

GUÍA PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN EN SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA



Lima, 2005

Tabla de contenido

	Página
1. Objetivo	3
2. Definiciones	3
3. Alcances	4
4. Diseño	4
4.1. Consideraciones generales	4
4.2. Materiales	6
4.3. Procedimientos de cálculo	6
4.3.1. Métodos para determinación de caudales	8
4.4. Consideraciones finales	11
4.4.1. Válvulas de seccionamiento	11
4.4.2. Válvulas de purga de lodos	11
4.4.3. Válvulas reductoras de presión	11
4.4.4. Cámara de válvulas	12
4.4.5. Cámaras rompe-presión	12
4.4.6. Anclajes	12
4.4.7. Cámara distribuidora de caudales	12
5. Bibliografía	13

Guía para el diseño de redes de distribución de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable

1. Objetivo

Establecer criterios para el diseño de redes de distribución de sistemas de agua potable para zonas rurales.

2. Definiciones

- **Anclajes:** Mecanismos o estructuras especiales de hormigón, mamposterías o metálicos, etc., usados para la fijación y apoyo de tuberías, accesorios, motores, etc.
- **Bridas:** Reborde circular plano de hierro fundido o acero dispuesto en el extremo de los tubos y accesorios, que sirve para acoplarse entre sí y a otros accesorios mediante pernos.
- **Cámara rompe-presión:** Depósito con superficie libre de agua y volumen relativamente pequeño, que se ubica en puntos intermedios de una tubería separándola en partes. Su función es reducir la presión hidrostática a cero y establecer un nuevo nivel estático aguas abajo.
- **Conexión de agua potable:** Conjunto de tuberías y accesorios que permiten al usuario acceder al servicio de agua potable proveniente de la red de distribución.
- **Cloro residual:** Es la cantidad total de cloro (cloro disponible libre y/o combinado) que queda en el agua después de un periodo de contacto definido.
- **Desinfección:** Es el aniquilamiento de la mayor parte de las bacterias, por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, etc.
- **Niple:** Porción de tubería de tamaño menor que la de fabricación.
- **Presión nominal:** Es la presión interna de identificación del tubo.
- **Presión de Prueba:** Es la máxima presión interior a la que se somete una línea de agua en una prueba hidráulica y que está determinado en las especificaciones técnicas.
- **Presión de servicio (Ps).** Es la existente en cada momento y punto de la red durante el régimen normal de funcionamiento.
- **Reservorios de regulación:** Depósitos situados generalmente entre la captación y la red de distribución.

- **Servicio de agua potable:** Servicio público que comprende una o más de las actividades de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de recursos hídricos para convertirlos en agua potable y sistema de distribución a los usuarios mediante redes de tuberías o medios alternativos.
- **Servicio de alcantarillado sanitario:** Servicio público que comprende una o más de las actividades de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales en cuerpos receptores.
- **Red de distribución:** La red de distribución está considerada por todo el sistema de tuberías desde el tanque de distribución hasta aquellas líneas de las cuales parten las tomas o conexiones domiciliarias.
- **Tramo:** Longitud comprendida entre dos puntos de un canal o tubería.
- **Válvulas:** Accesorios que se utilizan en las redes de distribución para controlar el flujo y se pueden clasificar en función de la acción específica que realizan. Las válvulas más comunes en una red de distribución son las de compuerta y sirven para aislar segmentos de la misma.
- **Uniones:** Accesorios que sirvan para enlazar o juntar dos tramos de tubería.

3. Alcances

La utilización del presente documento será de aplicación obligatoria en los Centros Poblados Rurales con poblaciones concentradas o dispersas de hasta 2000 habitantes.

4. Diseño

4.1 Consideraciones generales

Para el diseño de redes de distribución se deben considerar los siguientes criterios:

- La red de distribución se deberá diseñar para el caudal máximo horario.
- Identificar las zonas a servir y de expansión de la población.
- Realizar el levantamiento topográfico incluyendo detalles sobre la ubicación de construcciones domiciliarias, públicas, comerciales e industriales; así también anchos de vías, áreas de equipamiento y áreas de inestabilidad geológica y otros peligros potenciales.
- Considerar el tipo de terreno y las características de la capa de rodadura en calles y en vías de acceso.

- Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se podrá utilizar el método de Hardy Cross, seccionamiento o cualquier otro método racional.
- Para el cálculo hidráulico de las tuberías se utilizará fórmulas racionales. En el caso de aplicarse la fórmula de Hazen William se utilizarán los coeficientes de fricción establecidos a continuación:

Fierro galvanizado	100
PVC	140

- El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos serán: 25mm en redes principales, 20mm en ramales y 15mm en conexiones domiciliarias.
- En todos los casos las tuberías de agua potable deben ir por encima del alcantarillado de aguas negras a una distancia de 1,00 m horizontalmente y 0,30 m verticalmente. No se permite por ningún motivo el contacto de las tuberías de agua potable con líneas de gas, poliductos, teléfonos, cables u otras.
- En cuanto a la presión del agua, debe ser suficiente para que el agua pueda llegar a todas las instalaciones de las viviendas más alejadas del sistema. La presión máxima será aquella que no origine consumos excesivos por parte de los usuarios y no produzca daños a los componentes del sistema, por lo que la presión dinámica en cualquier punto de la red no será menor de 5m y la presión estática no será mayor de 50m.
- La velocidad mínima en ningún caso será menor de 0,3 m/s y deberá garantizar la auto limpieza del sistema. En general se recomienda un rango de velocidad de 0,5 – 1,00 m/s. Por otro lado, la velocidad máxima en la red de distribución no excederá los 2 m/s.
- A fin de que no se produzcan pérdidas de carga excesivas, puede aplicarse la fórmula de Mougny para la determinación de las velocidades ideales para cada diámetro. Dicha fórmula aplicable a presiones a la red de distribución de 20 a 50mca está dada por:

$$V = 1.5 * (D+0.05)^{0.5}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

- El número de válvulas será el mínimo que permita una adecuada sectorización y garantice el buen funcionamiento de la red. Las válvulas permitirán realizar las maniobras de reparación del sistema de distribución de agua sin perjudicar el normal funcionamiento de otros sectores.

4.2 *Materiales*

Para la selección de los materiales de las tuberías se deberá tomar en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia a la corrosión y agresividad del suelo.
- Resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por las cargas, tanto externas como internas.
- Características de comportamiento hidráulico del proyecto (presiones de trabajo, golpe de ariete).
- Condiciones de instalación adecuadas al terreno.
- Resistencia contra la tuberculización e incrustación.
- Vida útil de acuerdo a la previsión del proyecto.

Los materiales más comunes son:

- Policloruro de Vinilo (PCV)
- Polietileno
- Fierro Galvanizado
- Fierro Fundido
- Fierro Dúctil
- Acero

Por otro lado, se pueden distinguir dos tipos de tuberías: las tuberías de unión flexible y las de unión rígida.

✓ Tuberías de unión rígida

- A simple presión, con espiga y campana; las uniones son ensambladas con pegamento.
- Roscadas, las uniones requieren de uniones simples para el empalme entre tuberías.

✓ Tuberías de unión flexible

- A causa de las características especiales del anillo y campana de la unión flexible, se minimiza las operaciones de ensamble, esto facilita el centrado y conexión de los tubos, sin recurrir a mucha fuerza.

4.3 *Procedimientos de cálculo*

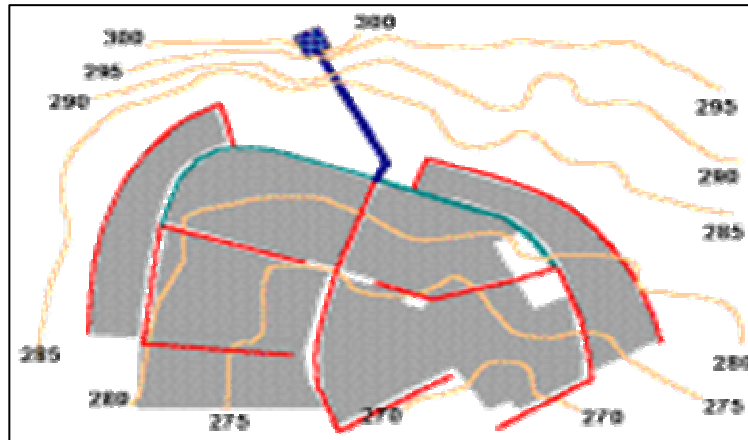
El diseño hidráulico podrá realizarse como redes abiertas, cerradas y combinadas. Los cálculos deben realizarse tomando en cuenta los diámetros internos reales de las tuberías.

a) Redes abiertas

El Dimensionamiento de las redes abiertas o ramificadas se realizará de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se admitirá que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal será determinada para un caudal igual al que se verifica en su extremo.
- Cuando por las características de la población se produzca algún gasto significativo en la longitud de la tubería, éste deberá ser considerado como un nudo más.

Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales.



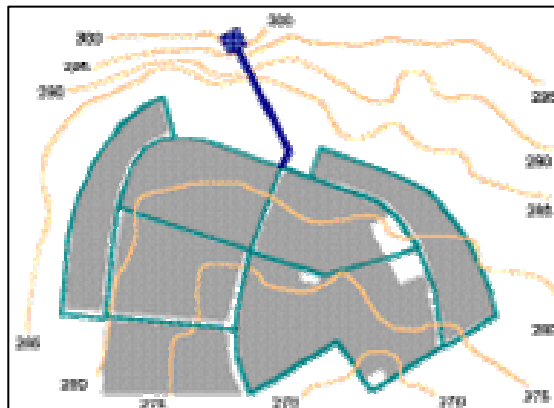
El diseño hidráulico se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios: Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Flamant.

b) Redes cerradas

El flujo de agua a través de ellas estará controlado por dos condiciones:

- El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.
- La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino, es siempre la misma.

Estas condiciones junto con las relaciones de flujo y pérdida de carga, nos dan sistemas de ecuaciones, los cuales pueden ser resueltos por cualquiera de los métodos matemáticos de balanceo.



En sistemas anillados se admitirán errores máximos de cierre:

- De 0,10mca de pérdida de presión como máximo en cada malla y/o simultáneamente debe cumplirse en todas las mallas.
- De 0,01lps como máximo en cada malla y/o simultáneamente en todas las mallas

Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales. Las redes cerradas no tendrán anillos mayores a 1km por lado.

4.3.1 Métodos para determinación de caudales

a) Redes cerradas

Para el cálculo de los caudales se puede disponer de los siguientes métodos:

✓ Método de las Áreas

Consiste en la determinación del caudal en cada nudo considerando su área de influencia. Este método es recomendable en localidades con densidad poblacional uniforme en toda la extensión del proyecto. El caudal en el nudo será:

$$Q_i = Q_u * A_i$$

Donde el caudal unitario de superficie se calcula por:

$$Q_u = Q_t / A_t$$

Donde:

- Q_u : Caudal unitario superficial (L/s/Ha)
- Q_i : Caudal en el nudo "i" (L/s)
- Q_t : Caudal máximo horario del proyecto (L/s)
- A_i : Área de influencia del nudo "i" (Ha)
- A_t : Superficie total del proyecto (Ha)

✓ Método de Densidad Poblacional

Este método considera la población por área de influencia de cada nudo. Para la aplicación de este método se deberá definir la población en cada sector del área del proyecto.

El caudal por nudo será:

$$Q_i = Q_p * P_i$$

Donde el caudal unitario poblacional se calcula por:

$$Q_p = Q_t / P_t$$

Donde:

- Qp : Caudal unitario poblacional (L/s/hab)
- Qt : Caudal total o caudal máximo horario para la totalidad de la población (L/s)
- Qi : Caudal en el nudo “i” (L/s)
- Pt : Población total del proyecto (hab)
- Pi : población del área de influencia del nudo “i” (hab)

✓ Método de la Longitud Unitaria

Por este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red.

Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = q * L_i$$

Donde:

$$q = Q_{mh} / L_t$$

- q : Caudal unitario por metro lineal de tubería (L/s/m)
- Qi : Caudal en el tramo “i” (L/s)
- Qmh : Caudal máximo horario (L/s)
- Lt : Longitud total de tubería del proyecto (m)
- Li : Longitud del tramo “i” (m)

✓ Método de la Repartición Media

Consiste en la determinación de los caudales en cada tramo del sistema, repartiéndolos en partes iguales a los nudos de sus extremos.

Por tanto, el caudal en un nudo, será la suma de los caudales de los tramos medios adyacentes.

El caudal de cada tramo puede ser calculado por el método de longitud unitaria.

✓ Método del Número de Familias

Por este método se calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población.

El caudal en el nudo, será el número de familias en su área de influencia, multiplicado por el caudal unitario.

$$Q_n = q_u * N_{fn}$$

Donde:

$$q_u = Q_{mh} / N_f$$

q_u : Caudal unitario (L/s/fam)
 Q_n : Caudal en el nudo "n" (L/s)
 Q_{mh} : Caudal máximo horario (L/s)
 N_f : Número total de familias
 N_{fn} : Número de familias en el área de influencia del nudo "n"

b) Redes abiertas

Si la red abasteciera a más de 30 conexiones, podrán emplearse cualquiera de los métodos indicados anteriormente para el cálculo de los caudales.

En caso de tener menos de 30 conexiones, la determinación de caudales por ramales se realizará por el método probabilístico o de simultaneidad.

Se recomienda aplicar la siguiente fórmula:

$$Q_{RAMAL} = k * \sum Q_g$$

Donde:

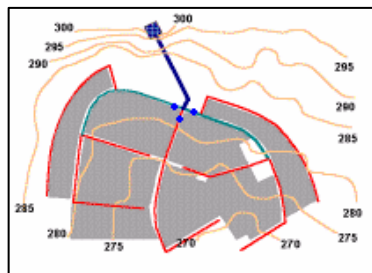
$$K = (x - 1)^{-0.5}$$

- QRAMAL : Caudal de cada ramal (L/s)
 Qg : Caudal por grifo (L/s). Este valor no será inferior a 0.1 l/s
 k : Coeficiente de Simultaneidad. En ningún caso el coeficiente será menor a 0.20
 x : Número de grifos ≥ 2
 x : Número total de grifos en el área que abastece cada ramal

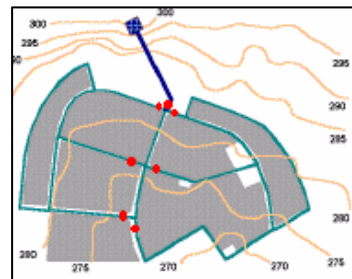
4.4 Consideraciones finales

4.4.1 Válvulas de seccionamiento

La ubicación y cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de esta. Mientras mayor número de válvulas se tengan en la red, menor será la parte sin servicio en caso de una reparación, pero más costoso el proyecto. En poblaciones concentradas deben proveerse de una válvula de ingreso a la red y en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.



a) Redes abiertas



b) Redes cerradas

4.4.2 Válvulas de purga de lodos

Las válvulas de purga de lodos se ubicaran en los puntos de cotas más bajas de la red de distribución, en donde se pudieran acumular sedimentos, se deberán considerar sistemas de purga.

4.4.3 Válvulas reductoras de presión

Las válvulas reductoras de presión reducen automáticamente la presión aguas abajo de las mismas, hasta un valor prefijado. En los casos en que no se pueda acceder a una válvula reductora de presión se puede optar por el uso de una cámara rompe-presión.

4.4.4 *Cámara de válvulas*

Todas las válvulas deberán contar con cámara de válvulas para fines de protección, operación y mantenimiento. Las dimensiones de la cámara deberán permitir la operación de herramientas y otros dispositivos alojados dentro de la misma.

4.4.5 *Cámaras rompe-presión*

En la instalación de una cámara rompe-presión debe preverse de un flotador o regulador de nivel de aguas para el cierre automático una vez que se encuentre llena la cámara y para periodos de ausencia de flujo.

4.4.6 *Anclajes*

Se instalarán anclajes de seguridad (hormigón simple, ciclópeo, etc.) en los siguientes casos:

- En tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soportes o adosadas a formaciones naturales de roca.
- En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique.
- En tuberías colocadas en pendiente mayores a 60 grados respecto a la horizontal.

Los anclajes más comunes son para curvas horizontales y verticales, tees y terminaciones de tubería

4.4.7 *Cámara distribuidora de caudales*

La función de una caja divisora de flujo por gravedad, es dividir el flujo en dos o más partes, destinados a diferentes usos o reservorios de almacenamiento.

La caja divisora de flujo podrá emplearse en los siguientes casos:

- Cuando el proyecto considere más de un reservorio de almacenamiento, ya sea por grandes distancias, por diferencias de nivel o diferentes comunidades.
- Cuando existan diferentes usos del agua (consumo humano, riego, pecuaria).

Las ventajas de la caja divisora de flujo son: uso racional y equitativo del agua, disminución de costos de aducción y menor número de cámaras rompe-presión (cuando estas son requeridas).

5. Bibliografía

- ✓ Reglamento técnico de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones menores a 5000 hab. Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos - Dirección General de Saneamiento Básico – Bolivia.
- ✓ Redes de distribución – Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Comisión Nacional del Agua – México.