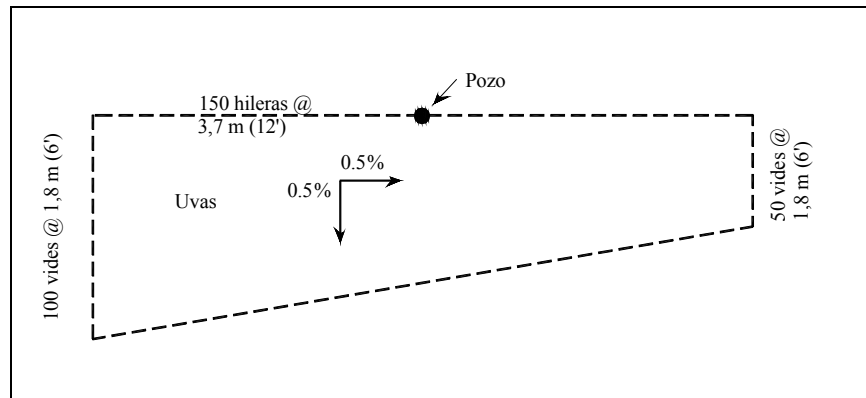


Figura 57. Disposición de un viñedo.

### **Encontrar:**

- # de emisores/vid (número entero).
- Q & P promedios por emisor.
- Diámetro y longitud de la manguera lateral.
- Presión de entrada a la manguera lateral.
- Estrategia de regulación de presión y diámetros de toda la tubería.
- Altura manométrica total dinámica de la bomba.
- Especificaciones apropiadas para filtrado.

### **Solución:**

#### **1. Estime los LPH/Vid Requeridos:**

ET pico publicada = 170 mm para el mes de Julio

$$= 5,5 \text{ mm/día}$$

Asumir:

$$10\% \text{ de incremento con goteo} \Rightarrow 6 \text{ mm/día} = 0,60 \text{ cm/día}$$

Fórmula: (Ver **Requerimientos Netos vs. Brutos - Sección 1**)

$$\text{LPS} = \frac{(\text{Lámina, cm})(\text{Area, m}^2)}{(360)(\text{Tiempo, h})}$$

$$\text{LPS Netos} = \frac{(0,60\text{cm})(1,8 \text{ m} \times 3,7 \text{ m})}{(360)(18 \text{ h})}$$

$$= 0,00061 \text{ LPS}$$

$$\text{LPH Netos} = (0,0006 \text{ litros/segundo})(3.600 \text{ segundos/hora})$$

$$= \mathbf{2,22 \text{ LPH/vid}} \text{ (0,59 GPH/vid)}$$

$$\text{LPH Brutos} = \frac{\text{LPH Netos}}{\left(1 - \frac{\% \text{ perdidas de rocío}}{100}\right) \times \text{UD}}$$

(asumiendo control perfecto del tiempo y sin riego en exceso en el punto "más seco" durante ET pico). En riego por goteo el porcentaje de pérdidas por deriva es cero. **Utilice 0,80 como valor de la UD, de manera tal que a medida que el sistema se deteriora con el tiempo, habrá menos oportunidad de déficit en riego en una porción del campo.**

$$\text{LPH Brutos} = \frac{2,22 \text{ LPH}}{\left(1 - \frac{0 \% \text{ rocío}}{100}\right) \times 0,80}$$

$$= 2,22 \text{ LPH}/0,8$$

$$= \mathbf{2,78 \text{ LPH/vid}} \text{ (0,73 GPH/vid)}$$

## 2. Estime el Número de Emisores/Vid:

(Ver Volumen de Suelo Húmedo - Sección 1)

El suelo es franco, de tal manera que el agua avanzará más allá del emisor entre 0,9 m y 1,4 m adicionales (es decir, 0,9 m a 1,4 m de incremento en RADIO no en DIÁMETRO). Esto da un diámetro "promedio" de cerca de 1,15 m x 2 = 2,30 m. Trate de diseñar para al menos 60% de volumen de suelo húmedo.

Con un emisor/vid en este suelo, el volumen húmedo  $\cong (\pi D^2)/4$

$$\cong \pi(2,30^2)/4 = 4,15 \text{ m}^2 \text{ (44,7 pies}^2\text{)}$$

$$\% \text{ de volumen húmedo} = [(4,15 \text{ m}^2)/(1,83 \text{ m} \times 3,66 \text{ m})] \times 100$$

$$= 62\%$$

Este valor excede ligeramente los requerimientos necesarios de 60% de volumen de suelo húmedo.

Nota: Es mejor usar siempre un compás para dibujar los patrones húmedos a escala. Típicamente, los patrones húmedos se superponen y el área superpuesta no debe tenerse en cuenta. Por ejemplo, si se asume que se usaron dos emisores/vid y se asume también 62% de volumen de suelo húmedo por emisor, se podría asumir que el 100% del área está húmeda. Esto sería erróneo, puesto que aunque hay una faja húmeda completa a lo largo de las hileras de vid, habría aún un área seca entre las hileras de la misma.

### 3. Examine el Número de Bloques de Riego Necesarios:

Primero debe seleccionarse el emisor apropiado. La Tabla 51 es una tabla de selección que muestra la presión promedio requerida por emisor para varias combinaciones. El objetivo es seleccionar un emisor que opere a una presión razonable, generalmente entre 90 kPa y 172 kPa (*13 psi a 25 psi*), el cual proporcione la aplicación correcta en el número seleccionado de horas. Para este diseño, la bomba del sistema operará 18 horas/día durante el período de ET pico.

Los cálculos iniciales para el caudal del emisor (2,81 LPH) se basaron en el caso de que todos los emisores estuvieran operando simultáneamente. Si hay dos bloques, de los cuales solo uno opere a la vez, entonces el caudal del emisor debe duplicarse para proveer el mismo volumen de agua en la mitad del tiempo.

Tabla 51. Selección del emisor apropiado y del número de bloques. (Ver la muestra de "verificación" de los cálculos bajo la tabla para la determinación de la P del emisor).

No. de Bloques	Caudal por Emisor		Emisor #1		Emisor #2		Emisor #3	
	LPH	GPH	kPa	psi	kPa	psi	KPa	psi
1	2,84	0,75	62,7	9,1	31,7	4,6	19,3	2,8
2	5,68	1,50	197,9	28,7	100,7	14,6	62,7	9,1
3	8,52	2,25	389,5	56,5	197,9	28,7	122,7	17,8

\*\*\* Este es un paso muy importante en el diseño. Con frecuencia, una tabla de selección no dará presión alguna que sea óptima. Como diseñador, usted no está limitado a los valores exactos que muestra una tabla como la Tabla 51. Es más fácil modificar tan solo levemente el flujo para obtener la presión deseada.

Para este ejemplo, seleccione el emisor #2 y divida el campo en dos bloques, con un solo bloque operando a la vez. Tanto la presión de 100,7 kPa (*14,6 psi*) como el caudal de 5,68 LPH (*1,50 GPM*) son valores razonables.

#### Muestra de cálculos para la Tabla 51:

Emisor #2, para un diseño de 2 bloques (la mitad del campo operando a la vez):

LPH requeridos para 9 horas de operación:

$$\text{LPH}/9 \text{ h} = 2 \times (2,81 \text{ LPH durante } 18 \text{ h operación})$$

$$= 5,62 \text{ LPH/emisor } (1,49 \text{ GPM/emisor})$$

Para encontrar la presión correspondiente a 5,62 LPH, use la ecuación de descarga del emisor:

$$\text{LPH} = KP^x$$

Con los valores apropiados,

$$5,62 \text{ LPH} = 0,356P^{0,6}$$

$$P = (5,62/0,356)^{1/0,6}$$

$$P = 99,1 \text{ kPa } (14,4 \text{ psi})$$

**Este ejemplo será resuelto ahora en dos formas para ilustrar dos procedimientos de diseño diferentes.**

## **MODELO DE DISEÑO #1: Regulador de Presión en Cada Manguera**

1. **Determine el Grado de Desuniformidad Inherente al Uso de Reguladores Fijos (debido a la variabilidad en la fabricación de los mismos reguladores).** (Diseño 1)

El procedimiento lógico para seleccionar el diámetro de las mangueras con un regulador fijo en la cabecera de cada una se describe en el Capítulo 6. En este caso,

$$UD_{ci} \text{ min. aceptable para una manguera simple} = \frac{UD_{ci} \text{ deseada para sistema}}{UD_{ci} \text{ para reguladores de presión}}$$

Por consiguiente debe ser determinada la UD de los reguladores de presión. En los datos del problema se establece que la variación de fabricación de la presión de descarga en los reguladores de presión es  $\pm 6\%$ .

Resolviendo para el componente de UD debido a los reguladores de presión,

$$\frac{Q_{min.}}{Q_{prom.}} = \left[ \frac{P_{min.}}{P_{prom.}} \right]^x$$

$$\frac{Q_{min.}}{Q_{prom.}} = \left[ \frac{0,94P_{min.}}{P_{prom.}} \right]^{0,6} = 0,96 \cong UD_{ci} \text{ para los reguladores de presión}$$

2. **Determine la UD Aceptable de Diseño Para Una Sola Manguera.** (Diseño 1)  
Al repetir la relación dada anteriormente, tal como se encuentra en el Capítulo 6,

$$UD_{ci} \text{ min. aceptable para una manguera simple} = \frac{UD_{ci} \text{ deseada para sistema}}{UD_{ci} \text{ para reguladores de presión}}$$

$$= (0,92/0,96) = 0,96$$

3. **Determine la Localización Óptima del Múltiple.** (Diseño 1)

Varias cosas serán examinadas en este paso. Con el fin de determinar la localización óptima para el múltiple, debe conocerse también el diámetro de la manguera. Un programa de Hidráulica de Mangueras de Goteo que resuelva la localización apropiada puede dar la  $UD_{ci}$  de las mangueras combinadas (aguas arriba y aguas abajo). Si el programa proporciona la UD combinada, entonces se puede encontrar la solución al examinar los caudales a lo largo de las 2 longitudes de manguera, así como también, teniendo en cuenta el cv de fabricación. Obviamente es mejor usar un programa de Localización de Mangueras, el cual puede proporcionar todos estos valores en un solo paso.



Este lote tiene varias longitudes de manguera. En el Paso #3, se tomó la decisión de dividir el lote en dos bloques. La configuración del lote con dos bloques se ilustra en la Figura 58. En este ejemplo, la localización de la línea subprincipal (múltiple), aguas arriba del centro del lote, se optimizará en una sola posición "promedio" para cada bloque. La longitud "promedio" de manguera para cada bloque será usada en los cálculos de selección de diámetros.

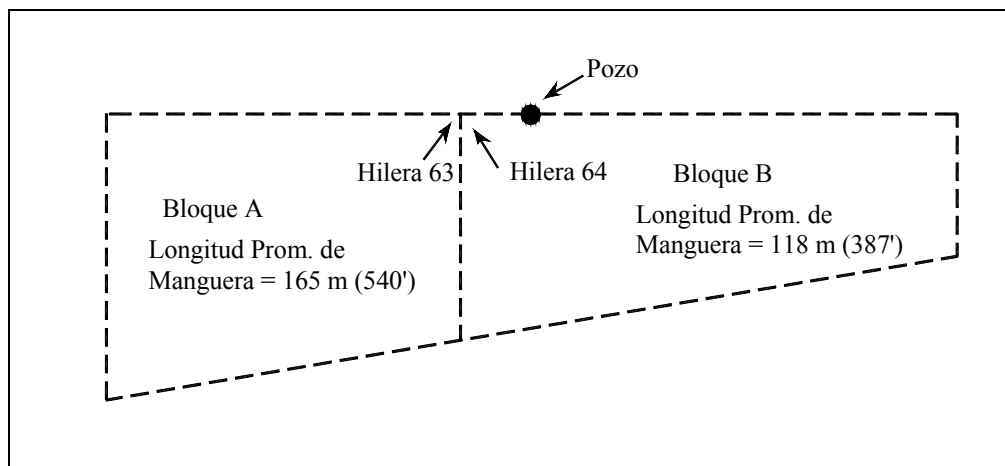


Figura 58. Configuración de bloques para el viñedo.

Los cálculos para el **Bloque A** del ejemplo se muestran a continuación.

Primero, el lote se divide en dos bloques, cada uno de los cuales tiene el mismo número de vides (5625 vides/bloque):

Longitud promedio de manguera para el Bloque A:

$$= [(100 \text{ vides} \times 1,83 \text{ m}) + (80 \text{ vides} \times 1,83 \text{ m})] / 2$$

$$= [ (183) + (146,4) ] / 2$$

$$= 165 \text{ m (sin incluir serpenteo)}$$

A manera de repaso hasta este punto, se conocen los siguientes valores y son requeridos como entradas al Programa de Hidráulica de Mangueras, para la manguera promedio en el Bloque A.

- 5,62 LPH<sub>prom.</sub> (1,49 GPH<sub>prom.</sub>) por emisor a 99,1 kPa (14,4 psi).
- Exponente de descarga del emisor = 0,6.
- Longitud total de manguera (promedio) = 165 m (540 pies).
- 1 emisor/vid, barbilla estándar. (Note que si los emisores se colocan en la mitad entre las vides, cada vid es servida por 2 emisores; por consiguiente, se debe usar  $n = 2$  en el cálculo de la UD).
- Pendiente a lo largo de la manguera = 0,5%.

- Distancia entre emisores =  $1,83 \text{ m} \times 1,015 = 1,857 \text{ m}$  (6,09'). La distancia extra de 1,5% es para tener en cuenta la expansión y la contracción de la manguera por efecto de temperatura.
- Coeficiente de variación (cv) de fabricación = 0,025.
- $UD_{ci}$  permisible para las mangueras combinadas = 0,96, incluyendo tanto las diferencias de presión a lo largo de las mangueras, como el cv.

La tabla que se muestra a continuación proporciona los resultados de la corrida del Programa de Hidráulica de Mangueras del ITRC, utilizando la opción de "Localización de la Manguera" para el múltiple en el Bloque A. Se usaron los valores señalados en el resumen anterior.

<u>DI de mang., mm</u>	<u>L pend. arriba, m</u>	<u>L pend. abajo, m</u>	<u>P de entrada</u> <u>kPa</u>	<u><math>UD_{ci}</math></u>
<b>15,9</b>	<b>65,9</b>	<b>98,8</b>	<b>104,1</b>	<b>0,96</b>
20,6	29,3	135,4	101,4	0,97

El diámetro de manguera a seleccionar es 15,9 mm de DI (0,625"). Este diámetro proporciona una  $UD_{ci}$  combinada de manguera de 0,96, la cual es la requerida. No hay beneficio significativo que pueda obtenerse de la manguera de mayor diámetro (20,6 mm de DI o 0,811 ").

Conviene señalar, sin embargo, que debido a que las distintas mangueras son de diferentes longitudes y por consiguientes de diferentes caudales, el resultado será que las presiones controladas en los regulador de presión sean diferentes. Por consiguiente, la  $UD_{ci}$  de todo el sistema se ve disminuida algunas veces en un valor que oscila entre 1% y 3%. Como puede observarse más adelante en este ejemplo, para este caso en particular la UD no se verá disminuida.

Para el Bloque B, la localización óptima del múltiple es diferente.

Longitud promedio de manguera para el Bloque B:

$$\begin{aligned}
 &= [(79 \text{ vides} \times 1,83 \text{ m}) + (50 \text{ vides} \times 1,83 \text{ m})] / 2 \\
 &= [(144,57) + (91,50)] / 2 \\
 &= 118 \text{ m (sin incluir serpenteo).}
 \end{aligned}$$

Es prudente usar un solo diámetro en el lote para evitar que los instaladores se confundan; también para evitar confusión en la reparación. Por consiguiente, se usará también manguera de 15,9 mm de DI (0,625" de DI) en el Bloque B. Los resultados de la corrida del programa de localización de la manguera son:

<u>DI de mang., mm</u>	<u>L pend. arriba, m</u>	<u>L pend. abajo, m</u>	<u>P de entrada</u> <u>kPa</u>	<u>UD<sub>ci</sub></u>
<b>15,9</b>	<b>38,5</b>	<b>79,5</b>	<b>102</b>	<b>0,97</b>

**4. Selección del Regulador de Presión Fijo Apropriado.** (Diseño 1)

La Figura 26 del Capítulo 7 contiene curvas de varios modelos hipotéticos de regulador es de presión fijos, todas provenientes del mismo fabricante. Cada una tiene una presión de descarga nominal, pero la presión de descarga real depende del caudal del regulador.

Uno debe seleccionar el modelo apropiado que proporcione una presión cercana a la presión de descarga deseada.

Puesto que este no es un lote de forma rectangular, las hileras de vid tienen diferentes longitudes y por consiguiente el caudal a través de los regulador es de presión variará según la localización. Uno de los propósitos de este paso de diseño es determinar si las diferencias resultantes en presión, en términos de presión de descarga en los reguladores, son significativas.

El caudal más alto de regulador de presión es aquel que abastece las 100 vides:

$$\text{Caudal máximo por regulador} = 100 \text{ vides} \times 5,62 \text{ LPH/vid}$$

$$= 562 \text{ LPH}$$

$$= (562 \text{ litros/h}) \times (1 \text{ h}/60 \text{ min.})$$

$$= 9,37 \text{ LPM } (2,48 \text{ GPM})$$

$$\text{Caudal mínimo por regulador} = 50 \text{ vides} \times 5,62 \text{ LPH/vid}$$

$$= 281 \text{ LPH}$$

$$= (281 \text{ litros/h}) \times (1 \text{ h}/60 \text{ min.})$$

$$= 4,68 \text{ LPM } (1,24 \text{ GPM})$$

En un paso previo se determinó que la presión promedio por emisor debería ser de 99,1 kPa (14,4 psi). También se determinó previamente que la presión requerida de entrada a la manguera era de 104,1 kPa (15,1 psi) para el Bloque A y de 102 kPa (14,8 psi) para el Bloque B. Los anteriores valores dan un promedio aproximado de 103,1 kPa (14,95 psi). Asumiendo una pérdida por concepto de malla/accesorio en la manguera, de cerca de 3,45 kPa (0,5 psi) en la descarga del regulador de presión, la presión deseada en la descarga de dicho regulador será:

P de descarga requerida en el regulador = P de entrada a la manguera + Pérdida s entre la manguera y la regulación de presión (RP).

$$= 103,1 \text{ kPa} + 3,45 \text{ kPa}$$

$$= 106,55 \text{ kPa } (15,5 \text{ psi})$$

Al examinar la Figura 26, la selección obvia es el Modelo de 103,41 kPa (*15 psi*), ya que las presiones de descarga son cercanas al estimativo inicial de 106,55 kPa (*15,5 psi*). Sus presiones de descarga son:

$$\text{A caudal máximo (9,37 LPM)} = 111 \text{ kPa } (16,1 \text{ psi})$$

$$\text{A caudal mínimo (4,68 LPM)} = 111,69 (16,2 \text{ psi})$$

Estas presiones son virtualmente idénticas. En este diseño en particular, el programa de computadora para mangueras realmente predice que las mangueras más cortas necesitan una presión ligeramente superior, de manera tal que no hay impacto negativo en la UD.

Resumen sobre reguladores de presión:

- Use un Modelo de 103,41 kPa (*15 psi*) por hilera de vid.
- La presión de descarga del regulador será cerca de 111 kPa (*16,1 psi*), según la curva de la Figura 26.
- La presión mínima requerida dentro del regulador es 131 kPa (*19 psi*), ya que en la Figura 26 a una presión de 131 kPa (*19 psi*) la curva se hace asintótica.

#### 5. Ajuste del Cálculo del Caudal Promedio por Emisor. (Diseño 1)

El regulador de presión tendrá una presión de descarga de alrededor de 111 kPa (*16,1 psi*). Esto significa que la presión de entrada a las mangueras ( $111 - 3,45 = 107,55 \text{ kPa}$  o *15,6 psi*) es mayor que los 103,41 kPa (*15 psi*) requeridos para proporcionar el caudal promedio deseado de 5,62 LPH/emisor (*1,485 GPH/emisor*).

Por consiguiente, el caudal promedio por emisor debería ser ajustado. Esto puede hacerse con un programa de computadora para mangueras o con un ajuste simple como a continuación se ilustra:

$$\text{Nuevo } Q_{\text{prom. por emisor}} = Q_{\text{prom. anterior por emisor}} \times \left( \frac{\text{Nueva } P_{\text{prom. por emisor}}}{P_{\text{prom. anterior por emisor}}} \right)^{\text{exponente del emisor}}$$

$$= 5,62 \times \left( \frac{99,1 \text{ kPa} + 4,31 \text{ kPa}}{99,1 \text{ kPa}} \right)^{0,6}$$

$$= \underline{\underline{5,8 \text{ LPH}}} (1,52 \text{ GPH})$$

Aparentemente, este es un cambio casi despreciable. No obstante, en otros casos puede ser mayor, de manera tal que uno debe saber cómo hacer los cálculos.

#### 6. Selección del Diámetro del Múltiple Crítico. (Diseño 1)

El procedimiento de selección del diámetro del múltiple se describe en el Capítulo 6. En este caso, puesto que cada manguera tiene un regulador de presión, el diámetro del camino crítico debe seleccionarse utilizando una técnica de optimización económica, o un método de "máxima velocidad". Se espera que el método de "máxima velocidad" seleccionado, esté basado en algún tipo de lógica económica, como se explicó en el Capítulo 6. La Tabla 52 muestra la solución para el múltiple, la cual es parte del camino crítico. Este múltiple es el que va pendiente arriba desde su entrada. En este diseño se usó una velocidad mínima de 1,219 m/s (4 pies/s).

Los puntos clave de la Tabla 52 son:

- El diámetro de tubo más pequeño en la Tabla 54, no está basado en 1,22 m/s (4 pies/s); más bien, el diámetro más pequeño se restringió a 55,7 mm de DI (2,19" de DI). Este es alrededor de la mitad del máximo DI de 108,71 mm (4,28"). Esta regla empírica de la mitad del diámetro máximo ayuda a asegurar buenas capacidades de lavado del múltiple.
- Debido a que el múltiple del Bloque A va pendiente arriba en forma continua desde su entrada, la presión más baja será en el extremo aguas abajo. La hoja de cálculo debe especificar esta presión más baja como 131 kPa (19 psi), ya que el regulador de presión requiere una presión de entrada de este valor. El Punto "1", el cual está en el extremo aguas abajo, pendiente arriba, tiene una presión de 131 kPa (19 psi).
- La presión requerida a la entrada del múltiple es 166,2 kPa (24,1 psi).
- El caudal total en el múltiple es 547 LPM (144,6 GPM).
- El segmento más extremo aguas arriba tiene tan solo 1,8 m (5,9') de longitud, ya que será abastecido por una línea principal, la cual está localizada entre las hileras de vid 63 y 64.
- La hoja de cálculo considera que el número de vides abastecidas por cada salida cambia con la posición del múltiple.
- La Tabla 52 no incluye pérdidas menores tales como la fricción en el elevador que abastece al regulador de presión, o la pérdida a través de la válvula en la entrada del mismo múltiple. Dichas pérdidas se adicionan al término del proceso de cálculo, cuando finalmente se calcule la Altura Manométrica total Dinámica (AMTD) de la bomba.

- Debido a que estas tablas no incluyen todas las pérdidas menores, las presiones que se encuentran en tablas tales como las Tabla 52 y 53 no son presiones "verdaderas" en el sentido de que cuando el sistema esté en operación, las presiones reales serán un tanto diferentes. Sin embargo, este método de contabilizar durante la fase de diseño, proporcionará con precisión los 2 valores claves: (i) la presión de 131 kPa (*19 psi*) en el punto crítico, y (ii) la AMTD requerida.

**7. Selección de Diámetros del Resto del Camino Crítico. (Diseño 1)**

La Tabla 52 muestra que el Múltiple 1 requiere una presión de entrada de 166,2 kPa (*24,1 psi*), con un caudal de 548 LPM (*145 GPM*).

Para el resto del camino crítico entre el Múltiple 1 y la bomba, la selección de diámetros debería usar una técnica de selección óptima económica de diámetros o una regla de velocidad máxima. En este ejemplo, se hará la selección usando una velocidad máxima de 1,22 m/s (*4 pies/s*).

La Tabla 52 muestra que un tubo PVC Clase 100 de 4" es la selección correcta de diámetro para un caudal de 548 LPM (*145 GPM*). La Tabla 22 muestra también que a 1,22 m/s (*4 pies/s*), el caudal máximo a través de un tubo PVC Clase 100 de 4" puede ser 681,3 LPM (*180 GPM*).

Tabla 52. Selección del Diámetro del Múltiple 1, Diseño 1. Velocidad máxima = 1,22 m/s (4 pies/s). El diámetro mínimo del tubo es la mitad del máximo.

Punto	Elevación (pies)	Punto P (psi)	# vides en línea	Punto Q (GPM)	Arr. Segmento Q (GPM)	Tubería DI Pulgadas	C Valor	Segmento Longitud (pies)	Segmento Hf (psi)	ΔElev (psi)	ΔP (psi)
1	300.0	19.0	100	2.55	2.6	2.193	146	12	0.00	0.026	0.03
2	299.9	19.0	100	2.55	5.1	2.193	146	12	0.00	0.026	0.03
3	299.9	19.1	100	2.55	7.7	2.193	146	12	0.01	0.026	0.03
4	299.8	19.1	99	2.5245	10.2	2.193	146	12	0.01	0.026	0.03
5	299.8	19.1	99	2.5245	12.7	2.193	146	12	0.01	0.026	0.04
6	299.7	19.2	99	2.5245	15.2	2.193	146	12	0.02	0.026	0.04
7	299.6	19.2	98	2.499	17.7	2.193	146	12	0.02	0.026	0.05
8	299.6	19.3	98	2.499	20.2	2.193	146	12	0.03	0.026	0.06
9	299.5	19.3	98	2.499	22.7	2.193	146	12	0.04	0.026	0.06
10	299.5	19.4	97	2.4735	25.2	2.193	146	12	0.05	0.026	0.07
11	299.4	19.4	97	2.4735	27.7	2.193	146	12	0.05	0.026	0.08
12	299.3	19.5	97	2.4735	30.1	2.193	146	12	0.06	0.026	0.09
13	299.3	19.6	96	2.448	32.6	2.193	146	12	0.07	0.026	0.10
14	299.2	19.7	96	2.448	35.0	2.193	146	12	0.08	0.026	0.11
15	299.2	19.8	96	2.448	37.5	2.193	146	12	0.10	0.026	0.12
16	299.1	19.9	95	2.4225	39.9	2.193	146	12	0.11	0.026	0.13
17	299.0	20.1	95	2.4225	42.3	2.193	146	12	0.12	0.026	0.15
18	299.0	20.2	95	2.4225	44.8	2.193	146	12	0.13	0.026	0.16
19	298.9	20.4	94	2.397	47.1	2.655	147	12	0.06	0.026	0.08
20	298.9	20.5	94	2.397	49.5	2.655	147	12	0.06	0.026	0.09
21	298.8	20.6	94	2.397	51.9	2.655	147	12	0.07	0.026	0.09
22	298.7	20.7	93	2.3715	54.3	2.655	147	12	0.07	0.026	0.10
23	298.7	20.8	93	2.3715	56.7	2.655	147	12	0.08	0.026	0.11
24	298.6	20.9	93	2.3715	59.1	2.655	147	12	0.09	0.026	0.11
25	298.6	21.0	92	2.346	61.4	2.655	147	12	0.09	0.026	0.12
26	298.5	21.1	92	2.346	63.8	2.655	147	12	0.10	0.026	0.13
27	298.4	21.2	92	2.346	66.1	2.655	147	12	0.11	0.026	0.13
28	298.4	21.4	91	2.3205	68.4	2.655	147	12	0.11	0.026	0.14
29	298.3	21.5	91	2.3205	70.7	3.284	148	12	0.04	0.026	0.07
30	298.3	21.6	91	2.3205	73.1	3.284	148	12	0.05	0.026	0.07
31	298.2	21.6	90	2.295	75.4	3.284	148	12	0.05	0.026	0.07
32	298.1	21.7	90	2.295	77.6	3.284	148	12	0.05	0.026	0.08
33	298.1	21.8	90	2.295	79.9	3.284	148	12	0.05	0.026	0.08
34	298.0	21.9	89	2.2695	82.2	3.284	148	12	0.06	0.026	0.08
35	298.0	21.9	89	2.2695	84.5	3.284	148	12	0.06	0.026	0.08
36	297.9	22.0	89	2.2695	86.8	3.284	148	12	0.06	0.026	0.09
37	297.8	22.1	88	2.244	89.0	3.284	148	12	0.06	0.026	0.09
38	297.8	22.2	88	2.244	91.2	3.284	148	12	0.07	0.026	0.09
39	297.7	22.3	88	2.244	93.5	3.284	148	12	0.07	0.026	0.10
40	297.7	22.4	87	2.2185	95.7	3.284	148	12	0.07	0.026	0.10
41	297.6	22.5	87	2.2185	97.9	3.284	148	12	0.08	0.026	0.10
42	297.5	22.6	87	2.2185	100.1	3.284	148	12	0.08	0.026	0.11
43	297.5	22.7	86	2.193	102.3	3.284	148	12	0.08	0.026	0.11
44	297.4	22.8	86	2.193	104.5	3.284	148	12	0.09	0.026	0.11
45	297.4	22.9	86	2.193	106.7	4.28	149	12	0.02	0.026	0.05
46	297.3	23.0	85	2.1675	108.9	4.28	149	12	0.03	0.026	0.05
47	297.2	23.0	85	2.1675	111.1	4.28	149	12	0.03	0.026	0.05
48	297.2	23.1	85	2.1675	113.2	4.28	149	12	0.03	0.026	0.05
49	297.1	23.1	84	2.142	115.4	4.28	149	12	0.03	0.026	0.05
50	297.1	23.2	84	2.142	117.5	4.28	149	12	0.03	0.026	0.06
51	297.0	23.3	84	2.142	119.6	4.28	149	12	0.03	0.026	0.06
52	296.9	23.3	83	2.1165	121.8	4.28	149	12	0.03	0.026	0.06
53	296.9	23.4	83	2.1165	123.9	4.28	149	12	0.03	0.026	0.06
54	296.8	23.4	83	2.1165	126.0	4.28	149	12	0.03	0.026	0.06
55	296.8	23.5	82	2.091	128.1	4.28	149	12	0.03	0.026	0.06
56	296.7	23.5	82	2.091	130.2	4.28	149	12	0.04	0.026	0.06
57	296.6	23.6	82	2.091	132.3	4.28	149	12	0.04	0.026	0.06
58	296.6	23.7	81	2.0655	134.3	4.28	149	12	0.04	0.026	0.06
59	296.5	23.7	81	2.0655	136.4	4.28	149	12	0.04	0.026	0.06
60	296.5	23.8	81	2.0655	138.5	4.28	149	12	0.04	0.026	0.07
61	296.4	23.9	80	2.04	140.5	4.28	149	12	0.04	0.026	0.07
62	296.3	23.9	80	2.04	142.5	4.28	149	12	0.04	0.026	0.07
63	296.3	24.0	80	2.04	144.6	4.28	149	6	0.02	0.026	0.05
Entrada	296.2	24.1									

La Figura 59 muestra las localizaciones y dimensiones de las tuberías hasta este punto del diseño.

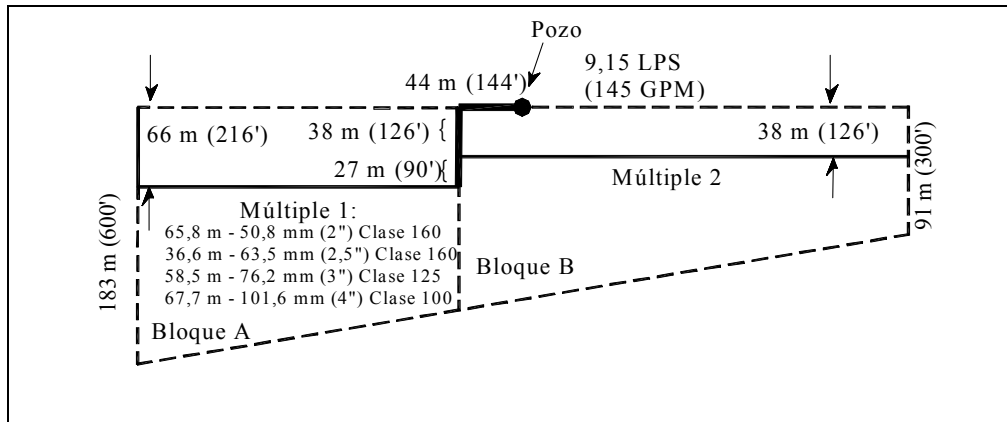


Figura 59. Dimensiones del Diseño 1 hasta este punto

#### 8. Selección del Diámetro del Segundo Múltiple. (Diseño 1)

El Múltiple del Bloque B (Múltiple 2) tiene una estrategia de selección de diámetro completamente diferente a la usada para el Múltiple 1. El Múltiple 1 fue el múltiple más distante y tuvo pendiente arriba desde su entrada; por consiguiente fue el múltiple "crítico" en términos de requerimientos de presión. La estrategia para la selección del diámetro del Múltiple 2 es la siguiente: Utilice toda la presión en exceso disponible, pero no acepte ninguna presión por debajo de 131 kPa (19 psi).

Hay 2 criterios específicos para la selección de los diámetros de los segmentos del Múltiple 2:

- La presión mínima en cualquier punto a lo largo del Múltiple 2 no puede ser menor que la presión mínima en el Múltiple 1; esto es, 131 kPa (19 psi). Los diseñadores que se inician, con frecuencia solo miran los puntos extremos de una línea de tubería; sin embargo, es importante tener en cuenta que la presión más baja puede ocurrir en puntos intermedios.
- La presión de entrada al Múltiple 2 se define como:

Presión de entrada al Múltiple 2 =

Presión de entrada en el Múltiple 1  
 +  
 Cambio en elevación entre el Múltiple 1 y el Múltiple 2  
 +  
 Fricción entre el Múltiple 1 y el Múltiple 2 cuando solamente el Múltiple 1 está operando



En el paso previo se determinó que el diámetro apropiado para la línea principal es 4", en base al caudal de 548 LPM (*144,78 GPM*) y en una velocidad máxima permisible de 1,22 m/s (*4 pies/s*).

La Tabla 53 muestra los resultados de una hoja de cálculo de la hidráulica de la línea principal.

Tabla 53. Selección del diámetro de la línea principal. Diseño 1.

Aguas arriba del punto	Punto P kPa	LPM	DI mm	L m	Hf kPa	pendiente %	Cambio en elevación kPa	Cambio en presión kPa
Entrada al Múltiple 1	166	548	108,7	27,43	2,21	0,5	-1,31	0,90
Entrada al Múltiple 2	167	548	108,7	38,40	3,10	0,5	-1,86	1,24
Codo de 90°	168	548	108,7	43,89	3,59	-0,5	2,14	5,72
Bomba	174							

Los puntos que conviene señalar en la Tabla 53 son:

- La presión de la bomba de 173,7 kPa (*25,2 psi*) aún no incluye las pérdidas menores asociadas con las válvulas de los bloques ni con los elevadores.
- El valor clave para determinar el diámetro del Múltiple 2 es el de 166,8 kPa (*24,2 psi*) de presión disponible en esta entrada.
- La pendiente cambió de dirección en el codo de 90°, en la cima del lote.

La Tabla 54 muestra los resultados de un cálculo abreviado para el Múltiple 2.

Tabla 54 (primera parte). Selección del diámetro del Múltiple 2, Diseño 1. Estrategia:  
Utilice toda la presión en exceso y no permita presiones más bajas  
que 131 kPa (19 psi).

Punto	Elevación (pies)	Punto P (psi)	# vides En línea	Punto Q (GPM)	Arr. Segmento Q (GPM)	Tubería pulgadas	C Valor por H-W	Segmento Longitud (pies)	Segmento Hf (psi)	Var. Elev (psi)	Var.. P (psi)
1	294.7	19.2	50	1.28	1.3	2.193	145	12	0.00	-0.03	-0.026
2	294.8	19.2	50	1.28	2.6	2.193	145	12	0.00	-0.03	-0.025
3	294.8	19.2	50	1.28	3.8	2.193	145	12	0.00	-0.03	-0.025
4	294.9	19.2	51	1.30	5.1	2.193	145	12	0.00	-0.03	-0.024
5	295.0	19.1	51	1.30	6.4	2.193	145	12	0.00	-0.03	-0.022
6	295.0	19.1	51	1.30	7.7	2.193	145	12	0.01	-0.03	-0.021
7	295.1	19.1	52	1.33	9.1	2.193	145	12	0.01	-0.03	-0.019
8	295.1	19.1	52	1.33	10.4	2.193	145	12	0.01	-0.03	-0.017
9	295.2	19.1	52	1.33	11.7	2.193	145	12	0.01	-0.03	-0.015
10	295.3	19.0	53	1.35	13.1	2.193	145	12	0.01	-0.03	-0.012
11	295.3	19.0	53	1.35	14.4	2.193	145	12	0.02	-0.03	-0.009
12	295.4	19.0	53	1.35	15.8	2.193	145	12	0.02	-0.03	-0.006
13	295.4	19.0	54	1.38	17.1	2.193	145	12	0.02	-0.03	-0.003
14	295.5	19.0	54	1.38	18.5	2.193	145	12	0.03	-0.03	0.000
15	295.6	19.0	54	1.38	19.9	2.193	145	12	0.03	-0.03	0.004
16	295.6	19.0	55	1.40	21.3	2.193	145	12	0.03	-0.03	0.008
17	295.7	19.0	55	1.40	22.7	2.193	145	12	0.04	-0.03	0.012
18	295.7	19.0	55	1.40	24.1	2.193	145	12	0.04	-0.03	0.017
19	295.8	19.0	56	1.43	25.5	2.193	145	12	0.05	-0.03	0.022
20	295.9	19.1	56	1.43	27.0	2.193	145	12	0.05	-0.03	0.027
21	295.9	19.1	56	1.43	28.4	2.193	145	12	0.06	-0.03	0.032
22	296.0	19.1	57	1.45	29.8	2.193	146	12	0.06	-0.03	0.037
23	296.0	19.2	57	1.45	31.3	2.193	146	12	0.07	-0.03	0.043
24	296.1	19.2	57	1.45	32.7	2.193	146	12	0.07	-0.03	0.049
25	296.2	19.3	58	1.48	34.2	2.193	146	12	0.08	-0.03	0.055
26	296.2	19.3	58	1.48	35.7	2.193	146	12	0.09	-0.03	0.062
27	296.3	19.4	58	1.48	37.2	2.193	146	12	0.09	-0.03	0.069
28	296.3	19.4	59	1.50	38.7	2.193	146	12	0.10	-0.03	0.076
29	296.4	19.5	59	1.50	40.2	2.193	146	12	0.11	-0.03	0.083
30	296.5	19.6	59	1.50	41.7	2.193	146	12	0.12	-0.03	0.091
31	296.5	19.7	60	1.53	43.2	2.193	146	12	0.12	-0.03	0.099
32	296.6	19.8	60	1.53	44.8	2.655	146	12	0.05	-0.03	0.027
33	296.6	19.8	60	1.53	46.3	2.655	146	12	0.06	-0.03	0.030
34	296.7	19.8	61	1.56	47.8	2.655	147	12	0.06	-0.03	0.033
35	296.8	19.9	61	1.56	49.4	2.655	147	12	0.06	-0.03	0.036
36	296.8	19.9	61	1.56	50.9	2.655	147	12	0.07	-0.03	0.040
37	296.9	20.0	62	1.58	52.5	2.655	147	12	0.07	-0.03	0.044
38	296.9	20.0	62	1.58	54.1	2.655	147	12	0.07	-0.03	0.048
39	297.0	20.0	62	1.58	55.7	2.655	147	12	0.08	-0.03	0.052
40	297.1	20.1	63	1.61	57.3	2.655	147	12	0.08	-0.03	0.056
41	297.1	20.2	63	1.61	58.9	2.655	147	12	0.09	-0.03	0.060
42	297.2	20.2	63	1.61	60.5	2.655	147	12	0.09	-0.03	0.065
43	297.2	20.3	64	1.63	62.1	2.655	147	12	0.10	-0.03	0.069
44	297.3	20.4	64	1.63	63.8	2.655	147	12	0.10	-0.03	0.074
45	297.4	20.4	64	1.63	65.4	2.655	147	12	0.10	-0.03	0.079
46	297.4	20.5	65	1.66	67.1	2.655	147	12	0.11	-0.03	0.084
47	297.5	20.6	65	1.66	68.7	2.655	147	12	0.11	-0.03	0.089
48	297.5	20.7	65	1.66	70.4	2.655	147	12	0.12	-0.03	0.094
49	297.6	20.8	66	1.68	72.1	2.655	147	12	0.13	-0.03	0.099
50	297.7	20.9	66	1.68	73.7	2.655	147	12	0.13	-0.03	0.105
51	297.7	21.0	66	1.68	75.4	2.655	147	12	0.14	-0.03	0.110
52	297.8	21.1	67	1.71	77.1	2.655	147	12	0.14	-0.03	0.116
53	297.8	21.2	67	1.71	78.8	2.655	147	12	0.15	-0.03	0.122
54	297.9	21.3	67	1.71	80.6	2.655	147	12	0.15	-0.03	0.128
55	298.0	21.5	68	1.73	82.3	2.655	147	12	0.16	-0.03	0.134
56	298.0	21.6	68	1.73	84.0	2.655	147	12	0.17	-0.03	0.141
57	298.1	21.7	68	1.73	85.8	2.655	147	12	0.17	-0.03	0.147
58	298.1	21.9	69	1.76	87.5	2.655	147	12	0.18	-0.03	0.151
59	298.2	22.0	69	1.76	89.3	3.284	148	12	0.07	-0.03	0.039
60	298.3	22.1	69	1.76	91.0	3.284	148	12	0.07	-0.03	0.042
61	298.3	22.1	70	1.79	92.8	3.284	148	12	0.07	-0.03	0.044
62	298.4	22.2	70	1.79	94.6	3.284	148	12	0.07	-0.03	0.047
63	298.4	22.2	70	1.79	96.4	3.284	148	12	0.08	-0.03	0.049
64	298.5	22.2	71	1.81	98.2	3.284	148	12	0.08	-0.03	0.052
65	298.6	22.3	71	1.81	100.0	3.284	148	12	0.08	-0.03	0.055
66	298.6	22.4	71	1.81	101.8	3.284	148	12	0.08	-0.03	0.057
67	298.7	22.4	72	1.84	103.7	3.284	148	12	0.09	-0.03	0.060
68	298.7	22.5	72	1.84	105.5	3.284	148	12	0.09	-0.03	0.063
69	298.8	22.5	72	1.84	107.3	3.284	148	12	0.09	-0.03	0.066
70	298.9	22.6	73	1.86	109.2	3.284	148	12	0.09	-0.03	0.069

Tabla 54 (continuación). Selección del diámetro del Múltiple 2, Diseño 1.

Punto	Elevación pies	Punto P (psi)	# vides en línea	Punto Q (GPM)	Arr. Segmento Q (GPM)	Tubería DI pulgadas	C Valor por H-W	Segmento Longitud (pies)	Segmento Hf (psi)	Var. Elev (psi)	Var. P (psi)
71	298.9	22.7	73	1.86	111.1	3.284	148	12	0.10	-0.03	0.072
72	299.0	22.7	73	1.86	112.9	3.284	148	12	0.10	-0.03	0.075
73	299.0	22.8	74	1.89	114.8	3.284	148	12	0.10	-0.03	0.078
74	299.1	22.9	74	1.89	116.7	3.284	148	12	0.11	-0.03	0.081
75	299.2	23.0	74	1.89	118.6	3.284	148	12	0.11	-0.03	0.085
76	299.2	23.1	75	1.91	120.5	3.284	148	12	0.11	-0.03	0.088
77	299.3	23.1	75	1.91	122.4	3.284	148	12	0.12	-0.03	0.091
78	299.3	23.2	75	1.91	124.3	3.284	148	12	0.12	-0.03	0.095
79	299.4	23.3	76	1.94	126.3	3.284	148	12	0.12	-0.03	0.098
80	299.5	23.4	76	1.94	128.2	3.284	148	12	0.13	-0.03	0.102
81	299.5	23.5	76	1.94	130.1	3.284	148	12	0.13	-0.03	0.105
82	299.6	23.6	77	1.96	132.1	3.284	148	12	0.14	-0.03	0.109
83	299.6	23.7	77	1.96	134.1	3.284	148	12	0.14	-0.03	0.113
84	299.7	23.9	77	1.96	136.0	3.284	148	12	0.14	-0.03	0.117
85	299.8	24.0	78	1.99	138.0	3.284	148	12	0.15	-0.03	0.120
86	299.8	24.1	78	1.99	140.0	3.284	148	12	0.15	-0.03	0.124
87	299.9	24.2	78	1.99	142.0	4.28	149	6	0.02	-0.03	0.006
Entrada	300.0	<b>24.2</b>	79	2.01							

Los puntos que deben observarse en la Tabla 54 son:

- La presión más baja de 131 kPa (19 psi) no ocurrió en ningún extremo del múltiple, sino más bien pendiente arriba del extremo aguas abajo.
- Los diámetros del tubo son más pequeños que los del Múltiple 1.
- La presión de entrada para el Múltiple 2 es de 166,8 kPa (24,2 psi); el valor dado en la Tabla 53 (Selección del diámetro de la línea principal).
- Las elevaciones en la Tabla 54 necesitan tan solo ser elevaciones relativas; no hay necesidad de que sean elevaciones reales de campo. El punto clave con respecto a las elevaciones para esta tabla es que la pendiente debe ser correcta.
- El caudal de entrada es esencialmente el mismo que para el Múltiple 1, lo cual es un indicativo de que el lote fue dividido en forma apropiada entre dos bloques de igual tamaño.

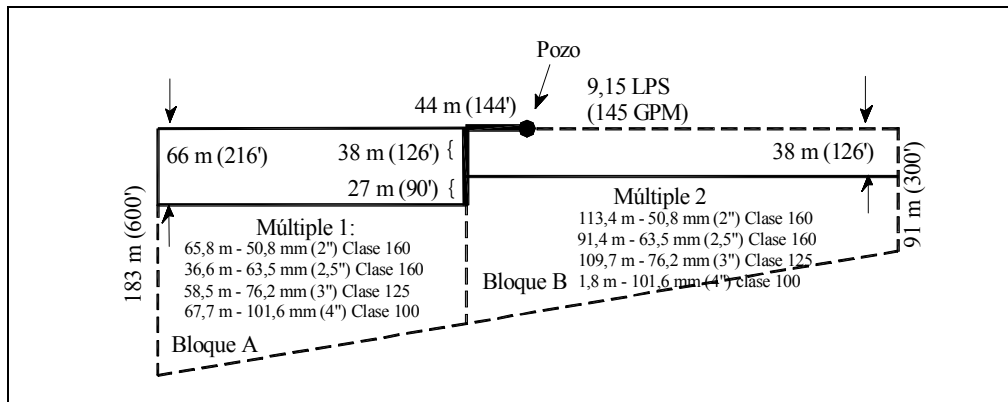


Figura 60. Localización final y diámetros para el Múltiple 2.

### 9. **Filtrado.** (Diseño 1)

El agua ha sido extraída de un pozo y es común que se bombee agua con arena desde los pozos. Por consiguiente, para este ejemplo se han seleccionado un separador de arena y una malla de apoyo. Otras opciones incluyen un filtro de arena que use arena granate, o los filtros de malla tipo “aspiradora”.

La selección apropiada de un separador de arena se hace de la Figura 36 de la Sección 1. Para un caudal de 548 LPM (145 GPM), el Modelo “B” es la mejor selección. Este separador de arena tiene una pérdida de presión de 41,4 kPa (6 psi).

Para que actúe conjuntamente con el separador de arena, se coloca aguas abajo una malla de tamiz 120. La malla es importante para capturar cualquier basura que pueda pasar el separador de arena, especialmente durante el encendido de la bomba.

### 10. **Medidor de Caudal.** (Diseño 1)

Se requiere un medidor de flujo para monitorear el caudal del agua aplicada al lote. El tramo aguas arriba del medidor de caudal debe ser un tubo derecho, sin obstrucción y de una longitud equivalente a 10 veces el diámetro del tubo. Aguas abajo del medidor de flujo debe haber un tramo de tubo derecho cuya longitud sea por lo menos 4 veces el diámetro del mismo tubo. El medidor de flujo debe registrar tanto el caudal instantáneo, como el volumen total y debe tener aspas integrales.

### 11. **Altura Manométrica Total Dinámica Requerida desde la Bomba.**

(Diseño 1)

Para este diseño, la presión total de bombeo requerida es:

Presión requerida en la bomba (de la Tabla 53)	= 173,7 kPa
+ Pérdida en separador de arena	= 41,4 kPa
+ Pérdida en malla de apoyo	= 6,9 kPa
+ Pérdidas menores (válvulas de retención, medidor de flujo, codos, etc.)	= 10,3 kPa
+ Pérdida a través del elevador del regulador de presión	= 3,5 kPa
+ Pérdida a través de la válvula de control del bloque	= 20,7 kPa
+ Profundidad del nivel estático del agua = (19,81 m)(9,806 kPa/m)	= 194 kPa
+ Abatimiento en el pozo = (1,45 m)(9,133 LPS/10 LPS)(9,806 kPa/m)	= 13 kPa
+ Pérdida en la columna de la bomba	= 20,7 kPa

**Altura Manométrica Total Dinámica (AMTD) Requerida (Sistema Internacional)**

**= 484 kPa**

**Altura Manométrica Total Dinámica (AMTD) Requerida (Sistema Inglés) = 70,2 psi**

## **MODELO DE DISEÑO #2: Sin Regulador es de Presión Para Cada Manguera.**

### **1. Parámetros de Diseño.** (Diseño 2) (hasta aquí)

- 5,6 LPH<sub>prom.</sub> (1,5 GPM<sub>prom.</sub>) por emisor a 99,1 kPa (14,4 psi), deseado.
- 1 emisor/vid.
- Distancia entre emisores = 1,8 m (5,9')  
(Se proporciona un 1,5% adicional por expansión y contracción de la manguera por efecto de temperatura).

### **2. Estrategia de Diseño.** (Diseño 2)

En este diseño, la aproximación será como sigue:

- No habrá regulador es de presión fijos para cada manguera. En cambio, se localizarán y se seleccionarán los diámetros de los múltiples y las mangueras de manera tal que no se requieran regulador es de presión dentro de un bloque.
- Ambos múltiples irán pendiente abajo desde sus entradas. Esto requerirá que una línea principal vaya hasta el extremo pendiente arriba del Bloque A.
- Los diámetros de los múltiples se seleccionarán de tal manera que el cambio en elevación (pendiente abajo) coincida aproximadamente con la fricción. Esto proporcionará una presión de entrada aproximadamente similar a todas las mangueras. La diferencia de presión permisible exacta a lo largo de los múltiples se determinará utilizando el procedimiento definido en el Capítulo 6, el cual es como sigue:
  - a. Defina la UD deseada para el sistema.
  - b. Utilice un programa de computadora para mangueras con el fin de determinar la combinación apropiada de diámetro/longitud que conduzca a obtener una UD para una sola manguera, mejor que la UD deseada para el sistema. El programa de computadora para mangueras tendrá en cuenta la cv de fabricación, así como también todas las diferencias de presión a lo largo de la manguera.  
(Nota: La manguera de diámetro pequeño, 15,9 mm (0,625"), mostró en el Diseño 1 que da una buena UD de cerca de 0,96 - 0,97 para ambos Bloques. Por consiguiente, aquí en el Modelo de Diseño #2, se usarán tanto el mismo diámetro como las mismas localizaciones de los múltiples).
  - c. Utilice (a) para determinar la UD<sub>múltiple</sub> mínima permisible, como:

$$UD_{\text{multiple}} \text{ mínima permisible} = \frac{UD_{\text{sistema}}}{UD_{\text{una sola manguera}}}$$

- d. Determine la diferencia de presión permisible a lo largo del múltiple y localice y seleccione el diámetro del múltiple de tal manera que la variación de presión a lo largo del múltiple sea menor que la permisible. Esta variación de presión incluye el impacto tanto de la fricción, como de los cambios en elevación.

$$\Delta P \text{ Permisible en el Múltiple} = 2 \left[ P_{\text{prom.}} - P_{\text{prom.}} \left( \frac{UD_{\text{sistema}}}{UD_{\text{manguera}}} \right)^{\frac{1}{x}} \right]$$

**3. Localización del Tubo Múltiple en Terreno con Pendiente.** (Diseño 2)

Como se estableció anteriormente, el DI de 15,9 mm (0,625") usado en el Diseño 1, fue satisfactorio. Tal diámetro es típicamente, en términos aproximados, el menor diámetro utilizado en instalaciones comerciales agrícolas de riego por goteo. Por consiguiente, tanto el mismo DI de la manguera (15,9 mm o 0,625"), como las localizaciones de los múltiples, serán usados en este diseño.

Resumen hasta este punto:

- DI de la manguera = 15,9 mm (0,625").
- $UD_{ci}$  deseada para el sistema = 0,92 (nuevo)
- Exponente de descarga del emisor = 0,6.
- $cv$  de fabricación del emisor = 0,025.
- 2 bloques en el lote, cada uno regado a diferentes tiempos.
- Caudal promedio deseado por emisor = 5,62 LPH (1,49 GPH).
- Datos de las mangueras en cada bloque:

Bloque #	D una sola mang.	mang. pend. arriba, m	ent. req. kPa
A	0,96	5,89	4,1
B	0,97	8,50	2,0

**4. Determine la Diferencia de Presión Máxima Permisible a lo Largo de Cada Múltiple.** (Diseño 2)

Como se estableció anteriormente, la ecuación que se debe utilizar es:

$$\Delta P \text{ Permisible en el Múltiple} = 2 \left[ P_{\text{prom.}} - P_{\text{prom.}} \left( \frac{UD_{\text{sistema}}}{UD_{\text{manguera}}} \right)^{\frac{1}{x}} \right]$$

Para el valor de  $UD$  de 0,92 de un sistema nuevo, una presión promedio por emisor de 99,1 kPa (14,4 psi) y los diferentes valores de  $UD$  para Una Sola Manguera, se calcularon los siguientes valores:

Bloque	$\Delta P$ Permissible en el Múltiple, kPa
A	13,8
B	16,6

El Múltiple 1 (para el Bloque A) tiene un cambio en elevación de 11,1 kPa (*1,6 psi*), lo cual significa que la fricción permissible es solamente de 2,8 kPa (*0,4 psi*), si el múltiple va pendiente arriba desde la entrada. En el Diseño Modelo #1, el Múltiple 1 iba pendiente arriba porque cada manguera tenía un regulador de presión. El Diseño 2 no tiene regulador es de presión para cada manguera. Es posible obtener solamente 2,8 kPa (*0,4 psi*) de fricción, pero solamente con diámetros de tubo muy grandes. Por consiguiente, en este modelo de diseño irá una línea principal hasta el extremo pendiente arriba del Múltiple 1, de tal manera que el agua fluya pendiente abajo.

La disposición de la tubería se muestra en la Figura 61.

#### 5. **Selección del Diámetro del Múltiple.** (Diseño 2)

El caudal promedio original deseado por emisor de 5,62 LPH (*1,49 GPM*) será usado en este Diseño 2. En el Diseño 1, el caudal promedio por emisor se ajustó de 5,62 LPH (*1,49 GPM*) a 5,77 LPH (*1,52 GPH*), debido a que el regulador de presión no podía tener con precisión la presión de descarga deseada. En este diseño, la válvula de encendido/apagado del bloque puede ser también un regulador de presión. Esta válvula puede ajustarse para proporcionar exactamente la presión deseada a la primera manguera en cada bloque.

La Tabla 55 proporciona los diámetros de tubería para el Múltiple 1. La estrategia para la selección de diámetros de este múltiple, es no permitir que ocurra un cambio en presión mayor que el permissible, a lo largo de la longitud del múltiple. La Tabla 55 es una versión abreviada de la Tabla 21, la cual se encuentra en el Capítulo 6.

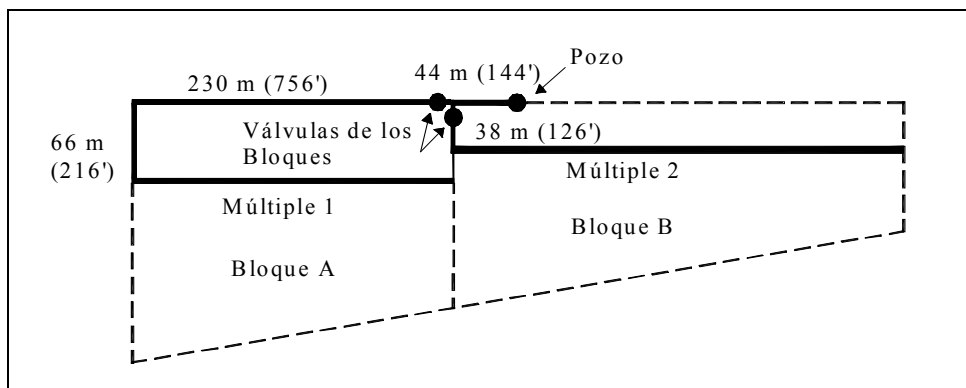


Figura 61. Disposición de las líneas de tubería para el Diseño 2.



Tabla 55. Diámetros de tubería para el Múltiple 1, Diseño 2. Lógica: La diferencia de presión permisible no puede exceder 13,8 kPa (2,0 psi).

Punto	Elevación pies	Punto P (psi)	Vides por línea	Punto Q (GPM)	Arr. Segmento Q (GPM)	Tubería DI pulgadas	Hf tasa (psi/100')	Segmento Longitud (pies)	Segmento Hf (psi)	ΔElev (psi)	ΔP (psi)
1	300.0	14.8	80	2	2.0	2.193	0.00	12	0.00	-0.026	-0.03
2	300.1	14.8	80	2	4.0	2.193	0.01	12	0.00	-0.026	-0.02
3	300.1	14.8	80	2	6.0	2.193	0.03	12	0.00	-0.026	-0.02
4	300.2	14.7	81	2.025	8.0	2.193	0.05	12	0.01	-0.026	-0.02
5	300.2	14.7	81	2.025	10.1	2.193	0.07	12	0.01	-0.026	-0.02
6	300.3	14.7	81	2.025	12.1	2.193	0.10	12	0.01	-0.026	-0.01
7	300.4	14.7	82	2.05	14.1	2.193	0.13	12	0.02	-0.026	-0.01
8	300.4	14.7	82	2.05	16.2	2.193	0.17	12	0.02	-0.026	-0.01
9	300.5	14.7	82	2.05	18.2	2.193	0.21	12	0.03	-0.026	0.00
10	300.5	14.7	83	2.075	20.3	2.193	0.26	12	0.03	-0.026	0.00
11	300.6	14.7	83	2.075	22.4	2.193	0.31	12	0.04	-0.026	0.01
12	300.7	14.7	83	2.075	24.5	2.193	0.36	12	0.04	-0.026	0.02
13	300.7	14.7	84	2.1	26.6	2.193	0.42	12	0.05	-0.026	0.02
14	300.8	14.7	84	2.1	28.7	2.193	0.49	12	0.06	-0.026	0.03
15	300.8	14.8	84	2.1	30.8	2.193	0.55	12	0.07	-0.026	0.04
16	300.9	14.8	85	2.125	32.9	2.193	0.63	12	0.08	-0.026	0.05
17	301.0	14.8	85	2.125	35.0	2.193	0.70	12	0.08	-0.026	0.06
18	301.0	14.9	85	2.125	37.1	2.193	0.79	12	0.09	-0.026	0.07
19	301.1	15.0	86	2.15	39.3	2.655	0.34	12	0.04	-0.026	0.01
20	301.1	15.0	86	2.15	41.4	2.655	0.37	12	0.04	-0.026	0.02
21	301.2	15.0	86	2.15	43.6	2.655	0.41	12	0.05	-0.026	0.02
22	301.3	15.0	86	2.15	45.7	2.655	0.45	12	0.05	-0.026	0.03
23	301.3	15.1	87	2.175	47.9	2.655	0.49	12	0.06	-0.026	0.03
24	301.4	15.1	87	2.175	50.1	2.655	0.53	12	0.06	-0.026	0.04
25	301.4	15.1	87	2.175	52.3	3.284	0.20	12	0.02	-0.026	0.00
26	301.5	15.1	88	2.2	54.5	3.284	0.22	12	0.03	-0.026	0.00
27	301.6	15.1	88	2.2	56.7	3.284	0.23	12	0.03	-0.026	0.00
28	301.6	15.1	88	2.2	58.9	3.284	0.25	12	0.03	-0.026	0.00
29	301.7	15.1	89	2.225	61.1	3.284	0.27	12	0.03	-0.026	0.01
30	301.7	15.1	89	2.225	63.3	3.284	0.29	12	0.03	-0.026	0.01
31	301.8	15.2	89	2.225	65.5	3.284	0.31	12	0.04	-0.026	0.01
32	301.9	15.2	90	2.25	67.8	3.284	0.33	12	0.04	-0.026	0.01
33	301.9	15.2	90	2.25	70.0	3.284	0.35	12	0.04	-0.026	0.02
34	302.0	15.2	90	2.25	72.3	3.284	0.37	12	0.04	-0.026	0.02
35	302.0	15.2	91	2.275	74.6	3.284	0.39	12	0.05	-0.026	0.02
36	302.1	15.2	91	2.275	76.8	3.284	0.41	12	0.05	-0.026	0.02
37	302.2	15.3	91	2.275	79.1	3.284	0.44	12	0.05	-0.026	0.03
38	302.2	15.3	92	2.3	81.4	3.284	0.46	12	0.06	-0.026	0.03
39	302.3	15.3	92	2.3	83.7	3.284	0.48	12	0.06	-0.026	0.03
40	302.3	15.3	92	2.3	86.0	4.28	0.14	12	0.02	-0.026	-0.01
41	302.4	15.3	93	2.325	88.3	4.28	0.15	12	0.02	-0.026	-0.01
42	302.5	15.3	93	2.325	90.7	4.28	0.15	12	0.02	-0.026	-0.01
43	302.5	15.3	93	2.325	93.0	4.28	0.16	12	0.02	-0.026	-0.01
44	302.6	15.3	93	2.325	95.3	4.28	0.17	12	0.02	-0.026	-0.01
45	302.6	15.3	94	2.35	97.7	4.28	0.17	12	0.02	-0.026	0.00
46	302.7	15.3	94	2.35	100.0	4.28	0.18	12	0.02	-0.026	0.00
47	302.8	15.3	94	2.35	102.4	4.28	0.19	12	0.02	-0.026	0.00
48	302.8	15.3	95	2.375	104.7	4.28	0.20	12	0.02	-0.026	0.00
49	302.9	15.3	95	2.375	107.1	4.28	0.21	12	0.02	-0.026	0.00
50	302.9	15.3	95	2.375	109.5	4.28	0.22	12	0.03	-0.026	0.00
51	303.0	15.3	96	2.4	111.9	4.28	0.22	12	0.03	-0.026	0.00
52	303.1	15.3	96	2.4	114.3	4.28	0.23	12	0.03	-0.026	0.00
53	303.1	15.3	97	2.425	116.7	4.28	0.24	12	0.03	-0.026	0.00
54	303.2	15.3	97	2.425	119.1	4.28	0.25	12	0.03	-0.026	0.00
55	303.2	15.3	97	2.425	121.6	4.28	0.26	12	0.03	-0.026	0.01
56	303.3	15.3	98	2.45	124.0	4.28	0.27	12	0.03	-0.026	0.01
57	303.4	15.3	98	2.45	126.5	4.28	0.28	12	0.03	-0.026	0.01
58	303.4	15.3	98	2.45	128.9	4.28	0.29	12	0.04	-0.026	0.01
59	303.5	15.3	99	2.475	131.4	4.28	0.30	12	0.04	-0.026	0.01
60	303.5	15.3	99	2.475	133.9	4.28	0.31	12	0.04	-0.026	0.01
61	303.6	15.3	99	2.475	136.3	4.28	0.32	12	0.04	-0.026	0.01
62	303.7	15.4	100	2.5	138.8	4.28	0.34	12	0.04	-0.026	0.01
63	303.7	15.4	100	2.5	141.3	4.28	0.35	6	0.02	-0.026	0.00
Entrada	303.8	15.4		Máx. P =	15.4	psi		Presión Var. =	0.7	psi	
				Mín P =	14.7	psi		Var. P =	15.1	psi	

Los puntos claves para observar en la Tabla 55 son:

- La presión de entrada se ajustó hasta que la presión promedio de entrada a la manguera igualó el valor de 104,1 kPa (15,1 psi). Esto proporciona el caudal promedio deseado por emisor de 5,62 LPH (1,49 GPM), el cual ocurre a una presión en el emisor de 99,1 kPa (14,4 psi). La Tabla 57 muestra las presiones de entrada a la manguera, sin tener en cuenta las pérdidas en el elevador, ni en los accesorios; tampoco las presiones en los emisores individuales.
- Debido a que el múltiple va pendiente abajo, resultó bastante fácil permanecer dentro de los 13,8 kPa (2 psi) permisibles. En la Tabla 55, los diámetros de tubería solo proporcionan un cambio máximo total en presión de 4,8 kPa (0,7 psi). Esto significa que la UD del sistema será mejor que 0,92.
- La UD de este sistema es mejor que la del Diseño 1.
- La presión mínima no ocurre en ningún extremo del múltiple. Sin embargo, en este caso la presión máxima no tiene lugar en la entrada. En algunos diseños, ninguna de las presiones extremas ocurre en un extremo del múltiple.
- Una vez que el sistema sea instalado, el regulador de presión del bloque debe ajustarse de tal manera que la primera manguera tenga una presión de 106,2 kPa (15,4 psi) como puede verse resaltada en la hoja de cálculo. La presión debe ser medida en la misma manguera, justamente al comienzo de ésta. Esto dará la presión promedio deseada de entrada a la manguera de 104,1 kPa (15,1 psi). No es práctico decirle a un instalador que haga un ajuste en base a la presión promedio de entrada a las mangueras, ya que él no sabrá en qué manguera hacer la verificación. Sin embargo, es muy entendible que siempre se haga el ajuste del regulador de presión en base a la presión de entrada a la primera manguera.
- Los diámetros de tubería se seleccionan de tal manera que la cantidad de fricción en cada segmento de longitud sea aproximadamente igual a la cantidad de cambio en elevación en ese mismo segmento.
- El caudal del Bloque A de 534,8 LPM (141,3 GPM) es ligeramente más bajo que el caudal del Bloque A en el Diseño 1 (547,3 LPM o 144,6 GPM). Esto se debe a que la presión promedio de entrada a las mangueras en el Diseño 2 es ligeramente más baja. En el campo, esta diferencia en caudal no sería registrada por la mayoría de los medidores de flujo.

La Tabla 56 proporciona los diámetros de tubería para el Múltiple 2. La misma lógica usada para la selección de diámetros del Múltiple 1 fue usada para el Múltiple 2.

Tabla 56 (primera parte). Diseño del Múltiple 2, Diseño 2. Lógica: La diferencia de presión no puede exceder 16,6 kPa (2,4 psi).

Punto	Elevación pies	Punto P (psi)	Vides Por línea	Punto Q (GPM)	Arr. Segmento Q (GPM)	Tubería Di pulgadas	Hf tasa (psi/100')	Segmento Longitud (pies)	Segmento Hf (psi)	Var. Elev (psi)	ΔP (psi)
1	300.0	14.7	50	1.25	1.250	2.193	0.001	12	0.000	-0.026	-0.026
2	300.1	14.7	50	1.25	2.500	2.193	0.005	12	0.001	-0.026	-0.025
3	300.1	14.6	50	1.25	3.750	2.193	0.011	12	0.001	-0.026	-0.025
4	300.2	14.6	51	1.28	5.025	2.193	0.019	12	0.002	-0.026	-0.024
5	300.2	14.6	51	1.28	6.300	2.193	0.029	12	0.004	-0.026	-0.022
6	300.3	14.6	51	1.28	7.575	2.193	0.041	12	0.005	-0.026	-0.021
7	300.4	14.6	52	1.30	8.875	2.193	0.056	12	0.007	-0.026	-0.019
8	300.4	14.5	52	1.30	10.175	2.193	0.071	12	0.009	-0.026	-0.017
9	300.5	14.5	52	1.30	11.475	2.193	0.089	12	0.011	-0.026	-0.015
10	300.5	14.5	53	1.33	12.800	2.193	0.109	12	0.013	-0.026	-0.013
11	300.6	14.5	53	1.33	14.125	2.193	0.131	12	0.016	-0.026	-0.010
12	300.7	14.5	53	1.33	15.450	2.193	0.155	12	0.019	-0.026	-0.007
13	300.7	14.5	54	1.35	16.800	2.193	0.181	12	0.022	-0.026	-0.004
14	300.8	14.5	54	1.35	18.150	2.193	0.209	12	0.025	-0.026	-0.001
15	300.8	14.5	54	1.35	19.500	2.193	0.238	12	0.029	-0.026	0.003
16	300.9	14.5	55	1.38	20.875	2.193	0.271	12	0.032	-0.026	0.006
17	301.0	14.5	55	1.38	22.250	2.193	0.305	12	0.037	-0.026	0.011
18	301.0	14.5	55	1.38	23.625	2.193	0.340	12	0.041	-0.026	0.015
19	301.1	14.5	56	1.40	25.025	2.193	0.379	12	0.045	-0.026	0.019
20	301.1	14.5	56	1.40	26.425	2.655	0.163	12	0.020	-0.026	-0.006
21	301.2	14.5	56	1.40	27.825	2.655	0.179	12	0.022	-0.026	-0.004
22	301.3	14.5	57	1.43	29.250	2.655	0.197	12	0.024	-0.026	-0.002
23	301.3	14.5	57	1.43	30.675	2.655	0.215	12	0.026	-0.026	0.000
24	301.4	14.5	57	1.43	32.100	2.655	0.234	12	0.028	-0.026	0.002
25	301.4	14.5	58	1.45	33.550	2.655	0.254	12	0.030	-0.026	0.004
26	301.5	14.5	58	1.45	35.000	2.655	0.274	12	0.033	-0.026	0.007
27	301.6	14.5	58	1.45	36.450	2.655	0.296	12	0.035	-0.026	0.010
28	301.6	14.5	59	1.48	37.925	2.655	0.318	12	0.038	-0.026	0.012
29	301.7	14.5	59	1.48	39.400	2.655	0.341	12	0.041	-0.026	0.015
30	301.7	14.6	59	1.48	40.875	2.655	0.366	12	0.044	-0.026	0.018
31	301.8	14.6	60	1.50	42.375	3.284	0.137	12	0.016	-0.026	-0.010
32	301.9	14.6	60	1.50	43.875	3.284	0.146	12	0.018	-0.026	-0.008
33	301.9	14.6	60	1.50	45.375	3.284	0.156	12	0.019	-0.026	-0.007
34	302.0	14.6	61	1.53	46.900	3.284	0.165	12	0.020	-0.026	-0.006
35	302.0	14.5	61	1.53	48.425	3.284	0.175	12	0.021	-0.026	-0.005
36	302.1	14.5	61	1.53	49.950	3.284	0.186	12	0.022	-0.026	-0.004
37	302.2	14.5	62	1.55	51.500	3.284	0.197	12	0.024	-0.026	-0.002
38	302.2	14.5	62	1.55	53.050	3.284	0.208	12	0.025	-0.026	-0.001
39	302.3	14.5	62	1.55	54.600	3.284	0.219	12	0.026	-0.026	0.000
40	302.3	14.5	63	1.58	56.175	3.284	0.231	12	0.028	-0.026	0.002
41	302.4	14.5	63	1.58	57.750	3.284	0.243	12	0.029	-0.026	0.003
42	302.5	14.5	63	1.58	59.325	3.284	0.256	12	0.031	-0.026	0.005
43	302.5	14.5	64	1.60	60.925	3.284	0.268	12	0.032	-0.026	0.006
44	302.6	14.6	64	1.60	62.525	3.284	0.282	12	0.034	-0.026	0.008
45	302.6	14.6	64	1.60	64.125	3.284	0.295	12	0.035	-0.026	0.009
46	302.7	14.6	65	1.63	65.750	3.284	0.309	12	0.037	-0.026	0.011
47	302.8	14.6	65	1.63	67.375	3.284	0.323	12	0.039	-0.026	0.013
48	302.8	14.6	65	1.63	69.000	3.284	0.338	12	0.041	-0.026	0.015
49	302.9	14.6	66	1.65	70.650	3.284	0.353	12	0.042	-0.026	0.016
50	302.9	14.6	66	1.65	72.300	3.284	0.369	12	0.044	-0.026	0.018
51	303.0	14.6	66	1.65	73.950	3.284	0.384	12	0.046	-0.026	0.020
52	303.1	14.7	67	1.68	75.625	3.284	0.401	12	0.048	-0.026	0.022
53	303.1	14.7	67	1.68	77.300	3.284	0.417	12	0.050	-0.026	0.024
54	303.2	14.7	67	1.68	78.975	3.284	0.434	12	0.052	-0.026	0.026
55	303.2	14.7	68	1.70	80.675	3.284	0.451	12	0.054	-0.026	0.028
56	303.3	14.8	68	1.70	82.375	3.284	0.469	12	0.056	-0.026	0.030
57	303.4	14.8	68	1.70	84.075	3.284	0.487	12	0.058	-0.026	0.033
58	303.4	14.8	69	1.73	85.800	3.284	0.506	12	0.061	-0.026	0.035
59	303.5	14.9	69	1.73	87.525	3.284	0.525	12	0.063	-0.026	0.037
60	303.5	14.9	69	1.73	89.250	3.284	0.544	12	0.065	-0.026	0.039
61	303.6	14.9	70	1.75	91.000	3.284	0.564	12	0.068	-0.026	0.042
62	303.7	15.0	70	1.75	92.750	3.284	0.585	12	0.070	-0.026	0.044
63	303.7	15.0	70	1.75	94.500	3.284	0.605	12	0.073	-0.026	0.047
64	303.8	15.1	71	1.78	96.275	3.284	0.626	12	0.075	-0.026	0.049
65	303.8	15.1	71	1.78	98.050	3.284	0.648	12	0.078	-0.026	0.052
66	303.9	15.2	71	1.78	99.825	4.28	0.182	12	0.022	-0.026	-0.004
67	304.0	15.2	72	1.80	101.625	4.28	0.188	12	0.023	-0.026	-0.003
68	304.0	15.2	72	1.80	103.425	4.28	0.194	12	0.023	-0.026	-0.003
69	304.1	15.2	72	1.80	105.225	4.28	0.201	12	0.024	-0.026	-0.002
70	304.14	15.2	73	1.825	107.05	4.28	0.207	12	0.025	-0.026	-0.001

Tabla 56 (continuación). Selección de diámetros del Múltiple 2, Diseño 2.

Punto	Elevación pies	Punto P (psi)	Vides por línea	Punto Q (GPM)	Arr.Segmento Q (GPM)	Tubería DI pulgadas	Hf tasa (psi/100')	Segmento Longitud (pies)	Segmento Hf (psi)	Var. Elev (psi)	AP (psi)
71	304.2	15.2	73	1.825	108.875	4.28	0.214	12	0.026	-0.026	0.000
72	304.3	15.2	73	1.83	110.700	4.28	0.221	12	0.026	-0.026	0.000
73	304.3	15.2	74	1.85	112.550	4.28	0.227	12	0.027	-0.026	0.001
74	304.4	15.2	74	1.85	114.400	4.28	0.234	12	0.028	-0.026	0.002
75	304.4	15.2	74	1.85	116.250	4.28	0.241	12	0.029	-0.026	0.003
76	304.5	15.2	75	1.88	118.125	4.28	0.249	12	0.030	-0.026	0.004
77	304.6	15.2	75	1.88	120.000	4.28	0.256	12	0.031	-0.026	0.005
78	304.6	15.2	75	1.88	121.875	4.28	0.264	12	0.032	-0.026	0.006
79	304.7	15.2	76	1.90	123.775	4.28	0.271	12	0.033	-0.026	0.007
80	304.7	15.2	76	1.90	125.675	4.28	0.279	12	0.033	-0.026	0.007
81	304.8	15.2	76	1.90	127.575	4.28	0.287	12	0.034	-0.026	0.008
82	304.9	15.2	77	1.93	129.500	4.28	0.295	12	0.035	-0.026	0.009
83	304.9	15.2	77	1.93	131.425	4.28	0.303	12	0.036	-0.026	0.010
84	305.0	15.2	77	1.93	133.350	4.28	0.311	12	0.037	-0.026	0.011
85	305.0	15.2	78	1.95	135.300	4.28	0.320	12	0.038	-0.026	0.012
86	305.1	15.2	78	1.95	137.250	4.28	0.328	12	0.039	-0.026	0.013
87	305.2	15.3	78	1.95	139.200	4.28	0.337	6	0.020	-0.013	0.007
INLET	305.2	15.3	79	1.98							
Máx. P =						15.3		P Var.	0.8		
Mín. P =						14.5		Prom. P	14.8		

Note que el regulador de presión debe ajustarse a 105,5 kPa (15,3 psi) a la entrada de la primera manguera de este bloque. Desde luego, los manómetros que se instalan en el campo rara vez son lo suficientemente precisos para hacer distinción entre unas pocas décimas de un kPa.

Tal como ocurrió con el Múltiple 1, para el Múltiple 2 los diámetros han sido seleccionados de tal manera que haya una diferencia de presión considerablemente menor que la permisible de 16,6 kPa (2,4 psi).

#### 6. Selección de Diámetros de la Línea Principal. (Diseño 2)

Hay dos estrategias para la selección de diámetros de la línea principal en este diseño:

- A lo largo del camino crítico, se debe usar una técnica de optimización económica o una regla tal como “no exceder la velocidad de 1,52 m/s (5 pies/s)”. En el Diseño 2, la línea principal más larga pendiente arriba es la que abastece el Múltiple 1. Por consiguiente está a lo largo del “camino crítico”. Por simplicidad y por similitud con el Diseño 1, se usó como criterio una velocidad máxima de 1,22 m/s (4 pies/s). Por consiguiente, tal como en el Diseño 1, la línea principal a lo largo del camino crítico es 101,6 mm (4”) PVC Clase 100.
- El cabo corto de la línea principal que abastece el Múltiple 2 está fuera del camino crítico. La estrategia para este tramo es la siguiente: “utilice toda la presión en exceso disponible”. Sin embargo, en general se debe examinar también la velocidad del agua en la tubería. Para el cabo corto, se usa una tubería de 101,6 mm (4”).

Tabla 57. Hidráulica de la línea principal para el Bloque A (Múltiple 1).

Descripción del Tramo	LPM en el Tramo	DI mm	L m	H <sub>f</sub> kPa	ΔElev. kPa	ΔP kPa
Pendiente arriba desde la bomba hasta la esquina NO..	533,7	108,7	274,3	21,4	13,4	34,8
Pendiente abajo hasta el Múltiple 1	533,7	108,7	65,8	5,2	-3,2	1,9
Diferencia de presión entre la bomba y la entrada al Múltiple 1:						36,7

La tabla 57 tiene una configuración ligeramente diferente con respecto a las tablas de hidráulica previas. Esta tabla no muestra la presión real en ningún punto. Esto es solamente para que sirva como ejemplo, ya que en este caso no hay necesidad de conocer ninguna presión intermedia. La mayoría de los diseñadores no dividirían los cálculos en dos partes, puesto que para determinar el cambio en presión de 36,7 kPa (5,3 *psi*), tan solo se necesita el cambio total en elevación y la longitud total. La Tabla 57 muestra que la presión en la bomba debe ser 36,7 kPa (5,3 *psi*) más alta que la presión a la entrada del Múltiple 1, sin tener en cuenta cualquier válvula o pérdidas menores.

Tabla 58. Selección de diámetros de la línea principal para el Bloque B (Múltiple 2).

Descripción del Tramo	LPM en el Tramo	DI mm	L m	H <sub>f</sub> kPa	ΔElev. kPa	ΔP kPa
Pendiente arriba desde la bomba hasta la esquina del Bloque B	526,1	108,7	43,9	3,3	2,1	5,5
Pendiente abajo hasta el Múltiple 2	526,1	108,7	38,4	2,9	-1,8	1,1
Diferencia total de presión:						6,6

La Tabla 58 muestra que dado que la entrada al Múltiple 2 está más cerca de la bomba, tiene un requerimiento de presión más bajo que el Múltiple 1. Sin embargo, los caudales de los Bloques son iguales, lo cual significa que la bomba suministrará la misma presión de descarga cuando el Múltiple 2 esté en operación. La combinación de válvula de bloque/regulador de presión a la entrada del Bloque B, debe ajustarse para quebrar el exceso de presión y así evitar riego en exceso en el Bloque B. El regulador de presión debe ajustarse de tal manera que la entrada a la primera manguera del Múltiple 2 tenga una presión de 105,5 kPa (15,3 *psi*) (ver Tabla 56).

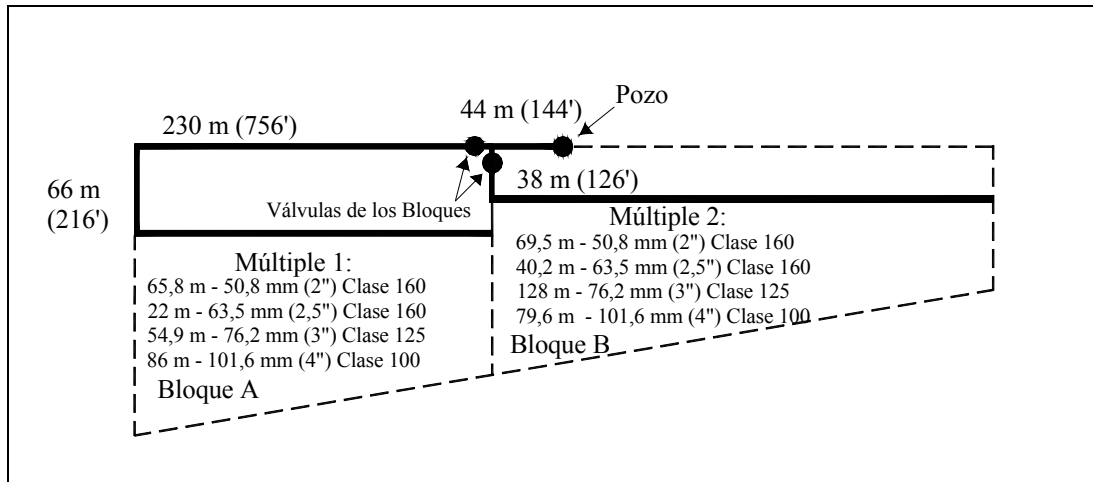


Figura 62. Diámetros de tuberías para el diseño final. Diseño 2.

### 7. Filtrado. (Diseño 2)

Para ilustrar un diseño diferente, se seleccionará un filtro de arena para el Diseño 2. La Tabla 38 recomienda usar 3 tanques de 61 cm (24") de diámetro. Muchos diseñadores instalarían tan solo 2 tanques (de mayor diámetro), pero esto causaría esfuerzo indebido en los filtros, tal como se explicó en el Capítulo 8.

No se han dado diámetros de trayectoria para los emisores, pero asuma un diámetro interior mínimo de trayectoria de 1,27 mm (0,05"). Utilizando un décimo de este diámetro como la capacidad de filtrado media requerida, la Tabla 33 indica que la sílice triturada #12 sería adecuada. Sin embargo, se necesitaría en alguna forma más información acerca de la contaminación del pozo. Si es arena, puede ser posible que la arena granate (la cual tiene una peso específico mayor que la arena sílice) sea la requerida como medio filtrante.

Los tanques de arena deben siempre apoyarse en una malla de emergencia, la cual puede capturar la arena en caso de que el dren subyacente se rompa. Esta malla es mucho más simple que la malla del Diseño 1. Aquella malla operaba continuamente como un filtro, ya que los separadores de arena no remueven toda la arena.

Finalmente, la caída de presión a través del filtro de arena debe ser estimada cuando el filtro está sucio. Cuando el filtro está limpio, la válvula de bloque en combinación con los regulador es de presión disiparán la presión en exceso que se encuentre disponible. Un valor típico de pérdida por fricción a través de un filtro de arena sucio y bien diseñado es 42 kPa (6 psi).

**8. Altura Monométrica Total Dinámica Requerida desde la Bomba.** (Diseño 2)

Para este diseño, la presión total requerida en la bomba es:

Presión de entrada al Múltiple 1 (múltiple crítico)	=	106,2 kPa
+ Diferencia en presión desde la bomba al Múltiple 1	=	36,6 kPa
+ Pérdida en el filtro de arena cuando está sucio	=	41,4 kPa
+ Pérdida en la malla de emergencia	=	3,5 kPa
+ Pérdidas menores (válvulas de retención, medidor de flujo, codos, etc.)	=	10,3 kPa
+ Profundidad del nivel estático del agua = (19,81 m)(9,806 kPa/m)	=	194,3 kPa
+ Abatimiento en el pozo = (1,45 m)(9,133 LPS/10 LPS)(9,806 kPa/m)	=	13 kPa
+ Pérdida en la columna de la bomba	=	20,7 kPa
<b>Presión Total Requerida (Sistema Internacional)</b>	<b>=</b>	<b>426 kPa</b>
<b>Presión Total Requerida (Sistema Inglés)</b>	<b>=</b>	<b>61,8 kPa</b>

**Note que este diseño tiene un requerimiento de presión más bajo (426 kPa vs. 484,2 kPa o 61,8 psi vs. 70,2 psi), manguera más pequeña y menos partes portátiles que el diseño previo. Sin embargo, hay una longitud extra de la línea principal en este diseño para que el Múltiple 1 pueda ir pendiente abajo desde su entrada.**

**9. Otros.** (ambos diseños)

Si la operación en este lote fuera a la vez, es decir, los Bloques A y B en operación simultánea, las únicas cosas que cambiarían en este diseño serían:

- Los filtros y la bomba se diseñarían para el doble del caudal.
- El tramo de 44 m (*144 pies*) de la línea principal en el Diseño 2 y los tramos de 44 m (*144 pies*) y 38 m (*126 pies*) de la línea principal en el Diseño 1, serían diseñados para el doble del caudal.

(Esta página se ha dejado intencionalmente en blanco.)