

# GUÍAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RESERVORIOS ELEVADOS Y ESTACIONES DE BOMBEO



Lima, 2005

## Tabla de contenido

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Objetivo .....  | 4             |
| 2. Alcance .....   | 4             |
| 3. Conceptos fundamentales .....                                 | 4             |
| 3.1. Operación .....   | 4             |
| 3.2. Mantenimiento .....   | 4             |
| 3.2.1. Mantenimiento correctivo .....                            | 5             |
| 3.2.2. Mantenimiento preventivo .....                            | 5             |
| 3.3. Personal .....  | 5             |
| 3.4. Herramientas necesarias .....                               | 6             |
| 3.4.1. Herramientas y materiales .....                           | 6             |
| 3.4.2. Instrumentos .....  | 6             |
| 4. Operación y mantenimiento de reservorios elevados .....       | 6             |
| 4.1. Descripción .....   | 6             |
| 4.2. Componentes del reservorio .....                            | 7             |
| 4.3. Operación y mantenimiento .....                             | 9             |
| 4.3.1. Diario .....  | 9             |
| 4.3.2. Quincenal .....   | 9             |
| 4.3.3. Mensual .....   | 10            |
| 4.3.4. Semestral .....   | 10            |
| 4.3.5. Anual .....   | 10            |
| 4.4. Limpieza y desinfección del reservorio .....                | 12            |
| 4.5. Puesta en marcha de un reservorio .....                     | 13            |
| 4.6. Reparación de reservorios .....                             | 13            |
| 4.7. Reemplazo de accesorios .....                               | 14            |
| 4.8. Mantenimiento de válvulas .....                             | 14            |
| 4.8.1. Partes de una válvula .....                               | 14            |
| 4.8.2. Cambio del empaque del vástago .....                      | 14            |
| 4.8.3. Cambio del disco de asiento de una válvula de globo ..... | 16            |
| 5. Operación y mantenimiento de estaciones de bombeo .....       | 17            |
| 5.1. Descripción .....   | 17            |
| 5.2. Bombas centrífugas de eje horizontal .....                  | 19            |
| 5.2.1. Puesta en marcha, operación y parada .....                | 19            |
| 5.2.2. Mantenimiento preventivo .....                            | 20            |
| 5.2.3. Mantenimiento correctivo .....                            | 20            |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.3.   | Bombas de turbina de eje vertical .....  | 24 |
| 5.3.1. | Puesta en marcha de motores verticales con eje sólido o hueco ...                        | 24 |
| 5.3.2. | Arranque .....   | 24 |
| 5.3.3. | Las conexiones eléctricas .....  | 24 |
| 5.3.4. | Fallas que pueden presentarse en el funcionamiento de<br>una bomba de eje vertical ..... | 25 |
| 5.3.5. | Mantenimiento preventivo .....   | 25 |
| 5.3.6. | Mantenimiento correctivo .....   | 25 |
| 5.4.   | Operación de las estaciones de bombeo .....  | 31 |
| 5.4.1. | Criterios de operación .....   | 31 |
| 5.4.2. | Controles .....  | 31 |
| 5.4.3. | Reportes del control .....   | 32 |
| 5.5.   | Mantenimiento de la estación de bombeo .....   | 32 |
| 5.5.1. | Mantenimiento preventivo .....   | 32 |
| 5.5.2. | Mantenimiento correctivo .....   | 33 |
| 5.5.3. | Equipos de reserva .....   | 36 |
| 6.     | Referencias .....  | 37 |

## **Guías para la operación y mantenimiento de reservorios elevados y estaciones de bombeo**

### **1. Objetivo**

El objetivo de este manual es establecer los criterios básicos de la operación y mantenimiento de los reservorios elevados y las estaciones de bombeo de agua potable.

### **2. Alcance**

Este manual está orientado para la operación y mantenimiento de pequeñas instalaciones de almacenamiento y bombeo de agua potable, similares a las que existen en las áreas rurales.

### **3. Conceptos fundamentales**

#### **3.1 Operación**

La operación es un conjunto de actividades que se desarrollan para conseguir que las estructuras de almacenamiento y los equipos de bombeo del sistema de abastecimiento de agua, desempeñen la función para la que fueron diseñadas.

Las operaciones pueden clasificarse en simples y compuestas, de acuerdo a la complejidad de las actividades que están involucradas. La operación simple es un conjunto de acciones elementales para accionar un equipo determinado o una parte específica de una estructura; por ejemplo, la apertura y cierre de una válvula. Las operaciones compuestas son un conjunto de operaciones simples que se desarrollan, simultáneamente o en una secuencia, para conseguir un fin determinado; por ejemplo, operaciones simples que se realizan para conseguir que un reservorio elevado, abastecido por una estación de bombeo, no rebose.

En ambos casos, para que el resultado de la operación sea satisfactorio, los responsables de la operación deben recibir las herramientas e instrumentos adecuados, y que se encuentre debidamente capacitados; en caso contrario, existirán muchas fallas de operación que llevarán a daños en el sistema de abastecimiento, pérdidas económicas y riesgo de deterioro de la calidad del agua potable.

#### **3.2 Mantenimiento**

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consistirá en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que éstas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente.

Las actividades de mantenimiento pueden clasificarse en: correctivas y preventivas.

### 3.2.1 *Mantenimiento correctivo*

Constituido por las actividades destinadas a reparar oportunamente cualquier falla que se presenten en las estructuras o equipos.

Para desarrollarlas se requiere:

- Reporte sobre la falla.
- Revisión y diagnóstico de la falla.
- Labores de reparación.
- Reporte final para efectos de control y estadística.

Los reportes de fallas son realizados generalmente por personal de operación; sin embargo, producto de una revisión o a través del público también pueden ser detectadas.

La atención de las fallas debe priorizarse de acuerdo a los siguientes aspectos:

- El tipo de estructura o equipo en cuestión.
- La magnitud de la falla.
- Como afecta la falla al abastecimiento de agua a la población.

### 3.2.2 *Mantenimiento preventivo*

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede terminar con un informe que puede originar una actividad de reparación. Para su formulación y es indispensable: (a) una lista de equipos; (b) establecer procedimientos; (c) hacer la programación; (d) organizar y llevar un registro de datos y (e) producir la información.

Para programar la frecuencia entre revisiones existen tres criterios diferentes: Uno que considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, este fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones; el otro establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido ( $m^3$  de agua, Km de recorrido, etc.); el tercero adopta los dos criterios y fija, como período, lo primero que se presente, por ejemplo, revisar un motor cada dos meses o cada 4,000 Km.

## 3.3 *Personal*

De acuerdo al régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo de 8 horas diarias, es recomendable contar como mínimo con dos operadores para el control de los equipos de bombeo y de los reservorios de almacenamiento.

Los requisitos básicos para el personal de la operación son los siguientes:

- Conocimientos técnicos elementales de los equipos que irá a operar.
- Raciocinio rápido para atender eficientemente las situaciones de emergencia.
- Noción de responsabilidad.

El personal de mantenimiento tiene los siguientes requisitos:

- Como mínimo tres personas: electricista, mecánico y albañil.
- Conocimientos técnicos avanzados en mecánica y electricidad y construcción civil.
- De preferencia debe haber un profesional responsable de la supervisión de los trabajos de mantenimiento.

Todo el personal de operación y mantenimiento, antes de asumir la función que se le asigne, debe recibir entrenamiento y capacitación de acuerdo al tipo de trabajo que realizará.

### **3.4 Herramientas necesarias**

Las herramientas esenciales para la operación y mantenimiento de un sistema compuesto por un reservorio elevado y una estación de bombeo son las siguientes:

#### **3.4.1 Herramientas y materiales**

- Rastrillo, machete, palas, pico, bocha, badilejo y escobas.
- Rasquetas de fierro, escobillas y espátulas
- Pintura anticorrosiva, cemento, arena y kerosene.
- Alicates y desarmadores y tarrajas, arco de sierra, nivel y linternas
- Llaves stillson, de boca, francesa, inglesa y de cadena.

#### **3.4.2 Instrumentos**

Voltímetros, amperímetros, termómetros, sopletes a base de kerosene o gasolina, etc.

## **4. Operación y mantenimiento de reservorios elevados**

### **4.1 Descripción**

Son unidades de almacenamiento de agua potable para garantizar la alimentación a la red de distribución y mantener una presión adecuada de servicio.

## 4.2 *Componentes del reservorio*

Para la operación de los reservorios elevados se debe conocer la función de los diferentes componentes (véase figura 1).

### a) **Cuba de almacenamiento**

Estructura elevada de forma cilíndrica donde se almacena antes de ser distribuida a la población. Son sostenidas por columnas con arriostramiento.

### b) **Tubería de entrada**

Provista de válvula para el aislamiento del reservorio en caso de mantenimiento.

### c) **Tubería de paso directo - bypass**

Provista de válvula, la cual trabajará cerrada en condiciones normales. Permite la distribución con el reservorio aislado del sistema.

### d) **Tubería de salida**

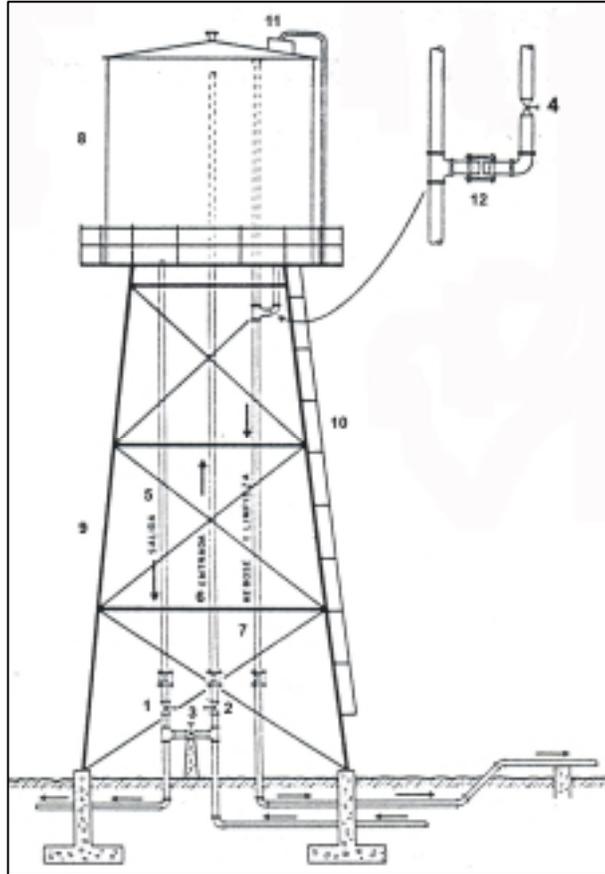
Provista de válvula para el mantenimiento de la línea de aducción. La salida es por el fondo del reservorio con un desnivel de 10 cm. Esta provista de protección con rejilla.

### e) **Tubería de rebose**

Empalma en forma directa sin válvulas a la tubería de limpieza. Evacua eventuales pérdidas de agua en el reservorio por un nivel elevado.

### f) **Tubería de limpieza**

Provista de válvula, va a la caja de limpieza y rebose. Conexión al fondo del reservorio de la misma forma que la tubería de salida. Se emplea cuando se realiza el mantenimiento del reservorio o ante la ocurrencia de cualquier emergencia que obligue al vaciado del agua del reservorio.



**Figura 1. Reservorio elevado**

**Leyenda**

| Componente | Descripción                           |
|------------|---------------------------------------|
| 1          | Válvula de compuerta - entrada        |
| 2          | Válvula de compuerta - salida         |
| 3          | Válvula de compuerta- bypass          |
| 4          | Válvula de compuerta-purga            |
| 5          | Tubería de salida                     |
| 6          | Tubería de entrada                    |
| 7          | Tubería de limpieza y rebose          |
| 8          | Cuba de almacenamiento                |
| 9          | Soporte de cuba-columnas arriostradas |
| 10         | Escalera con canastilla de protección |
| 11         | Tubería de ventilación                |
| 12         | Unión Flexible                        |

**g) Abertura para inspección**

Inspección localizada y protegida de la cuba del reservorio.

**h) Escalera de acceso**

Para ofrecer seguridad al operador y facilidad de acceso a la boca de ingreso.

**i) Cubierta del reservorio**

Impedir al máximo la iluminación natural del interior del reservorio evitando el desarrollo de algas.

**j) Dispositivo de ventilación**

Evitar presiones diferenciales peligrosas en la estructura del reservorio.

**k) Protección de las tuberías de descarga y tuberías de rebose**

Evitar la contaminación de los reservorios, protegiéndolos del retorno de aguas servidas o penetración de animales.

**4.3 Operación y mantenimiento**

**4.3.1 Diario**

- Revisar si la válvula en el By-Pass se encuentra completamente cerrada.
- Controlar el nivel de agua en el reservorio.
- Comunicar al operador de la estación de bombeo los niveles de agua en el reservorio. Solicitar la reducción del caudal de bombeo, si el nivel de agua está próximo al rebose.
- Controlar el cloro residual del agua que sale del reservorio (la muestra será tomada desde una válvula de globo).
- Verificar el almacenamiento de cloro.

**4.3.2 Quincenal**

- Inspeccionar el estado de la cámara de válvulas: puertas, accesos, ventanas, daños, acceso ilegal, etc.
- Inspeccionar el estado de las ventilación del reservorio: daños en la malla, tapado por insectos u otros.
- Revisar si el medidor de flujo trabaja apropiadamente (rotación del contómetro).
- Inspeccionar el cerco perimétrico: daños, acceso ilegal, etc.

- Maniobrar las válvulas de compuerta ubicadas en la entrada y salida del reservorio para mantenerlas operativas.
- Comprobar el estado y ajuste de las empaquetaduras de las válvulas (véase figura 2 punto a).
- Lubricar la rosca exterior de los vástagos de las válvulas (véase figura 2 punto b).
- Limpiar las válvulas y tuberías con trapo y kerosene.

#### 4.3.3 Mensual

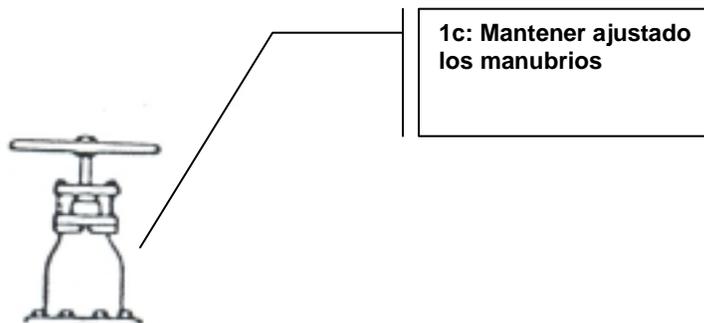
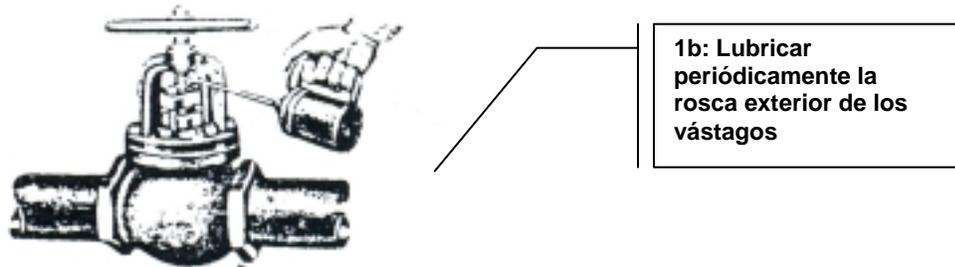
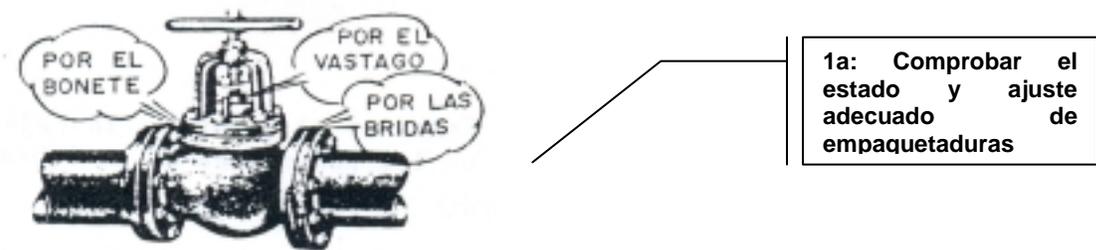
- Inspeccionar la condición del concreto del reservorio (externamente): rotura, visibilidad del refuerzo, daños. Reportar los daños encontrados.
- Verificar el cierre total de la válvula ubicada en la tubería de limpia, dar movilidad a la válvula.
- Accesorios: Revisar presencia de alguna pérdida de agua en todas bridas/uniones.
- Limpiar la maleza en el contorno de la estructura.
- Verificar el estado de los manubrios de la válvula y ajustar si es necesario (véase figura 2 punto c).

#### 4.3.4 Semestral

- Limpiar y desinfectar el reservorio o cisterna.
- Revisar si el filtro en el reservorio esta obstruido con arena o otros elementos. En caso el filtro estuviere obstruido, remover la arena con aire comprimido.
- Pintar las escaleras y su canastilla de protección.

#### 4.3.5 Anual

- Verificar la estructura de la unidad en forma integral y reparación de daños existentes.
- Reparación interior de tanques o cisternas (simultáneamente con limpieza).
- Pintar con pintura anticorrosivo los elementos metálicos interiores.



**Figura 2. Mantenimiento preventivo de válvulas.**

#### 4.4 *Limpieza y desinfección del reservorio*

Esta actividad tiene por finalidad asegurar la calidad sanitaria del agua y del reservorio de almacenamiento. Los elementos desinfectantes más utilizados son: hipoclorito de calcio, cloro gasificado y HTH; el primero de ellos se utiliza con mayor frecuencia y tiene una concentración de cloro que varía entre 30 y 70%.

El procedimiento de limpieza es el siguiente:

- Programar la limpieza del reservorio y disminuir el tirante de agua mediante el consumo de la red.
- Cerrar la válvula de entrada del reservorio a ser lavado y mantener abierta la válvula de salida para que la descarga de agua sea rápida.
- Estar atento para que el nivel del agua no quede por debajo de la tubería de salida, evitando la entrada de aire en la línea de aducción.
- Cuando el nivel del agua alcance el mínimo establecido para el reservorio (1,0 m), para evitar la entrada de aire, cerrar la válvula de salida del reservorio.
- Abrir la descarga del reservorio, hasta que el nivel de la columna de agua alcance 20 cm.
- Cerrar esta descarga para que el personal de servicio utilice el agua almacenada en el lavado del reservorio.
- Después del lavado, abrir la válvula de descarga para la evacuación de los residuos.
- Dar algunas vueltas a la válvula de entrada del reservorio, para que cuando ingrese el agua limpia, pueda eliminar las impurezas restantes.
- Cerrar la válvula de descarga.
- Abrir la válvula de entrada del reservorio y llenarlo hasta 0,30 m, a partir del cual se aplicará una solución de compuesto clorado que contenga 50 p.p.m. de cloro libre, refregando paredes y fondo con utilización de herramientas adecuadas. Se debe dejar en contacto con el agua un promedio de cuatro horas (véase tabla 1).
- Transcurrido el tiempo necesario para la desinfección, abrir nuevamente el registro de entrada, llenando el compartimento hasta 1,00 m de agua.
- Alcanzado el nivel necesario, abrir la válvula de purga del compartimento en limpieza, hasta descargar toda el agua con el cloro concentrado.
- Cerrar la válvula de purga y abrir la válvula de entrada del compartimento lavado, volver a efectuar un enjuague final.
- Ejecutar las mismas maniobras para el lavado del otro compartimento.
- Abrir nuevamente la purga y vaciar el agua almacenada.
- Abrir la válvula de entrada para poner en funcionamiento el compartimento desinfectado.
- Ejecutar las mismas maniobras para el lavado del otro compartimento.

**Tabla 1. Cantidad de cloro (hipoclorito) requerido en la desinfección de reservorios de almacenamiento**

| Reservorios            | C (ppm) | P (kg) | V (litros) | Tiempo de contacto (horas) |
|------------------------|---------|--------|------------|----------------------------|
| Hasta 5 m <sup>3</sup> | 50      | 0.83   | 65         | 4                          |
| 10 m <sup>3</sup>      | 50      | 1.70   | 135        | 4                          |
| 15 m <sup>3</sup>      | 50      | 2.50   | 200        | 4                          |
| 20 m <sup>3</sup>      | 50      | 3.30   | 264        | 4                          |
| 25 m <sup>3</sup>      | 50      | 4.20   | 336        | 4                          |
| 30 m <sup>3</sup>      | 50      | 5.00   | 400        | 4                          |
| 40 m <sup>3</sup>      | 50      | 6.60   | 520        | 4                          |
| 50 m <sup>3</sup>      | 50      | 8.30   | 664        | 4                          |

Fuente: Manual de operación y mantenimiento, Ministerio de Salud

#### **4.5 Puesta en marcha de un reservorio**

- Antes de la puesta en marcha del reservorio, se debe verificar que se encuentre limpio y desinfectado.
- Verificar el cierre total de la válvula de purga.
- Cerrar la válvula de by-pass.
- Abrir la válvula de entrada y comenzar a llenar el reservorio.
- Cuando el nivel del reservorio supere la mitad de su capacidad, abrir la válvula de salida y comenzar la distribución de agua a la población.
- Verificar el cloro residual del agua en la tubería de salida.

#### **4.6 Reparación de reservorios**

La reparación de reservorios consistente en dos etapas:

En primer lugar, reparar las fugas y rajaduras existentes, impermeabilizándolos con una mezcla de cemento, arena y aditivos apropiados. Esperar el tiempo adecuado para el fraguado completo de la mezcla.

Enseguida, pintar las superficies interiores del reservorio con una mezcla preparada a base de agua con cemento o cal (mezcla que comúnmente se conoce con el nombre de lechada). Si se aplica una segunda mano, esperar que la primera mano este haya secado completamente.

#### **4.7 Reemplazo de accesorios**

Para reemplazar válvulas, codos, Tes y otros accesorios, que se ubiquen en las líneas de subida y bajada del reservorio, proceder de la siguiente manera:

- Abrir la válvula de by-pass completamente.
- Cerrar lentamente las dos válvulas en la línea principal.
- Abrir la pieza a desinstalar y retirarla
- Reemplazar el accesorio defectuoso.
- Normalizar el ingreso de agua al reservorio.
- Verificar la hermeticidad del accesorio instalado.

#### **4.8 Mantenimiento de válvulas**

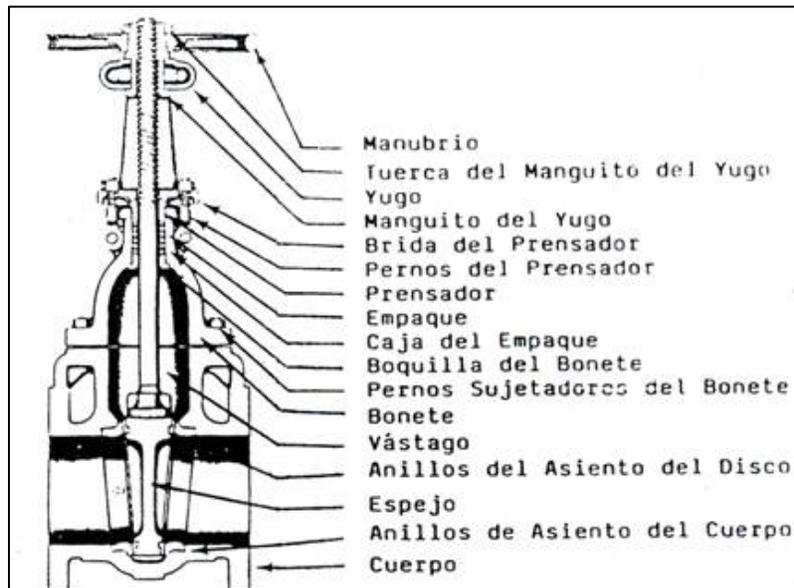
##### **4.8.1 Partes de una válvula**

En la figura 3, se muestra las partes que componen una válvula de compuerta. Para evitar que estas compuertas se deterioren rápidamente se debe seguir las siguientes recomendaciones:

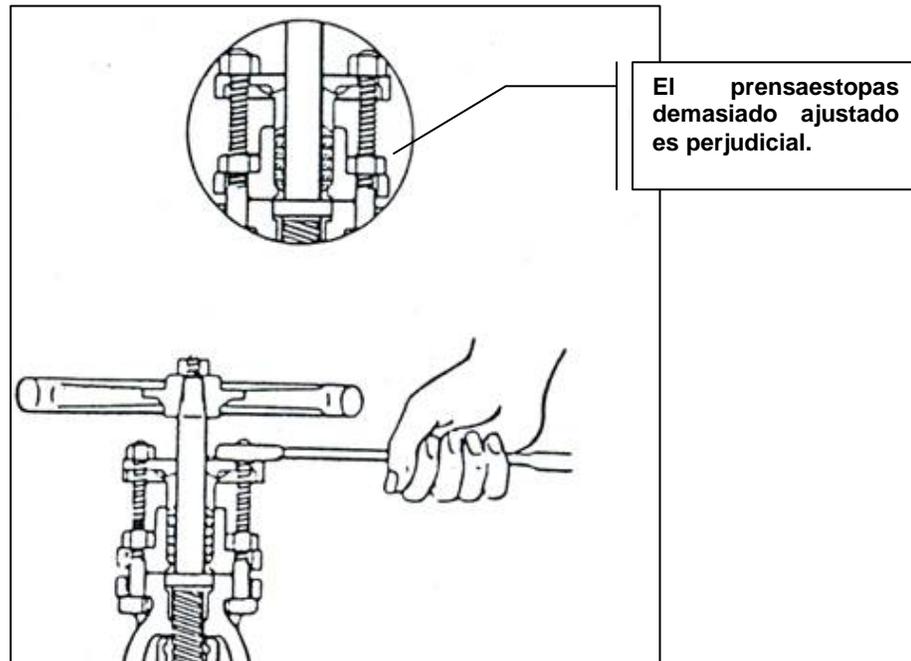
- Se deben utilizar solo para abrir o cerrar totalmente el flujo del agua.
- Estas válvulas no son adecuadas para estrangular el flujo o para realizar operaciones frecuentes, por tanto, evitar este tipo de trabajos con la válvula.
- Las uniones entre las tuberías y válvulas pueden ser roscadas o bridadas, en ambos casos se debe evitar esfuerzos en las bridas o roscas manteniéndolas siempre alineadas.

##### **4.8.2 Cambio del empaque del vástago**

- Aflojar el prensa estopa
- Colocar el nuevo empaque y lubricar el vástago
- Ajustar el prensaestopas de modo parejo y con algo de exceso.
- Después de varias vueltas del vástago, aflojar ligeramente el prensaestopas (véase figura 4).

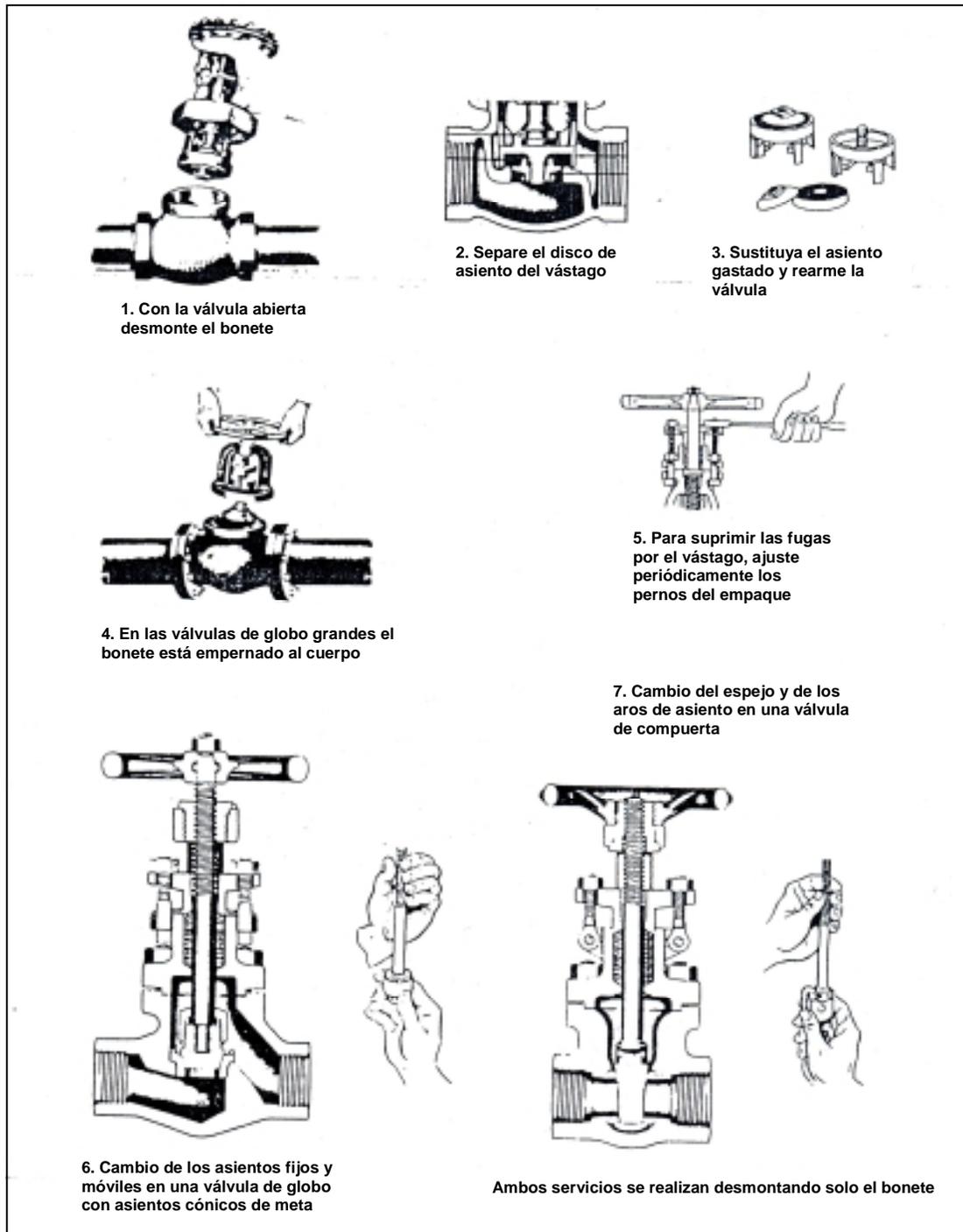


**Figura 3. Válvula de compuerta**



**Figura 4. Cambio del empaque del vástago de una válvula.**

### 4.8.3 Cambio del disco de asiento en una válvula de globo



## **5. Operación y mantenimiento de estaciones de bombeo**

### **5.1 Descripción**

Una estación de bombeo tiene la función de elevar el agua desde una cisterna o un pozo hacia un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

Los componentes principales de una estación de bombeo son los siguientes (véase figura 5).

#### **a) Cisterna o pozo**

Sirven como fuente de agua para el equipo de bombeo.

#### **b) Bombas**

Son los equipos que transforman la energía mecánica proporcionada por un motor en energía potencial (altura de agua), logrando así la conducción del líquido desde un nivel inferior (fuente de agua) a otro superior (reservorio). Las más utilizadas en pequeñas instalaciones de agua son de dos tipos: centrifugas de eje horizontal y de turbina de eje vertical.

#### **c) Motor**

Son las máquinas que proporcionan energía a las bombas, cuyas características son de acuerdo al tipo de bomba a la cual van acopladas. La fuente de energía para los motores pueden ser eléctrica o de combustión.

#### **d) Caseta de bombeo**

Casa que alberga al equipo de bombeo y al conjunto de tuberías que van conectadas a ellos. También sirve de alojamiento a tableros eléctricos, grupos electrógenos (si hubiesen), personal de operación, etc.,

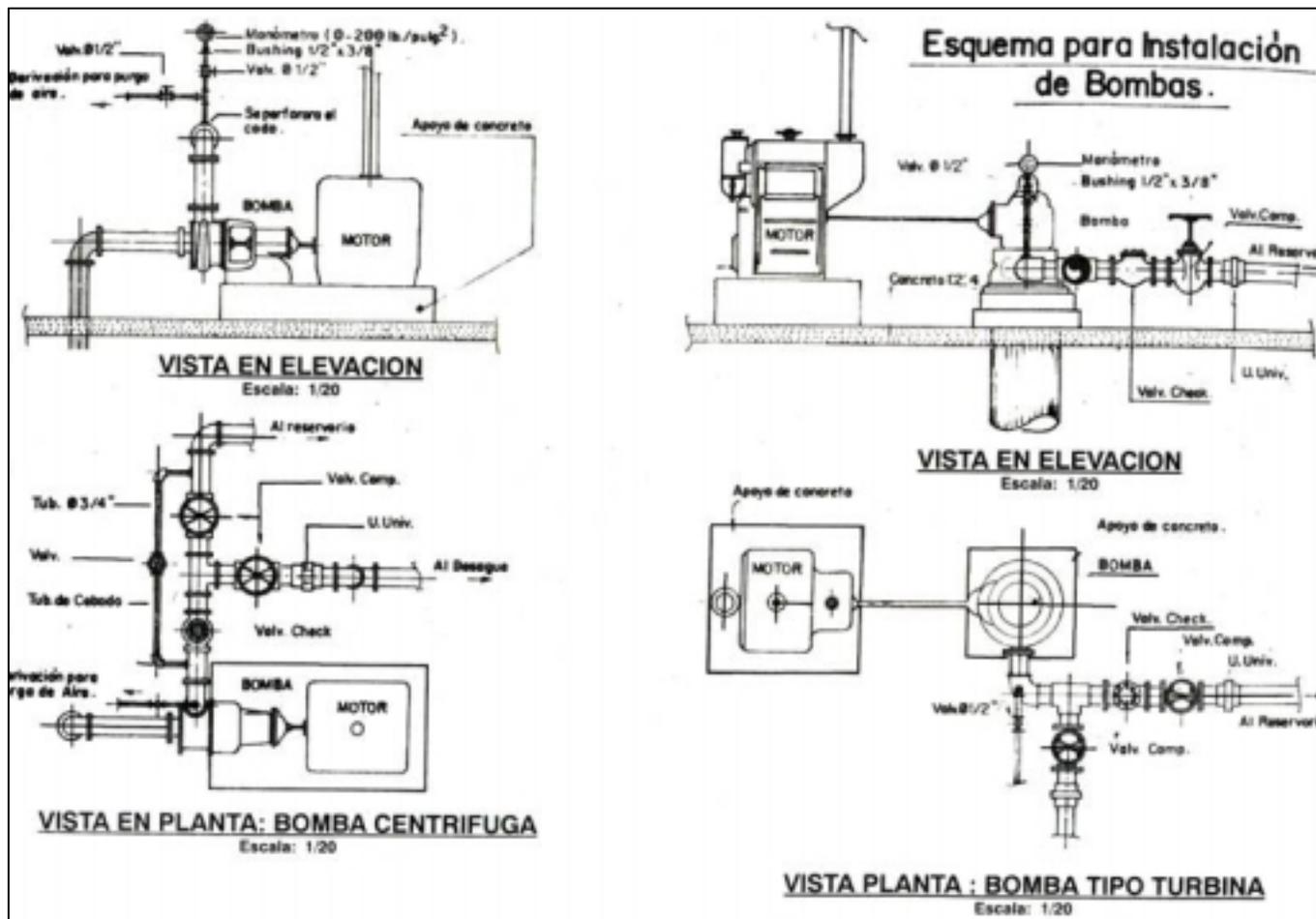


Figura 5. Sistemas de bombeo de agua potable

## 5.2 *Bombas centrífugas de eje horizontal*

### 5.2.1 *Puesta en marcha, operación y parada*

#### ✓ Trabajos previos

Antes del arranque de la bomba se deberá verificar lo siguiente:

- a) El acoplamiento bomba-motor debe estar perfectamente alineado, lo cual se comprueba al girar con la mano el eje de la bomba, si el giro es fácil la instalación es correcta.
- b) La conexión de las tuberías deben encontrarse en buen estado.
- c) Los depósitos de lubricación deben estar llenos de aceite, si los cojinetes del equipo son lubricados con este líquido; si son lubricados con grasa, deben revisarse las graseras y lubricarlas adecuadamente.
- d) El collarín de la caja de estopas debe estar ajustado uniforme y suavemente, de lo contrario se puede dañar el motor por recalentamiento del mismo.
- e) Llenar manualmente con agua la bomba y la tubería de succión. No debe producirse pérdida del líquido llenado a través de la válvula de pie, en el extremo de la tubería de succión, de lo contrario la instalación esta mal hecha y debe ser mejorada.
- f) El sentido de rotación de la bomba debe ser en la dirección que indica la flecha de la misma, lo cual se comprueba conectado la bomba y desconectándola rápidamente.

#### ✓ Arranque

La bomba sólo puede conectarse cuando está cerrada la válvula de interrupción del lado de la descarga. Se abre lentamente cuando la bomba ha alcanzado su velocidad máxima y finalmente se ajusta a la posición de operación correcta. Esto es válido sólo para bombas centrífugas.

#### ✓ Parada

Antes de parar el motor que impulsa a la bomba, la válvula de descarga deberá graduarse a la misma posición que tenía al momento del arranque, de tal manera que la bomba tome el mínimo posible de potencia, lo que tiene por objeto ondas de choque en el sistema de tuberías.

#### ✓ Supervisión del funcionamiento

Durante la operación de la bomba se debe poner atención a los siguientes aspectos:

- a) La bomba debe funcionar suavemente y sin vibración.
- b) Debe vigilarse el nivel de agua en los tanques de succión y entrada, y la presión en el lado de la succión de la bomba.

- c) La carga del equipo, representada por la presión de la bomba o el consumo de energía del motor, debe compararse con los datos señalados en las placas indicadoras.
- d) Si hay bombas de reserva, éstas deberán cambiarse semanalmente para que no interfieran con el buen funcionamiento.
- e) En las bombas con conexión de agua de refrigeración para el prensaestopas hay que observar la libre salida del agua del refrigerante. Es admisible una diferencia de temperatura de 10 °C entre la entrada y salida del agua.
- f) Verificar el nivel de aceite en el recipiente de lubricación. Si se encuentra en el límite inferior, rellenarlo con aceite lubricante. Después de 2000 horas de funcionamiento de la bomba, se debe limpiar los cojinetes y el recipiente de lubricación, y cambiarse el aceite.
- g) Es importante observar la caja de estopas, especialmente durante la fase de asentamiento del motor.

#### 5.2.2 *Mantenimiento preventivo*

Considerar lo especificado en la tabla 2.

#### 5.2.3 *Mantenimiento correctivo*

Considerar lo especificado en la tabla 3.

**Tabla 2. Mantenimiento preventivo de bomba centrifugas de eje horizontal**

| <b>Periodos de Mantenimiento</b> | <b>Trabajo para realizar</b>   | <b>Materiales y repuestos indispensables</b>   |
|----------------------------------|--|--|
| 1 día                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reporte de presiones de descarga.</li> <li>➤ Chequeo de prensaestopa y ajuste.</li> <li>➤ Control externo y lubricación de cojinetes y rodamientos por aceite y grasa según el tipo.</li> <li>➤ Reporte de vibraciones o estabilidad en el funcionamiento del equipo, y de condiciones generales de trabajo.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aceite</li> <li>➤ Grasa</li> <li>➤ Empaquetadura de prensaestopa</li> <li>➤ Formularios</li> </ul>  |
| 4 meses                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cambio de grasa de los rodamientos si fueren lubricados por grasa sin desmontaje, expulsando por presión de un engrasador tipo dé pistola toda la grasa antigua.</li> <li>➤ Cambio de aceite de los rodamientos si fueren lubricados por aceite, drenando el aceite usado y llenando nuevamente.</li> <li>➤ Alineamiento de la unidad bomba motor y ajuste de los pernos de anclaje.</li> <li>➤ Chequeo de prensaestopa y cambio de empaquetadura si fue re necesario.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aceite</li> <li>➤ Grasa</li> <li>➤ Empaquetadura de prensaestopa</li> <li>➤ Láminas (calzas) para nivelación</li> <li>➤ Pernos de repuesto</li> </ul>   |
| 1 año                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desmontaje completo de la bomba.</li> <li>➤ Lavado y limpieza completa de todas las partes.</li> <li>➤ Chequeo del alineamiento y desgaste del eje y reparaciones o cambio si fuere necesario.</li> <li>➤ Chequeo de impulsor es, bujes, rodamientos, anillos, empaques, y demás elementos sujetos a desgaste, reparaciones o cambios de las partes dañadas si fuere necesario.</li> <li>➤ Montaje, alineamiento y prueba completa de la unidad.</li> <li>➤ Pintura.</li> <li>➤ Control de válvulas y reparaciones si fueren necesarias.</li> <li>➤ Chequeo de las condiciones técnicas de trabajo del equipo en relación con su diseño y características.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ejes</li> <li>➤ Solventes</li> <li>➤ Pintura</li> <li>➤ Impulsores</li> <li>➤ Difusores</li> <li>➤ Bujes</li> <li>➤ Anillos</li> <li>➤ Rodamientos</li> <li>➤ Empaques</li> <li>➤ Aceite</li> <li>➤ Pines</li> <li>➤ Grasa</li> <li>➤ Empaque de prensaestopa</li> <li>➤ Láminas (calzas) para nivelación</li> <li>➤ Barniz</li> <li>➤ Pernos de repuestos y tuercas</li> <li>➤ Empaques de válvulas</li> <li>➤ Compuertas de válvula</li> <li>➤ Pasadores y compuertas para válvula</li> </ul> |

Fuente: Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

**Tabla 3. Mantenimiento correctivo, causas de fallas y eliminación de las mismas**

| <b>Problema</b>                                    | <b>Causa probable</b>   | <b>Solución</b>  |
|--|---|--|
| Caudal de impulsión de la bomba demasiado reducido | Contrapresión demasiado alta.   | Aumentar la velocidad de giro. Si esto no fuera posible con el accionamiento eléctrico, es necesario el montaje de un impulsor mayor o de una bomba más grande.  |
|  | La bomba no está suficientemente llena.   | Volver a llenar la bomba y las tuberías, y evacuar el aire cuidadosamente.   |
|  | Formación de bolsas de aire en las tuberías.  | Modificar las tuberías y, si es necesario, montar válvulas de aireación.   |
|  | Altura de carga demasiado pequeña (cuando se trabaja con carga).  | Inspeccionar el nivel de agua en el depósito de carga y ver si existen resistencias demasiado grandes. Las válvulas de cierre en la tubería de carga deberán controlarse para ver si están completamente abiertas; si fuese necesario se colocarán dispositivos de bloqueo que impidan su cierre indebido.   |
|  | Altura de aspiración excesiva cuando se trabaja con aspiración.   | Limpiar la canastilla y la tubería de aspiración, ampliar, si fuese necesario, el diámetro de la tubería de aspiración. Examinar la válvula de pie para ver si está completamente abierta. Inspeccionar el nivel del agua en el pozo.  |
|  | Aspiración de aire por el prensaestopas.  | Aumentar la presión del líquido de cierre; controlar el orificio de paso del líquido de cierre para ver si está obstruido. Si fuese necesario se introducirá líquido de cierre del exterior.   |
|  | Dirección de giro cambiada.   | Cambiar las fases del motor eléctrico. Si la bomba ya ha funcionado con la dirección de giro cambiado, se controlará el asiento correcto de la tuerca del impulsor y, si fuese necesario, se apretará.   |
|  | Número de revoluciones demasiado bajo.  | Si con número de revoluciones máximo la bomba no suministra el caudal necesario podría bastar con el montaje de un impulsor mayor. En caso contrario hay que cambiar la bomba por otra de más potencia. Cuando el accionamiento es mediante motor de combustión es posible regular el número de revoluciones dentro de ciertos límites por medio de la regulación del combustible.<br><br>Cuando el accionamiento es por correa, el número bajo de revoluciones puede ser debido a que resbalan las correas. Tensar la correa. Si fuera necesario deberá emplearse otra polea. |
| Fuerte desgaste de las piezas interiores           | Abrir la bomba, controlar los juegos de las piezas sometidas a desgaste (anillos de junta e impulsor); en caso dado recambiar las piezas. |  |
| Sobrecarga de la maquina de accionamiento          | La contrapresión de la bomba es menor que lo que se indicaba en los datos del pedido  | Regular la válvula de cierre de la tubería de impulsión en la medida que sea necesaria para conseguir que la presión en la boca de impulsión de la bomba sea igual al valor que se indica en el  |

| <b>Problema</b>                                   | <b>Causa probable</b>   | <b>Solución</b>  |
|---|---|--|
|   |   | pedido. Si la sobrecarga aparece constantemente, hay que rebajar el impulsor, después de haber calculado lo necesario.   |
| Presión excesiva de la bomba                      | El número de revoluciones es demasiado alto   | Controlar exactamente la velocidad de giro. Si no es posible una reducción, es preciso rebajar el impulsor. Deberá siempre efectuarse cálculos previos.  |
| La cámara de agua de refrigeración no cierra bien | Los tornillos de fijación de la carcasa en espiral o la tapa de la bomba no están bien apretados                          | Parar la bomba, dejarla sin presión y después de enfriarse apretar los tornillos firmemente. Controlar la junta.   |
|   | Los tornillos de fijación de la tapa del agua de refrigeración no están suficientemente apretados.                        | Desmontar la bomba de la silla soporte. Apretar firmemente los tornillos de la tapa del agua de refrigeración; para más seguridad se controlará la junta que está entre la tapa del agua de refrigeración. |
| El prensaestopas no cierra bien                   | La empaquetadura está desgastada, no es apropiada o está mal montada.   | Empaquetar el prensaestopas de nuevo, empléese la empaquetadura apropiada.   |
|   | El eje o casquillo protector tiene estrías producidas por el apretado excesivo o torcido del casquillo del prensaestopas. | Hay que rectificar el eje o bien el casquillo protector del eje o recambiarlos.  |
|   | La marcha de la bomba es intranquila, da golpes.  | Si la marcha del eje es intranquila no haya la larga prensaestopas que cierre bien. Controlar el centrado del eje.   |
| Temperatura elevada de los cojinetes              | El grupo está mal alineado.   | Controlar la alineación en el acoplamiento.  |
|   | La tubería produce tensiones.   | Se realizará una conexión sin tensión de la tubería, cambiando el trazado. Corregir la alineación del grupo.   |
|   | Aumento del empuje axial a causa del entaponamiento de los conductos de compensación o desgaste de los anillos de junta.  | Limpiar los conductos de compensación.<br>Recambiar los anillos de junta.  |
|   | No se ha dejado la distancia necesaria para el acoplamiento (el motor empuja).  | Corregir la distancia en el acoplamiento (las medidas están indicadas en el plano de fundación).   |
|   | Poco aceite o aceite malo.  | Corregir el nivel del aceite. Cambiar si es necesario  |
| La bomba se ha congelad                           | La bomba no está protegida contra el frío.  | Proteger la bomba contra las heladas. En caso necesario vaciar la bomba completamente después de pararla. A tal objeto se abrirá el tapón de vaciado situado en el punto más bajo de la carcasa espiral.   |

Nota: Adaptado de Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

### **5.3 Bombas de turbina de eje vertical**

#### **5.3.1 Puesta en marcha de motores verticales con eje sólido o hueco**

- a) Tanto el motor como la bomba deberán lubricarse correctamente antes de ponerlo en servicio.
- b) Se realizará las conexiones eléctricas finales entre el motor y el suministro, asegurándose de que se han realizado tal como se marcaron previamente para obtener la rotación correcta.
- c) Si se recalentara demasiado el motor bajo carga, comprobar el suministro de electricidad para ver si tiene un voltaje bajo continuo. Si este es el caso, notifique inmediatamente a la compañía para que se corrija el voltaje.
- d) El calentamiento del motor puede deberse también a carga excesiva provocada por un ajuste deficiente de los impelentes. Revise el ajuste de los impelentes tal como se describió en las instrucciones dadas para la instalación de la bomba.
- e) Se deberá verificar que el suministro eléctrico (voltaje, frecuencia) coincide con lo indicado en la placa del motor.
- f) Se deberá retirar todo residuo de construcción de la estación de bombeo.
- g) Los controles de nivel han sido ubicados correctamente. El control de nivel mínimo debe apagar el equipo evitando el ingreso de aire por formación de vórtices en la superficie del líquido.

#### **5.3.2 Arranque**

Se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Nunca arranque la bomba contra la descarga cerrada.
- Arranque la bomba con la opción “Manual” en el tablero.
- Tome el amperaje de cada fase y compárelos con lo indicado en la placa del motor.
- Si el amperaje es mayor en 5% al indicado en placa detenga la unidad y verifique las probables causas de acuerdo a la tabla de “Problemas de Operación”.
- Si todo esta correcto haga funcionar su equipo con la opción “Automático” del tablero de arranque. Compruebe en un ciclo de bombeo que los controles de nivel funcionan de acuerdo a los niveles previstos.
- Operar la bomba continuamente a la izquierda de la menor eficiencia indicada en su curva de operación (caudal reducido y alta presión) origina una reducción de la vida de los rodamientos y desgaste acelerado de los componentes de la bomba cuando se bombean fluidos abrasivos

#### **5.3.3 Las conexiones eléctricas**

Se deberá considerar las siguientes recomendaciones al momento de realizar las conexiones eléctricas:

- Todos los cables eléctricos deberán de estar de acuerdo al código local y solamente electricistas competentes pueden hacer las instalaciones. Los diagramas de cableado están pegados en el interior del panel.
- Todos los cables deben ser examinados por conexiones a tierra con un ohmiómetro o megóhmetro después de realizar las conexiones. Esto es importante porque un cable de tierra puede ocasionar problemas considerables.
- Asegúrese que los cables sensores de calor estén conectados en serie con una bobina de inicio.
- Si se utiliza una unidad defectuosa de sello, proceda como se muestra en el sistema defectuoso de sello. Si la unidad defectuosa de sello no es empleada, los dos cables fallados de sello deben dejarse abiertos. No conecte la energía a estas líneas en ningún momento.

*5.3.4 Fallas que pueden presentarse en el funcionamiento de una bomba de eje vertical*

Considerar lo especificado en la tabla 4.

*5.3.5 Mantenimiento preventivo*

Considerar lo especificado en la tabla 5.

*5.3.6 Mantenimiento correctivo*

Considerar lo especificado en las tablas de la 6 a la 9.

**Tabla 4. Fallas que pueden presentarse en el funcionamiento de una bomba de eje vertical.**

| Falla                                 | Causa   |
|---------------------------------------|---|
| La bomba no suministra agua           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tubería de succión interrumpida.</li> <li>➤ Nivel del agua bajo la canastilla de succión.</li> <li>➤ Válvula de pie (si la hay) atascada.</li> <li>➤ Colador atorado.</li> <li>➤ Impulsor(es) atorado(s).</li> <li>➤ Rotación invertida.</li> <li>➤ Eje de transmisión roto o desenroscado.</li> <li>➤ Impulsores sueltos.</li> <li>➤ Tazones y/o tuberías de descarga llenos de aire.</li> <li>➤ Válvula de descarga cerrada.</li> <li>➤ Motor propulsor parado</li> </ul>  |
| La bomba entrega presión insuficiente | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rotación incorrecta</li> <li>➤ Pérdida a través de las bridas de los tazones</li> <li>➤ Ajuste incorrecto de los impulsores.</li> <li>➤ Aire atrapado dentro del cuerpo de la bomba</li> <li>➤ Impulsores parcialmente atascados, impulsores flojos, Impulsores incorrectamente ajustados</li> <li>➤ Anillo de asiento gastado</li> <li>➤ Baja velocidad de rotación</li> </ul>  |
| Capacidad insuficiente                | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impelentes desgastados</li> <li>➤ Baja velocidad de rotación</li> <li>➤ Impulsores ajustados incorrectamente, impulsores flojos</li> <li>➤ Impulsores o directrices de los tazones parcialmente atorados</li> <li>➤ Pérdidas en las juntas</li> <li>➤ Tubería de succión y/o colador atorados.</li> <li>➤ Válvula de pie (si la hay) estrangulada</li> <li>➤ Bajo nivel de agua en la succión</li> <li>➤ Rotación incorrecta</li> <li>➤ Sumergencia insuficiente, N.P.S.H. insuficiente</li> <li>➤ Ajuste incorrecto de los impelentes</li> <li>➤ Capacidad de la bomba menor que la de diseño</li> </ul>  |
| La bomba consume mayor potencia       | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Velocidad muy alta</li> <li>➤ Ajuste inapropiado de los impelentes</li> <li>➤ Anillo de asiento ajustado</li> <li>➤ Impulsores desalineados, acoplamiento desalineado</li> <li>➤ El agua arrastra arena, sedimentos o materias extrañas</li> <li>➤ Aceite lubricante demasiado denso</li> <li>➤ Ejes torcidos o desalineados</li> <li>➤ Chumaceras muy ajustadas</li> <li>➤ Empaquetaduras del sello mecánico muy ajustadas</li> <li>➤ Altura de descarga menor que la de diseño</li> <li>➤ Gravedad específica del agua mayor que la de diseño</li> </ul>   |
| Vibraciones                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rotar del motor eléctrico desbalanceado dinámicamente</li> <li>➤ Impulsores desalineados</li> <li>➤ Chumaceras del motor desgastadas o armadas inapropiadamente</li> <li>➤ Mal alineamiento entre la bomba, la linterna, la tubería de descarga y los tazones</li> <li>➤ Tubería de descarga haciendo presión o desalineada con la bomba</li> <li>➤ Ejes doblados y chumaceras de la columna desgastadas</li> <li>➤ Montaje inapropiado de los impulsores</li> <li>➤ Impelentes atorados parcialmente</li> <li>➤ Resonancia por acoplamiento a la frecuencia de operación</li> <li>➤ Cavitación y Formación de remolinos (VORTEX) en la succión</li> </ul> |
| Ruido anormal                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Motor ruidoso</li> <li>➤ Chumacera del motor y/o de la bomba sin lubricación</li> <li>➤ Ejes rotos</li> <li>➤ Soporte de la chumacera en la columna rota</li> <li>➤ Impulsores rozando con los tazones.</li> <li>➤ Cavitación producida por baja sumergencia del tubo de aspiración</li> <li>➤ Materiales extraños en la bomba</li> <li>➤ Excesiva velocidad del agua dentro de las tuberías</li> <li>➤ Bomba operando por encima de su capacidad de diseño</li> </ul>   |

Fuente: Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

**Tabla 5. Labores de mantenimiento preventivo de una bomba turbina de eje vertical.**

| <b>Período de mantenimiento</b> | <b>Ejecutante</b>  | <b>Tarea a realizar</b>  |
|---------------------------------|--------------------|--|
| En cada turno                   | Operador           | Ajuste del prensaestopas. Debe gotear ligeramente.<br><br>Realizar y anotar las lecturas de todos los instrumentos instalados.   |
| Cada mes                        | Operador de planta | Además de lo anterior; con ejes lubricados por aceite: Comprobar el nivel del lubricante y si las válvulas de solenoide y de goteo permiten la lubricación adecuada.<br><br>Observar si se producen vibraciones o ruidos extraños. |
| Cada tres meses                 | Operador de planta | Además de lo anterior: comprobar las RPM de la bomba.<br><br>Revisar los niveles: estático y dinámico del pozo   |
| Cada seis meses                 | Operador de planta | Chequear el alineamiento bomba-motor.<br><br>Revisión completa del prensaestopa.<br><br>Comprobar el caudal de la bomba.   |
| Cada año y medio                | Brigada de bombas  | Extraer la bomba del pozo para revisión total del equipo.  |

Fuente: Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

**Tabla 6. Labores de mantenimiento correctivo de una bomba de turbina de eje vertical.**

| <b>Componente</b> | <b>Anomalia</b>   | <b>Causa</b>  | <b>Solución</b>   |
|-------------------|---|---|---|
| IMPULSORES        | Desgaste a la salida de los aros o vanos  | Abrasión  | Reemplazar el impulsor. Cuando el desgaste es excesivo sustituirlo por un impulsor de material más duro o revestirlo con una capa protectora. |
|                   | Picaduras a la entrada de los impulsores  | Cavitación  | Corregir las condiciones de bombeo o mejorar el material a fin de prolongar su duración.  |
|                   | Picaduras en los impulsores o en los tazones                                    | Corrosion y/o erosion   | Compárese el costo de diferentes materiales contra la frecuencia de su reemplazo.   |
|                   | Desgaste en la falda de los impulsores y/o en el área de sellado de los anillos | Acción abrasiva o desgaste excesivo en la falda de los impulsores debido a rozamientos mecánicos.   | Instalar chumaceras nuevas y anillos de desgaste. Mejorar el material.  |
|                   |   | Impulsores regulados muy abajo.   | Ajustar los impulsores correctamente  |
|                   | Desgaste en el sello del impulsor   | Ajuste inapropiado del impulsor.  | Instálese anillo de sello tipo "L".   |
|                   |   | Impulsor roza con el sello.   | Ajústese la posición del impulsor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.  |
|                   | Impulsor flojo en el eje  | Sobre presiones que causan golpes repetidos en la línea de succión o descarga   | Rellenar los impulsores. Si están montados sobre bocinas modificar la posición del chavetero.   |
|                   |   | Materiales extraños que atascan los impulsores pudiendo llegar a romper el eje o disparar los relés de sobrecarga antes de aflojar los impulsores | Retirar o limpiar el atascamiento.  |
|                   |   | Diferente expansión debido a la temperatura   | Si están montados sobre bocina considerar modificar la posición del chavetero. Evitar cambios repentinos de temperatura.                      |
|                   |   | Partes maquinadas y/o ensambladas inapropiadamente  | Rectificar las partes y si es necesario rellenarlas.  |
|                   |   | Cargas de duración en bombas sumergibles  | Agregar chaveteros en las bocinas de montaje.   |

**Tabla 7. Labores de mantenimiento correctivo de una bomba de turbina de eje vertical.**

| <b>Componente</b> | <b>Anomalía</b>   | <b>Causa</b>  | <b>Solución</b>  |   |
|-------------------|---|---|--|---|
| CHUMACERAS        | Desgaste prematuro de las chumaceras                        | Acción abrasiva   | Modifíquese el sistema de lubricación por agua limpia, o con grasa a presión o por aceite.   |   |
|                   | Chumaceras flojas o que raspan con el eje                   | Funcionamiento en seco sin lubricación                            | Comprobar la lubricación, ver si la succión está atorada o hay evidencia de que ésta se reduzca de manera intermitente.  |   |
|                   | Fallas en las chumaceras o Chumaceras flojas                | Generación de temperatura alta                                    | Compruébense las tolerancias dadas por el fabricante con respecto a los límites de temperatura para las chumaceras.  |   |
|                   | Desgaste excesivo del eje debajo de las chumaceras de jebe. | Chumaceras de jebe hinchadas por solventes o por alta temperatura | Cambiar el material de las chumaceras.   |   |
|                   | Desgaste desigual en las chumaceras pero uniforme en el eje | Desalineamiento en las partes giratorias de la bomba              | Revisar las conexiones de montaje en la tubería de descarga, suciedad entre las uniones de la columna. Corregir el desalineamiento, reemplazar las chumaceras o reemplazar el eje. |   |
|                   | Desgaste uniforme en el eje y las chumaceras                | Acción abrasiva   | Reemplazar las partes desgastadas. Probar cambiando materiales de lubricación.   |   |
|                   | Desgaste uniforme en las chumaceras y desigual en el eje    | Eje girando fuera de sitio debido a torceduras                    |  | Enderezar el eje o reemplazarlo.  |
|                   |   | Eje no ajustado a su cople.                                       |  | Ajustar el cople correctamente.   |
|                   |   | Suciedad o grasa entre ejes.                                      |  | Limpiar y evitar el ingreso de suciedad                                   |
|                   |   | Terminales del eje no están refrendados correctamente             |  | Refrendar los extremos del eje y ajustarlos para que queden concéntricos. |

Fuente: Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

**Tabla 8. Labores de mantenimiento correctivo de una bomba de turbina de eje vertical.**

| <b>Componente</b>       | <b>Anomalia</b>                | <b>Causa</b>  | <b>Solución</b>   |
|-------------------------|--------------------------------|---|---|
| EJES Y<br>ACOPLAMIENTOS | Ejes torcidos                  | Mal acarreo en el tránsito o descuido durante el montaje.                           | Compruébese su rectitud, en todo caso, corrija si es que pasa de 15 milésimos o reemplácese.                                  |
|                         | Acoplamiento desenroscado      | Motor arrancado con rotación inversa.   | Invertir la rotación (los ejes pueden haberse torcido). Comprobar los ejes y sus acoplamientos.                               |
|                         | Acoplamiento del eje alargado. | Motor arrancado mientras la bomba gira al revés                                     | Posibles fallas en la válvula de retención. Falla momentánea en el suministro eléctrico, o intervalo de arranque inapropiado. |
|                         |                                | Corrosión   | Reemplazar el cople.  |
|                         |                                | Fatiga ocasionada por la llave de tubo en uniones usadas                            | Reemplazar el cople.  |
|                         |                                | Puesta en operación de ejes cuyos extremos no han sido previamente ajustado a tope. | Revisar los extremos rascados del eje y ajustarlos en el cople.   |
|                         | Ejes o acoplamientos rotos     | Pueden ser causados por las mismas razones mencionadas en la anomalía anterior      | Ver el caso anterior.   |
|                         |                                | Chumaceras desgastadas debido a fallas de lubricación                               | Ver chumaceras desgastadas.   |
|                         |                                | Sustancias extrañas bloqueando los impulsores o raspando los anillos.               | Colocar coladores en la succión.  |
|                         |                                | Fatiga del metal debido a vibraciones   | Corregir el alineamiento de las partes rotativas para eliminar la vibración.  |
|                         |                                | Impulsores mal ajustados que se traban con los tazones.                             | Regular el ajuste de los impulsores.  |

Fuente: Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

**Tabla 9. Labores de mantenimiento correctivo de una bomba de turbina de eje vertical.**

| <b>Componente</b> | <b>Anomalia</b>                               | <b>Causa</b> | <b>Solución</b>  |
|-------------------|---|--------------|--|
| TAZONES           | Desgaste en los vanos del tazón               | Abrasión     | Revestir los vanos con capa de material más resistente a la abrasión. Usar material de mejor calidad.  |
|                   | Desgaste en los vanos de succión tipo campana | Cavitación   | Corregir las condiciones de la succión o emplear material de mejor calidad para prolongar su duración. |

**Fuente:** Estaciones de bombeo, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua, Antonio Ferreccio.

#### **5.4 Operación de las estaciones de bombeo**

##### **5.4.1 Criterios de operación**

- Eficiencia y seguridad en las operaciones.
- Operación de equipos e instalaciones con miras a la prolongación de su vida útil. Empleo racional de la capacidad instalada.
- Obtener información constante sobre el comportamiento de las instalaciones de manera que se pueda evaluar la operación y sus resultados para el control de la misma.

##### **5.4.2 Controles**

Para este efecto se necesita controlar los siguientes parámetros:

- Supervisar el funcionamiento de los equipos y elementos instalados en la estación, tableros eléctricos, accesorios mecánicos e hidráulicos.
- Mantener en funcionamiento los equipos, de acuerdo a las necesidades.
- Llevar un control de la operación, indicando por lo menos:
  - o Número de equipos trabajando y horarios.
  - o Hora de arranque.
  - o Hora de parada.
  - o Voltaje.
  - o Amperaje.
- Mantener limpia y en orden todas las estructuras componentes de la estación.
- Cuidar la seguridad de los equipos ubicados en la estación.
- Reportar inmediatamente al profesional responsable cualquier situación extraordinaria que se pudiera presentar.
- Estado general de los componentes de la estación.
- Consumo de energía eléctrica y combustible.
- Tiempo de funcionamiento de las bombas.
- Niveles de operación.

### 5.4.3 Reportes del control

Los buenos resultados de la operación de las instalaciones y equipos se realizan teniendo en cuenta y evaluando lo siguiente:

- Ejecutar las actividades técnicas de acuerdo a los manuales específicos (de parte del proveedor).
- Suministro de datos e informaciones operacionales.
- Evaluación de indicadores de gestión.
- Acciones para el mejoramiento del servicio.

La información que se deberá tener en cuenta en el control de la operación de las estaciones de bombeo son:

| COMPONENTE SISTEMA    | INFORMACIÓN                                   | INSTRUMENTO | FRECUENCIA | RESPONSABLE          |
|-----------------------|---|-------------|------------|----------------------|
| ESTACIÓN<br>DE BOMBEO | Estado General de las Instalaciones y Equipos | Observación | Diario     | Inspector y Operador |
|                       | Consumo de energía eléctrica y combustibles   | Medidor     | Hora       | Operador             |
|                       | Tiempos de funcionamiento                     | Medidor     | Hora       | Operador             |
|                       | Niveles de operación                          | Medidor     | Hora       | Operador             |
|                       | Evaluación                                    | Observación | Mensual    | Inspector            |

## 5.5 Mantenimiento de la estación de bombeo

El requerimiento específico para el mantenimiento de los equipos electromecánicos y los sistemas de control se encontrarán en el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M) entregado por los proveedores del sistema. Sin embargo, enseguida se darán recomendaciones sobre el mantenimiento a ciertos componentes del sistema, que podría ser implementado por los responsables de la administración del sistema.

Es un requisito indispensable que el personal encargado de estos trabajos, previamente halla recibido capacitación y esté adecuadamente entrenado.

### 5.5.1 Mantenimiento preventivo

La actividad de mantenimiento es en realidad la conservación en buen estado de funcionamiento los equipos e instalaciones en la Estación de Bombeo de Agua.

Equipos, válvulas y accesorios por mantener:

- Compuerta de volante.
- Bombas.
- Tablero eléctrico.
- Válvulas y accesorios.
- Sistema de control de funcionamiento de bombas.

El mantenimiento preventivo se realizará para que las instalaciones y equipos se encuentren en óptimas condiciones y deberán efectuarse con una periodicidad establecida.

Es indispensable tener en cuenta los manuales del proveedor de los equipos y el manual de mantenimiento interno.

El mantenimiento de rutina debe consistir en:

- Una revisión general de los equipos electromecánicos en condiciones operativas, sin abrir ninguna puerta, para verificar el sobrecalentamiento, deformación del tablero, caudal menor que el esperado, presión en la salida de la bomba menor que la esperada.
- Una verificación audible puede revelar una vibración en el relé o contactor, uno donde los contactos están sucios o quemados y requiera reemplazo o limpieza, como corresponda.
- Verificar que todas las lámparas iluminen cuando la prueba de lámparas se opere.
- Con el interruptor desconectado y la puerta abierta, verificar que todas las cubiertas de seguridad están aún en su lugar, que la acción de abrir la puerta ha anulado la energía principal.
- Repetir la primera verificación para calor o evidencias de puntos calientes.
- Verificar que todos los pernos y tuercas de los cables de energía y barras de cobre al interruptor principal, contactores y terminales están ajustados y seguros.
- Las señales de quemado o calor requieren mayor investigación que puede conducir al reemplazo de cables, barras de cobre o contactores.
- Arrancar cada bomba a su turno, verificando la corriente inicial inducida y la corriente de operación. Si la corriente no está dentro de los límites esperados, verificar además por posibles problemas mecánicos.
- Verificar que los caudales y presiones esperados en la estación se obtienen durante los arranques individuales de la bomba.
- Las bombas son seleccionadas para operación manual desde el tablero de control de las bombas y son arrancadas presionando el botón (Arranque) o el reloj de Control de Horario.
- Las bombas que no se requiere que operen se seleccionan para la posición Off. Reestablecer el reloj a su posición si se hubiera hecho cambios.

#### 5.5.2 *Mantenimiento correctivo*

##### ✓ **Reparación de motores**

Antes de manipular las bombas y controles, siempre desconecte primero la energía.

Cuando el servicio de campo es desarrollado para reparar una bomba, deberá seguirse las siguientes instrucciones cuidadosamente.

Si el bobinado del motor es quemado o presenta corto circuito, éste puede ser rebobinado o reemplazado con un estator bobinado de fábrica. Los siguientes pasos deben seguirse para remover y reemplazar el estator:

- Si sólo el estator es dañado, puede que no sea necesario desmantelar totalmente la bomba como el estator y la caja puedan ser levantadas de la bomba sin perjudicar los sellos o rodamientos.
- Drenar todo el aceite de la caja superior, remueva el tapón del drenaje en la parte inferior de la caja del estator y retire el tapón en la parte superior de la caja para permitir el ingreso del aire.
- Después que la estación sea drenada, retire los pernos. Tenga cuidado cuando los retire y desconecte el cable conector con falla en el sello antes de que la caja sea totalmente removida.
- Coloque el ensamblaje en el piso y retire la caja de conexión. Cuando la caja sea levantada, los cables de conexión quedarán expuestos. Estos cables estarán quemados probablemente pero cada cable es etiquetado con un marcador de metal dando su número. Corte los cables. Si los cables conductores de la caja de conexión están quemados, deberá utilizarse una nueva caja de conexión con nuevos cables. Los cables están sellados con una masa selladora y se debe obtener una nueva unidad del proveedor.
- El estator es sostenido en la caja con un anillo enroscado y un tornillo bloqueado en el exterior para prevenir que el estator se mueva.
- Después que el anillo es removido, mueva la caja perpendicularmente y golpee sobre madera dura. Esto sacudirá el estator y lo aflojará permitiendo que drene completamente.
- Limpie minuciosamente la caja antes de reemplazar el nuevo estator. Coloque el estator y haga todas las conexiones en la caja de conexión antes de colocar la caja en la bomba. Esto es importante ya que los cables deben ser pasadas detrás de los bobinados utilizando las manos a través del núcleo del rotor.
- Drene aceite desde la estación. Si el aceite está limpio y no hay agua, los sellos pueden considerarse satisfactorios para su reuso.
- Verifique los rodamientos superiores. Si están limpios y no se vuelven muy toscos, los rodamientos pueden reusarse y no será necesario desmantelar completamente la bomba para cambiarlos. Si los rodamientos están dañados con suciedad o calor, deben ser reemplazados.
- Antes de sustituir la caja del estator, asegúrese de que el tornillo de bloqueo exterior estén en su lugar y que el anillo en forma de O sea utilizado bajo la cabeza del perno. Una filtración aquí puede causar una falla en el motor. Si un nuevo estator ha sido utilizado, será necesario perforar la laminación del estator para aferrar el casquillo para el perno (29/64 diámetro de perforación, 1/2" de profundidad y 1/2-20 UNF, 3/8 de profundidad dentro del estator). Este punto de retención será perforado a través del hueco del perno cuando el estator es empernado en el lugar con el anillo final.

- Reemplace la caja del estator sobre la estación de sello y atornille. Asegúrese que el cable con falla en el sello sea conectado antes que la caja sea ensamblada.
- Asegúrese que los tornillos rebajados han sido aflojados de tal manera que las partes puedan acercarse metal a metal. Asegúrese también que sello del anillo en forma de O haya sido reemplazado. Si el anillo en forma de O está mellado o cortado, sustitúyalo con anillos nuevos. Esto se aplica para anillo en forma de O utilizados en el ensamblaje.
- Después que todos los cables sean reconectados en la caja de conexión haga una prueba en tierra de alto voltaje para cada cable. El único cable que deberá mostrar tierra es el cable de energía verde y el cable de tierra en el cable de control auxiliar.
- Para seguridad, la bomba completa deberá tener un chequeo de aire bajo agua para ver si hay filtraciones.

Si los sellos están en buenas condiciones, rellene la estación de sello con aceite. Coloque la bomba de costado para el llenado de aceite con el orificio hacia arriba. No llene completamente, deje más o menos una pulgada bajo el orificio.

Utilice únicamente un aceite transformador de alto grado o aceite sumergible regular en esta estación. Reemplace el tapón, utilice permatex o cuerdas. Instale la válvula de aire en la abertura del tapón superior de la caja del motor y cargue la caja con más o menos 10 PSI de aire.

Asegúrese que el aire sea seco. No utilice la línea de aire donde el agua pueda ser interceptada en la línea. Sumerja la unidad completa bajo el agua y verifique si hay filtraciones.

#### ✓ **Reemplazo de sellos y rodamientos**

- Drene todo el aceite desde la estación del motor y la estación de sello según lo descrito.
- Remueva la caja del motor según lo descrito.
- Retire los pernos y ajuste la estación de sello a la caja de la bomba. Utilice tornillos rebajados para aflojar. Con un bloque de madera dura, forre el final del impulsor para aflojarlo del eje.
- Levante el ensamblaje de rotación (rotor, eje e impulsor) de la caja de la bomba y colóquelo horizontalmente sobre el piso.
- Remueva el tornillo y el lavador desde el final del eje y luego atornille la cabeza del casquillo de vuelta al eje. Utilizando un destornillador en los lados opuestos atrás del impulsor aplique fuerza y luego atornille en el extremo del perno del casquillo para impedir que el impulsor se afloje del eje ahusado.
- Retire la llave y palanquee en cada lado del hombro del manguito del eje para remover. El sello deberá salir con el manguito. Si el manguito no está libre, déjelo en su lugar y empuje cuando la placa del sello sea removida.

- Para remover la placa del sello, saque los tornillos achatados con cabeza del casquillo y los tornillos comunes en orificios rebajados palanqueando en la placa para que afloje. Esto también forzará la salida del sello si no ha sido ya removido.
- Remueva el anillo de resorte que ajusta el sello superior. Jale el sello si está libre. Si no está suelto, puede ser forzado para salir cuando el eje es removido.
- Remueva los pernos que ajustan la caja del rodamiento al lugar. Coloque el ensamblaje en posición vertical y golpee el extremo final del eje en un bloque de madera dura. Esto empujará el rodamiento desde la caja y forzará al sello superior desde el eje.
- Utilice un arrancador para remover los rodamientos. Reemplace con nuevos rodamientos. Presione únicamente en un anillo interior del rodamiento cuando lo esté cambiando. Presionar el anillo exterior puede dañar el rodamiento. Los rodamientos son en medida estándar y pueden ser obtenidos de alguna tienda de abastecimiento de rodamientos o pueden ser obtenidos en la fábrica proveedora.
- No utilice partes del sello antiguas. Coloque nuevos sellos.
- Limpie minuciosamente todas las fundiciones antes de reemplazar los sellos. Una partícula de suciedad entre las superficies de los sellos puede causar desperfectos.
- Examine todos los anillos en forma de O para mellas antes de usar.
- Asegúrese que la llave esté en su lugar para prevenir que el manguito del eje se mueva.
- Utilice Locktite en la cabeza del casquillo bloqueando el tornillo en el extremo del eje.
- Antes de rellenar la estación con aceite, haga una prueba de aire como se describe anteriormente.
- Rellene ambas estaciones con aceite como se describió anteriormente.
- Siempre compruebe el funcionamiento de ambos cables con alto voltaje o con megóhmetro para tierra antes de operar la bomba.

### 5.5.3 *Equipos de reserva*

Se deben implementar equipos de reserva que son aquellos para cubrir necesidades que ocurren por falla de algún componente del sistema o también para posibilitar el mantenimiento preventivo en las estaciones con la mínima paralización de la operación.

Es por estas consideraciones y con el objeto de minimizar los costos de mantenimiento, se ha estandarizado las instalaciones de equipos y accesorios de las estaciones, de tal forma que un equipo pueda ser sustituido por el de reserva sin adaptaciones que prolonguen los tiempos de intervención y se reduzcan los costos de mantenimiento.

Los equipos prioritarios para componer el parque de reserva en las estaciones de bombeo de agua son:

- Bombas
- Motor eléctrico
- Válvulas (compuerta, check)
- Tableros eléctricos

## **6. Referencias**

- Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua, Ferreccio N. Antonio. Lima, 1985. CEPIS -Programa de Protección de la Salud Ambiental.
- Módulos para capacitación de personal de servicios de abastecimiento de agua en países de desarrollo. GTZ, Cooperación Técnica Republica federal de Alemania. Lima, 1988. CEPIS.
- Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de bombas. HIDROSTAL. Lima, 2000.
- Manual de Hidráulica, J.M de Azevedo Netto y Acosta A. Guillermo. Sao Paulo, 1975. Ed. HARLA.
- Bombas y estaciones elevatorias utilizadas en abastecimiento de agua. Yassuda R. Eduardo et al. Sao Paulo, 1966. Universidad de Sao Paulo.
- Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable y letrinas en el medio rural. Ministerio de Salud, Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental.