

ANEXO 1

Manual de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual está formado por procesos acordes a la realidad de la planta de tratamiento de agua potable de Sigchos.

Dentro de los estudios realizados, se obtuvo la conclusión de que la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Sigchos necesita tener un mejor control, por esta razón se deriva la elaboración del presente Manual de Mantenimiento, entendiéndose este documento como el instrumento de trabajo destinado a proporcionar a los ingenieros, técnicos y trabajadores del área conceptos y guías para el desarrollo de sus actividades en forma correcta.

El contenido del manual presenta en forma simple las definiciones y responsabilidades de operación, mantenimiento preventivo, correctivo y de emergencia.

Para su utilización es necesario señalar que tanto la frecuencia como el tiempo estimado para ejecutar las actividades son flexibles. Se recomienda que en cada caso se ajusten estos parámetros conjuntamente con el operador del sistema.

Estas experiencias permitirán proponer periódicamente cambios y realizar ajustes, pues su contenido es flexible con un carácter dinámico sujeto a permanente actualización.

2. EL AGUA Y SU IMPORTANCIA PARA LA SALUD PÚBLICA

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía.

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y su fórmula química es H_2O . En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente.

La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor. La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsibles de tiempo.

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina. Cada país debe tener una institución que se encargue de dicho control. En Estados Unidos existen parámetros mencionados en la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) que norman en relación a las especificaciones de todo tipo en el agua

potable, en el área microbiológica se toman en cuenta niveles de alerta y niveles de acción.

A pesar del control y prevención que se persigue en muchos países, se reportan aguas contaminadas con coliformes lo que hace que la calidad del agua no sea la deseada, si bien muchos países tienen agua en grandes cantidades, el aumento poblacional, la contaminación de las industrias, el uso excesivo de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas negras y la erosión de suelos por la deforestación hacen que ese recurso sea escaso. Desde el punto de vista de la Salud Pública, se reconoce que las enfermedades transmitidas por el medio ambiente a través del agua actúan en forma muy importante como agentes en los altos índices registrados para la morbilidad y mortalidad infantil, y en general. La amebiasis, la anquilostomiasis, la ascariasis, la fiebre tifoidea, el botulismo, la peste, el cólera, la disentería, la teniasis, la cisticercosis, y otras, son enfermedades transmisibles que aparecen por la falta de un adecuado saneamiento ambiental.

Por eso los sistemas de agua potable y saneamiento ambiental en general, desempeñan un papel fundamental en el campo de la salud pública y en el mejoramiento de la calidad de vida de la población, ya que ayudan a evitar dichas enfermedades y a aprovechar los beneficios del agua.

3. RESPONSABILIDADES EN LAS FASES

Por facilidades de roles y actividades se ha dividido en dos fases el sistema de tratamiento:

- Operación
- Mantenimiento

3.1 Operación

Es el conjunto de acciones que se efectúan con determinada oportunidad y frecuencia, para poner en funcionamiento adecuado un sistema de agua potable.

Estas acciones las realiza el señor encargado del sistema de tratamiento, siguiendo el presente manual y cronograma.

Una responsabilidad importante del señor encargado del sistema es verificar que no existan obstrucciones, roturas, filtraciones; agua estancada, maleza o material orgánica alrededor de las estructuras del sistema que pueden producir contaminación.

El operador contará con un cuaderno de campo, donde anotará todas las novedades encontradas.

3.2 Mantenimiento

Mantenimiento es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para mantenerles en adecuado estado de funcionamiento. Existen tres tipos de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones de conservación que se realizan con frecuencia determinada en las instalaciones y equipos para evitar, en lo posible, que se produzcan daños que pueden ser de difícil y costosa reparación o que se ocasionen interrupciones en el servicio.

Anualmente el departamento de obras públicas de la ciudad de Sigchos preparará una programación para mantenimiento preventivo de todos los sistemas, en colaboración con los trabajadores de dicho departamento, el cronograma bosquejo será el siguiente; se asignaran responsabilidades a cada nivel y se darán las herramientas necesarias. Esta programación contendrá un cronograma de actividades.

El cronograma de actividades lo planificara el Jefe de Obras Públicas junto con los encargados directos del buen funcionamiento o del sistema. Para estos fines se deberá constituir una Junta de Aguas cuyo propósito es monitorear continuamente el desempeño del suministro. Cualquier observación será anotada por el responsable de la ejecución del mantenimiento preventivo y será comunicado al Jefe de Obras Públicas.

El personal responsable de las actividades del mantenimiento preventivo recibirá capacitación inicial seguida de talleres periódicos de actualización. Las acciones de mantenimiento preventivo constan en el presente manual y servirá de consulta permanente.

Mantenimiento correctivo

Consiste en las reparaciones que se ejecutan para corregir cualquier daño que se produzca en el sistema de agua potable y equipos, o en el sistema de alcantarillado rural y que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. Aparte de esto el deterioro normal de los diferentes elementos de los sistemas ocasiona la necesidad de efectuar reparaciones mayores o la reposición de algunas piezas o equipo determinado.

El Municipio de Sigchos a través del departamento de Obras Públicas estará provisto con repuestos, equipos, herramientas, talleres y bodegas, además de personal adiestrado y unidad móvil para mantenimiento correctivo.

En base de los resultados del mantenimiento preventivo, el Jefe de Obras Públicas, identifica las actividades de mantenimiento correctivo que se necesita realizar en los sistemas de agua potable.

Seguidamente, estima los materiales, equipos, entre otros, que serán necesarios y planifica las fechas para su ejecución, con el personal que deba realizar dichas actividades.

Mantenimiento de emergencia

Es aquel que se realiza cuando el sistema o equipos han sufrido daños por causas imprevistas y requieren solución rápida.

Según los daños identificados, el Municipio de Sigchos a través del departamento de Obras Públicas colaborará con las acciones necesarias para efectuar las reparaciones a que hubiere lugar, con el fin de restablecer el servicio normal en el menor tiempo posible. Dependiendo de la magnitud de los daños, podrá requerirse la colaboración de la comunidad.

4. ROL DEL DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS Y DEL ENCARGADO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

A continuación se presenta una síntesis del rol que desempeña tanto el Jefe del Departamento de Obras Públicas de Sigchos como los empleados de dicha área encargados del buen desempeño de la planta de tratamiento.

4.1 Funciones del jefe del departamento de obras públicas

Sus funciones principales son:

- Realizar el estudio básico de la comunidad
- Crear, capacitar y organizar las Juntas Administradoras de Aguas, para tener un apoyo por parte de la misma comunidad, y hacerla interactuar por el bien común.
- Coordinar las actividades de administración, operación y mantenimiento, para lo cual es fundamental su participación en las siguientes actividades:
 - a. Organizar la entrega-recepción del abastecimiento de agua potable.
 - b. Participar en la capacitación a los empleados encargados del sistema de tratamiento de agua potable.
 - c. Coordinar según cronograma, el cumplimiento de las actividades de operación y mantenimiento.
 - d. Recopilar todas las memorias técnicas aplicadas para la construcción del presente sistema de tratamiento. Toda la documentación deberá ser colocada en un solo lugar y clasificada entre bases de estudio y diseños definitivos.
 - e. Ejecutar el Plan de Operación y Mantenimiento de acuerdo a la programación de las visitas calendarizadas a los sistemas asignados para su recorrido.
 - f. Mantener la tarifa mensual de consumo de agua potable, ya que con las variantes solo se esta modificando el sistema y la inversión propuesta no es grande.
 - g. Una vez ya constituida la Junta de Aguas, asesorar en forma permanente a los miembros y a los elementos de apoyo.
- Ejecutar el Plan de Monitoreo de la Calidad de Agua.
- Realizar las actividades de monitoreo de la cuenca del afluente del Río Cristal.
- Supervisar las juntas administradoras de Agua Potable.

4.2 Funciones de los empleados encargados del Sistema de Tratamiento de Agua Potable.

Actualmente, están encargados dos empleados del sistema de tratamiento de agua potable, las deficiencias encontradas en el desempeño y mantenimiento en el sistema, son porque, los señores también tienen actividades conexas en las demás parroquias del

Cantón Sigchos. El presente manual, esta destinado para que una persona dedique todo su tiempo laboral al monitoreo del sistema desde la captación hasta el tanque de cloración. Las funciones principales del en encargado designado serán:

- Operar y mantener correctamente los sistemas de tratamiento. El señor encargado del sistema de tratamiento, conoce el funcionamiento de los procesos a la perfección ya que el estuvo presente en la construcción de cada uno de ellos. La operatibilidad de la planta esta bien manejada, la limpieza y cloración son las que poseen deficiencias. Para controlar si el procesos de capacitación ha sido el adecuado, se recomienda que el encargado así como el co-encargado presenten mensualmente los trabajos efectuados en formularios correspondientes para cada proceso:
 - a. Monitoreo visual del caudal de entrada. Notificar de inmediato al Jefe de Obras Públicas si existe alguna anomalía.
 - b. Monitorear diariamente el cloro residual, con el kit de cloración, dependiendo del valor encontrado, la época del año y/o intensidad de lluvia, se disolverán los 4 o 5 kg en el hipoclorador de 500 l.
 - c. Informar de los problemas existentes.

5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1 Captación

La captación de aguas superficiales, puede efectuarse de lagos, ríos, acequias, entre otros, los problemas se presentan con mayor frecuencia son:

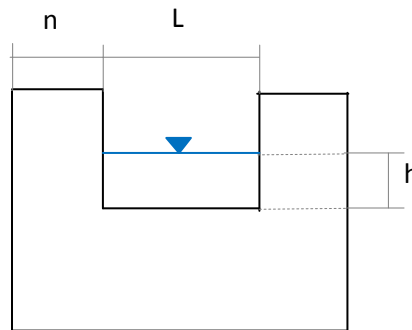
- Aumento violento del cauce, aguas arriba de la captación, después de las fuertes lluvias.
- Arrastre en las áreas cercanas a las bases del muro de la presa en las laderas, como consecuencia del empuje de las aguas.
- Retención en la rejilla de captación de materiales que no pudieron ser arrastrados por el agua en su paso, y que pueden dar origen al crecimiento de algas en la pared anterior a la presa.

Operación

Es necesario que el operador verifique todos los días el caudal que llega al tanque de reserva, mediante observación visual. Si se mantiene dicho caudal en el régimen normal, se considerará que la operación es adecuada. El monitoreo del caudal de entrada al tanque de reserva se lo hará a través del vertedero que se encuentran a la salida de cada uno de los filtros. Para determinar el caudal de cada uno de los vertederos, se aplicará la fórmula para vertederos rectangulares propuesta por Francis, 19...:

$$Q = 1,84(L * 0,1 * n * h) * h^{\frac{3}{2}}$$

Es decir:



Donde:

Q= caudal

n= número de contracciones

L= largo entre contracción y contracción

h= altura que alcanza el agua al pasar por el vertedero rectangular.

Se debe tomar en cuenta que este vertedero es de pared delgada.

En función de lo anterior, el señor encargado del sistema debe realizar las actividades indicadas en el cuadro siguiente en forma sistemática.

Frecuencia	Tiempo Estimado	Actividades
Diario	1 hora	Observación del caudal que llega al tanque de reserva. Si nota disminución, inspeccionar las obras de desarenación y presatoma de captación y conducción a fin de detectar y corregir las deficiencias que encuentre.
Semanal	variable	Manipuleo de válvulas. En meses de verano cada 8 días, en meses de invierno cada 4 días.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Condiciones de funcionamiento:

Estando la estructura de captación en servicio las válvulas o compuertas deberán mantenerse en las siguientes posiciones:

- La de salida de la captación a la conducción, abierta
- La de limpieza, cerrada

Encontrándose la estructura fuera de servicio, sea para limpieza o para reparación, se mantendrá las válvulas o compuertas en las siguientes posiciones:

- La de salida de la captación a la conducción, cerrada.
- La de limpieza, abierta.

Mantenimiento

Dentro de las actividades regulares de Mantenimiento, se deben efectuar labores periódicas de limpieza, para lo cual el operador pedirá la colaboración de la Junta de aguas conformada, la comunidad y, del MIDUVI, si es que tales acciones así lo justifican. En casos necesarios procederá oportunamente a efectuar las siguientes acciones.

- Avisar a la Junta de aguas de la interrupción del servicio.
- Conseguir personal adicional necesario, para la actividad programada.
- Tener listo el equipo de trabajo.
- Cortar el servicio de distribución cuando sea necesario en horas de trabajo consumo.

- Cerrar la válvula de salida a la conducción al inicio de la jornada de trabajo y abrir la válvula o la compuerta de limpieza.

A continuación se presentan las principales actividades de mantenimiento:

Frecuencia	Tiempo Estimado	Responsable Nivel Ejecutante	Actividades
Semanal	4 h.	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Inspección de la captación, para limpieza de material sedimentado sobre rejilla y detectar problemas.
Trimestral	1 d.	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos. - Comunidad	Limpieza de material depositado aguas arriba del as estructuras del sistema.
Semestral	1 d.	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Control y mantenimiento de válvulas, accesorios, compuertas, seguridades.
Semestral	1 d.	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Inspección general del sistema con el fin de llenar los formularios de operación y mantenimiento y detectar los problemas existentes.
Anual	1 d.	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos. - Comunidad	Limpieza y arreglos para la buena conservación de la estructura. Pintura de las estructuras y/o instalaciones. Desinfección.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

5.2 Desarenador

Esta estructura como su nombre lo indica, sirve para eliminar la arena que arrastra el agua.

La cantidad de arena que traen consigo las aguas, son máximas en las crecidas y mínimas en estiaje. Esto indica que un desarenador retendrá más arena en la época lluviosa que en la seca, lo que se traduce en períodos variables de llenado del espacio

reservado para acumulación de arena retenida. De ahí que la frecuencia de la limpieza será diferente para cada sistema, y para cada época.

Tanto la operación como el mantenimiento, son simples pues no presentan mayor dificultad ni exigen mayor atención.

Con el fin de controlar el adecuado funcionamiento del desarenador, entre limpieza y limpieza, es necesario observar la descarga de la tubería de conducción en el sistema de tratamiento. En el caso de observar disminución del caudal es necesario realizar la inspección con el objeto de detectar y solucionar los problemas presentados.

Operación

Frecuencia	Tiempo Estimado	Actividades
Diario	1 h.	Control del caudal que llega al tanque de reserva. De notar disminución inspeccionar la obra con el fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas.
Semanal	Variable	Manipuleo de válvulas de desagüe. En meses de verano cada 8 días, en meses de invierno cada 4 días.
Variable	Variable	Verificar si existen indicios de roturas, fisuras y fugas.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Mantenimiento

A continuación se presentan las principales actividades de mantenimiento para los diferentes niveles:

Frecuencia	Tiempo Estimado	Responsabilidad Nivel Ejecutante	Actividades
Mensual	2 h.	- Encargado	Limpieza del desarenador
Trimestral	0. 5 d	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Inspección del estado de mantenimiento de la estructura.
Semestral	4 h.	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Revisión de válvulas y elementos de operación y repararlos de ser el caso.
Anual	4 h.	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos. - Comunidad	Limpieza y retoque del desarenador y cerramientos.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

5.3 Conducción

Se entenderá por línea de conducción o simplemente conducción al conducto que une la estructura de toma o captación, donde se encuentra el desarenador a la estructura con el tanque o la planta de tratamiento.

La conducción atraviesa por una morfología irregular, se encuentra atravesando por 10 quebradas, así como dispositivos rompe-presión, válvulas de aire y válvulas de desagüe.

Los problemas que generalmente se presentan en la conducción son:

- Obstrucción parcial o total de la tubería por deficiente funcionamiento de las válvulas de aires y/o desagüe. Esta deficiencia se nota por la disminución o irregularidad del caudal de llegada, desde la fuente. Las válvulas instaladas son de tipo manual, se corrige generalmente la obstrucción con la operación de las mismas.
- Roturas de tubos, por diversas causas como sobrepresiones internas, obstrucciones bruscas, acciones externas, fallas en la calidad del material, desplazamientos horizontales o verticales de la línea, no absorbidos por juntas, soportes o anclajes, entre otros, deben ser detectados y corregidos mediante la reparación y/o reposición de los tubos malos.
- La condición se encuentra enterrada a 1m de profundidad. Si existen fugas por causas diversas, que se detectan por inspección minuciosa de la línea. Cualquier

área húmeda anormal sobre la línea enterrada, debe ser explorada. Se corrige la anomalía, con la reparación correspondiente.

- Maniobras rápidas de las válvulas que producen sobrepresiones en la tubería, hidráulicamente llamadas golpe de ariete que pueden producir roturas. A fin de evitar el golpe de ariete, debe operarse **lentamente** el cabezal de la válvula.

Operación

Frecuencia	Tiempo Estimado	Actividades
Diario	1 h.	Control de la descarga en el tanque de reserva mediante el aforo, para verificar el funcionamiento normal de la conducción.
Mensual	Variable	Manipuleo controlado de válvulas para verificar su correcto funcionamiento. Verificar si existen obstrucciones en las válvulas de desagüe Observar si existen indicios de roturas, fugas o conexiones ilícitas.
Trimestral	Variable	Verificar si existen lugares en los cuales la conducción no este instalada a suficiente profundidad.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento son las que previenen o reparar los daños indicados como problemas en la operación general y se indican en el cuadro siguiente para los diferentes niveles:

Frecuencia	Tiempo Estimado	Responsable	Actividades
Mensual	Variable	- Encargado	Inspección de la línea para control del funcionamiento general del sistema.
Mensual	4 h.	- Encargado	Purga de válvulas y limpieza de cámaras rompe-presión.
Trimestral	4 h.	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Verificar el funcionamiento de las válvulas de aire y repararlas.
Trimestral	2 d.	- Encargado - Comunidad	Limpieza y desbroche de la línea de conducción.
Semestral	1 d.	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Inspección del funcionamiento hidráulico y mantenimiento de la línea.
Semestral	Variable	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Corregir la conducción en lugares donde este instalada a profundidad insuficiente.
Anual	1 d.	- Encargado	Revisión de válvulas y reparación de ser el caso.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

1.4 Sedimentación

La sedimentación es el asentamiento y remoción de partículas suspendidas que ocurre cuando el agua se detiene o fluye lentamente a través de un estanque. Debido a la poca velocidad del flujo, se hace el asentamiento de partículas que tienen una densidad de masa mayor que la del agua.

Como es conocido, los sedimentadores se emplean para eliminar partículas cuyos diámetros son menores a los que pueden ser retenidos en el proceso de desarenación, por consiguiente los procedimientos de Operación y Mantenimiento son similares.

Dado que en los sedimentadores se depositan partículas mas finas, con un contenido de algas u otras sustancias orgánicas, pueden producirse malos olores y sabores, que obligaran a una limpieza, aun antes de que el espacio reservado para los sedimentos se haya llenado.

Operación

Las principales actividades de Operación se indican en el cuadro siguiente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividad
Mensual	1 h	Control de presencia de algas y malos olores
Trimestral	1h	Control de presencia de partículas en el agua de salida
Variable	1 h	Manipuleo de válvulas de desagüe. En meses de verano cada 8 días, en meses de invierno cada 4 días.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento para los diferentes niveles se indican en el cuadro siguiente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Responsable	Actividad
Mensual	1h	- Encargado	Limpieza y desbroce del área adyacente.
Trimestral	4h	- Encargado	Limpieza del sedimentador
Semestral	0.5 h	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Inspección del estado de funcionamiento y mantenimiento
Anual	4h	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Limpieza y mejoramiento de la obra. Revisión de válvulas y elementos de las instalaciones y correcciones si fuese necesario.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

1.5 Filtración lenta descendente

La filtración lenta es un proceso de purificación del agua que consiste en hacerla pasar a través del lecho poroso de arena como medio filtrante. Durante este paso, la calidad del agua, se mejora considerablemente por reducción del número de bacterias, eliminación de materias en suspensión y en estado coloidal. En la superficie de un lecho de arena se forma una película delgada constituida por una gran variedad de microorganismos, biológicamente activos, que descomponen la materia orgánica mientras que gran parte de la materia inorgánica en suspensión queda retenida. La limpieza de los filtros lentos se realiza con un procedimiento relativamente simple de remover periódicamente la parte superior del lecho filtrante.

Partes constitutivas:

Básicamente una unidad de filtración lenta de arena consta de un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua cruda, un medio filtrante, un sistema de drenaje y un juego de dispositivos de regulación y control. Este proceso está constituido por dos unidades.

Capa de agua sobrenadante

La capa de agua sobrenadante sirve para dos propósitos:

- Proporcionar la carga de agua suficiente para permitir que la misma pase a través del medio filtrante.
- Origina un tiempo de retención de varias horas del agua cruda a ser tratada, período durante el cual las partículas pueden asentarse y/o aglomerarse, pero de ningún modo debe considerarse como un estanque de sedimentación.
- Si el agua cruda tiene un contenido relativamente alto de materia en suspensión, se debe instalar una unidad de pretratamiento para prevenir la rápida obstrucción del filtro lento de arena.
- La altura adecuada de la capa de agua sobrenadante es de un metro, el cual si se cumple actualmente.

Lecho de medio filtrante

El medio filtrante debe estar compuesto por materia granular inerte y durable, que cumpla con los siguientes requisitos: que no tenga arcilla ni greda y que este libre de materia orgánica en lo posible.

El medio filtrante se selecciona por el diámetro efectivo y su coeficiente de uniformidad, esta compuesto de arena fina con la menor cantidad posible de materia orgánica.

Normalmente se elige un diámetro efectivo entre 0.15mm a 0.35mm. Cuando no hay disponibilidad de arena natural de estas características, el valor deseado del diámetro efectivo puede obtenerse mezclando dos tipos de arena. Como último recurso puede emplearse el tamizado, que consiste en la clasificación de arena entre tamaños preestablecidos.

Para un funcionamiento adecuado del proceso de purificación se debe disponer de un lecho filtrante con una altura de 0.6m como mínimo.

En vista de que la capa superior (10 – 20mm) del lecho filtrante necesita se retirada regularmente durante la operación, un filtro nuevo debe tener una capa de un metro de espesor de modo que no necesite reponerse en forma muy frecuente.

Sistema de drenaje

El sistema de drenaje tiene dos propósitos:

- Permite un paso libre para la recolección de agua tratada
- Da soporte al lecho del medio filtrante

El sistema de drenaje puede tener diversas configuraciones, ya sea una capa de grava gruesa o de piedra triturada durable, o estructuras de drenes principales y laterales construidas de tuberías perforadas o separadas, bloques o ladrillos de concreto. Este sistema de drenes esta cubierto por capas de grava. La grava se tiende en capas, comenzando con los granos de mayor tamaño en el fondo y reduciendo progresivamente el diámetro. La grava impide que la arena sea acarreada hacia la salida.

El sistema de drenaje debe tener un espesor de 0.5m, en el que está incluido las capas de grava del sistema.

Operación

A continuación se presentan las labores sistemáticas de operación para los filtros lentos de arena con flujo descendente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividad
Diario	2 h	Controlar el ingreso del agua al tanque y la salida a la cámara de agua clara.
Diario	2 h	Limpieza de hojarasca u otro material flotante en los filtros.
Variable	-	Regular las válvulas para mantener el agua cruda en nivel constante.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Mantenimiento

A continuación se presenta las principales actividades que deben desarrollarse dentro del mantenimiento en la filtración lenta:

- Limpieza de filtro

Cuando después de un período de operación de varias semanas, la válvula de salida esta totalmente abierta y la tasa de flujo empieza a decrecer, entonces la resistencia del lecho flotante se ha tornado muy alta, y debe procederse limpiar el filtro.

En forma secuencial y con fines prácticos se detallan a continuación los siguientes pasos que se cumplen durante la limpieza de un filtro:

PASO 1: se operan la válvulas de tal manera que en el filtro, el nivel del agua descienda hasta llegar a cubrir unos 2 cm a la carga de arena.

PASO 2: se cierra el nivel de salida cuando el agua este en el nivel anteriormente mencionado.

PASO 3: se raspa con un rastrillo de jardinero toda la capa superior de la arena. Esta operación se llama “raspado de filtro”

PASO 4: terminado el raspado anterior se abren las válvulas de entrada, de salida y de desagüe del filtro con el objeto de continuar con el proceso de filtrado. Es importante que este cerrada la válvula de interconexión de los filtros, para mantener la independencia de la unidades. Se observa si se clarifica el agua en un lapso de 15 minutos.

PASO 5: si el agua no se clarifica suficientemente para ser entregada al servicio, se extiende la observación del filtrado hasta treinta minutos. Si al cabo de este tiempo no se observa mejora en la clarificación, se debe proceder al descabezado del filtro.

PASO 6: el descabezado consiste en remover alrededor de 2.5cm de la capa superficial de todo el filtro con una pala plana. Este material es removido hacia afuera para su lavado posterior.

PASO 7: hecho el descabezado, se mantiene cerrada la válvula de entrada, se cierran las válvulas de salida y desagüe y se abre la válvula de interconexión de filtros. Seguidamente se abre lentamente la válvula de salida del filtro para permitir el ingreso del agua filtrada de la otra unidad, hasta llegar a cubrir unos 2cm la superficie de la capa de arena. Al llegar a este nivel se cierra la válvula de interconexión de filtros y se abren las válvulas de entrada y de desagüe lo cual permitirá reiniciar el proceso de filtración. Al clarificarse el agua, es decir, encontrarse en condiciones para ser entregada a la población, se procede a cerrar la válvula de desagüe completándose así el proceso de limpieza de la unidad.

- Rearenamiento de un filtro:

Después de varios años de operación (3 – 4años) y de unos 20 – 30 descabezados el lecho filtrante alcanza su menor espesor permisible por lo cual debe colocarse la arena hasta su nivel original. Esto no se cumple en este caso, ya que no se ha descabezado anteriormente, con el actual proyecto de tesis se esta proponiendo la bandeja de lavado de arenas.

El nuevo medio filtrante debe colocarse por debajo de una capa del medio filtrante antiguo (0.30 a 0.50m es suficiente).

Por este procedimiento, la nueva capa superior que es más rica en vida bacteriana, es reubicada en la parte más alta del lecho filtrante, lo cual permite que el lecho rearenado se torne operable con un período mínimo de remaduración.

A continuación se presentan las actividades de mantenimiento, previstas para los diferentes niveles:

Frecuencia	Tiempo estimado	Responsable	Actividades
Semanal	2 h	- Encargado	Remoción regular de matas
Mensual	6 h	- Encargado	Raspado de filtros
Mensual	Variable	- Encargado	Limpieza y desbroce del área adyacente al filtro.
Trimestral	1 d	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Descabezado del filtro y lavado del material removido.
Trimestral	1 d	- Encargado	Inspección del funcionamiento y mantenimiento de la unidad.
Anual	Variable	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos. - Comunidad	Limpieza general de conservación, y pintura en caso necesario.
Anual	Variable	- Encargado - Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Reposición del material filtrante en caso de que se requiera.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

1.6 Reserva

Los depósitos de almacenamiento, suelen clasificarse según los materiales con los que están contruidos, su funcionamiento, su ubicación con relación al sistema de distribución y sus formas.

Todos ellos se operan y mantiene siguiendo los mismos principios, e inclusive los problemas que se presentan se refieren más a las deficiencias de operación de válvulas y la falta de mantenimiento. Es necesario realizar adecuadamente la operación de válvulas y revisar las tuberías en las cámaras de válvulas.

Operación

Las labores del operador se indican en le cuadro siguiente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividad
Variable	1 h.	Operación de válvulas según régimen de servicio.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se indican para los diferentes niveles en el cuadro siguiente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Responsable	Actividades
Semanal	1 h	Encargado	Mantener cerradas y aseguradas las tapas de inspección.
Mensual	2 h	Encargado	Limpieza de los sedimentos, sin ingresar al interior del tanque, manipulando la válvula de limpieza.
Mensual	4 h	Encargado	Limpieza y desbroce del área adyacente al tanque.
Trimestral	0.5 h	- Encargado Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Verificación de funcionamiento e inspección d mantenimiento. Reparación de grietas o fugas.
Semestral	8 h	- Encargado Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Limpieza de los sedimentos, ingresando al interior del tanque. Requiere lavado parcial posterior y desinfección.
Frecuencia	Tiempo estimado	Responsable	Actividades
Semestral	4 h	- Encargado Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Revisar las condiciones sanitarias alrededor del tanque y corregirlas si es necesario.
Anual	1 h	- Encargado Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Revisión de l funcionamiento de las válvulas y corrección si es necesario.
Anual	Variable	- Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos. Comunidad	Adecuaciones y pintura general del tanque. Reparación del cerramiento.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

1.7 Desinfección

La desinfección se define como la eliminación d agentes infecciosos (baterías y microorganismos patógenos), por medio de la aplicación directa desustancias químicas en el agua.

Operación

Las actividades de operación se indican en el cuadro siguiente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividad
Diario	0.25 h	Control de caudal a ser clorado. Medición de la solución preparada de hipoclorito de calcio.
Diario	0.25 h	Preparación de la dosificación a ser aplicada.
Diario	0.25 h	Aplicación de la dosificación y regulación del goteo.
Diario	0.25 h	Control y registro de cloro residual.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Mantenimiento

Las labores de mantenimiento s los diferentes niveles se indican en el cuadro siguiente:

Frecuencia	Tiempo estimado	Responsable	Actividades
Semanal	1 h	- Encargado Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Limpieza de dosificadores.
Trimestral	0.5 d	Jefe de Obras Públicas del Municipio de Sigchos.	Inspección del sistema y equipos control de cloro residual.

Fuente: Documento técnico No. 01-OYM. 1995

Elaborado por: Rita Salazar. Tesis de grado 2007.

Glosario

Aforo.- medir la cantidad de agua por unidad de tiempo

Agua cruda.- El agua cruda es el agua tal como se encuentra en las fuentes, en estado natural, sin tratamiento. Se pueden identificar como fuentes de "agua cruda" a los cursos superficiales o subterráneos, entre ellos, los ríos, arroyos, lagos, lagunas y acuíferos, que el hombre usa como materia prima para abastecerse.

Anquilostomiasis.- enfermedad provocada por el parásito llamado Anquilostoma. Ataca al hombre; provoca anemia.

Ascariasis.- enfermedad provocada por una lombriz intestinal llamada ascáride.

Azud.- muro utilizado en la captación de las aguas.

Botulismo.- intoxicación producida por la ingestión de alimentos en malas condiciones.

Capa biológica.- espesor en el lecho filtrante, que contiene organismos microbiológicos.

Capa filtrante.- espesor de arena que se utiliza en los filtros.

Capa sobrenadante.- volumen de agua que se encuentra en la parte superior del filtro de arena.

Cauce.- es la parte del fondo de un valle por donde discurren las aguas de un curso; es el lecho de un río.

Cisticercosis.- enfermedad producida por el cisticerco que es el estado que atraviesan los embriones de algunos gusanos.

Cloro residual.- cloro disponible en el agua.

Coefficiente de uniformidad.- relación entre los porcentajes que dejan pasar el 60% y el 10% de la arena de un filtro, en el proceso de tamizado. Representa un parámetro para especificar la arena de un filtro.

Desbroce.- Quitar o acción de despojar al suelo de la vegetación.

Erosión.- desgaste de la superficie del terreno producido por el arrastre del agua, viento, etc.

Estado coloidal.- cuando las sustancias tienen apariencia de gelatinas.

Estiaje.- período en el que las aguas llegar al nivel más bajo; esto ocurre en época de verano.

Greda.- especie de arcilla arenosa que tienen ciertos suelos.

Remaduración.- permite el reinicio del funcionamiento adecuado del filtro.

Remoción.- separación de partículas.

Restitución.- reposición de material.

Sedimentado.- material depositado en el fondo.

Sistema de drenaje.- elementos que permiten vaciar el agua de un depósito o de un área de terreno.

Tamizado.- proceso de cernido.

Teniasis.- enfermedad producida por la tenia.

Toma.- captación de agua.

Bibliografía

Documentación técnica del departamento de Obras Públicas; Ciudad de Sigchos

Gobierno Municipal de la Ciudad de Sigchos; 2005; Plan de Desarrollo Estratégico Cantonal de Sigchos (PDEC Sigchos).

Manual práctico de sistemas rurales de agua potable. Ministerio de Salud Pública. Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias IEOS. Agencia Internacional para el desarrollo USAID.

Misión Andina del Ecuador; Manual de Procedimientos para el Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de los Abastecimientos de Agua de la Misión Andina del Ecuador; 1971; Quito (Ecuador)

Proyecto Washed; Convenio SSA-USAID N° 518-0081; 1995; Segunda Edición; Manual de Operación y Mantenimiento para sistemas de Agua Potable rurales. Documento Técnico N° 01-OYM; Quito (Ecuador).