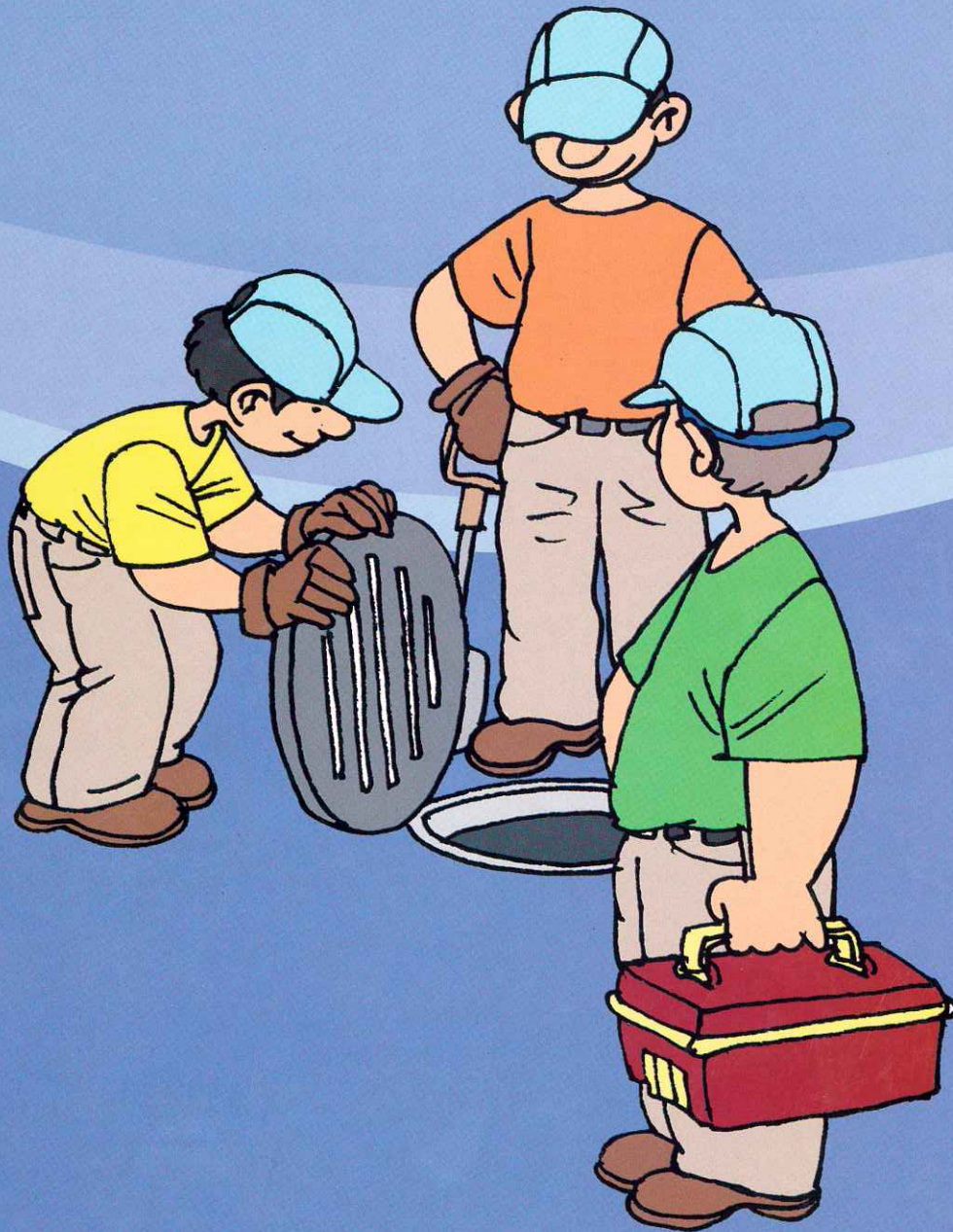


# FORTALECIMIENTO DE LAS JUNTAS DE SANEAMIENTO



**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**  
Sistemas de abastecimiento de Agua

# FORTALECIMIENTO DE LAS JUNTAS DE SANEAMIENTO



**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**  
Sistemas de abastecimiento de Agua

Fortalecimiento de las juntas de saneamiento: Operación y mantenimiento. Sistemas de abastecimiento de agua.  
Asunción. Paraguay: OPS, 2011, 77 p. — (Serie ÑAMOMBARETE Y ME' HARAPE 4)

ISBN 978-99967-636-1-8

1. ABASTECIMIENTO DE AGUA 2. AGUA POTABLE 3. MANUALES
2. PARAGUAY
1. Título. II (serie)

614.7

**FERNANDO ARMINDO LUGO MÉNDEZ**  
Presidente de la República

**ESPERANZA MARTINEZ**  
Ministra de Salud Pública y Bienestar Social

**EFRAÍN ALEGRE SASIAN**  
Ministro de Obras Públicas y Comunicaciones

**BERNARDO ESQUIVEL VAESKEN**  
Secretario Ejecutivo-Ministro de la Secretaría  
Técnica de Planificación

**OSMAR LUDOVICO SARUBBI**  
Presidente del Comité de Administración del Ente  
Regulador de los Servicios Sanitarios

**LORENZO JIMÉNEZ DE LUIS**  
Coordinador Residente del Sistema de Naciones  
Unidas y Representante Residente de PNUD

**RUBÉN FIGUEROA**  
Representante OPS/OMS en Paraguay

**PAULO SASSARAO**  
Representante Residente de UNICEF

**GUILLERMO MIRANDA**  
Director de la Oficina Subregional para el Cono Sur  
de América Latina de OIT

#### **SERVICIO NACIONAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**ADA BEATRIZ VERNA ACOSTA**  
Directora General del SENASA

**ILSE BEATRIZ PERALTA RESQUÍN**  
Directora de Asuntos Sociales y Organización Comunitaria - DASOC

#### **PROGRAMA FORTALECIENDO JUNTAS DE SANEAMIENTO ÑAMOMBARETE Y ME'ÊHÁRAPE**

**Con el apoyo técnico y financiero del**  
PROGRAMA CONJUNTO "FORTALECIENDO CAPACIDADES PARA LA DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE  
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO" - PNUD, UNICEF, OPS/OMS Y OIT

#### **GUÍA DEL FACILITADOR/A**

##### **Elaborado por:**

Ing. William Carrasco Mantilla, Consultor Internacional OPS/OMS - Paraguay  
Ing. Carlos G. Pavón Cano, Consultor AIDIS Paraguay  
Abog. Mónica Mariza Portillo y Abog. Julio Cesar Villanueva. Asesores Jurídicos del SENASA:

##### **Desarrollo metodológico y pedagógico del Programa:**

Ing. William Carrasco Mantilla, Consultor OPS/OMS - Paraguay

##### **Coordinadores Técnicos:**

Ing. Patricia Segurado; Asesora en Ambiente y Desarrollo Sostenible  
Ing. Roberto Lima Morra; Consultor Nacional en Agua y Saneamiento

**Diseño y Diagramación:** Violeta Doldán Re

**Impresión:** Quinto principio

2011, Asunción-Paraguay



# CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	7
1. PLOMERÍA BÁSICA.....	9
1.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA.....	9
1.2 CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	11
1.3 CONEXIONES DOMICILIARIAS.....	20
1.4 HIDRÓMETROS.....	22
1.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	24
2. FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	31
2.1 CONCEPTOS DE HIDRÁULICA.....	31
3. AGUA SUBTERRÁNEA.....	43
3.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	43
3.2 POZOS TUBULARES PROFUNDOS.....	46
3.3 ¿CÓMO FUNCIONA NUESTRO POZO?.....	48
4. TABLERO DE MANDO.....	55
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DE MANDOS.....	55
4.2 TRABAJOS DE RUTINA QUE DEBE REALIZAR EL OPERADOR.....	61
5. SISTEMA PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.....	67
5.1 OBJETIVO DEL PRESENTE CAPÍTULO.....	67
5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN.....	67
6. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LAS JUNTAS DE SANEAMIENTO.....	73



# 1. PRESENTACIÓN

Este manual hace parte integral de la serie de publicaciones desarrolladas en el marco del programa de Fortalecimiento de las Juntas de Saneamiento “**ÑAMOMBARETE Y ME’ÊHÀRAPE**”, cuyo objetivo es brindar asistencia técnica y capacitación a las Juntas de Saneamiento, con el propósito de fortalecer su gestión y mejorar su capacidad institucional para garantizar su sostenibilidad

ÑAMOMBARETE Y ME’ÊHÀRAPE ha sido desarrollado con el apoyo técnico y financiero del PROGRAMA CONJUNTO “FORTALECIENDO CAPACIDADES PARA LA DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO”, del PNUD, UNICEF, OPS/OMS Y OIT, aplicando las experiencias del Programa Cultura Empresarial desarrollado e implementado exitosamente en Colombia, desde principios del año 2000.

Con el desarrollo de este manual y la implementación del Programa ÑAMOMBARETE Y ME’ÊHÀRAPE el Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental –SENASA da cumplimiento a lo establecido en el Artículo 46º del Decreto reglamentario 8910 de 1974, mediante el cual se ordena al SENASA prestar asesoramiento técnico y administrativo a las Juntas, para el mejor desenvolvimiento de sus funciones.

El desarrollo de herramientas sencillas y ágiles, que faciliten la operación, mantenimiento y administración de los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico, con criterios de calidad y eficiencia, se constituye en uno de los aspectos fundamentales para la consolidación de las Juntas de Saneamiento de acuerdo a los lineamientos establecidos por la ley 1614 del ERSSAN.

Este manual de Operación y Mantenimiento se constituye en un documento teórico-práctico de los principales temas que hacen referencia al funcionamiento de un sistema típico de provisión de agua, los cuales deben ser conocidos y puesto en práctica por parte de las juntas de saneamiento.

**Este manual tiene por objeto suministrar elementos de tipo conceptual y práctico adecuados a las realidades locales, que sirvan de apoyo a los ingenieros, técnicos, plomeros y operarios de los sistemas de provisión de agua potable, administrados por las Juntas de Saneamiento, para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento de tales sistemas.**



Se ha estructurado en cinco bloques temáticos, así:

- Primer bloque: Plomería básica
- Segundo bloque: Funcionamiento de una red de distribución
- Tercer bloque: Aguas subterráneas y pozos profundos
- Cuarto bloque: Tableros de mando
- Quinto bloque: Sistemas de desinfección

# 1. PLOMERÍA BÁSICA

Para que un plomero pueda desarrollar de manera adecuada sus funciones al frente de un sistema de provisión de agua potable administrado por una Junta de Saneamiento, lo primero que debe conocer es en qué consiste este sistema y cómo funcionan sus diferentes componentes hasta lograr el objetivo de suministrar agua a la comunidad.

## 1.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA

Un sistema de provisión o abastecimiento de agua es un conjunto de instalaciones que se construye para captar, conducir, tratar (o potabilizar) y distribuir el agua a una comunidad, en forma continua, en cantidad suficiente y con la calidad y presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a todos los usuarios.

Los sistemas de abastecimiento de agua más comunes en nuestro País, son los que utilizan como fuente las aguas subterráneas y emplean equipos de bombeo para elevar el agua desde un acuífero o manto de agua subterráneo hasta una caseta de cloración y luego desde allí hasta un tanque de almacenamiento. Desde el tanque elevado, el agua llega a las viviendas, generalmente por gravedad.

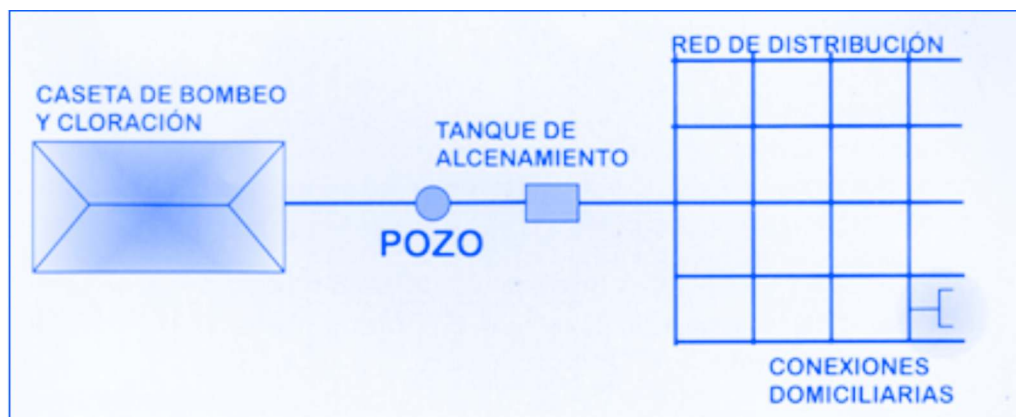


Figura 1. Sistema de provisión de agua potable (vista en planta)

En la siguiente ilustración se observan las partes de un sistema de abastecimiento de agua, con fuente subterránea:



Figura 2. Sistema de provisión de agua potable (vista en perfil)

- 1) **Captación:** Es el primer componente del sistema y está compuesto por un pozo tubular profundo, mediante el cual se capta el agua del acuífero o fuente subterránea de aprovisionamiento de agua.
- 2) **Equipo Electromecánico:** Es el segundo componente del sistema y está compuesto por una electrobomba sumergida en el pozo (con su motor y tablero de mandos), que es la que impulsa el agua al tanque elevado y un equipo hipoclorador que incorpora el agua la cantidad necesaria de cloro.
- 3) **Aducción o línea de impulsión:** Es el tercer componente del sistema y está representado por una tubería que conduce el agua hasta el reservorio o tanque de almacenamiento.
- 4) **El reservorio:** En un tanque de hormigón armado, fibra de vidrio o metálico de cierta capacidad, construido generalmente sobre una torre elevada y cuyo propósito es almacenar el agua que luego será distribuida por la acción de la gravedad a los usuarios.
- 5) **Las red de distribución:** Comprende las siguientes partes:
  - **Cañerías principales:** son las tuberías maestras de gran diámetro ubicadas en zanjas excavadas en plena calle.

- Cañerías secundarias: son cañerías de menor diámetro que parten de las principales y que distribuyen los caudales mayores existentes en los anillos principales. En su conjunto constituyen una red mallada.
- Conexiones domiciliarias: son cañerías de 20 mm de diámetro, que conectan la red de distribución con la vivienda del usuario. Generalmente finaliza en una canilla de servicio ubicada un metro dentro de la propiedad. Desde este punto se puede prolongar, distribuyendo dentro de la casa, en la cocina, piletas de lavado, jardín y otros.

## 1.2 CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

A partir de las indicaciones contenidas en este manual, el plomero obtendrá los conocimientos elementales para que bajo la supervisión de un profesional, pueda desempeñarse eficientemente en la instalación de tuberías y conexiones domiciliarias, construidas con tubos de PVC soldable.

### 1.2.1 CRITERIOS BÁSICOS

Los siguientes criterios básicos deben respetarse para lograr la instalación adecuada de las tuberías, y evitar así los perjuicios que puedan ocasionar las roturas, malos funcionamientos, o cuestiones legales, con propietarios de fincas de la comunidad.

- Las tuberías de las redes, no deben ser instaladas dentro de las propiedades privadas, salvo que la Junta de Saneamiento cuente con la expresa autorización del propietario, mediante el instrumento legal llamado Servidumbre de Paso.
- La cantidad de materiales y accesorios para la construcción de la red, está calculada con base en el plano constructivo de la red. Si se modifica el trazado, o se colocan tuberías en lugares no establecidos en el proyecto, se corre el riesgo de que falten materiales, entre otros problemas.
- Los trabajos de instalación de las tuberías deben acompañar al avance de las excavaciones. Las excavaciones de un tramo solamente deben iniciarse, si se tienen en el lugar de trabajo, todas las tuberías y elementos necesarios para su instalación, pues las excavaciones que se realicen, deben ser tapadas en el mismo día; nunca se debe dejar excavaciones abiertas durante la noche, pues en caso de accidente ocasionado por este motivo, la JUNTA DE SANEAMIENTO deberá responder por las consecuencias.
- La punta del último tubo instalado, siempre debe quedar tapada al final de cada jornada, pues, en caso contrario, se corre el riesgo de que entren dentro del tubo, pequeños animales tales como ratas, sapos, etc., con las consecuencias que eso puede generar. Otro inconveniente que puede ocurrir, es que en caso de lluvia el agua arrastrará el barro dentro de la red y luego ocasionará la obturación de las llaves de paso.

Por otra parte, en caso que llueva estando la zanja abierta, se pueden ocasionar los siguientes perjuicios:

- Desmoronamiento de las paredes de la excavación;
- Formación de barro en el material que debe utilizarse como relleno;

### 1.2.2 REPLANTEO DE LA RED

Se llama replanteo a la marcación de los siguientes puntos de la red de distribución:

- La línea que deben seguir las tuberías,
- Lugares donde se producen los cambios de diámetros,
- Sitios donde se deben instalar las válvulas exclusas
- Cambios de dirección de la tubería (instalación de codos, curvas, tes, etc.)

#### ¿Cómo se realiza el Replanteo?

Para la marcación de los puntos indicados en el párrafo anterior, se utilizarán estacas de madera, de las siguientes dimensiones:

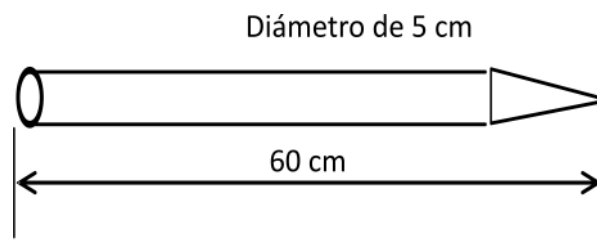


Figura 2. Dimensiones de las estacas de madera para un replanteo

La construcción de las estacas está a cargo de la comunidad, y para calcular la cantidad necesaria, se debe considerar por lo menos 3 estacas cada 100 metros de red, más las que sean necesarias para indicar los cambios de diámetros, y válvulas.

### 1.2.3 EXCAVACIÓN RELLENO Y COMPACTACIÓN

Es conveniente que las tuberías se instalen siguiendo los siguientes criterios:

- Deben ubicarse lo más cerca posible del alambrado que indica el límite entre la propiedad privada y el espacio público. No es conveniente ubicarla en la calle, y menos aún en la canaleta de desagüe de la vía pública.
- Las profundidades mínimas de las excavaciones para instalar las tuberías, son las siguientes:

**Nota: Nunca instale tuberías a profundidades menores a 60 centímetros.**

- Sobre la vereda: 60 centímetros.
- En cruces de calles: 80 centímetros.
- En cruces de rutas, 90 centímetros.
- Ramal domiciliario: 60 centímetros si está sobre la vereda, y 80 centímetros si cruza la calle.
- Si por alguna razón se decide instalar la tubería principal sobre la calzada, la tapada mínima deberá ser de 80 centímetros.
- Si una parte del ramal está dentro de la propiedad, la profundidad de instalación podrá disminuir a 30 centímetros.

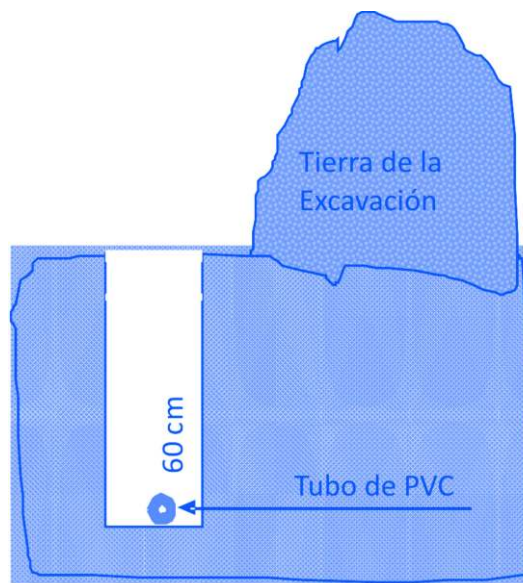


Figura 3. Profundidad mínima de excavación para instalar tuberías

- c) Si por algún motivo, no puede lograrse la profundidad mínima de excavación, debe protegerse la tubería mediante una pequeña losa de hormigón.

Nunca instale tuberías a profundidades menores a 60 centímetros, debido a que pueden sufrir daños con el paso de los vehículos, fundamentalmente bajo las carretas que dejan huellas muy profundas; o en caso de riesgo de incendio, ya que las tuberías pueden ser dañadas por el calor del fuego.

- d) El ancho de la excavación, debe ser el necesario como para poder trabajar cómodamente dentro de la zanja; 40 cm es el ancho recomendable.
- e) Camas de Arena. Si el material del fondo de la excavación es muy duro, o rocoso, debe colocarse una capa de por lo menos 10 centímetros de arena gorda, para evitar que la tubería apoye sobre el material duro.
- f) Relleno y Compactación. Una vez instalada la tubería debe rellenarse la zanja, teniendo los siguientes cuidados: La tierra con que se rellene, no debe contener cascotes, trozos de madera, u otros materiales duros que puedan dañar a la

tubería. Si el material de la excavación contiene elementos que puedan dañar a la tubería, los primeros 20 centímetros de relleno deben realizarse con arena gorda.

*Primera Capa de Relleno.* Luego de instalada la tubería, la primera capa de suelo debe cargarse hasta una altura de 25 centímetros por encima de la tubería, y esta capa debe ser compactada pisándola fuertemente con los pies, al finalizar la compactación, habrá quedado 20 cm por encima de la tubería, como se observa en la siguiente figura:



Figura 3. Primera capa de relleno

*Segunda Capa de Relleno.* Finalizada la compactación de la primera capa debe cargarse la segunda capa, que debe tener un espesor inicial de 25 cm, y compactarla con un pisón manual de aproximadamente 10 kilos. Esta capa se asentará y tendrá un espesor final de 20 cm, aproximadamente.

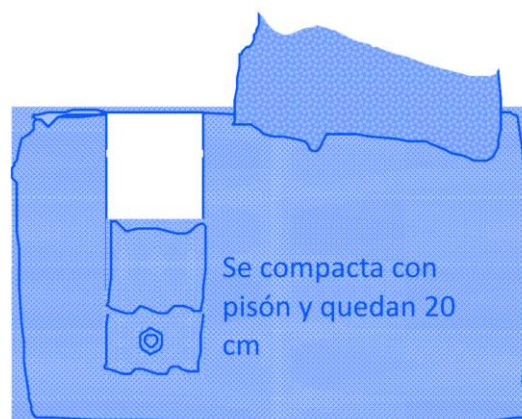


Figura 3. Segunda capa de relleno

**Tercera Capa de Relleno.** La última capa debe cargarse hasta que su nivel sobrepase por lo menos 10 centímetros a la superficie natural del terreno. Esta última capa debe compactarse fuertemente con el pisón manual.

Si la compactación fue bien realizada, no debe sobrar suelo proveniente de la excavación, es decir todo el suelo que fue excavado, debe entrar nuevamente dentro del relleno.

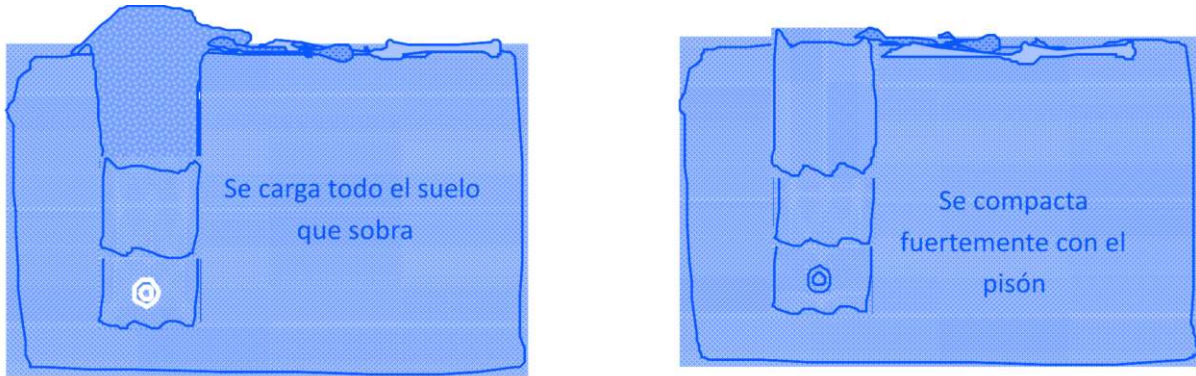


Figura 3. Tercera capa de relleno

## 1.2.4 MATERIALES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

### 1.2.4.1 Tubos

Los tubos con que se construirán las redes de distribución, y la tubería de impulsión son de material PVC soldable, que admiten una presión máxima de servicio de 7,5 kg/cm<sup>2</sup>, o sea 75 m.c.a. (metros de columna de agua).

Las puntas del tubo, tienen diámetros distintos y los nombres que les corresponde son:

- Bolsa: Es el extremo de mayor diámetro.
- Espiga: Es el extremo cuyo diámetro corresponde al nombre comercial del tubo, y es el menor de los dos extremos.

Los diámetros en los sistemas rurales son normalmente de 40 mm, 50 mm y 60 mm. Para verificar estas dimensiones, debe medirse el exterior del tubo, del lado de la espiga. O sea que los tubos se identifican por su diámetro exterior. En el siguiente cuadro se presentan las principales características de estas tuberías:

Cuadro No. 1. Características de las tuberías

DIÁMETRO EXTERNO		ESPESOR DE PARED	PESO POR TUBO
En pulgadas	En milímetros		
½	20	1,5	0,798
¾	25	1,7	1,128
1 ¼	40	2,4	2,58
1 ½	50	3	3,96
2	60	3,3	5,22



### 1.2.4.2 Accesorios

Los accesorios son piezas de PVC, con juntas soldables que son utilizadas en la construcción y reparación de las redes de distribución con distintos fines.

- **Buje de Reducción:** Se utiliza para unir dos tuberías, o accesorios de distintos diámetros. Ejemplo: Buje de red soldable de 50 x 40 mm. Significa que permite la reducción de un diámetro de 50 mm a 40 mm.



- **Codos:** Se utilizan para realizar el cambio de dirección del tendido de la tubería. Su nombre comercial indica el ángulo que forma y el diámetro del tubo que es compatible con él. Por ejemplo: Codo de 90 x 60,



Indica que el desvío que hay entre la entrada y la salida del codo, es de 90 grados, y que el tubo que puede insertarse en él, es de 60 mm.

- **Te:** Este accesorio, se utiliza para realizar una derivación desde una tubería principal a otra. Comercialmente se la denomina por el ángulo que forma el ramal de derivación, y el diámetro del tubo que se derivará. Existen dos tipos de Te:

a) Aquella cuyo diámetro de derivación es igual a diámetro de la tubería principal.

Ejemplo: Te soldable de 90° x 60 mm. Significa que el diámetro de la tubería principal y el diámetro de la tubería que se deriva son de 60 mm, y que la derivación es a 90°.



b) Aquella donde el diámetro de la tubería principal es mayor que el de la derivación.

Ejemplo: Te soldable Red. 50 x 40 mm. Significa: "Te con reducción", y que el diámetro de la tubería principal es de 50 mm, y la derivación es de 40 mm.

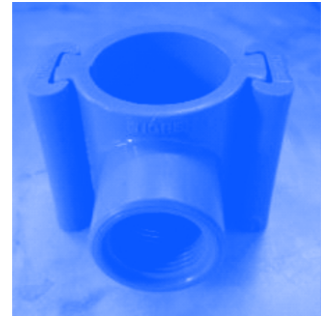
- **Adaptador Liso Rosca:** Este elemento se usa cuando se debe instalar algún accesorio cuya unión con la tubería es mediante rosca. Ejemplo: válvula exclusiva, llave de paso, válvula de retención, etc. Ejemplo: Adaptador corto LR de 40 mm x 1.1/4". Significa que el tubo donde se va a instalar la válvula es de 40 mm de diámetro, y que el accesorio a instalar, es de 1 ¼ pulgadas. Si observamos el Cuadro N° 1, que está más arriba, veremos que la llave de 1 ¼ corresponde al tubo de 40 mm. Otro Ejemplo: Adaptador corto LR de 60 mm x 2". En este caso, la tubería es de 60 mm, y la válvula es de 2", que según el cuadro 1, corresponde a 60 mm.



- **Tapón Hembra:** Este accesorio, se utiliza como terminal de un tramo de tubería. Ejemplo: tapón hembra soldable de 40 mm. Significa que el diámetro del tubo, es de 40 mm. Este tipo de

tapón siempre se coloca en la parte final del tubo (espiga), y no en la campana.

- **Unión Sencilla Soldable:** Este elemento, es para unir dos puntas de tubos cuando en ninguno de ellos está provisto de campana. El caso más frecuente, es para la reparación de tuberías. Ejemplo: unión sencilla soldable de 40 mm. Significa que los tubos a unir son de 40 mm de diámetro.



- **Unión Corrediza:** Es parecida a la unión sencilla soldable, pero para su instalación no se utiliza adhesivo, pues la estanqueidad se logra mediante dos anillos de goma que el accesorio tiene incorporado. Este accesorio simplifica el trabajo de reparación debido a que no es necesario



desenterrar un tramo largo de tubería para poder realizar la reparación. Se utiliza también reemplazando a la unión doble, para permitir desconectar y cambiar las válvulas exclusas, u otros accesorios, en caso de ser necesario su reparación o mantenimiento.

- **Collar de Tomada:** Este accesorio, es para realizar la derivación desde la red a la vivienda. Ejemplo: collar de tomada de 40 x ½. Significa que el tubo donde será instalado el collar, es de 40 mm, y que el tubo de derivación será de ½ pulgada, es decir de 20 mm de diámetro.

Este accesorio está compuesto por 5 elementos:

- Un collar de tomada o abrazadera (en dos mitades)
- Dos cuñas
- Un aro de goma

## 1.2.5 EJECUCIÓN DE LAS SOLDADURAS

### 1.2.5.1 Herramientas mínimas necesarias

Para la instalación de las tuberías y conexiones domiciliarias, es necesario contar, como mínimo con los siguientes elementos.

- Arco con Sierra.
- Lima fina
- Lija Nº 100
- Trapos limpios o estopa.
- Pincel de 1 pulgada

### 1.2.5.2 Productos

Los productos para realizar la soldadura son:

- **Adhesivo.** El nombre de tubos de PVC soldable, se debe a que el proceso de unión de las partes, se realiza mediante la fusión de los materiales. Cuando se aplica el solvente sobre las superficies a unir, se inicia un proceso de disolución en ellas, y cuando la espiga entra dentro de la bolsa a presión, se produce la fusión de ambas superficies, y el solvente se evapora, quedando soldadas ambas superficies.
- **Solución Limpiadora.** Se utiliza para limpiar los residuos del lijado, y la grasitud que queda como producto del manoseo. *Nunca debe utilizarse agua, u otro líquido en reemplazo de la solución limpiadora.*

### 1.2.5.3 Estanqueidad de las roscas - cinta teflón ó vedarrosca

Existen piezas cuya unión es, en un extremo soldable, y en el otro rosca; este es el ejemplo clásico del adaptador liso rosca.

Para conseguir una perfecta estanqueidad entre la rosca macho y la rosca hembra, es necesario utilizar la cinta teflón.

La cinta debe enrollarse sobre los filetes de la rosca macho, como si fuera que estamos enroscando la pieza sobre la cinta. Cada vuelta debe encimarse sobre la anterior en un ancho igual a la mitad del ancho de la cinta, y debe darse entre tres y cuatro pasadas completas a la rosca.

Un término muy usado para referirse a la estanqueidad, es la palabra vedación, por eso a la cinta teflón, también se la conoce como cinta vedarrosca

### 1.2.5.4 Ejecución de la junta soldable

Los pasos para realizar una junta soldable son los siguientes:

- a) Verificar que la espiga y la bolsa estén perfectamente limpias. Si no lo están, límpielas con un trapo seco.
- b) Lijar suavemente el exterior de la espiga y el interior de la bolsa, eliminando el brillo de las superficies. El lijado facilita la acción del adhesivo.
- c) Con un trapo limpio mojado en la solución limpiadora, quite los restos dejados por la lija, y la grasitud dejada por la mano, porque estas suciedades impiden que se realice una buena soldadura.
- d) Es recomendable hacer una pequeña marca en la espiga, para tener una referencia de hasta donde ella debe penetrar dentro de la bolsa.

- e) Con el pincel, distribuya rápidamente, y de manera uniforme el adhesivo en ambas superficies, y rápidamente encaje la espiga dentro de la bolsa, y limpie el exceso de adhesivo que hubiera quedado fuera de la bolsa. Es importante limpiar el exceso de adhesivo, porque habíamos visto que el adhesivo ataca al PVC.

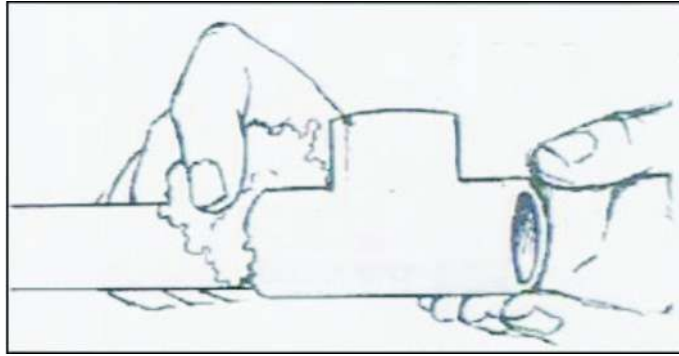


Figura 5. Limpieza del exceso de adhesivo.

Es muy importante que antes de colocar el adhesivo, verifique lo siguiente:

- Que las piezas a unir estén listas para ser ensambladas. Para verificar, ensaye los accesorios ensamblándolas al tubo, *SIN USAR ADHESIVO*.
- Que ajustan fácilmente y se encuentran en la posición correcta de instalación.
- Que las piezas estén en la posición en que deberán quedar luego de haberlas unido, esto en el caso de la instalación de codos, tes, etc. Nunca intente acomodar una pieza luego de haber insertado la espiga dentro de la campana, porque debilitará la acción del pegamento y pueden ocurrir pérdidas posteriormente.

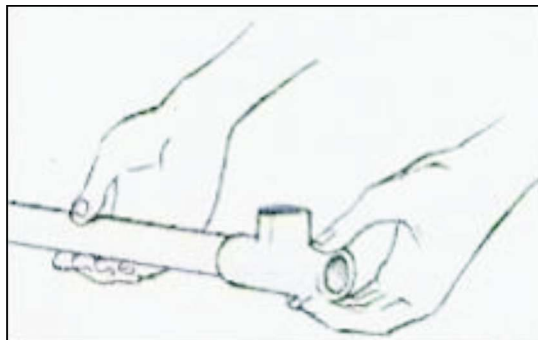


Figura 6. Verificación antes de colocar el adhesivo

Si por algún motivo el adhesivo se secó antes de ensamblar las piezas, lije cuidadosamente las superficies a unir y reinicie el proceso de soldadura.

- f) Una vez encajadas las piezas, espere 12 horas como mínimo, antes de someter a esfuerzos, o presión a las partes soldadas.

### 1.2.5.5 Recomendaciones para la instalación de las tuberías

- Verificar que los tubos no estén mojados. No realizar instalación de tuberías si los tubos estuvieron expuestos a la lluvia o al rocío. Esperar a que se sequen.
- Verificar que la campana y la espiga no estén deformadas.
- Tapar el envase del adhesivo inmediatamente después de haberlo utilizado (porque el solvente se evapora y puede perderse el contenido del envase)
- Llevar a la zona de obra solamente la cantidad de material que va a utilizar durante la jornada de trabajo, para evitar que los tubos o accesorios se pierdan, o se rompan.
- No dejar los envases de los adhesivos, y solución limpiadora expuestos al sol.
- Utilice siempre el accesorio adecuado. Si debe realizar un cambio de dirección en la tubería: no caliente el tubo para doblarlo utilice el codo adecuado.
- No fabrique una campana calentando el tubo, utilice la unión sencilla, o la unión corrediza para unir los tubos.
- Si observa detenidamente un tubo del lado de la espiga, verá que la punta termina con un chanfle (o bisel); cuando por algún motivo se corta el tubo, y se pierde el chanfle, es muy importante reconstruir el chanfle, limando la punta, para lo cual puede utilizarse una escofina. Esto es para facilitar la penetración del tubo dentro de la campana.

## 1.3 CONEXIONES DOMICILIARIAS

Se denominan conexiones domiciliarias a los conductos de agua que parten de la red de distribución hacia las edificaciones y se ramifican en el interior de ellas hacia las bocas de consumo.

Los principales elementos que los componen son: Collar de Tomada, Adaptador Liso Rosca, buje de reducción, Llave de paso, Te, Tapón, Codo, Canilla de Bronce, Caños de PVC.

El diámetro utilizado generalmente es de 25 mm, salvo que razones justificadas obliguen a emplear un diámetro mayor.



Figura 7. Detalle en perfil de una conexión domiciliaria

La ejecución de una conexión domiciliaria es una tarea que el operador debe realizar con cierta frecuencia para dar servicio a un nuevo usuario o arreglar alguna que se encuentre averiada, Para ello debe cortar primero el agua corriente mediante el cierre de las válvulas exclusas más cercanas que afecten al lugar de trabajo y desagotar el tramo. Especial cuidado se deberá tener de no golpear las cañerías.

### 1.3.1 INSTALACIÓN DE UNA CONEXIÓN DOMICILIARIA

Los pasos que se deben seguir para la instalación de una conexión domiciliaria, son los siguientes:

- a) Verifique que el sector del tubo donde se instalará el collar de tomada, esté perfectamente limpio. Si no lo está, límpielo con un trapo.
- b) Coloque el aro de goma dentro de la ranura del collar, presionándolo suavemente
- c) Instale ambas mitades del collar de manera que la boca de entrada del collar quede a 45 grados aproximadamente.
- d) Coloque las cuñas y golpéelas suavemente, hasta que queden ajustadas perfectamente.
- e) Introduzca la punta de una mecha para madera de  $\frac{1}{2}$  pulgada, en la salida del collar, y perforo el tubo de la red, haciendo girar la mecha y presionando suavemente.



- f) Coloque el teflón en el adaptador liso rosca, y enrósquelo en la salida de la conexión domiciliaria.
- g) Proceda a realizar la soldadura del tubo de 20 mm en el adaptador liso rosca, y termine de instalar los demás accesorios soldables (te, tapón, y codo soldable).
- h) Para instalar la canilla de servicio, coloque el teflón en la rosca, y enrósquela en el codo, apretando suavemente. Recuerde: la estanqueidad no se consigue debido a la presión de la rosca, sino al relleno que la cinta teflón realiza entre los filetes de las roscas. Si aprieta excesivamente la rosca, puede romper el codo, o dañar la rosca del mismo.

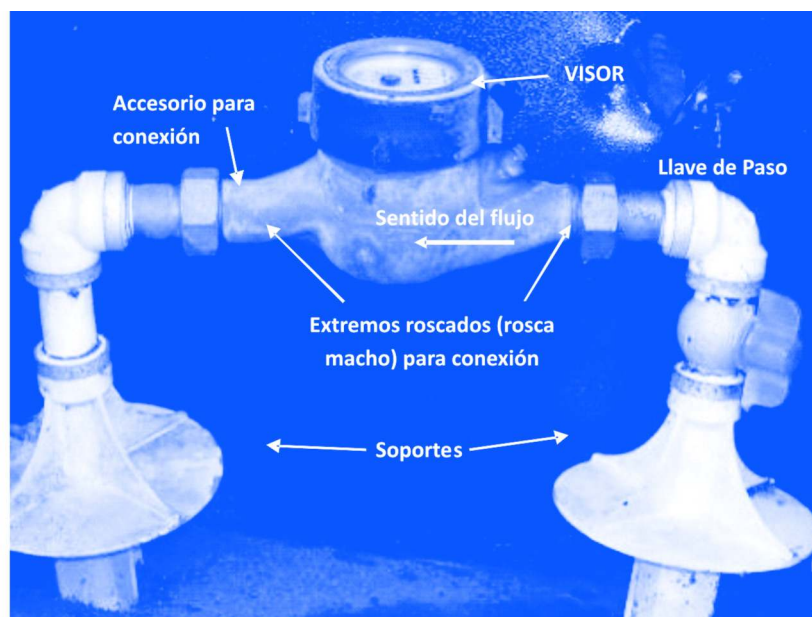


**Observación muy importante:** es suficiente que la altura de la canilla de servicio, desde el nivel del piso, sea 60 centímetros; y debe ir amarrada a un buen soporte para evitar que el continuo movimiento, o algún esfuerzo indebido puedan dañar el tubo.

## 1.4 HIDRÓMETROS

El hidrómetro, comúnmente llamado medidor, es un aparato que sirve para medir la cantidad de agua (volumen) que pasa a través de él.

Existen distintos modelos y marcas de medidores; en la siguiente fotografía se muestra un tipo de medidor y se indican las distintas partes del mismo.



### 1.4.1 INSTALACIÓN DEL MEDIDOR

En el comercio puede adquirirse el juego completo de accesorios para la instalación del medidor, tal como se muestra en la fotografía de arriba. Pero también puede instalarse el medidor mediante la utilización de tubos y accesorios soldables del diámetro adecuado, tal y como se indica en el siguiente esquema.

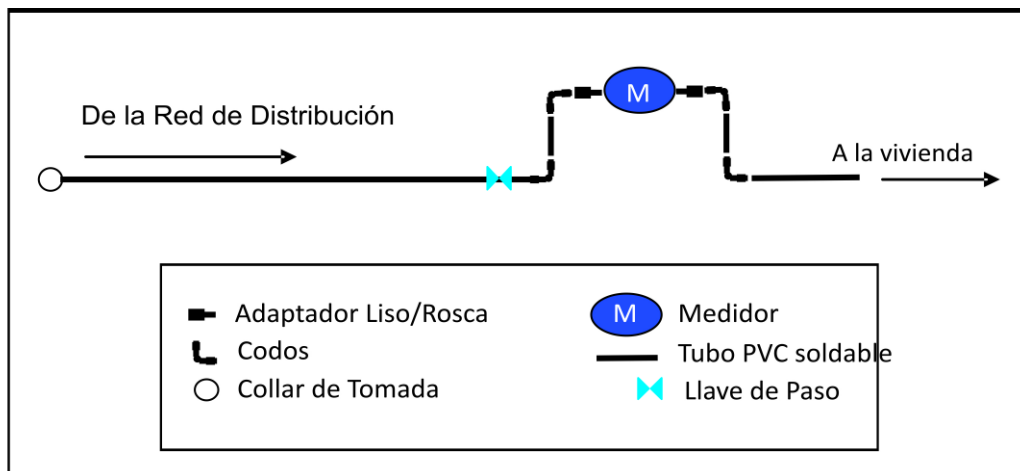


Figura 8. Instalación típica de un medidor.

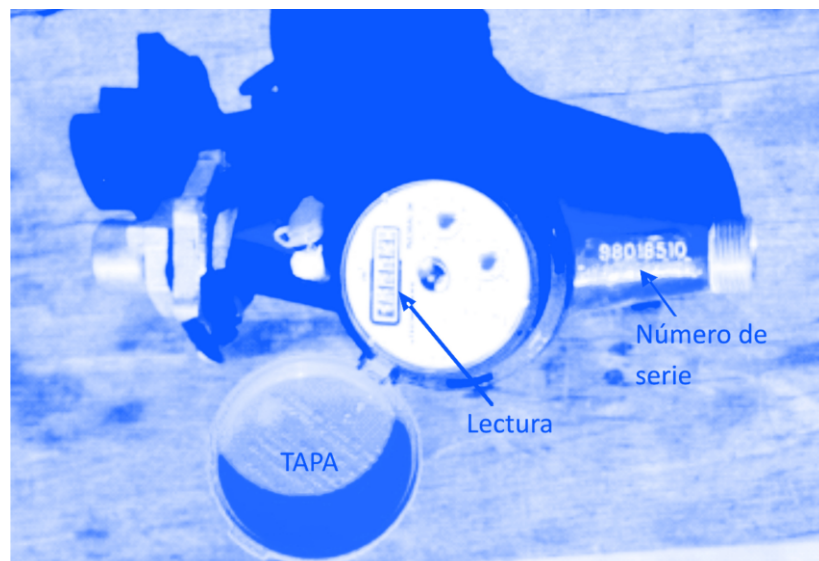
Es muy importante recordar que el medidor debe estar protegido por una caseta que puede ser de mampostería o de madera. Esta caseta debe estar construida dentro de la propiedad del usuario, pero limitando con la línea de edificación.

### 1.4.2 TOMA DE LECTURA Y CÁLCULO DEL CONSUMO

Existen distintos modelos y marcas de medidores, los cuales tienen diferentes formatos para indicar los volúmenes registrados. A modo de ejemplo, veremos el mostrado en la fotografía.

Puede apreciarse que el visor tiene una ventanita donde se ven cuatro números negros, ellos indican los metros cúbicos de agua que han pasado por el medidor hasta ese instante, también tiene dos números rojos, que indican la fracción del metro cúbico.

Por ejemplo si en el visor se leyera: 0250.45 esto indica





que, hasta el momento de la lectura, han pasado por el medidor doscientos cincuenta metros cúbicos de agua, con cuarenta y cinco.

Las lecturas del medidor deben realizarse cada mes, preferentemente siempre en la misma fecha. Al dato de lectura tomada se le llama, *lectura actual*, y a la que se tomó el mes anterior se le llama *lectura anterior*, la diferencia entre estas dos lecturas nos indica el *consumo*, es decir, la cantidad de agua que pasó por el medidor durante el mes.

Supongamos por ejemplo:

El día 25 de enero se leyó: 0250.30 (Lectura anterior)

El día 25 de febrero se registró: ...0265.70 (Lectura actual)

Para conocer el consumo se debe realizar la resta de estos dos valores:

$$0265.70 - 0250.30 = 15.40 \text{ m}^3,$$

O sea que en ese periodo (mes de febrero), a la vivienda entraron 15.4 metros cúbicos de agua. Este consumo se redondea a 15 m<sup>3</sup>, y es el valor que se factura al usuario.

Si repetimos el procedimiento para el mes siguiente, tendríamos:

El 25 de Marzo se tomó una lectura de 0275.30. Con este dato y el de la lectura anterior tomada en Febrero realizamos la operación correspondiente:

Lectura anterior (Febrero) 0265.70

Lectura actual 25 de marzo: 0275.80

Entonces tendremos que para el mes de marzo el consumo habrá sido:

$$0275.80 - 0265,70 = 10,10 \text{ m}^3,$$

O sea que en ese periodo (mes de marzo), a la vivienda entraron 10.1 metros cúbicos de agua. Este consumo se redondea a 10 m<sup>3</sup>, y es el valor que se factura al usuario.

## 1.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 1.5.1 LIMPIEZA DE RESERVORIO (Tanque de almacenamiento)

No se puede dar reglas fijas para tiempos entre limpieza de los tanques de almacenamiento, pues ello depende de factores muy específicos para cada localidad; por ejemplo, si el agua proveniente del pozo arrastra arena y su cantidad es alta, la frecuencia de lavado del tanque debe ser mayor. Sin embargo, podrá tomarse como base un periodo de 6 meses.

El procedimiento general para el lavado del tanque, es el siguiente:

- 1) Cortar la entrada de agua al tanque, mediante la válvula de entrada.
- 2) Cortar la salida de agua cerrando la válvula de la línea de conducción y colocar un aviso de “PELIGRO, TANQUE EN MANTENIMIENTO”; si es posible asegurar esta válvula con un candado. Para que el desperdicio de agua sea menor, puede esperar un par de horas entre el cierre de la válvula de entrada para cerrar la de salida y esperar así a que los usuarios consuman el agua que aun se encuentra en el tanque.
- 3) Abrir la válvula de drenaje (limpieza) para vaciar el tanque.
- 4) Abrir la escotilla e ingresar al tanque, una vez allí, limpiar con cepillos metálicos las paredes y el fondo del tanque, sacar los residuos de la limpieza usando un chorro de agua.
- 5) Desinfección: Abrir la válvula de entrada al tanque que se llene, agrega HIPOCLORITO de calcio (HTH) en la proporción 50 grs. por metro cúbico. Revuelve el agua con una paleta hasta que se disuelva el hipoclorito. Cierre el tanque y deje la solución doce horas.
- 6) Pasadas mínimo 12 horas, abra la válvula de drenaje (limpieza) hasta vaciar totalmente el contenido del tanque; cierra la válvula de drenaje.
- 7) Abra la válvula de entrada al tanque, para poner en funcionamiento el sistema. Quite el rotulo de PELIGRO y abra la válvula que da paso a la línea de conducción.

El hipoclorito debe ser manejado con cuidado porque es una sustancia corrosiva, que puede causar quemaduras en la piel.

### 1.5.2 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES

Toda red requiere para garantizar su adecuada operación y minimizar el riesgo de falla, de un plan de mantenimiento periódico. Por esto el plomero de la junta debe efectuar, como mínimo los siguientes procedimientos con las respectivas periodicidades.

Mensualmente:

- Inspeccionar las vías en las que se encuentra enterrada la red de distribución, con el fin de detectar fugas u otras anomalías; si existieran, y si es posible, las corrige inmediatamente; en caso contrario las anota en las hojas de registro y se informa al encargado de mantenimiento.
- Limpiar y revisar las cajas de válvulas.

Cada seis meses:

- Revisar si hay fugas o daños en los componentes visuales de la red.
- Revisar el estado de la cámara rompe presiones observando si hay filtraciones, fisuras de secciones externas, empotramientos alrededor de las cajas, tierra acumulada alrededor de las cajas, candados o elementos de cierre en mal estado, peligro de contaminación etc.

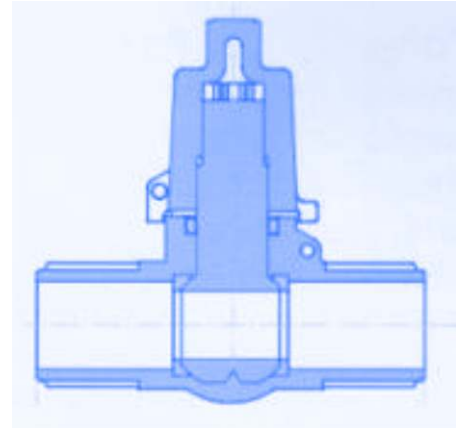
### 1.5.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS

Las válvulas son dispositivos, o mecanismos de control, que se utilizan para regular o cortar el flujo del agua, desde o hacia algún sector de la red. Existen varios tipos de tipos de válvulas, pero los más utilizados son:

- **Válvulas de Compuerta:** Se usan en la salida de tanques elevados y en los caballetes de los pozos tubulares profundos. También en las redes de distribución.

El flujo del agua tiene un sentido horizontal; ofrece poca resistencia al paso del agua, por ello se utilizan con mayor frecuencia.

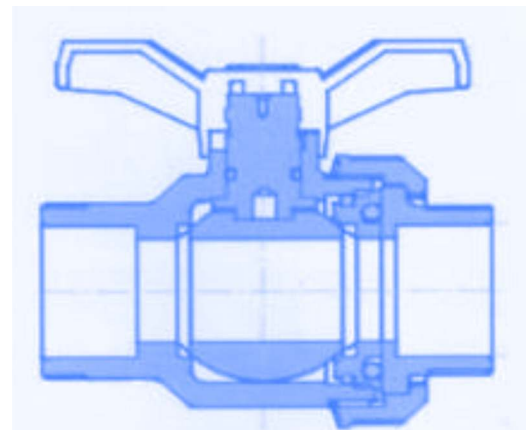
La compuerta sube o baja para dar mayor o menor paso al flujo de agua.



- **Válvulas de Globo:** Se usan en los grifos domiciliarios o grifos públicos.

El paso de agua no es completamente horizontal como puede observarse en el dibujo. Por esta razón ofrece más resistencia al flujo del agua.

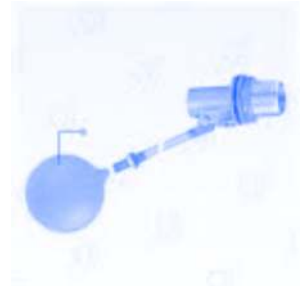
Se usan generalmente en las acometidas domiciliarias para dar paso o cortar el servicio de agua.



Para dar mayor o menor paso al flujo de agua se gira el cono de la válvula. Media vuelta a la derecha corta totalmente el paso. La siguiente media vuelta a la derecha permite todo el flujo del agua.

- **Válvula de flotador:** Se usan especialmente en los tanques para mantener, en forma automática, un nivel determinado.

El flotador abre o cierra la válvula a medida que sube o baja el nivel del agua en el tanque.



Para que las válvulas funcionen adecuadamente, debemos de manera periódica, y de acuerdo al tipo de válvula, revisar su funcionamiento, realizando estas actividades:

- Comprobar el estado de la empaquetadura del prensa-estopa y reemplazarla si hay dificultades en el manejo de la válvula, o si hay fugas que no se eliminen apretando el prensa-estopa.

- Revisar los empaques, si están en mal estado, cambiarlos.
- Verificar que los pernos y tuercas estén suficientemente apretados para evitar fugas.
- Revisar el estado del vástago o eje del tornillo, observando si se encuentra torcido o inmovilizado debido al oxido. Cambiar la pieza si es necesario.
- Revisar el funcionamiento de la válvula, haciéndola girar lentamente, debe abrir y cerrar fácilmente.
- Observar si hay fuga en la válvula y si sus piezas externas están completas y en buen estado.
- Corregir los defectos, y de ser necesario cambiar la válvula.
- Revisar y limpiar las cajas de válvulas.

De igual manera, en los puntos altos de la red o de la conducción y la línea de impulsión se utilizan las **válvulas de ventosa**, con las cuales se saca el aire de la tubería que impide el flujo del agua.

#### 1.5.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS

Un adecuado mantenimiento de la red de distribución y de todos sus componentes, incluyendo las válvulas, nos garantiza la disponibilidad del servicio; sin embargo, es importante igualmente realizar mantenimiento a las conexiones domiciliarias, pues es el punto de entrega del agua al usuario. Para esto, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Toda vez que sea necesario interrumpir el servicio del usuario, se cierra la llave de paso principal. Esta operación debe estar a cargo exclusivo del operador del sistema, ya que el usuario por ninguna causa debe moverla.
- Es de buena práctica proceder al aviso de los usuarios afectados cada vez que se ejecute una nueva conexión domiciliaria o se proceda al arreglo de alguna existente, ya que necesariamente debe interrumpirse el suministro.
- Así mismo el operador del sistema debe llevar un registro de todas las conexiones domiciliarias efectuadas, en el que conste la distancia a uno de los muros medianeros, pues las llaves de paso en las veredas de tierra suelen taparse.
- Toda conexión ejecutada y que por cualquier razón no se usare, debe periódicamente ponerse en funcionamiento para eliminar el agua estancada en la misma.
- Si hay medidores, deberá llevarse un registro de medidores donde se anotaran las lecturas mensuales.
- Deberá realizarse una sistemática labor de vigilancia con el fin de evitar desperdicios y mal uso del agua suministrada.
- Es preciso mantener atención permanente para evitar que los usuarios ejecuten conexiones clandestinas.
- Deberá anotar en la libreta de registro las nuevas instalaciones realizadas, así como todos los arreglos ejecutados.

### 1.5.5 REPARACIÓN DE UNA CANILLA

Antes de comenzar, conozcamos como funciona una canilla:

Cuando acciona una canilla se eleva o desciende un vástago que posee en su extremo un obturador provisto de una arandela elástica de cuero o goma, comúnmente llamada empaque, cuando el vástago sube, el empaque se levanta por la presión del agua y esta circula. Cuando baja, presiona el empaque contra el asiento de la válvula e impide que el agua circule.

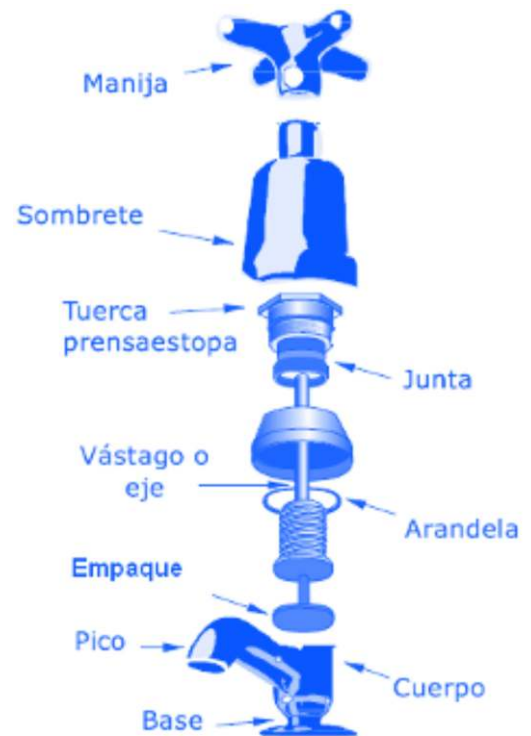
Las pérdidas en una canilla se presentan, principalmente en tres puntos: (i) Alrededor del vástago, (ii) Por la boca de la canilla y (iii) Por la rosca de la canilla al tubo.

Una pérdida alrededor del vástago significa que el empaque debe ser reemplazado.

Una pérdida por la boca de la canilla, significa que una nueva arandela es necesaria.

Una pérdida por la rosca de la canilla al tubo significa, generalmente que esta desajustada. Esta pérdida es quizá la más dañina pues genera humedad en la pared.

Antes de iniciar la reparación cierre las llaves de paso de agua del sector donde trabajará: baño, cocina, etc. Si la instalación de la vivienda no cuenta con cortes por sector, cierre la llave de paso de agua general.



#### Herramientas Básicas



Llave inglesa

Llave fija

Cinta de teflón

Destornillador

Reparar una canilla es un procedimiento sencillo:

Esto es todo lo que usted necesita para reparar la canilla. Asegúrese además, de tener siempre a mano las arandelas y empaques necesarios.

**Si la pérdida fuera por el pico de la canilla;** Comience quitando la manija, esta se encuentra aplicada a presión o a rosca, retírela. Una vez fuera la manija, quite por completo el vástago, aflojando la tuerca inferior, saque el empaque, el cual puede estar sujeto por un tornillo, desenrosquelo.

Revise que no esté roto; si estuviera dañado, cuarteado o reseco reemplácelo por otro en buenas condiciones. Si fuera necesario, cambie también la junta que une el vástago con el cuerpo de la canilla, por una junta nueva o coloque cinta de teflón alrededor de la rosca.



Vuelva a montar el vástago, coloque los elementos en orden inverso a como los retiro.

**Si la pérdida es alrededor del vástago;** Primero saque el tornillo que sostiene la manija y el sombrere; luego retire la tuerca prensaestopas, es la primera que encontrará cuando desarme la canilla. Retire el vástago y cambie la pieza completa. Ponga nuevamente el mecanismo y ajuste con una llave fija en el sentido de las agujas del reloj.



**Si la pérdida es por la rosca de la canilla al tubo;** Desenrosque y extraiga la canilla, verifique el aro plástico que va entre la canilla y la rosca no esté deteriorado, de ser así cámbielo. Luego para sellar coloque cinta de teflón alrededor de la rosca. Finalmente rosque la canilla al tubo.



## 2. FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

### 2.1 CONCEPTOS DE HIDRÁULICA

Para poder entender cómo funcionan las tuberías de impulsión, conducción y la red de distribución se deben comprender algunos conceptos básicos de hidráulica. Estos temas son tratados aquí, de manera conceptual, y no técnica para lograr mayor comprensión de los lectores, no habituados a los términos técnicos sobre este tema.

Para comprender mejor el funcionamiento de las redes de distribución, es necesario tener orientación sobre algunos principios hidráulicos que se desarrollan a continuación.

#### 2.1.1 CONCEPTO DE CAUDAL

Se llama caudal a la cantidad de agua que pasa por un lugar, en un determinado tiempo.

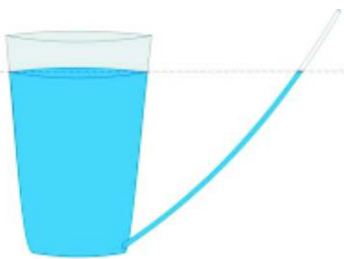
Por ejemplo, supongamos que el agua contenida en un tanque de 10.000 litros, se descarga en 2 horas, a través de una manguera. El caudal que sale por la manguera será:

$$\text{Caudal} = 10.000 \text{ litros} / 2 \text{ horas} = 5.000 \text{ litros} / \text{ hora}$$

Ahora la pregunta es:

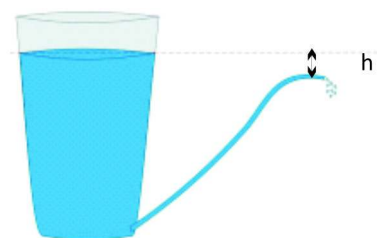
- **¿De qué depende la cantidad de agua que sale por esa manguera?**

Para contestar esta pregunta, veamos el siguiente ejemplo:

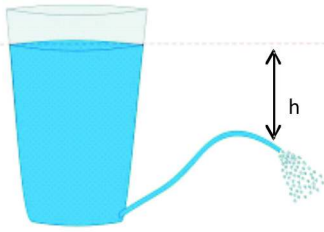


Si tenemos un recipiente conectado a una manguera, y la punta de la manguera está al mismo nivel que la superficie del agua dentro del tanque, el agua no saldrá por la manguera, o sea que el caudal es cero.

Si bajamos la punta de la manguera, a un desnivel  $h$ , vemos que sale un caudal de agua pequeño





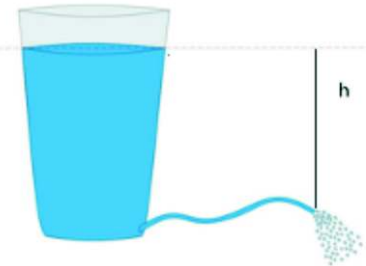


Vemos que si bajamos un poco más, la punta de la manguera, sale mayor cantidad de agua (aumenta el caudal).

Podemos decir entonces que:

“El caudal depende de la diferencia de altura que hay entre el nivel libre de agua, y el punto por donde sale el agua (carga hidráulica)”.

Pero llega un punto en que, aunque aumentemos el desnivel el caudal no aumentará. Esto ocurre porque ese es el **máximo caudal que puede circular por la manguera**.



### 2.1.2 CONCEPTO DE PESO Y PRESIÓN

Es fundamental conocer la diferencia entre lo que es la fuerza y lo que es la presión; para eso, veamos el siguiente ejemplo:

Supongamos que una persona, que pesa 100 kilos, quiere pasar por un lugar donde hay barro muy blando.

En la figura de la izquierda, vemos que al pisar el barro, los zapatos de la persona se hunden. Supongamos que cada zapato mide 20 cm x 5 cm de ancho.

Pero, si se colocamos una tabla de 50 cm de largo, por 20 cm de ancho, la persona podrá pasar por el barro sin que la tabla se hunda, como vemos en la figura de la derecha.

Las preguntas son las siguientes:

- ¿Si la persona pesa 100 kilos, cuantos kilos de fuerza habría que hacer para alzarlo del suelo?

Respuesta: Evidentemente, un poquito más de 100 kilos.

Este es el concepto de fuerza, **el esfuerzo que debemos realizar para levantar, o aguantar el peso de un objeto**.

Antes de realizar la segunda pregunta, debemos comprender el concepto de presión

Para calcular la presión que un peso (o fuerza) genera sobre una superficie, se emplea la siguiente fórmula:

Presión = fuerza / área de la superficie donde se aplica esa fuerza.

Entonces, cuando la persona que pesa 100 kilos, pisa directamente el barro, la superficie de apoyo es la de sus zapatos, o sea:

$$\text{Superficie Zapatos} = 2 \times 20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 200 \text{ cm}^2$$

La presión que descarga sobre el suelo será:

$$\text{Presión ejercida por los zapatos} = 100 \text{ kg} / 200 \text{ cm}^2 = \mathbf{0.5 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

- ¿Cuál es la presión que descarga sobre el suelo cuando se para sobre la tabla?

$$\text{Superficie de la tabla} = 50 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 1.000 \text{ cm}^2$$

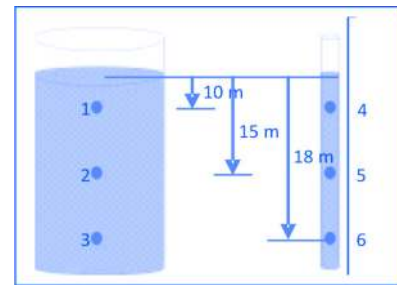
$$\text{La presión ejercida por la tabla es} = 100 \text{ kg} / 1.000 \text{ cm}^2 = \mathbf{0.1 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

Entonces, la razón por la que la persona, parada sobre la tabla no se hunde es porque la presión que descarga es menor que cuando se para sobre sus zapatos.

### 2.1.3 PRESIÓN DENTRO DEL AGUA

Sabemos que al zambullirnos en el agua, a medida que bajamos a mayor profundidad, sentimos mayor presión sobre el cuerpo

Está demostrado que la presión que el agua ejerce sobre un cuerpo, **solamente depende de la profundidad** (H) a que está sumergido, y que por cada 10 m que aumente la profundidad, la presión aumenta  $1 \text{ kg/cm}^2$



Por ejemplo, supongamos dos recipientes con distintas cantidades de agua. En el interior de cada uno de ellos, hemos sumergido tres objetos a distintas profundidades.

- **¿Qué presiones soportan los objetos sumergidos en el recipiente de la izquierda que contiene 10.000 litros de agua?**
  - En el objeto 1, sumergido a 10 m, la presión es de  $1 \text{ kg} / \text{cm}^2$
  - En el objeto 2, sumergido a 15 m, la presión es de  $1,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$
  - En el objeto 3, sumergido a 18 m, la presión es de  $1,8 \text{ kg} / \text{cm}^2$
- **¿Qué presiones soportarán los objetos 4, 5, y 6, que están sumergidos a las mismas profundidades que los primeros, pero en el recipiente de la derecha, que contiene 50 litros de agua?**
  - El punto 4 que está a la misma profundidad que el 1, tendrá también  $1 \text{ kg} / \text{cm}^2$
  - El punto 5 que está a la misma profundidad que el 2, tendrá también  $1,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$
  - El punto 6 que está a la misma profundidad que el 3, tendrá también  $1,8 \text{ kg} / \text{cm}^2$

**Conclusión:**

**“No importa la cantidad de agua que haya dentro del recipiente, la presión solamente depende de la profundidad a que está sumergido”**

## 2.1.4 PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS

Para poder entender como es la presión en la red de distribución de un sistema de agua, veremos el siguiente ejemplo.

La figura representa una red de distribución que es alimentada desde un tanque elevado. Si instalamos en distintos puntos de la red tres tubos (T2; T3; T4) en posición vertical, y mantenemos cerrada la llave de paso que está al final de la red, para que el agua no circule, veremos que el agua sube en todos los tubos, hasta el mismo nivel que tiene dentro del tanque elevado, a este nivel le llamaremos "A".

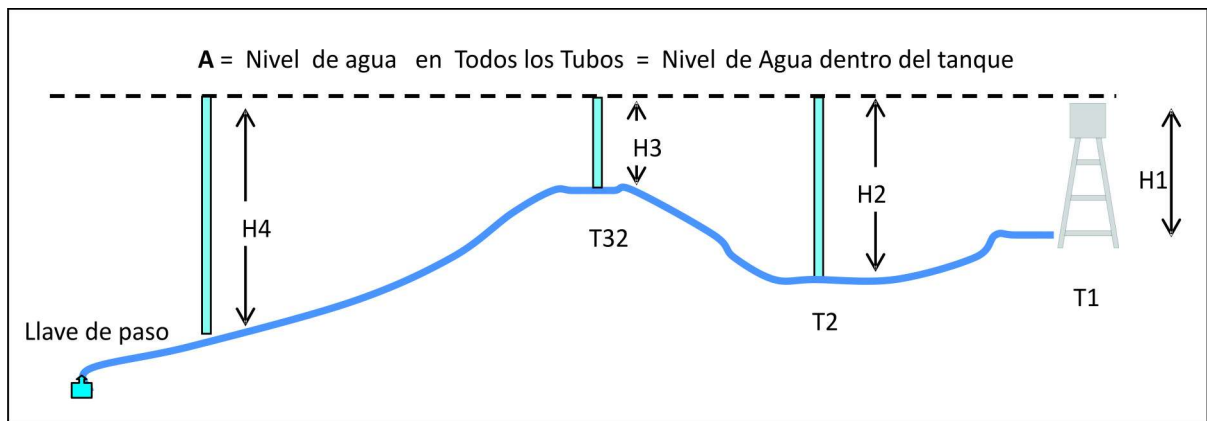


Figura 9. Esquema de una red de distribución alimentada desde un tanque elevado, llave cerrada.

Pero vemos que en los tres puntos, la columna de agua es distinta, porque el terreno no está nivelado (tiene distintas alturas, o cotas). Supongamos que estas alturas son:

$$H1 = 15 \text{ m}; \quad H2 = 20 \text{ m}; \quad H3 = 10 \text{ m}; \quad H4 = 30 \text{ m}$$

¿Qué presión hay en cada uno de esos puntos?

- T1:** la altura de la columna de agua es de 15 m, por lo tanto la presión en el punto será:  $1,5 \text{ kg/cm}^2$
- T2:** la altura de la columna de agua es de 20 m, por lo tanto la presión en el punto será:  $2,0 \text{ kg/cm}^2$
- T3:** la altura de la columna de agua es de 10 m, por lo tanto la presión en el punto será:  $1,0 \text{ kg/cm}^2$
- T4:** la altura de la columna de agua es de 30 m, por lo tanto la presión en el punto será:  $3,0 \text{ kg/cm}^2$

*Esta presión generada por el agua cuando está quieta, se conoce como PRESIÓN ESTÁTICA*

## 2.1.5 PÉRDIDA DE CARGA EN LAS TUBERÍAS

### - ¿Qué pasa si abrimos la válvula que está ubicada al final de la red?

Respuesta: El agua comenzará a circular por la tubería, y veremos que los niveles en los tubos comenzarán a bajar y tendrán los niveles indicados por la línea roja. Por lo tanto, al bajar la altura de la columna de agua, habrá bajado la presión en cada uno de esos puntos.

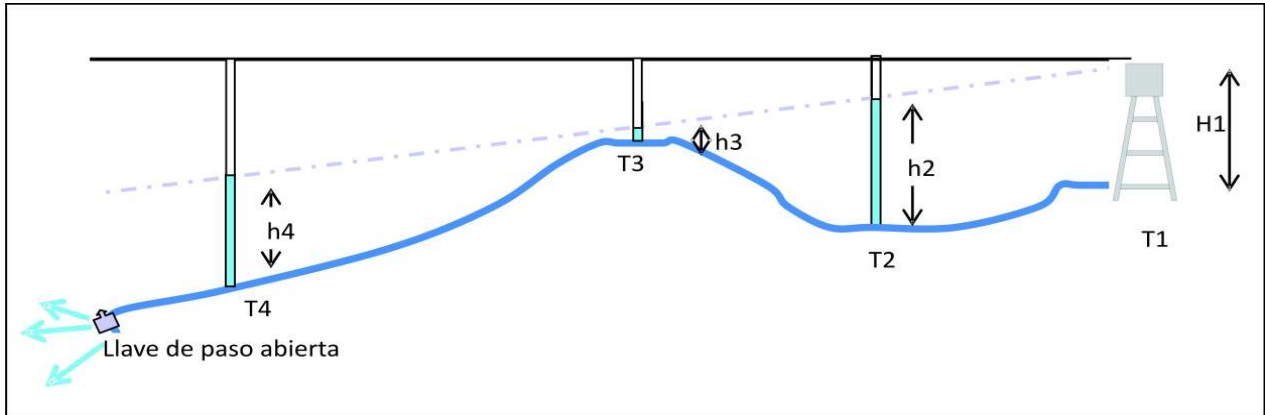


Figura 10. Esquema de una red de distribución alimentada desde un tanque elevado, llave abierta.

Podemos decir que la disminución de la presión en esos puntos es debido a la dificultad que encuentra el agua para circular por la tubería, por ejemplo, si el diámetro de la tubería es menor, o si la tubería tiene codos, u otros accesorios que dificulten su circulación, disminuirá aún más la presión en esos puntos.

Esto ocurre porque al agua le resulta más difícil moverse cuando más chico es el diámetro, y cuando más obstáculos encuentren en su camino, entonces ocurre lo que se llama **Pérdida de Carga** en la tubería.

## 2.1.6 PRESIÓN DE SERVICIO

Lo que permite que el agua salga por la canilla de una vivienda, es la presión que existe en la red en ese punto; esa presión se llama **Presión de Servicio**.

Debido a que el único factor que puede aumentar o disminuir la pérdida de carga en la red, es el aumento o disminución del caudal que circula, es fácil entender que en las horas de mucho consumo de agua (por ejemplo al medio día o a la tarde), la presión en las canillas disminuye, y en algunos casos algunas viviendas pueden quedar sin agua, si el caudal que circula es mayor que el caudal con que se diseñó la red.

Por ejemplo, si analizamos el punto  $P3$  del dibujo, vemos que la presión estática es de  $1 \text{ kg/cm}^2$  cuando no circula agua en la tubería, o sea que todas las canillas están cerradas.

- **¿Qué ocurre si en ese momento abrimos la canilla ubicada en el punto 3?**

Respuesta: El agua saldrá sin dificultad en la vivienda.

Pero, cuando los usuarios ubicados entre este punto 3 y el tanque elevado comiencen a usar el agua, (comienza a aumentar el caudal que circula), la pérdida de carga irá aumentando en el punto P3, y puede llegar a ocurrir que la pérdida de carga sea tal que, el agua no pueda pasar desde ese punto hacia adelante. Entonces la vivienda ubicada en ese punto, no recibirá agua, y las que estén ubicadas más allá del punto 3 solamente tendrán agua hasta que se termine la que hay en la red.

Veamos ahora otro ejemplo:

- **¿Porque en algunos casos cuando abrimos la canilla el agua sale con mucha presión, y casi de inmediato pierde su fuerza, y disminuye el caudal?**

Respuesta: Puede ocurrir lo siguiente:

- Que el collar de tomada fue mal instalado, y el agujero por donde debe pasar el agua sea muy chico.
- Que la llave de paso esté un poco tapada con suciedad, o que no esté lo suficientemente abierta.

Entonces, antes de abrir la canilla, está actuando la presión estática, y cuando comienza a circular el agua existe una gran pérdida de carga por la obstrucción y entonces el caudal disminuye.

### 2.1.7 HORAS DE CONSUMO MÁXIMO Y CONSUMO MÍNIMO

Puede verse con claridad que a lo largo del día, la cantidad de agua que corre por las tuberías (caudal) tiene grandes variaciones. Se pueden apreciar los siguientes períodos de consumo.

Horas de Consumo Nulo: Ocurre entre altas horas de la noche y la madrugada.

Horas de Consumo Máximo (Horas Pico): Existen tres periodos: uno al amanecer; otro en horas del medio día, y el máximo de todos a la tarde y principio de la noche.

Evidentemente esto ocurre porque en esas horas, en la gran mayoría de las viviendas se utiliza el agua simultáneamente.

En las horas restantes, el caudal de agua que circula por las tuberías es moderado. Entonces podemos decir que:

*“La variación de caudal que circula por las tuberías hace variar la presión en las viviendas a lo largo del día”.*

## - ¿Cómo podemos medir las presiones?

Respuesta: Se puede medir la presión con un instrumento llamado **manómetro**.



Se parece a un reloj, que tiene dos círculos con números que indican los distintos valores de las presiones mediante el desplazamiento de la aguja. A nosotros nos interesa solamente los valores del círculo de adentro, cuyos números indican las presiones en  $\text{kg/cm}^2$ .

Para medir la presión en un punto cualquiera de la tubería, se conecta el manómetro en el lugar deseado, mediante un accesorio, y el agua penetra dentro del instrumento moviendo la aguja que registra el valor de la presión en la escala correspondiente.

El manómetro que se muestra en la fotografía tiene una escala que va desde cero hasta  $10 \text{ kg/cm}^2$ , y la aguja indica que la presión es:  $1.25 \text{ kg/cm}^2$ .

En el ejemplo que vimos, si lo instalamos en el punto P1, la aguja marcará el valor 2; y si lo colocamos en el punto P2, indicará el valor 2.5, y así sucesivamente.

## - ¿Cómo podemos saber qué diferencia de altura existe Entre dos Puntos de una tubería llena de agua?

Por ejemplo para conocer la diferencia de altura que hay entre el P2 y el P4, mido la presión en ambos puntos y tendré:

$$P4 = 4 \text{ kg/cm}^2$$

$$P2 = 2.5 \text{ kg/cm}^2$$

La diferencia es  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ , esta presión equivale a una columna de agua de 15 m, o sea que la diferencia entre ambos puntos es de 15 metros.

### 2.1.8 CÁMARA ROMPE PRESIÓN (CRP)

Las tuberías que normalmente se emplean en las redes de distribución de los sistemas de agua rurales resisten una presión de servicio de hasta  $6 \text{ kg/cm}^2$ , es decir, la presión generada por una columna de agua de 60 metros altura (60mca). En adelante utilizaremos esta unidad de presión (m.c.a.), recordando que 10 m.c.a. equivale a  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

Cuando la diferencia de altura entre el tanque elevado y algún punto de la red es mayor a 60 m, la presión superará el valor de la presión de trabajo para la que fue fabricada la tubería, tal como se muestra en el esquema de la figura 11. La tubería está representada por la línea color azul.

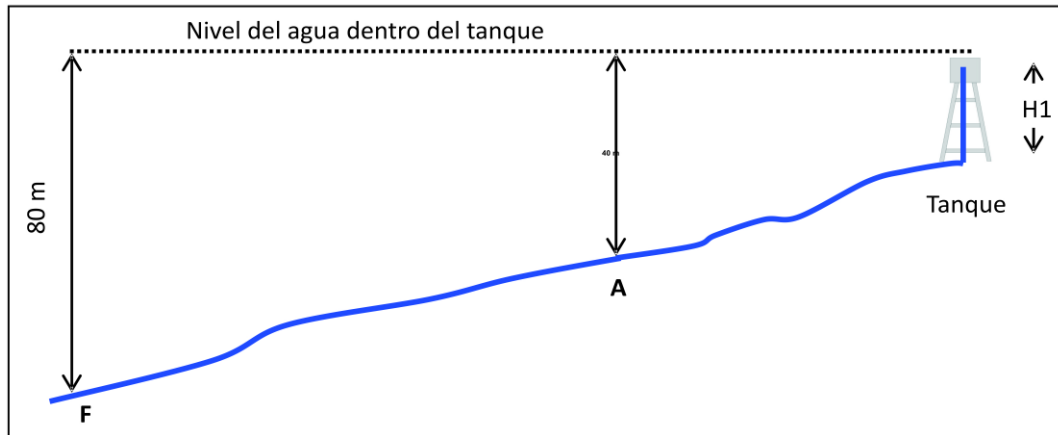


Figura 11. Esquema de una red de distribución con presión de servicio mayor a 60 mca.

Puede verse que la presión en punto A, es de 40 m.c.a., y en el punto F es de 80 m.c.a., porque el agua está presionando desde la altura correspondiente al nivel del agua dentro del tanque elevado, a lo largo de toda la tubería.

Qué pasa si cortamos la tubería el punto A, y colocamos allí un recipiente donde se descargue el agua proveniente del tanque elevado, y conectamos esa caja al resto de la tubería que va hasta el punto F, de manera que el agua solamente pase por la caja, tal como se muestra en el detalle de la figura 12.

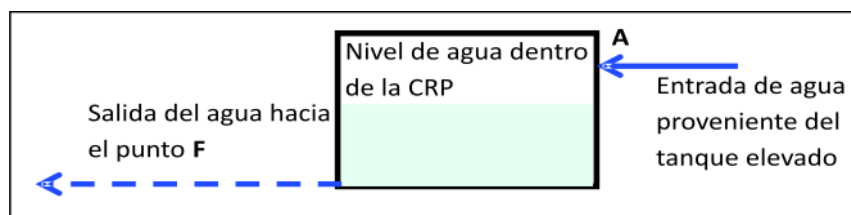


Figura 12. Esquema funcionamiento de una Caja Rompe Presión.

Entonces las presiones en la red, quedarán como se indica en la Figura 13.

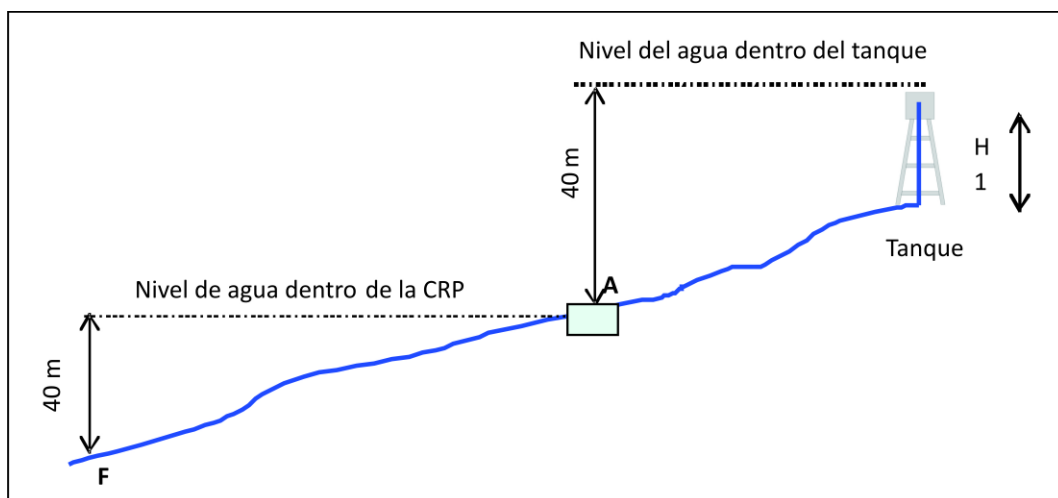


Figura 13. Esquema de una red de distribución

El punto **A**, seguirá recibiendo la presión de los 40 m.c.a., pero el punto **F** recibirá la presión que le transmite el nuevo nivel de agua que está dentro de la cámara, y que tiene solo 40 m de altura con relación a su posición. Este es el principio de funcionamiento de la CRP.

Todo este razonamiento es válido si la cantidad de agua que entra en la caja es igual al que sale de ella, por eso necesitamos un elemento que corte el ingreso de agua a la caja cuando se alcance un nivel máximo próximo al rebose (x), y que habilite nuevamente la entrada de agua cuando el nivel descende dentro de la caja, para evitar que ella se vacíe. Esto se logra mediante una válvula con flotador, tal como se indica en la Figura 14.

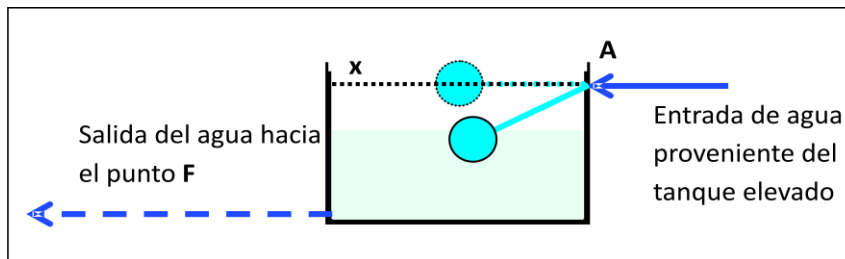


Figura 14. Esquema de una Caja Rompe Presión y Válvula con flotador

Veamos ahora que ocurre cuando existen viviendas en el área cercana a la CRP. (Figura 15).

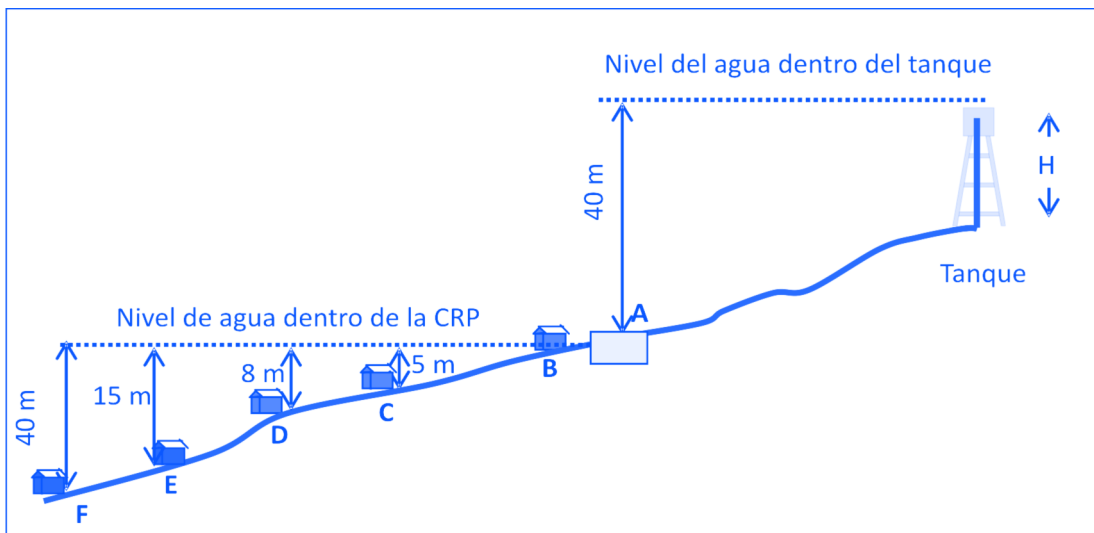


Figura 15. Esquema de presiones de servicio antes y después de una Caja Rompe Presión.

La presión mínima de servicio conforme a lo establecido por el ERSSAN, debe ser de 10 m.c.a. Podemos ver que si conectáramos las viviendas ubicadas en los puntos B, C y D, a la tubería que sale de la CRP, ellas no tendrían la presión mínima de servicio exigida, recién a partir del punto E, la presión es mayor de 10 m.c.a. Para solucionar este inconveniente es necesario derivar antes de la entrada a la CRP un tramo de tubería



auxiliar que permita alimentar a las viviendas mencionadas; así ellas tendrán las siguientes presiones.

**Punto B:** 40 m.c.a. **Punto C:** 45 m.c.a. **Punto D:** 48 m.c.a.

En la figura 16, se muestra un esquema para la conexión de la tubería auxiliar.

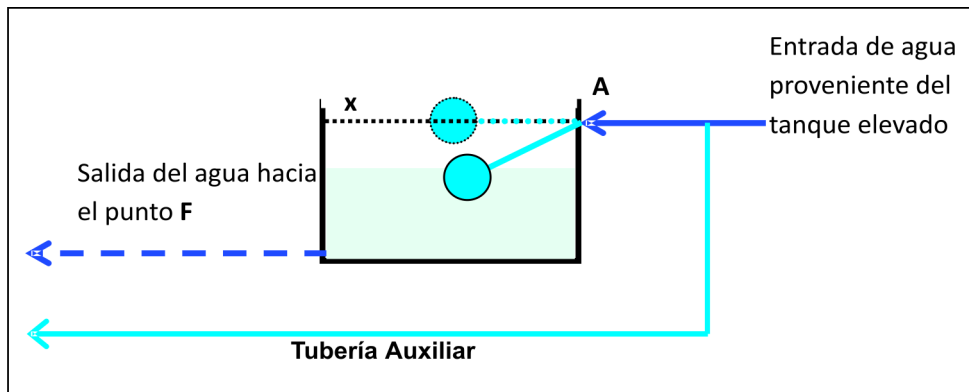


Figura 16. Esquema de conexión de la tubería auxiliar

Las siguientes fotografías se muestran algunos detalles de C.R.P.



Vista general de una C.R.P.



Válvula con flotador

### 2.1.8.1 Operación y mantenimiento de C.R.P.

Las tareas que requieren las C.R.P., para mantenerlas en buen estado y funcionamiento, son tan sencillas y elementales como:

- Verificar que las tapas cierren herméticamente, para evitar la entrada de insectos y polvo.
- Verificar que la válvula con flotador cierre correctamente; en caso de ser necesario se deberá cambiar el elemento de cierre.
- Realizar la limpieza y desinfección del interior de la C.R.P., por lo menos una vez al año.



## 3. AGUA SUBTERRÁNEA

### 3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

#### 3.1.1 SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA

Para poder comprender como funciona el pozo tubular profundo, que es el que capta el agua subterránea, primero debemos conocer cómo funciona el “recipiente” que la contiene, o sea el subsuelo.

El subsuelo fue formado durante millones de años mediante distintos procesos. Así, puede haber “recipientes” con distintas características; algunos de ellos pueden contener agua y otros no. Y de los que contienen agua, solo de algunos es fácil extraer dicha agua.

De acuerdo al proceso con que se creó el subsuelo, se tienen las distintas *formaciones geológicas*, que desde el punto de vista que nos interesa, los clasificaremos en:

- **Suelos Arcillosos**

Están formados por granos muy pequeños (arcillas) que tienen forma plana y alargada; la fuerza que une a estos granos o partículas es débil.

Los espacios que quedan entre las partículas se llaman *poros o napas*, y en estos espacios puede almacenarse el agua, pero como veremos más adelante, es muy difícil quitarles el líquido (explotarlos), porque la circulación (el movimiento) del agua entre los poros se hace muy difícil.

- **Suelos Arenosos**

Sus partículas son de mayor tamaño que de las arcillas y tienen forma redondeada y la fuerza que une a los granos generalmente es muy débil, salvo el caso de la famosa arenisca que veremos más adelante; estos suelos pueden contener agua en sus poros y el agua puede circular entre ellos, por eso puede ser extraída con facilidad.

- **Suelos Rocosos**

En estos casos la roca que compone el subsuelo es muy compacta (no tiene poros), por ejemplo el basalto “*itá jhu*”, o sea que, en este caso no puede contener agua. Pero puede ocurrir que esta roca durante su vida pudo haberse fracturado, entonces el agua puede ser almacenada y transmitida a través de estas fracturas (fallas o diaclasas).

Pero además existe otro tipo de roca, la famosa *ARENISCA* (*itá morotí, itá pytá*), que también es dura para excavar, pero ella está compuesta por granos redondeados (*cuarzo*) fuertemente unidos entre sí (*cementados*). Por la característica de sus granos esta roca puede contener agua y el agua puede circular por los poros.

Desde otro punto de vista que también nos interesa, estos tipos de suelos tienen propiedades muy diferentes entre sí; en particular estudiaremos las siguientes:

- **Capacidad de almacenamiento de agua**

La capacidad de almacenamiento del agua depende del volumen total de espacios que existen entre las partículas que forman la masa de suelo. Está demostrado que los suelos arcillosos tienen mayor capacidad de almacenamiento de agua que los suelos arenosos.

- **Permeabilidad**

Es la mayor o menor facilidad para la circulación del agua dentro de la masa de suelo. Depende fundamentalmente del tamaño y la forma de las partículas que componen el suelo.

Los suelos granulares, son más permeables que los arcillosos.

Veamos en el siguiente ejemplo cómo funciona la permeabilidad para dos tipos distintos de suelos: uno arcilloso, y el otro arenoso.

Supongamos que los cubos de la figura 17, tienen  $1 \text{ m}^3$  cada uno, y que ambos tienen sus poros totalmente llenos de agua.

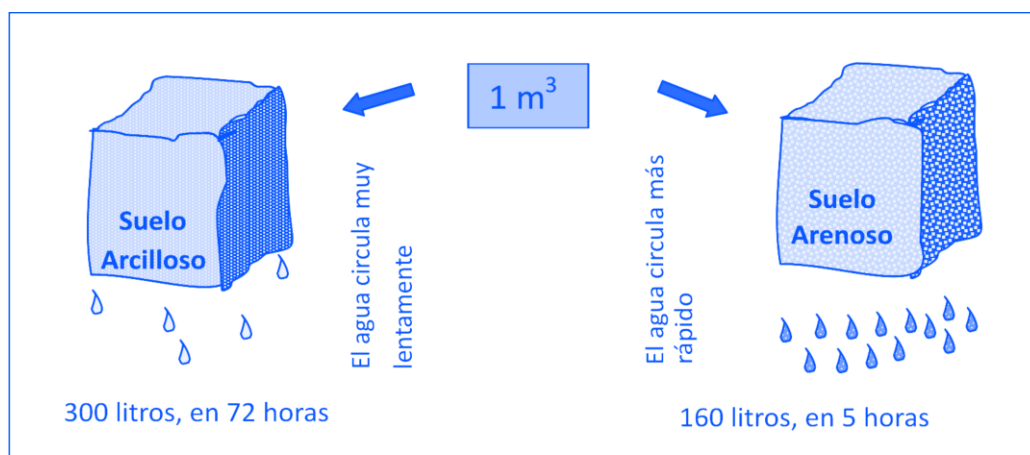


Figura 17. Esquema de ejemplo del proceso de permeabilidad

Si esperamos el tiempo necesario para que dejen escapar toda el agua que contienen en sus poros, podríamos tener el siguiente resultado:

**Suelo Arcilloso:**

Luego de 72 horas, el cubo largó toda el agua que tenía en los poros, y se juntaron 300 litros.

**Suelo Arenoso:**

El cubo de suelo arenoso, en solamente 5 horas largó toda el agua, pero solamente se recogieron 160 litros.

O sea que: *El suelo arcilloso contenía más agua, pero tardó mucho más tiempo en liberarla.*

Veamos un ejemplo para suelo arcilloso:

Suelo sin Agua

Suelo con Agua

Nivel freático

Supongamos un suelo que contiene agua en sus poros hasta un cierto nivel. Este nivel hasta donde se encuentra el agua en el suelo se llama *nivel freático*. En el dibujo de la derecha se muestra un esquema de esto.

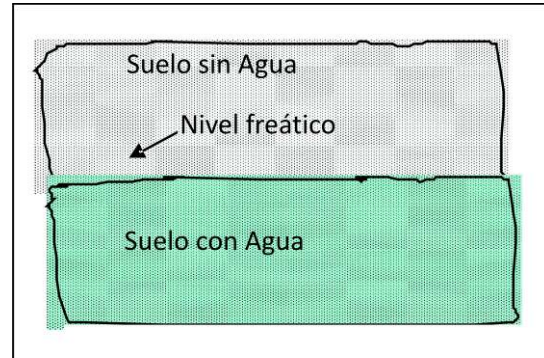


Figura 18. Suelo Arcilloso

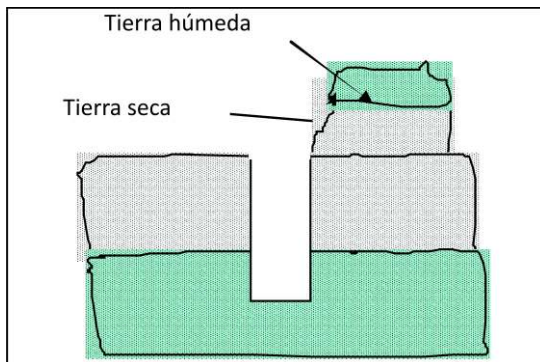


Figura 19. Excavación en suelo arcilloso.

Si ahora excavamos un pozo en este tipo de suelo, como se muestra en la figura de la izquierda, puede ocurrir lo siguiente:

Al inicio de la excavación veremos que el suelo que sale está seco, y cuando alcanzamos la profundidad donde está el nivel freático el suelo está húmedo, pero no se ve agua dentro del pozo, solamente veremos que en las paredes de la excavación, apenas salen unos hilos de agua.

Esto ocurre porque debido a la baja permeabilidad, el agua contenida en el suelo que sacamos de la excavación no puede escurrir rápidamente, y entonces sale de la excavación como parte del suelo excavado.

El agua que está próxima a las paredes de la excavación necesita un cierto tiempo para escurrir hacia el interior del pozo, los hilos de agua van haciendo crecer el nivel dentro de él y así de a poco lo va llenando y luego de un cierto tiempo el nivel del agua dentro de pozo es igual al nivel freático. (Ver figura de la derecha)

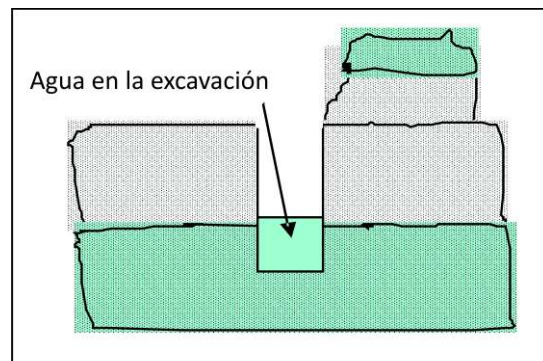


Figura 20. Nivel Freático en suelo arcilloso

- **¿Qué pasa si sacamos toda el agua que está dentro del pozo ("secamos el pozo")**

Veremos que luego de un cierto tiempo, el agua volverá nuevamente a llenar el pozo hasta la altura del nivel freático.

### - ¿Qué sucede si hacemos nuestra excavación en un suelo arenoso?

Si hago el mismo tipo de perforación en un suelo arenoso, el agua alcanzará el nivel freático dentro de la excavación prácticamente inmediatamente.

Si bombeo toda el agua que hay dentro del pozo, veremos que enseguida ella alcanzará su nivel nuevamente.

Esto ocurre porque la permeabilidad en este tipo de suelo es alta, y el agua escurre rápidamente hacia la excavación.

### - ¿Y si la excavación es en un suelo rocoso?

Las fracturas se comportan como tubos interconectados entre sí, y por allí circula el agua, entonces la mayor o menor facilidad de circulación del agua depende de la cantidad y tamaño de las fracturas.

## 3.2 POZOS TUBULARES PROFUNDOS

Por lo general la captación del agua subterránea en los sistemas de abastecimiento de agua en nuestro país, se realiza mediante pozos de profundidades entre 100 a 150 metros, en algunos casos inclusive más profundos.

Dependiendo de las características del suelo, si son desmoronables o si son estables, se construyen pozos con revestimiento los cuales llamamos *pozos entubados*; o sin revestimiento, que se conoce como *pozos a pared desnuda*.

### 3.2.1 POZOS REVESTIDOS O ENTUBADOS

El entubado, o encamisado del pozo, puede ser necesario por cualquiera de las siguientes causas.

- Que el suelo donde está excavado el pozo no es estable, es decir, que corre riesgo de desmoronarse, y este caso los tubos evitan el desmoronamiento.
- Que aunque el suelo sea estable, existen partículas muy pequeñas entre los poros que pueden ser arrastradas por la bomba, generando turbidez en el agua. En este caso el entubado nos permite realizar el filtrado del agua.

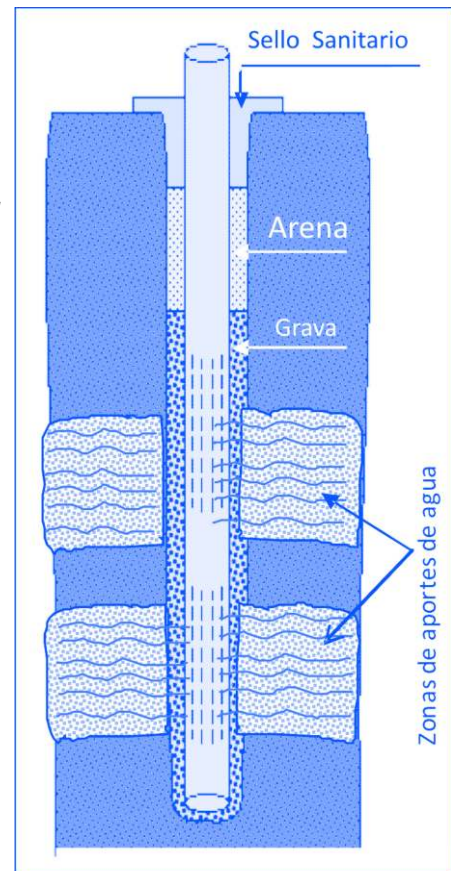


Figura 21. Esquema de Pozo Entubado

## - ¿Cómo son los tubos?

Los tubos que se emplean son especiales para ser utilizados como revestimiento de los pozos tubulares profundos y están fabricados en PVC.

Se utilizan dos tipos de tubos, y cada uno de ellos cumple distintas funciones.

- **Tubos Filtro**

Son tubos con ranuras que permiten que el agua del subsuelo pase y penetre dentro de los tubos. Estos tubos se ubican en las zonas del pozo donde están los aportes de agua.

- **Tubos Ciegos**

Son tubos del mismo material que los anteriores y se instalan en los tramos donde no existe aporte de agua, o también se colocan en el lugar donde se debe instalar la bomba, y sirven como *cámara de bombeo*.

La bomba siempre debe estar ubicada en el sector de los tubos ciegos

En este punto es importante realizar una recomendación: El lugar donde debe ser ubicada la bomba lo determina el especialista. También es importante saber que la bomba siempre debe estar ubicada en el sector de los tubos ciegos; no debe estar ubicada dentro de un tubo filtro, porque puede producir el arrastre del material fino que podría pasar por entre la grava e introducirse en los rotores, generando el atascamiento y frenado de los mismos, o el desgaste del eje, reduciendo así la vida útil de la bomba.

Igualmente tenga en cuenta la siguiente recomendación:

Si por algún motivo retira la bomba del pozo, nunca se debe cambiar su ubicación, salvo que un especialista acreditado así lo indique.

Por eso es muy importante que el documento correspondiente al diseño del entubado, o perfil del pozo, esté siempre disponible en la comunidad.

### 3.2.2 POZOS A PARED DESNUDA

Si el subsuelo donde está excavado el pozo es estable, y no existe peligro de desmoronamiento, el pozo solamente se reviste en el tramo superior, donde el material es inestable, y el resto queda a pared desnuda.

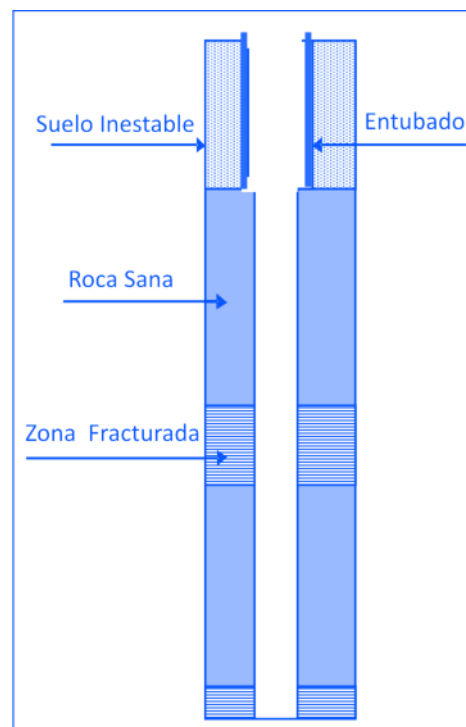


Figura 22. Esquema de Pozo a Pared Desnuda



### - ¿Cómo se Realiza la Limpieza del Pozo?

Luego de finalizado el entubado del pozo, se debe realizar lo que se llama la limpieza y desarrollo del pozo. Este trabajo consiste en inyectar aire con el compresor dentro del pozo, a distintas profundidades; el aire inyectado penetra entre las aberturas de los tubos filtros y remueve el material fino que quedó atrapado durante el proceso de engravado; además produce un efecto de bombeo, obligando al agua a salir por la boca del pozo.

Inicialmente el agua sale turbia como resultado del arrastre del material fino, pero transcurrido un cierto tiempo (normalmente, puede variar entre 8 y 12 horas) el agua debe salir totalmente limpia.

Es fundamental controlar que esta operación se realice hasta lograr que el agua salga totalmente cristalina.

### 3.3 ¿CÓMO FUNCIONA NUESTRO POZO?

A los efectos de hacer más sencilla la explicación, supondremos que el acuífero donde está construido nuestro pozo se trata de un acuífero libre, o sea que la superficie del agua está a la presión atmosférica, y que la formación es arenosa

En la figura 23 vemos que antes de iniciar el bombeo el agua tiene un determinado nivel, que se llama *nivel freático*. Este nivel lógicamente, es el mismo fuera del pozo y dentro del pozo.

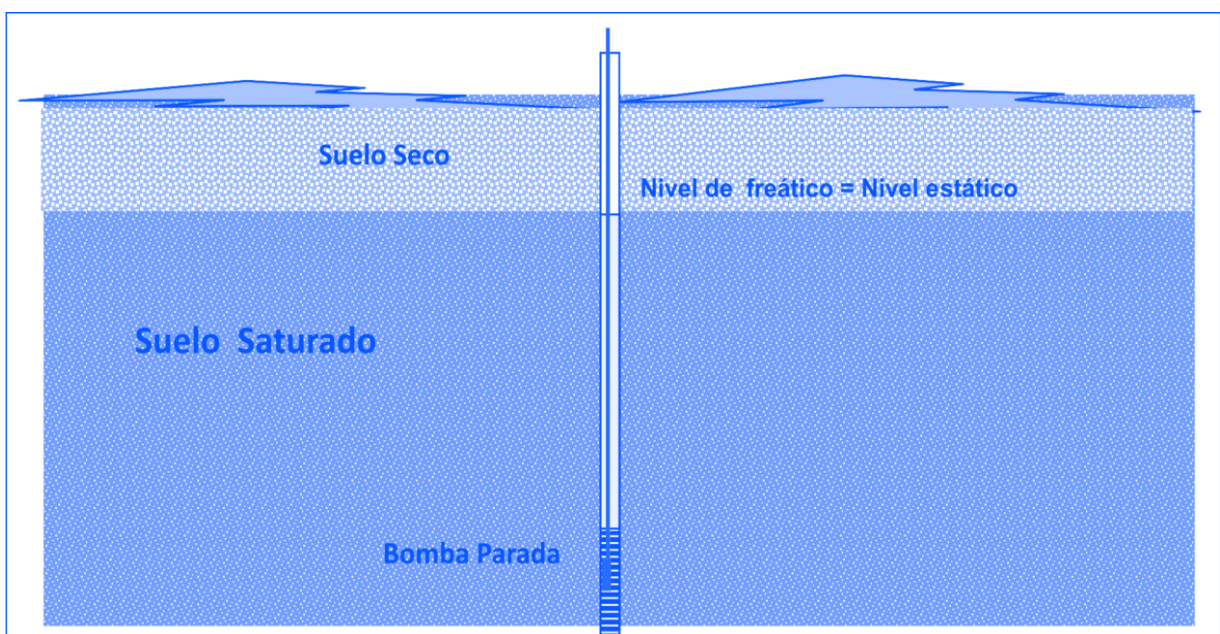


Figura 23. Nivel estático antes del bombeo

### - ¿Cómo se filtra el agua que ingresa al pozo?

Para evitar que las partículas finas que forman parte del suelo penetren dentro del pozo arrastradas por el agua, debe ser filtrada mediante una capa de grava que se coloca entre la pared del pozo y el entubado. Este proceso de colocar la grava dentro del pozo, se llama *engravado*.

El ingreso de las partículas finas al interior del entubado puede generar los siguientes inconvenientes:

- Turbidez del agua: Las partículas finas enturbian el agua, desmejorando la calidad de la misma.
- Daños a la bomba: Los sedimentos penetran dentro de la bomba y pueden trancarla, o producir el rápido desgaste de los elementos móviles de la misma (eje y rotores).

### - ¿Qué pasa cuando la bomba comienza a sacar un determinado caudal del pozo?

Cuando se extrae el agua del interior del pozo el nivel dentro de éste (*Nivel Dinámico*), comienza a bajar más rápidamente que nivel del agua que está fuera del pozo, en los poros del suelo a su alrededor, generando una diferencia de altura "H" entre el nivel estático y el nivel dinámico.

En estas condiciones, cuando el agua empieza a correr hacia el pozo la superficie del nivel dinámico, que inicialmente era plana y horizontal, adopta la forma de un embudo, teniendo su punto más bajo en el pozo.

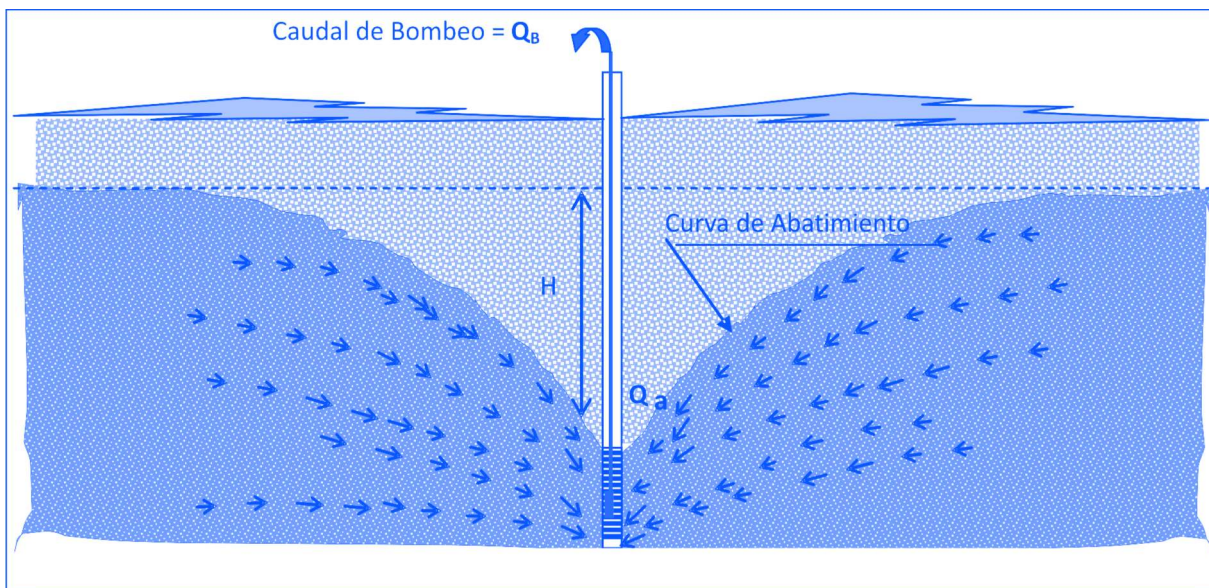


Figura 24. Nivel dinámico después del bombeo

Entonces, cuando el agua dentro del pozo desciende, el agua que está en los poros del suelo alrededor del pozo, comienza a correr hacia el interior del pozo empujada por esta diferencia de altura “H”. Como habíamos visto antes, a esta diferencia de niveles le llamamos *carga hidráulica*.

- **¿De qué depende el caudal que ingresa al pozo ( $Q_a$ )?**

Respuesta:

1. Depende de las condiciones naturales del subsuelo que permitan una mayor o menor facilidad con que el agua pueda desplazarse entre las partículas del mismo; también depende de la buena construcción del pozo, por ejemplo, la cantidad y la correcta ubicación de los tubos filtros.

Es fácil ver que estos factores no pueden modificarse durante el proceso de bombeo.

2. Existe otro factor, que puede variar durante el proceso de bombeo, y es el que permite que el caudal de aporte  $Q_a$  pueda ir aumentando; este factor es la carga hidráulica “H”. Debemos recordar que cuando mayor es la carga hidráulica, mayor es el caudal que circula.

Para comprender como funciona el pozo, supongamos que introducimos una bomba dentro del pozo, y que vamos aumentando lentamente su caudal de bombeo  $Q_b$ , desde un valor mínimo hasta un valor máximo.

Supongamos que comenzamos a bombear con un caudal mínimo, de manera que las condiciones del subsuelo y los filtros permitan que el caudal de aporte  $Q_a$  sea mayor o igual al caudal  $Q_b$ . En este caso apenas se generará un desnivel mínimo  $H$  que permitirá que el agua circule desde el exterior del pozo hacia su interior; este desnivel mínimo se mantendrá constante mientras que el  $Q_b$  sea menor o igual al  $Q_a$ .

- **Ahora, aumento poco a poco el Caudal de la Bomba. ¿Qué ocurrirá?**

Respuesta:

Si aumentamos  $Q_b$  de manera que el caudal que le sacamos al pozo sea mayor que el aporte, entonces comenzará a aumentar  $H$ .

- **¿Qué pasará entonces con el caudal de aporte  $Q_a$ ?**

Respuesta:

Como mencionamos anteriormente, al aumentar la carga hidráulica  $H$  el agua es “empujada” con más fuerza, entonces aumentará el caudal de aporte.

- ¿Podrá aumentar indefinidamente el Caudal de Aporte?

Respuesta:

Habíamos visto en nuestro ejemplo de la manguera, que ésta tenía una cierta capacidad que permitía el paso de un cierto caudal máximo y que, por más que aumentemos la carga hidráulica, ese caudal se mantendrá constante. En el suelo ocurre lo mismo, existe un caudal máximo que las condiciones del suelo permiten circular, lo llamamos *máximo caudal de aporte*; y si el caudal de bombeo es mayor que él, el nivel dentro del pozo seguirá bajando hasta que llegará al fondo del pozo o hasta la bomba; entonces se suele decir que el pozo se secó.

Aquí es importante aclarar que si bien el agua que estaba dentro del pozo se terminó, en el exterior hay agua que está tratando de llegar al pozo, y si detenemos el bombeo veremos que el nivel dentro del pozo, es decir el nivel dinámico, comienza a subir hasta que transcurrido un determinado tiempo alcanza nuevamente el nivel estático que tenía originalmente. Este tiempo en la prueba de bombeo se llama *tiempo de recuperación*.

Si reiniciáramos el proceso de bombeo, tantas veces como quisiéramos, este mismo proceso se repetiría.

- ¿Cómo podemos determinar cuál es el máximo caudal que puede aportar nuestro pozo?

Ya sabemos que el caudal de aporte depende de la carga hidráulica  $H$ , o sea del nivel dinámico, entonces debemos averiguar hasta que profundidad podemos permitir que descienda el nivel dinámico. Antes que nada, debemos considerar el diseño del entubado.

Esto depende de los siguientes factores:

- **Ubicación del primer tramo de filtros.** Porque el nivel dinámico no debe descender por debajo de donde comienza el primer filtro. Existe alguna excepción, pero ella debe ser determinada por el especialista.
- **Ubicación de la Bomba.** Porque, para que la bomba pueda funcionar correctamente, el nivel de agua por encima de ella no debe ser menor que 5 metros (sumergencia de la bomba).

Una vez determinada esta profundidad, que se llama *Mínimo Nivel Dinámico de Operación*, iniciamos la siguiente etapa, el bombeo.

Iniciamos el bombeo con la máxima capacidad de bombeo de la bomba. El nivel dinámico comenzará a descender, y pueden ocurrir dos cosas:

1. Que el nivel dinámico se estabilice antes de llegar al Máximo Nivel Dinámico de Operación. Esto quiere decir que el caudal de aporte del pozo es mayor que el que está sacando la bomba.

2. O puede ocurrir que el nivel dinámico está muy próximo a llegar al Máximo Nivel Dinámico de Operación. Entonces, en ese momento debemos ir disminuyendo el valor de caudal de bombeo, y veremos que la velocidad de descenso del nivel dinámico comienza a disminuir hasta que llegará un momento en que se mantendrá en un mismo nivel, y próximo al Máximo Nivel Dinámico de Operación. Esto quiere decir que el caudal que se está sacando del pozo es igual al caudal de aporte. Entonces ese caudal de bombeo representa el máximo caudal que nuestro pozo puede aportar.

### MUY IMPORTANTE:

A veces el agua que le estamos sacando al pozo, no alcanza para satisfacer las necesidades de la comunidad, entonces algunos vendedores de bombas dicen:

*“Lo que pasa es que tu bomba es chica, tenemos que colocarle otra más grande”*

### CUIDADO!

Debemos saber primero, si el pozo va a soportar que le saquen un caudal mayor.

No se debe aumentar la potencia, o cambiar el modelo de la bomba sin haber consultado a un profesional confiable que pueda recomendar cual es el equipo adecuado.

#### - ¿En qué consiste la prueba de bombeo?

Antes de responder esta pregunta es preciso aclarar que, tal como se indico al inicio de esta cartilla, los detalles técnicos del procedimiento y la interpretación de los datos registrados durante la prueba de bombeo, están fuera del alcance del presente trabajo, pero daremos algunos conceptos que nos servirán para realizar, en caso de ser necesario, el control de nuestro pozo profundo y la verificación del funcionamiento de la electrobomba de nuestra comunidad.

Dicho esto, la respuesta a la pregunta sería:

Consiste en bombear agua desde el interior del pozo, con un caudal igual al valor del caudal de proyecto. El tiempo que debe durar la prueba de bombeo es de 24 horas seguidas

#### - ¿Para qué sirve la prueba de bombeo?

Respuesta:

Para averiguar los siguientes datos que son fundamentales para asegurar el buen funcionamiento del sistema de agua potable de la Comunidad.

1. Verificar si el caudal que puede aportar el pozo es suficiente para satisfacer la demanda de agua del proyecto.

2. Determinar el nivel dinámico del pozo, para poder calcular la potencia que debe tener la bomba.
3. Determinar el tiempo de recuperación del pozo
4. Establecer a que profundidad se debe ubicar el equipo de bombeo que proveerá de agua a nuestro sistema.
5. Comprobar cuales son las profundidades adecuadas para la instalación de los sensores de nivel.

- **¿Cómo se realiza la prueba de bombeo?**

Medición del Nivel Estático

Una vez instalada la electrobomba en el interior del pozo y a la profundidad adecuada, antes de ponerla en marcha se mide el nivel estático del pozo, mediante una cinta métrica especial.

- **¿Qué capacidad de bombeo debe tener la bomba?**

El caudal con que debe realizarse la prueba de bombeo está establecido en el proyecto del sistema.

- **¿Cómo se calcula el caudal?**

Normalmente los profesionales utilizan un artefacto llamado *caudalímetro*, pero en estos proyectos podemos emplear un método más sencillo y empleando los elementos que tenemos en la comunidad.

El procedimiento es el siguiente: se coloca un recipiente cuyo volumen es conocido, un balde por ejemplo, debajo del chorro de agua que sale del pozo, y con cronómetro o reloj que pueda medir el tiempo en segundos, se mide en cuanto tiempo se llena el balde. Para calcular el caudal se debe emplear la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal (en Litros/hora)} = 3.600 \times \text{Volumen} / T$$

Volumen: es la capacidad del recipiente que se utiliza, medida en litros

T: es el tiempo que tarda en llenarse el recipiente, medido en segundos.

Supongamos que se utiliza un balde de 20 litros, y tardo 10 segundos en llenarse, entonces nuestro cálculo en este caso sería:

$$\text{Caudal} = 3.600 \times 20 / 10 =$$

$$\text{Caudal} = 72.000 / 10$$

$$\text{Caudal} = 7.200 \text{ litros/hora}$$

Para facilitar el cálculo del caudal, se puede utilizar la siguiente tabla donde en la fila de abajo se indican los valores de los caudales en litros/hora para distintos tiempos de llenado de un balde de 20 litros, medidos en segundos.

Cuidado, esta tabla sirve solamente si se utiliza un balde de 20 litros para medir el volumen.

Tiempos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Caudales	12.000	10.286	9.000	8.000	7.200	6.545	6.000	5.538	5.143	4.800	4.500
Tiempos	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Caudales	4.235	4.000	3.789	3.600	3.429	3.273	3.130	3.000	2.880	2.769	2.667

Tabla 1. Caudal VS Tiempo de medición, con un balde de 20 litros

Si el tiempo transcurrido para llenar el balde de 20 litros, fue **10** segundos, el caudal es **7.200** litros por hora.

Ejemplo 2

Si el balde de 20 litros se llena en **15** segundos, el caudal es de **4.800** lts/h

Y así, esta tabla puede utilizarse para calcular caudales desde 12.000 lts/h, hasta 2.667 lts/h

- [¿Cómo se mide el nivel dinámico?](#)

Se pone en marcha la bomba y se anotan las profundidades que va alcanzando el nivel dinámico a medida que transcurre el tiempo. Estos tiempos están indicados en la planilla de la prueba de bombeo correspondiente. Las mediciones se realizan durante las 48 horas que dura la prueba de bombeo.

- [¿Cómo se determina el tiempo de recuperación del pozo?](#)

Cuando se cumplen las 48 horas de bombeo se desconecta la bomba y el nivel dinámico comienza a subir, entonces se van midiendo las profundidades cada cierto tiempo. Estos tiempos también están indicados en la planilla de la prueba de bombeo.

Las mediciones finalizan cuando el nivel dinámico alcanza el 90 % de recuperación.

## 4. TABLERO DE MANDO

Este trabajo pretende solamente brindar las informaciones básicas para que el operador del sistema pueda:

- Identificar los elementos básicos del tablero de mando.
- Reconocer si alguno de ellos ha sido accionado, y tener así una idea de las posibles causas que dieron lugar al accionamiento de la protección. No siempre podrá dar un diagnóstico exacto del problema.

El objetivo principal es que pueda realizar trabajos de mantenimiento preventivo y en caso de fallas pueda solicitar ayuda al técnico responsable indicando los síntomas que se presentan.

De ninguna manera pretende formar a un técnico electricista, ni capacitarlo para realizar cambios de elementos del tablero, menos aún manipular elementos o partes del tablero que estén energizadas.

Para lograr mayor comprensión de los lectores no habituados a los términos técnicos, los temas son tratados aquí, de manera conceptual y no técnica, incluyendo términos totalmente fuera de lo académico.

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DE MANDOS

Básicamente las funciones del tablero de mandos son dos:

- Permitir la conexión y desconexión del motor eléctrico a la red de energía eléctrica.
- Proteger al motor ante la ocurrencia de distintos eventos que pudieran dañarlo (sobretensiones, subtensiones, bombeo en vacío, etc.)

Estas acciones son realizadas por los distintos elementos que componen el tablero de comandos, los cuales se instalan y conexionan entre sí dentro de una caja que puede ser de metal o de PVC, la cual cumple la función de proteger a estos elementos de las agresiones de la humedad, insectos, etc.

Podemos clasificar a los componentes del tablero en: Elementos de mando, Elementos de protección y Elementos de medición.



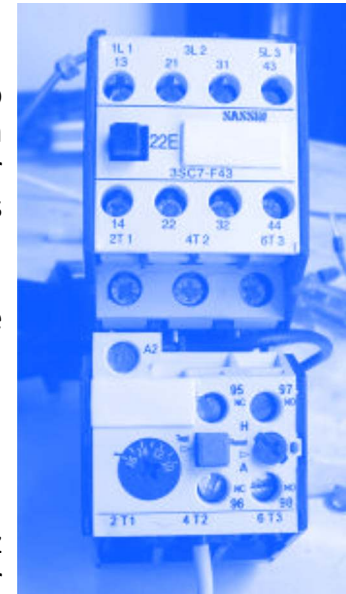
### 4.1.1 ELEMENTOS DE MANDO

Son dispositivos que permiten la conexión y desconexión del motor, entre los principales tenemos.

#### CONTACTORES

El principio de funcionamiento de estos elementos está basado en el magnetismo, y utilizando la fuerza magnética pueden mover ciertas piezas para conectar dos terminales y permitir así el paso de la corriente; o pueden desconectar esos puntos impidiendo el paso de la corriente.

La fotografía muestra un típico modelo de Contactor (parte superior de la fotografía) y en la parte inferior de la misma puede verse un relé térmico.



#### CAPACITORES

Básicamente un capacitor o condensador es un elemento capaz de almacenar energía eléctrica y tenerla a disposición para ser entregada en el momento que se la necesite.



Si conectamos los terminales de un condensador a la línea de energía de 220 voltios, el se cargará, absorbiendo una cantidad de energía acorde con su capacidad, también llamada capacitancia, que en nuestro caso se mide en microfaradios.

Si ponemos en contacto ambos terminales del condensador veremos que se produce un chispazo y una pequeña explosión, esto es porque el condensador descargó la energía que tenía almacenada.

Para poder comprender cuál es la función del capacitor es necesario conocer funciona un motor eléctrico.

#### - ¿Cómo funciona el motor eléctrico monofásico?

El motor tiene una bobina (bobina de trabajo) que cuando circula corriente por ella, genera un campo magnético que es el que produce la fuerza que hace girar al motor; pero ocurre que la corriente que circula no es constante pues varía su intensidad y sentido 50 veces en un segundo, esto hace que el motor no sepa para que lado girar. Lo podemos comprobar si quitamos el condensador a un motor monofásico y lo conectamos a la red eléctrica y lo prendemos; veremos que se produce un zumbido, pero el motor no gira, pero si le ayudamos con la mano a iniciar el movimiento, el continuará girando hasta que lo desconectemos nuevamente.

## - ¿Qué pasaría si no le diéramos esa ayuda?

Aumentaría el consumo, la intensidad, aumentaría su temperatura y luego terminaría quemándose.

El condensador es el que genera esa ayuda para que el motor inicie el giro hacia el sentido deseado.

En los motores monofásicos de más de 2 HP, la fuerza que debe hacer el motor en el instante del arranque es muy grande, por lo tanto necesitan una fuerza adicional que les ayude a tomar impulso; esta fuerza es generada por otra bobina, llamada bobina de arranque, que es independiente de la bobina de trabajo y solamente funciona durante unos pocos segundos en el momento en que se inicia el movimiento, y luego, cuando el motor toma velocidad, la bobina debe desconectarse, pues sino la bobina de arranque se recalienta y se quema.

Esta bobina de arranque es mucho mas chica que la bobina de marcha y por lo tanto el condensador de arranque también es de menor capacidad que el de trabajo.

Vemos que en los motores de potencias mayores a dos HP, tienen dos condensadores: El condensador de Arranque, y el Condensador de Trabajo.

Ahora bien, debe existir un mecanismo de control que permita la conexión y desconexión de la bobina de arranque; y ese es el relé voltímetro.

### RELÉ VOLTÍMETRICO

Este elemento es utilizado para conectar y desconectar la bobina de arranque; tiene el mismo principio de funcionamiento que el Contactor, pero es mucho más pequeño; su principio de funcionamiento es el siguiente.

Recordemos, el motor no tiene la fuerza suficiente para iniciar el giro por sí mismo, se produce un aumento del consumo de la corriente y cuando ella alcanza un valor predeterminado, la bobina genera un campo magnético que hace pegar los contactos; luego, cuando el motor adquirió velocidad, disminuye la corriente, el campo magnético desaparece y se despegan los contactos.

#### 4.1.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

La función de estos elementos es dejar fuera de servicio al motor, cortando la corriente, ante la ocurrencia de algún evento que pudiera dañarlo. Como principales elementos de protección tenemos:

##### FUSIBLES

Son elementos conectados en serie con las fases del circuito. Su operación consiste en la fundición de un elemento conductor de pequeña sección que, debido su alta resistencia, sufre un



calentamiento mayor que los demás conductores; así al producirse la fundición del elemento se interrumpe la circulación de corriente.

Los fusibles proporcionan una mejor protección contra las corrientes de corto circuito, pero son inadecuados como protección para sobrecargas, principalmente debido a que los calibres son padronizados (2, 4, 6, 10A) para pequeñas sobrecargas de 1 a 2 veces la corriente nominal, el tiempo de acción es muy largo pudiendo dañar el aislamiento del motor.

En la fotografía puede verse un modelo de porta fusibles del tipo “a cuchillas”. Este elemento usualmente está conectado a la entrada del tablero y es de gran utilidad para evitar los daños que generan las descargas atmosféricas (rayos).

El sistema de protección funciona de la siguiente manera: cuando el operador estira la manija, las cuchillas se abren y quedan separadas aproximadamente 10 cm entre sí, entonces no solamente se interrumpe la corriente, sino que, debido a esta importante separación, se evita también la “chispa” que podría producirse si la separación fuera pequeña como en el caso de las llaves térmicas.

Por eso siempre se recomienda a los operadores realizar esta maniobra de desconectar los fusibles cuando existe la posibilidad de tormentas eléctricas.

### Relé Térmico

Este elemento tiene una chapita que cuando hay un exceso de consumo de corriente, se calienta y se deforma abriendo el contacto, con lo cual se interrumpe el paso de la corriente. En la fotografía puede verse un tipo de relé comúnmente utilizado, y que va adosado al Contactor mediante las “patitas” que se pueden apreciar en la parte superior.



### Descargadores de Sobretensión

Estos elementos, cuando se produce una sobrecarga de tensión derivan la corriente a tierra, evitando que ella dañe los componentes del sistema. Este tipo de protección es muy efectiva, pero tienen el inconveniente de que “se queman” cuando reciben una descarga y en las comunidades aisladas resulta difícil realizar la reposición, debido a esto no se recomienda su utilización.

### Guarda Nivel

Este elemento de protección es para evitar que la bomba trabaje en seco, o sea para garantizar que la bomba funcione solamente si encima de ella hay la altura mínima de agua indicada por el fabricante, la que se conoce como sugerencia mínima.



En la fotografía se muestra un modelo común de guarda nivel.

El principio de accionamiento de este dispositivo, también es mediante una bobina que genera un campo magnético cuando recibe corriente, y se desconecta cuando cesa el paso de la corriente. Este elemento se ubica dentro del gabinete del tablero, el mecanismo que comanda el cierre o apertura del circuito está compuesto por tres electrodos ubicados dentro del pozo tubular profundo.

En el guarda nivel existen dos contactos y ambos permanecen cerrados hasta que el nivel dinámico descienda por debajo de la SS; en ese instante se abre uno de los contactos, pero el otro permanece cerrado; cuando el nivel dinámico desciende por debajo de la sonda inferior, se abre el segundo contacto y desactiva al Contactor, produciéndose el corte de energía.

El relé permanece con los contactos abiertos hasta que el nivel dinámico alcance a la sonda superior nuevamente

En la figura 25, se indica el esquema de funcionamiento, siendo:

ND: Nivel dinámico  
SI: Sonda inferior

SS: Sonda superior  
SR: Sonda de Referencia

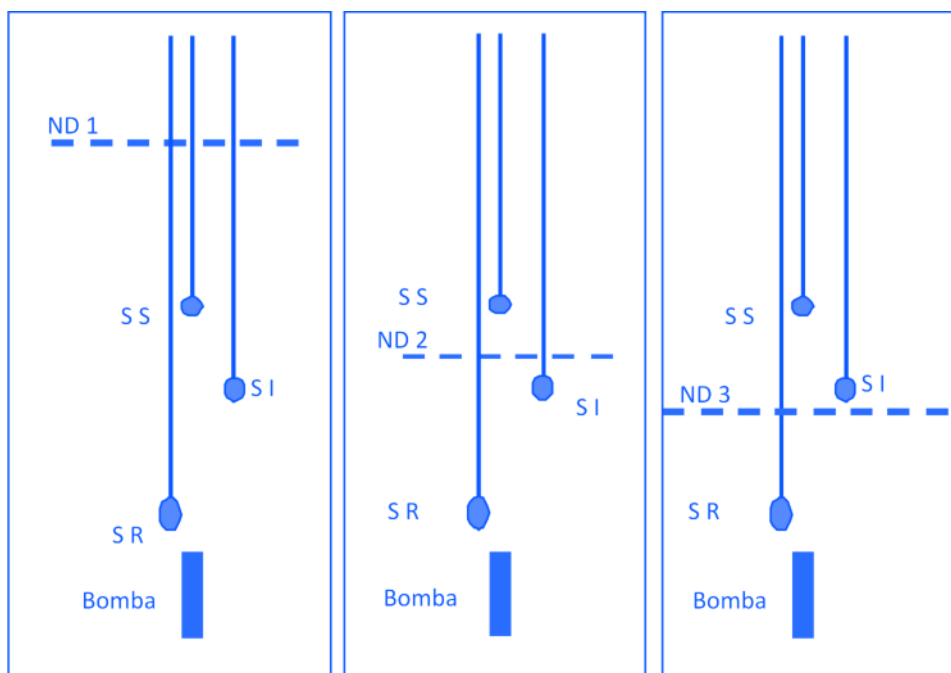


Figura 25. Nivel dinámico después del bombeo

### Relé falta de Fase

Dispositivo utilizado en caso de motores trifásicos. Detecta la ausencia de alguna de las fases cortando inmediatamente la corriente para evitar daños del motor.

Arranque compensado Y-D

Para motores con potencias mayores a 5 HP. Como estos requieren de gran intensidad al momento del arranque, con este dispositivo el arranque se realiza en 3 etapas de salida al 60%, al 80% y al 100 %.

### 4.1.3 ELEMENTOS DE MEDICIÓN

Seguidamente se mencionan algunos de los elementos de uso común en los tableros.

#### Voltímetro

Mide la diferencia de potencial entre la fase y el neutro (voltios); el valor normal para motores monofásicos es de 220 V. En el caso de motores trifásicos la diferencia de potencial es 380 V, entre fases.



#### Amperímetro

Mide la corriente en amperes. Da una referencia de la corriente que fluye a través del motor, los valores normales dependen de la potencia de cada motor.

#### Horómetro

Este instrumento marca las horas de funcionamiento del motor.



#### ¿Cómo se realiza la lectura?

En la foto, pueden apreciarse los siguientes números 00206 que están ubicados antes de la coma, ellos indican las horas y los números 5 y 3, que están ubicados después de la coma, indican los minutos.

En este caso el horómetro está indicando que el equipo ha funcionado doscientas seis horas y cincuenta y tres minutos.

Además de estos dispositivos de medición, en la tapa del tablero se instalan normalmente luces indicadoras.

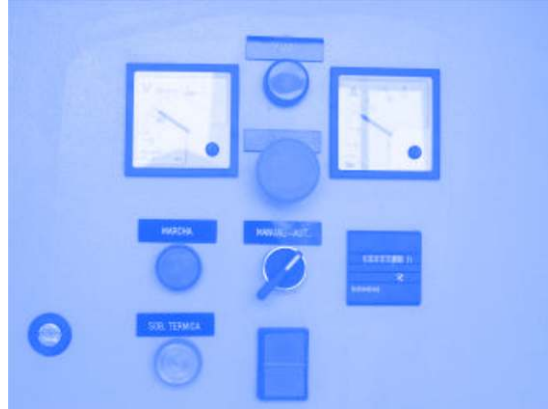
En la fotografía puede verse la tapa de un tablero tipo utilizado normalmente en los sistemas rurales. Allí pueden apreciarse los distintos instrumentos de medición.

En el caso de la fotografía se tiene:

Luz Roja: Indica que llega corriente al tablero.

Luz Verde: Indica que la bomba está funcionando normalmente.

Luz Amarilla: Indica que hubo una sobrecarga térmica, y que la protección ha operado (relé térmico)



Así podemos tener los siguientes casos:

Luz roja apagada.

No llega corriente al tablero, por lo tanto todas las otras luces deberían estar apagadas, podría ser que no haya energía eléctrica en la línea.

Luz roja encendida.

Luz verde apagada.

Luz amarilla apagada.

Esto indica que hay corriente, que la bomba no está funcionando, pero que no existe falla.

Luz roja encendida

Luz verde encendida

Luz amarilla apagada

Indica que la bomba está funcionando normalmente.

Luz roja encendida

Luz verde apagada.

Luz amarilla encendida

Indica que operó la protección térmica, por lo que la bomba fue desconectada por la protección.

## 4.2 TRABAJOS DE RUTINA QUE DEBE REALIZAR EL OPERADOR

Como servicio, y como fuente de fuerza, la electricidad está a nuestra disposición en forma conveniente, solo necesitamos cerrar un interruptor o apretar un botón, y los

electrones fluyen suministrando energía que produce iluminación o que hace funcionar motores y otros aparatos.

Estamos acostumbrados a considerar esa fuente de fuerza como algo natural, sin tener en cuenta que es potencialmente peligrosa si no se usa con las debidas precauciones. Por tanto es conveniente hacer algunas sugerencias sobre la manera de usar la electricidad sin peligro para la vida humana y animal.

#### 4.2.1 RECOMENDACIONES PARA USAR SIN PELIGRO LA ELECTRICIDAD

- Recuerde que una corriente de 220 v puede producir un choque mortal o causar severas quemaduras.
- No opere el tablero eléctrico con las manos húmedas o los pies descalzos. Tampoco lo haga cuando el piso este mojado.
- Considere que todo circuito eléctrico tiene corriente hasta que se compruebe lo contrario.
- Nunca toque ningún alambre de un circuito sin antes asegurarse de que los interruptores principales están cerrados.
- Este seguro hasta que nivel de dificultades usted puede responder sin poner en riesgo su vida y los equipamientos a su cargo.

**Una corriente de 220 v puede producir un choque mortal o causar severas quemaduras.**

**No opere el tablero eléctrico con las manos húmedas o los pies descalzos. Tampoco lo haga cuando el piso este mojado.**

#### 4.2.2 PROCEDIMIENTOS PARA CASOS DE URGENCIA

- Interrumpir la corriente inmediatamente.
- Si la víctima de un choque eléctrico no respira, aplíquese inmediatamente respiración artificial y mantener caliente a la víctima.

#### 4.2.3 MANTENIMIENTO DEL TABLERO

Se deben revisar y efectuar los siguientes trabajos en forma periódica

- Contactores

Se deben revisar y limpiar periódicamente los platinos de los contactores, estos suelen presentar carbonilla (ennegrecimiento), debido al chispeo producido al accionarse.

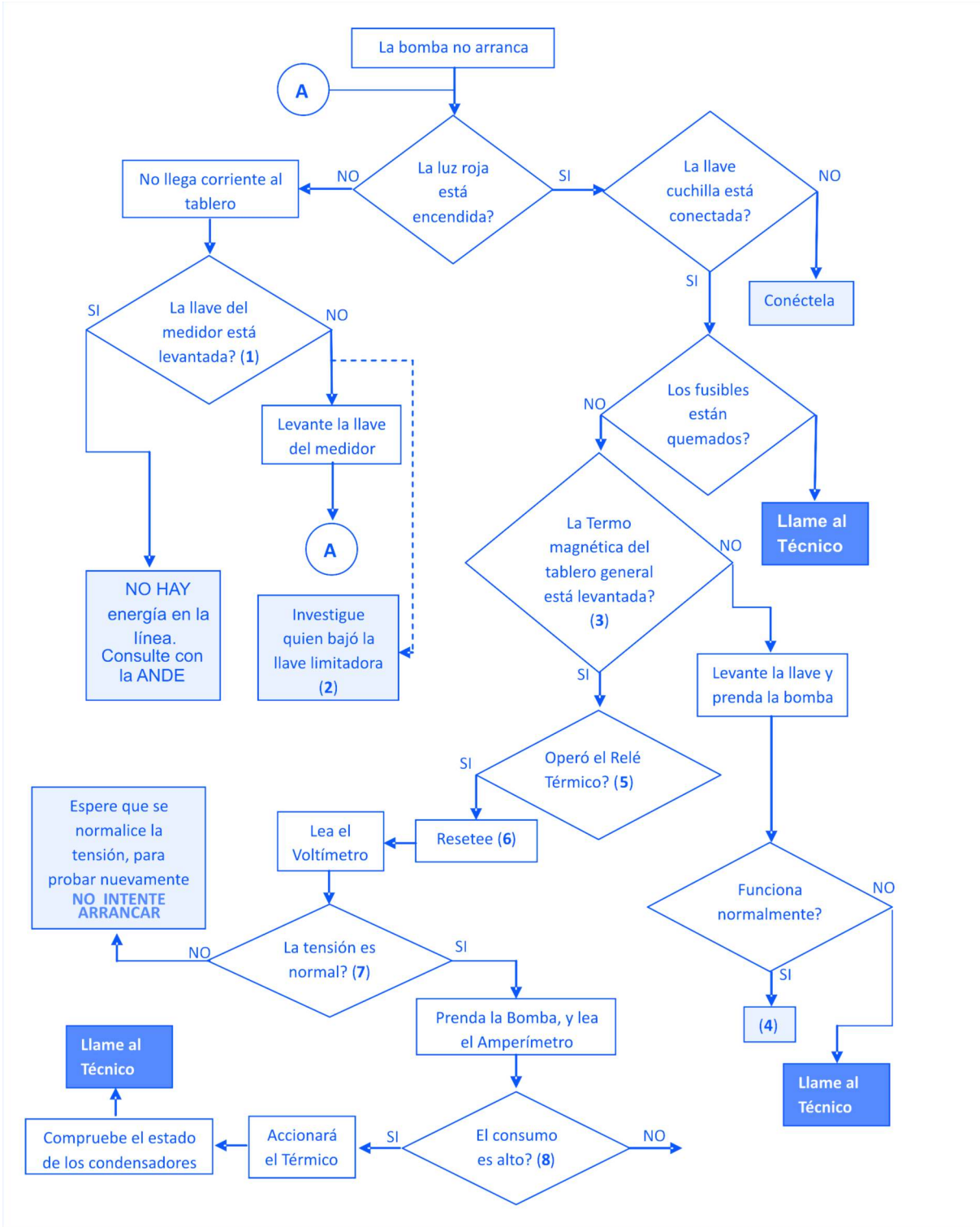
- Borneras

Uno de los principales motivos de recalentamiento de los conductores es debido al falso contacto que se produce en los bornes por no encontrarse estos bien ajustados; es por

eso que se recomienda un ajuste periódico de bornes tanto en llaves como en contactores.

En caso de encontrar cables sulfatados, se deberá proceder a reemplazarlos, o si existe la posibilidad de cortar la punta sulfatada, debe eliminarse este tramo.

A continuación se incluye un flujo grama u orden a seguir para diagnosticar posibles fallas en el funcionamiento de la bomba.





## Observaciones:

- (1) Se refiere a la llave limitadora que está en la caja del medidor.
- (2) Ocurre en muy raras excepciones que algún bromista baje la llave limitadora
- (3) Se refiere a la termomagnética del tablero principal ubicado dentro de la caseta.
- (4) Pudo haber ocurrido que alguien bajó la llave, para hacer tareas de mantenimiento.
- (5) Si operó el relé, la luz amarilla debería estar encendida, por otra parte, el botoncito rojo del relé térmico estará sobresaliendo. En condiciones normales de funcionamiento, el botoncito rojo está oprimido.
- (6) Para resetear, presione el botón negro.
- (7) Tensión normal, se refiere a un valor mayor a 200 V. Si la tensión está baja, el motor intenta arrancar, pero la corriente se eleva por encima del valor de la protección, entonces se dispara el relé.
- (8) Cada motor tiene un valor de corriente la corriente nominal (Valor de la intensidad durante la marcha), cuando este valor es mayor que el normal, es porque existe alguno de los siguientes problemas:
  - a) Falla alguno de los condensadores.
  - b) El bobinado del motor perdió aislación.
  - c) La bomba comenzó a trabarse y frena al motor.

**Considere que todo circuito eléctrico tiene corriente.**

**Nunca toque ningún alambre de un circuito sin antes asegurarse de que los interruptores principales están cerrados.**

Para el primer caso, se deben inspeccionar los condensadores, generalmente cuando existe una falla puede verse que hay pérdida de aceite, o el condensador explota dejando rastros muy evidentes. En ese caso avise al técnico para que cambie el condensador.

Para el segundo caso, se podría determinar si el motor perdió aislación, sin necesidad de sacar el motor fuera del pozo, pero para ello, el motor debe tener la puesta a tierra., y el técnico necesitará una herramienta llamada megómetro. Si no tiene puesta a tierra, necesariamente se debe sacar el motor. No se recomienda hacer reparar el motor (rebobinado), porque salvo los grandes talleres, los técnicos no cuentan con la tecnología para garantizar el trabajo, entonces la reparación suele durar muy poco, y si la reparación la realiza algún representante de los motores, la diferencia de precios entre un motor nuevo y el costo de la reparación, no es muy grande. Entonces conviene comprar uno nuevo.

Si ocurre el tercer caso, es muy conveniente detectar a tiempo que el motor está siendo frenado, para evitar daños mayores al bobinado. En este caso la comprobación es sencilla. Hay que desacoplar la bomba e intentar hacer girar el eje; si este está trabado, es conveniente cambiar la bomba directamente, porque al igual que el caso del motor la diferencia de precios entre una nueva y el costo de la reparación no es muy grande, y por otra parte es muy difícil que la bomba reparada funcione durante un tiempo razonable.

Esta comprobación de hacer girar el eje de la bomba es muy importante, porque ocurren casos en que el técnico indica cambiar el motor y la bomba completo, y a veces solamente es necesario cambiar la bomba.



## 5. SISTEMA PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA

### 5.1 OBJETIVO DEL PRESENTE CAPÍTULO

El objetivo, es lograr que el operador adquiera los conocimientos para:

- Preparar la solución de cloro.
- Regular el caudal de la bomba dosificadora, previa orientación de un personal técnico-químico
- Verificar el funcionamiento de la bomba dosificadora.
- Utilización del kit comparador de cloro.
- Saber llevar el registro del consumo de cloro.

Quedan fuera del alcance de este manual los siguientes conocimientos:

- Determinar los volúmenes de hipoclorito de sodio (al 8%, u otra concentración) necesarios para lograr la concentración de la solución de cloro del tanque.
- Determinar el caudal de la bomba dosificadora, en función de la concentración de la solución de cloro, o del caudal de la electrobomba del pozo tubular profundo.
- Realizar mediciones de cloro residual en la red.

Todos estos parámetros deben ser determinados por el técnico especialista.

### 5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN

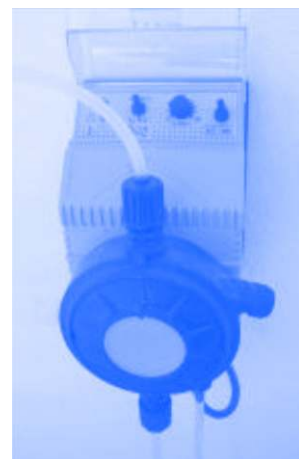
Normalmente en los sistemas de agua potable para comunidades rurales, la desinfección del agua se realiza inyectando una solución de hipoclorito de sodio en la tubería de impulsión a la salida del pozo tubular profundo. Esta inyección se realiza mediante el accionamiento de una bomba dosificadora.

#### 5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA DOSIFICADORA, O HIPOCLORADOR

Son una especie de bomba, cuya función es la de suministrar la dosis necesaria de cloro al agua, para asegurar un residual conforme exigen las normas de calidad de agua.

Esta bomba succiona la solución de cloro del tanque de fibra de vidrio y la inyecta, mediante una manguera, en la tubería de impulsión.

Normalmente, las bombas dosificadoras utilizadas tienen capacidad de inyección de 1 a 10 lts/hora, a una presión de descarga de 7,5 Kg. / cm<sup>2</sup>. Generalmente utilizan energía



monofásica y son de accionamiento electromagnético, aunque en algunos casos se utilizan las del tipo a diafragma, cuyo accionamiento es a través de transmisión mecánica.

Las bombas dosificadoras deberán ser del mismo tipo de tensión que las electrobombas según cada localidad (monofásica o trifásica) y 50 Hz.

Las bombas dosificadoras pueden ser del tipo diafragma con dos cabezales, con regulador individual por cabezal. El accionamiento del diafragma puede ser a través de transmisión mecánica o electromagnética.

La manguera para la conducción de los productos químicos, debe ser del tipo semirrígida, transparente, de material de PVC y según diámetro especificado por el fabricante de las bombas dosificadoras.

Es importante contar con la planilla de datos de la bomba dosificadora, la cual deberá indicar, como mínimo, los siguientes datos: Procedencia, Tipo, Modelo, Pulsación del diafragma, Material del diafragma, Caudal por cabezal, Presión de descarga, Sistema de regulación, Sistema de acoplamiento, Marca del motor, Rotación, Características eléctricas, Protección, Aislamiento.

**El sistema de desinfección cuenta además con los siguientes accesorios:**

**-1 tanque de fibra de vidrio:** Se emplea como reservorio de la solución de hipoclorito sodio. Debe contar con tapa y una capacidad útil de 250 litros. Se exige que el espesor de paredes sea de 5mm y las siguientes dimensiones: altura de 0,75 mts, diámetro mayor de 0,78 mts, diámetro menor de 0,66 mts.

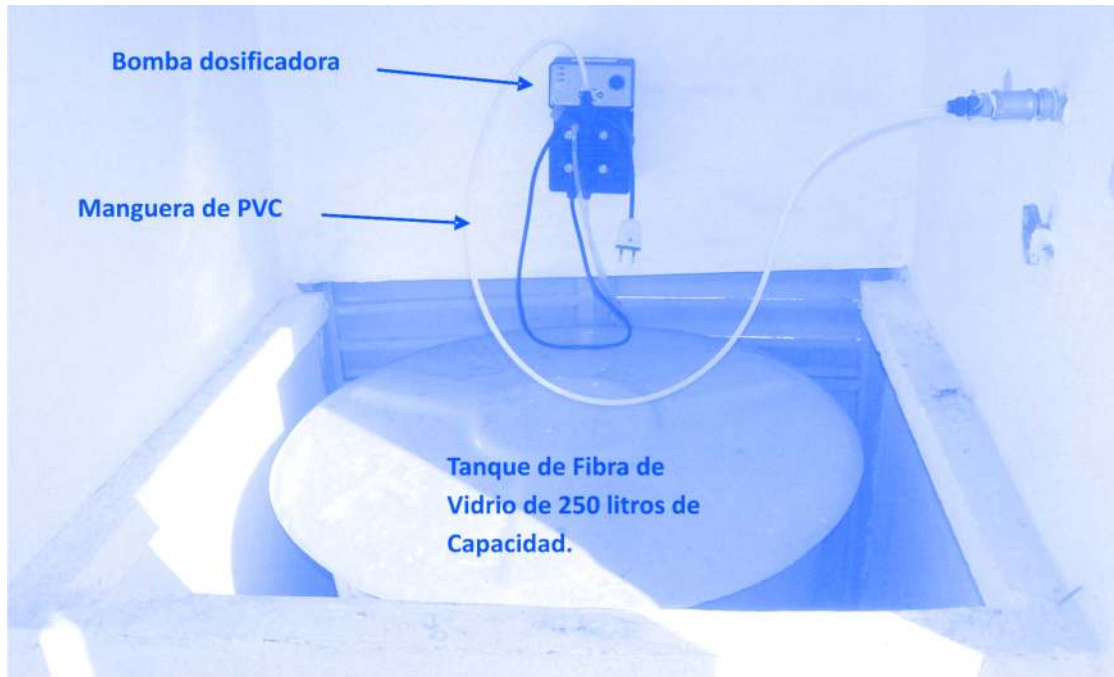
No se deben utilizar tanques de fabricación estándar para almacenamiento de agua, por tener las paredes de menor espesor.

**-1 (un) conjunto de accesorios fijación de la bomba dosificadora.**

**-1 (un) guarda motor:** Constituido por un Contactor con su relé térmico, según la potencia de la bomba dosificadora. La bomba dosificadora deberá tener su protección térmica independiente de la protección térmica de la electrobomba sumergible.

Por cada cabezal de la bomba dosificadora, se debe contar con los siguientes accesorios:

- 2 (dos) conjuntos de válvula de pie
- 2 (dos) conjuntos de válvula de aspiración
- 2 (dos) conjuntos de válvula de descarga
- 2 (dos) conjuntos de válvula de inyección
- 2 (dos) conjuntos de válvula anti – sifón
- 5 (cinco) metros de manguera semirrígida en PVC transparente, de diámetro de acuerdo al tipo de bomba dosificadora.



## 5.2.2 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DOSIFICADORA

El objetivo de esta actividad es verificar si la bomba inyectora el caudal determinado por el especialista.

A modo de Ejemplo realizaremos el siguiente ejercicio:

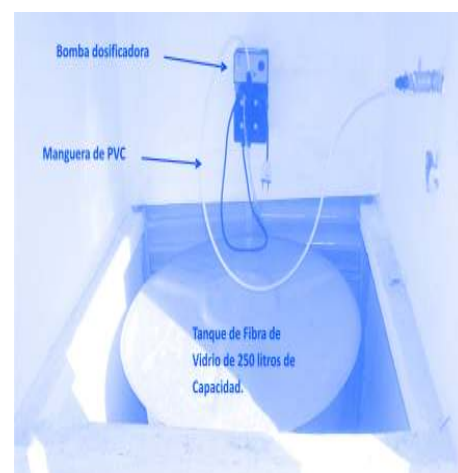
Datos Entregados por el especialista:

- $q$  dosificadora = 3.5 lts/ hora
- $Q$  pozo = 3200 litros/ h
- $H$  manométrica de la Bomba = 55 m.c.a.

**Hipótesis:** la bomba dosificadora debe inyectar un caudal de 3.5 lts/seg, venciendo una presión de 5.5 kg/cm<sup>2</sup>, y el caudal del equipo de bombeo del pozo es de 3.200 lts/h.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se instala un manómetro en el punto de acople de la manguera de inyección de la bomba.
2. Se calcula el volumen de cloro que debe inyectar la dosificadora en un minuto, considerando que el caudal es de 3.5 lts/hora.  
Se tiene:  $3.5 / 60 = 0.058$  lts =  $0.058$  dm<sup>3</sup> = 58 cm<sup>3</sup>



3. Se carga en un recipiente graduado 116 cm<sup>3</sup> de solución de cloro. Se considera el doble del cálculo, para evitar que la manguera de succión chupe aire.
4. Se pone en marcha la electrobomba, y se cierra la válvula reguladora de caudal, hasta que el manómetro que está ubicado en el caballete indique 5.5 kg/cm<sup>2</sup>.
5. Se acciona la bomba dosificadora, previo cebado de la misma, y se verifica la presión en el manómetro instalado en el punto de inyección de la bomba. Para estas condiciones el manómetro registrará una presión un poco mayor que el instalado en el caballete del pozo. En esta etapa la manguera de succión estará succionando de un recipiente cualquiera.
6. Se regula el caudal de la bomba con la perilla correspondiente, hasta el porcentaje indicado por el especialista.
7. Luego de unos minutos cuando se estabilizan las presiones en los manómetros, siempre con ambas bombas funcionando, se introduce la manguera de succión dentro de la probeta graduada, y se inicia el conteo del tiempo.
8. Al cabo de un minuto, si el equipo está bien regulado, la dosificadora habrá erogado la mitad del volumen de cloro inicial ( $116/2 = 58$  cm<sup>3</sup>).
9. Si el caudal erogado no corresponde al indicado por el especialista, se ajusta el caudal de inyección y se reinicia el procedimiento. Y así hasta lograr que la dosificadora inyecte el caudal indicado.

Este método, que si bien es rudimentario, demostró dar buenos resultados.

### 5.2.3 TAREAS DE RUTINA QUE DEBE REALIZAR EL OPERADOR

Para garantizar un adecuado y continuo funcionamiento del sistema de desinfección es importante que el operador realice las siguientes actividades:

- Limpieza periódica del tanque de fibra de vidrio.
- Limpieza del filtro del chupón de la dosificadora.
- Registro del consumo de cloro (cada cuanto repone la solución en el tanque de fibra de vidrio).
- Extremar los cuidados para mantener prácticamente hermético el tanque. Se recomienda cubrir la boca del tanque con una tela del tipo media sombra, ajustada con una banda elástica.
- Realizar el procedimiento de verificación descrito en el capítulo anterior, por lo menos cada dos meses.
- Transferir sus conocimientos por lo menos a dos personas, para que durante su ausencia puedan realizar las tareas.
- Utilización del kit comparador del cloro.

## 5.2.4 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CLORO

Para elaborar la solución de cloro, normalmente se utiliza hipoclorito de sodio con una concentración del 8% de cloro activo.

La cantidad de hipoclorito que se debe mezclar con los 250 litros de agua del tanque de fibra de vidrio es determinada en cada caso por el técnico especialista, pero está en el orden de los 3 a 5 litros.

El agua necesaria para cargar el tanque, normalmente es provista por una canilla de servicio que está ubicada en la caseta de operaciones.

El procedimiento se inicia con la limpieza profunda del tanque.

Luego, a medida que se va cargando el agua mediante la utilización de una manguera conectada a la canilla de servicio, se agrega poco a poco el hipoclorito, y se revuelve con un palo limpio, para lograr una mezcla homogénea.

Cuando se completa la carga del tanque, se le coloca la tapa cuidando que el tanque quede lo más hermético posible, para evitar la entrada de insectos y polvo.

**La cantidad de hipoclorito que se debe mezclar con 250 litros de agua es determinada en cada caso por el técnico especialista**

## 5.2.5 UTILIZACIÓN DEL KIT COMPARADOR DE CLORO

Denominamos equipos comparadores de cloro a aquellos que nos permiten determinar la concentración de cloro libre, o también llamado cloro libre residual, en el agua de red. La misma debe estar comprendida entre 0,2 y 0,8 partes por millón (ppm) o miligramos de cloro por litro de agua (mg/l). Siendo ideal los que marcan entre 0,0 y 3,5 ppm. El equipo de campo a utilizar para la determinación de cloro residual libre, debe ser de comparación colorimétrica a base de reactivos que se adicionan al agua a controlar, estos pueden ser a base de ortotolidina o a base de DPD (dialquil 1,4 fenilendiamina o N.N-dietil-p-fenilendiamina).

Cuenta con una probeta graduada con colores. Una vez agregados los reactivos al agua, ésta vira hacia un color determinado. Comparando el color con los de la escala de la probeta, determinamos la concentración (método colorimétrico).

Los límites recomendados en la red son de 0,2 a 0,5 ppm, para los extremos de la red; y como límite admisible de 2 ppm, que normalmente se considera en los puntos próximos a los sitios de dosificación.





## 6. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LAS JUNTAS DE SANEAMIENTO

El Plomero debe desarrollar sus labores sin poner en peligro su vida, tratando que no haya riesgo de accidentes que le causen daños a sí mismo, a otras personas, al sistema de provisión de agua o a otras propiedades.

Para ello debe estar seguro que conoce cómo hay que hacer las cosas en su trabajo, que usa las herramientas necesarias y las mantiene siempre en buen estado y que se protege de la mejor forma, utilizando los elementos necesarios que lo aíslan del contacto con productos que pueden intoxicar, quemar, dañar los ojos o causar otras lesiones (guantes, overol) o evitan que reciba golpes o machucones (casco, botas).

### - ¿Qué es seguridad industrial?

Es el conjunto de actividades que debe realizar el Plomero para identificar y controlar los factores de riesgo que puedan ocasionar accidentes de trabajo. Los siguientes son ejemplos de factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo.

- Un lugar de trabajo desaseado y en desorden,
- Una herramienta en mal estado,
- Un motor al que no se le da mantenimiento,
- Instalaciones eléctricas deterioradas,
- Un procedimiento que no se sigue al pie de la letra,
- Un área de trabajo que no se señala ni se aísla adecuadamente.

RECUERDE QUE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL ES LA AUSENCIA DE PELIGRO EN EL TRABAJO. EN MANOS DEL PLOMERO ESTÁ EL CONTROLAR LAS SITUACIONES DE RIESGO PARA PREVENIR LOS ACCIDENTES DE TRABAJO.

### - ¿Qué es un accidente de trabajo?

Un accidente de trabajo es un hecho inesperado que interrumpe o entorpece un proceso o actividad determinada y que puede causar daño físico al trabajador o a terceros.

### - ¿Es posible evitar los accidentes de trabajo?

Es posible no tener los accidentes de trabajo, si sabemos cuáles son las causas que los provocan.

### - ¿Cuáles son las principales causas que provocan los accidentes de trabajo?

Las principales causas que provocan los accidentes de trabajo son los actos inseguros de los trabajadores, las condiciones físicas y mecánicas inseguras, tomar bebidas embriagantes durante el trabajo, la fatiga, el sueño o una combinación de las anteriores. Estas causas pueden estar presentes en todos los lugares.

### - ¿Qué son los actos inseguros en el trabajo de los Plomeros?

Los actos inseguros ocurren cuando, por desconocimiento o por descuido en los procedimientos, los Plomeros hacen cosas que pueden causar accidentes de trabajo. Por ejemplo:

ACTOS INSEGUROS	PUEDEN OCASIONAR
Abrir o cerrar demasiado rápido una válvula	La rotura de una tubería
Hacer mal una conexión eléctrica	El daño de un motor
Echarle gasolina a una motobomba prendida	Un Incendio
No apagar un motor eléctrico para realizar una labor de mantenimiento	Una lesión del trabajador
No desocupar completamente un tanque antes de entrar en el mismo para operaciones de limpieza o reparaciones de daños	La caída del trabajador y una posible fractura
Permitir que niños o personas ajenas se acerquen demasiado a las zanjas que se abren para instalar tuberías	Que alguien se caiga dentro de ellas y se lesione

### ¿Cuáles podrían ser las condiciones físicas o mecánicas inseguras?

- Una pica mal encajada en el cabo, puede salirse y golpear al Plomero o a alguien que se encuentre cerca.
- El trabajo en lugares donde pueden caer piedras o es muy estrecho. En estos casos deben utilizarse casco y botas, para evitar ser golpeado por piedras o tropezarse con objetos o estructuras salientes.
- Excavaciones en donde pueden presentarse derrumbes o caídas de piedras. Deben utilizarse cascos y botas protectoras.
- Tubos o cargas muy pesados que es necesario levantar.
- Jornadas de trabajo muy largas a la intemperie, en sitios calurosos y con mucho sol, cuando el Plomero no utiliza sombrero y no toma líquido, pueden causar insolación.

### ¿Qué son las normas y procedimientos de seguridad industrial?

Las siguientes son RECOMENDACIONES que el Plomero debe seguir, siempre que sean aplicables al tipo de trabajo que está haciendo:

#### SOBRE LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Antes de operar los equipos, asegurarse que se encuentren en buen estado

- Mantener las herramientas de mano almacenadas en un lugar apropiado y utilizarlas únicamente si están en buenas condiciones.
- Asegurarse que sabe cómo utilizar una determinada herramienta de mano y conocer los riesgos de su uso indebido.
- No utilizar herramientas o equipos defectuosos. Avisar al administrador del sistema de provisión de agua para su reparación o reposición.
- Revisar periódicamente las herramientas para asegurarse que están en buen estado.
- Reemplazar con frecuencia las correas y poleas.
- Cuando se vayan a utilizar sierras, esmeriladora y cualquier otro equipo similar, asegurarse que están en buenas condiciones y tienen guardas de seguridad.
- Cuando se van a usar herramientas y equipos eléctricos, asegurarse que tengan cables de conexión eléctrica con doble aislamiento y con polo a tierra.

### SOBRE EL MANEJO DE ANDAMIOS Y ESCALERAS

- Mantener las escaleras portátiles en buenas condiciones y limpias y libres de grasa y aceites.
- Nunca utilizar una escalera en frente de una puerta.
- Nunca utilizar una escalera portátil defectuosa.
- Nunca colocar escaleras portátiles sobre cajas o bases inestables para obtener mayor altura.
- Guardar siempre las escaleras correctamente y amarradas para evitar que caigan accidentalmente.
- Nunca pararse en el tope de una escalera portátil o subirse a una escalera con las manos ocupadas.
- Nunca empujar dos escaleras portátiles para hacer una más larga.
- Todas las escaleras fijas de cuatro o más escalones deben tener barandas o pasamanos.
- Cuando haya necesidad de utilizar andamios, éstos deben tener barandas y su piso no debe tener huecos entre los tablones.
- Los andamios deben estar bien anclados al piso y tener una escalera de acceso.

### SOBRE LOS LUGARES DE TRABAJO

- Mantener los corredores y demás lugares de trabajo despejados y limpios.
- Informar inmediatamente al administrador del sistema de provisión de agua si en los pasillos o sitios de trabajo hay huecos, equipos, materiales o maquinarias mal almacenados y que puedan causar accidentes.
- Limpiar inmediatamente cualquier derrame de líquido o de otro material.
- Proteger y aislar con cinta o conos de seguridad cualquier área en donde se estén realizando trabajos de instalación de tuberías o reparación de redes o accesorios.
- Tapar siempre los huecos o zanjas que se hayan excavado para realizar instalaciones o reparaciones del sistema de provisión de agua.
- Colocar protectores de baranda en escaleras y pisos abiertos altos.
- Las áreas de trabajo deben mantenerse siempre limpias y en orden.
- Cuando haya necesidad de trabajar en sitios con poca luz natural, asegurarse que se cuente con la iluminación adecuada.

## SOBRE EL ALMACENAMIENTO

- No almacenar objetos, canecas, frascos de reactivos en pilas unos sobre otros.
- Nunca cambiar cilindros de cloro en las noches ni cuando se esté solo.
- Almacenar los cilindros de cloro en forma vertical y siempre amarrados a la pared.
- Almacenar los bultos de sulfato de aluminio sobre tablas levantadas y no directamente sobre el piso.

## OTRAS RECOMENDACIONES

- Informar inmediatamente, por escrito, al administrador del sistema de provisión de agua sobre cualquier accidente de trabajo por leve que sea.
- El Plomero debe asegurarse que los contratistas tomen las medidas de precaución adecuadas cuando realicen obras de instalación o de reparación.
- Tener al día los informes de mantenimiento de bombas, compresores, cilindros a presión.
- Sólo el personal adiestrado y autorizado puede maniobrar bombas, compresores y cilindros a presión.

### ¿Qué son los primeros auxilios?

Son los cuidados inmediatos que se prestan a una persona accidentada o enferma, antes que reciba atención por parte de personal con formación médica.

### ¿Qué es un botiquín?

Un botiquín es un lugar o un recipiente en el que se guarda todo lo necesario para los primeros auxilios.

### ¿Para qué sirve un botiquín?

Un botiquín sirve para prestar la primera asistencia que necesita un accidentado, o para ayudar a personas con dolencias menores. Es indispensable mantener siempre en el lugar de trabajo un botiquín que tenga como mínimo los siguientes elementos:

1 paquete de curitas.	1 paquete de gasas estériles	
1 paquete de gasas no estériles	1 rollo de esparadrapo	
3 vendas enrolladas	1 par de tijeras quirúrgicas	
1 par de pinzas	1 bisturí	
1 barra de jabón (el jabón líquido se seca)	1 caja de fósforos a prueba de humedad	
1 vendaje elástico	1 linterna de baterías	
1 termómetro	Aspirinas	
Dolex	Antihistamínicos	
Isodine en espuma	Isodine en solución	
Antidiarreicos	Agua oxigenada	
Alcohol antiséptico		

## ¿Qué se debe hacer cuando es necesario prestar primeros auxilios?

Cuando sea necesario prestar los primeros auxilios a una persona herida o lesionada, lo más importante es conservar la calma y la serenidad, inspirarle confianza al lesionado y evitar que entre en pánico, solicitar ayuda médica lo más pronto posible y no hacer más de lo necesario hasta que llegue la asistencia profesional. En caso de hemorragias o falta de respiración, es prioritario detener la hemorragia y mantener la respiración del herido, colocarlo en una posición cómoda, no moverlo ni levantarlo, a menos que sea estrictamente necesario y no aplicarle alcohol ni otras sustancias en ninguna parte del cuerpo.